

**T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**İMALAT SANAYİSİNDE FAALİYET GÖSTEREN
İŞLETMELERİN ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI:
ZONGULDAK İLİ ÖRNEĞİ**

Hale Arslanalp

Zonguldak 2020

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

Yüksek Lisans Tezi

İMALAT SANAYİSİNDE FAALİYET GÖSTEREN
İŞLETMELERİN ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI:
ZONGULDAK İLİ ÖRNEĞİ

Hazırlayan
Hale Arslanalp

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Ferdi Kesikoğlu

Zonguldak 2020

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Hazırladığım Yüksek Lisans Tezi çalışmasının bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, yazımda enstitü yazım kılavuzuna uygun davranıldığını taahhüt ederim.

... / ... / 2020

Hale Arslanalp

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İşletme Anabilim Dalında 176282101004 öğrenci numaralı Hale Arslanalp'in hazırladığı **“İmalat Sanayisinde Faaliyet Gösteren İşletmelerin Endüstri 4.0 Farkındalığı: Zonguldak İli Örneği”** konulu ~~DOKTORA~~/YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 04.09.2020 Cuma günü saat 14.30'da yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezinin onayına OYBİRLİĞİYLE/~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

Başkan_____

Dr. Öğr. Üyesi Ferdi KESİKOĞLU (Danışman)

Üye_____

Doç. Dr. Hasan UYGURTÜRK

Üye_____

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Müjdat BAŞARAN

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../20.....

Prof. Dr. Ertuğrul YILDIRIM
Enstitü Müdürü

ÖZET

Kurum	: ZBEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı
Tez Başlığı	: İmalat Sanayisinde Faaliyet Gösteren İşletmelerin Endüstri 4.0 Farkındalığı: Zonguldak İli Örneği
Tez Yazarı	: Hale Arslanalp
Tez Danışmanı	: Dr. Öğr. Üyesi Ferdi Kesikoğlu
Tez Türü, Yılı	: Yüksek Lisans Tezi, 2020
Sayfa Adedi	: 178

İşletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri ve rekabet güçlerini devam ettirebilmeleri için teknolojik yeniliklerin farkında olmaları ve bu yeniliklere ayak uydurabilmeleri gerekmektedir. Buradan hareketle çalışmanın kapsamını Zonguldak ili ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmeleri oluşturmaktadır. Zonguldak imalat sanayisinde faaliyet gösteren işletmelerin Endüstri 4.0'a karşı tutum ve farkındalığı ile işletmelerin teknolojik altyapılarının hangi düzeyde olduğu, uygulanan "Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi" ile ortaya konulmuştur. Araştırmanın amacı; Zonguldak il ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmelerinin Endüstri 4.0 farkındalığını ölçmek, Endüstri 4.0'a geçiş aşamasındaki eksik yönlerini belirlemek ve çözüm önerileri sunmaktır.

Araştırma kapsamında yürütülen anket çalışması altmış bir firmaya uygulanmıştır. Anket sonucunda elde edilen veriler SPSS IBM Statistics 22 programı ile analiz edilmiştir. Firma büyüklüğüne göre yapılan analizlerde işletmelerin Endüstri 4.0 farkındalık düzeylerinde bir farklılık bulunamamıştır. Sektörler arasında yapılan analiz sonuçlarına göre ise mevcut kaynak ve kabiliyetlerin eşit düzeyde olmadığı ve sahip olunan teknolojik altyapı ve kaynakların sektörler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, işletmelerin genel olarak Endüstri 4.0 hakkında bilgi sahibi olmalarına rağmen, sahip oldukları kaynakların ve teknolojik alt yapılarının henüz gereken düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Siber Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Yapay Zeka.

ABSTRACT

Institution : ZBEU Institute of Social Sciences, Department of Management
Title : Industry 4.0 Awareness of Enterprises Operating in the Manufacturing Industry: The Case of Zonguldak Province
Author : Hale Arslanalp
Adviser : Assist. Prof. Dr. Ferdi Kesikoğlu
Type of Thesis, Year : Master's Thesis, 2020
Total Number of Pages : 178

In order to survive and maintain their competitive power, enterprises must be aware of technological innovations and be able to keep up with these innovations. From this point of view, the scope of the study consists of manufacturing industry enterprises operating in Zonguldak province and its districts. The attitude and awareness of the enterprises operating in the Zonguldak manufacturing industry towards Industry 4.0 and the level of the technological infrastructure of the enterprises are revealed by the "Industry 4.0 Awareness Survey". The aim of the study is to measure the Industry 4.0 awareness of the manufacturing industry enterprises operating in Zonguldak province and districts, to determine the deficiencies in the transition to Industry 4.0 and to offer solutions.

The survey conducted within the scope of the study was applied to sixty-one companies. The data obtained from the survey were analyzed with SPSS IBM Statistics 22 program. No significant difference was found in the Industry 4.0 awareness levels of the enterprises in the analyses made according to the size of the company. According to the results of the analyses made between the sectors, it was determined that the available resources and capabilities are not at equal level and the technological infrastructure and resources owned differ between sectors. As a result of the study, it is determined that although enterprises generally have information about Industry 4.0, their resources and technological infrastructure are not at the required level yet.

Keywords: Industry 4.0, Cyber Physical Systems, Internet of Things, Big Data, Artificial Intelligence.

ÖN SÖZ

Çalışma Zonguldak ili ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayisi işletmelerinin Endüstri 4.0 farkındalığının ölçülmesi üzerinedir. Çalışmanın amacı işletmelerin Endüstri 4.0'a geçiş aşamasındaki eksik yönlerini belirlemek ve çözüm önerileri sunmaktır. İşletmelerin mevcut teknolojik durumlarını ortaya koymak ve Endüstri 4.0 hakkındaki bilgi düzeylerini ölçmek için Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi kullanılmıştır. Anket sonucunda elde edilen veriler ANOVA ve Bağımsız Örneklem T testleri kullanılarak analiz edilmiş ve yorumlanmıştır.

Öncelikle, üniversite hayatımın başından beri hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, çalışma süresince bilgi ve tecrübeleriyle bana ışık olan sevgili danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ferdi Kesikoğlu'na; her zaman yanımda olan, başarılarımla gurur duyan canım annem, babam ve kardeşlerime; en büyük destekçim olan, hep arkamda duran ve bana olan inancını hiçbir zaman kaybetmeyen sevgili eşime sabrı ve hoşgörüsü için sonsuz teşekkür ederim.

Çalışma boyunca değerli fikirlerini ve zamanını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Yakup Söylemez'e; yazım kuralları denetimindeki yardımı için Dr. Öğr. Üyesi Celal Can Çakmakçı'ya; hazırlamış olduğu anketi temel aldığım ve bana gerekli kullanım iznini veren Prof. Dr. Veysi İşler'e; eğitim-öğretim hayatım boyunca karşılaştığım ve bana katkısı olan tüm hocalarıma, desteklerini her zaman hissettiğim sevgili arkadaşlarım Melih Yıldız'a; Emine Can'a teşekkürü bir borç bilirim.

Anket uygulanacak işletmelerin belirlenmesi aşamasında bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen Çaycuma Organize Sanayi Bölgesi Müdürü Özgür Okur'a; Ereğli Organize Sanayi Bölgesi Müdürü Övünç Pehlivanoglu'na; Alaplı Ticaret ve Sanayi Odası Genel Sekreteri Taner Arslan'a, Devrek Ticaret ve Sanayi Odası personeli Murat Akar'a teşekkür ederim.

Anket uygulama aşamasındaki yardımlarından dolayı Zonguldak KOSGEB İl Müdürü Güven Aktaş'a; çalışmaya katkıda bulunan tüm işletmelere özellikle konuya olan ilgileri ve veri toplama aşamasında sağladıkları kolaylıktan dolayı Çanakçılar Şirketler Grubu, UBM Plastik ve Gökerplast'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	x
GRAFİKLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1
1. SANAYİ DEVRİMLERİ ve ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI	4
1.1. Birinci Sanayi Devrimi	4
1.2. İkinci Sanayi Devrimi	7
1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi	8
1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)	11
1.5. Endüstri 4.0 Kavramı Nedir	13
1.5.1. Endüstri 4.0 Kavramının Merkezi Özellikleri.....	17
1.5.2. Endüstri 4.0'ın Getirdikleri	19
1.5.3. Endüstri 4.0'ın Avantajları.....	24
1.5.3.1. Sanayi	24
1.5.3.2. Ürün ve Hizmetler	26
1.5.3.3. İş Modelleri ve Pazar.....	28
1.5.3.4. Ekonomi	29
1.5.3.5. Çalışma Ortamı.....	31
1.5.3.6. Beceri Geliştirme.....	33
1.5.4. Endüstri 4.0'ın Dezavantajları.....	34
1.5.4.1. Teknik ve Teknolojik Zorluklar	34
1.5.4.2. Maliyet.....	36
1.5.4.3. Büyük Veri	36
1.5.4.4. Güvenlik	38
1.5.4.5. İş Gücü.....	39
1.5.4.6. Örgüt Yapısı	40
1.5.4.7. Sosyal Zorluklar	40
1.5.4.8. Politik Zorluklar	42

1.5.5. Endüstri 4.0'ın Temel Bileşenleri	43
1.5.5.1. Siber Fiziksel Sistemler	43
1.5.5.2. Nesnelerin İnterneti	45
1.5.5.3. Büyük Veri ve Siber Güvenlik	48
1.5.5.4 Arttırılmış Gerçeklik	50
1.5.5.5. Otonom Robotlar ve Akıllı Fabrika.....	51
1.5.5.6. Katmanlı Üretim(3D Baskı)	53
1.5.5.7. Bulut Bilişim	54
1.5.5.8. Simülasyon	57
1.5.5.9. Yatay ve Dikey Entegrasyon.....	58
1.6. Dünya ve Endüstri 4.0	60
1.7. Türkiye ve Endüstri 4.0	65
1.8. Endüstri 4.0 Yolunda Organizasyonel ve Yönetmel Zorluklar	70
2.İMALAT SANAYİ	76
2.1. İmalatSanayi'nin Gelişimi	76
2.2. Dünyadaİmalat Sanayi	79
2.3. Türkiye'de İmalat Sanayi.....	83
2.4. Dünya İmalat Sanayisinde Türkiye'nin Yeri	87
2.5. Zonguldak'ta İmalat Sanayi	92
2.6. İmalat Sanayi ve Endüstri 4.0	95
3. İMALAT SANAYİSİ'NDE FAALİYET GÖSTEREN İŞLETMELERİN ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: ZONGULDAK İLİ ÖRNEĞİ	99
3.1. Literatür Taraması	99
3.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi	105
3.3. Araştırmanın Kapsamı	105
3.4. Araştırmanın Yöntemi.....	106
3.5. Araştırmanın Evren ve Örneklemi	107
3.6. Araştırmanın Sınırlılıkları	108
3.7. Araştırma Hipotezleri.....	109
3.8. Araştırmanın Bulguları.....	110
3.8.1. Araştırmaya Katılan Firmalara İlişkin Genel Bulgular	110
3.8.2. Anket Cevaplarına İlişkin Genel Bulgular	112
3.8.3. Anket Güvenilirlik Analizi	119
3.8.4. Normallik Testleri	121
3.8.5. Araştırma Hipotezlerinin Değerlendirilmesi	123

SONUÇ	151
KAYNAKÇA.....	155
EKLER	171
Ek 1: Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi.....	171
ÖZ GEÇMİŞ	178



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Ağ Hazırlık İndeksi	64
Tablo 1.2: Sektörlerin Dijitalleşme İçin Yaptıkları Yatırım Yüzdeleri	67
Tablo 1.3: Dijital Teknolojilere Yatırım Yapan ve 2 Sene İçerisinde Yatırım Yapacakların Oranları	68
Tablo 2.1: Ülkelere Göre 2016 Global Üretim Rekabet Edebilirlik Endeksi Sıralaması.....	80
Tablo 2.2: Küresel CEO Araştırması: Üretim Santrali Sıralaması ve Gelecekteki Tahmin	82
Tablo 2.3: Sektörel Büyüme Hızları	85
Tablo 2.4: Sektörlerin GSYH İçindeki Payları	86
Tablo 2.5: Küresel Hasılda Gelişmeler	88
Tablo 2.6: GSYH (Nominal) Sıralaması.....	89
Tablo 2.7: Dünya Ekonomisinde Genel Gelişmeler	90
Tablo 2.8: Yeni Küresel Rekabet Endeksi Sıralamasında İlk 10 Ülke	91
Tablo 2.9: OSB Sayıları ve Kullanım Durumları	93
Tablo 2.10: Temel Sanayi Göstergeleri	94
Tablo 3.1: Araştırmaya Katılan Firmaların Sektörlere Göre Gruplandırılması...111	
Tablo 3.2: Araştırmaya Katılan Firmaların Firma Çalışan Sayısına Göre Grupları	111
Tablo 3.3: Katılımcıların Firmadaki Görevlerine Göre Dağılımı	112
Tablo 3.4: Anket Sorularına Verilen Cevapların Ortalamaları	113
Tablo 3.5: Anket Güvenilirlik İstatistikleri.....	120
Tablo 3.6: Ölçüm Aracına İlişkin İstatistikler	120
Tablo 3.7: Bağımsız Örneklem T Testi İçin Veri Setine İlişkin Normallik Testi Sonuçları	122
Tablo 3.8: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örneklem İlişkin İstatistikler	124
Tablo 3.9: Bağımsız Örneklem T Testine İlişkin İstatistikler	125
Tablo 3.10: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örneklem İlişkin İstatistikler ...125	
Tablo 3.11: Bağımsız Örneklem T Testine ilişkin istatistikler	126
Tablo 3.12: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örneklem İlişkin İstatistikler ...127	
Tablo 3.13: Bağımsız Örneklem T Testine İlişkin İstatistikler	127
Tablo 3.14: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örneklem İlişkin İstatistikler ...128	
Tablo 3.15: Bağımsız Örneklem T Testine İlişkin İstatistikler	128
Tablo 3.16: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örneklem İlişkin İstatistikler ...129	

Tablo 3.17: Bağımsız Örneklem T Testine İlişkin İstatistikler	130
Tablo 3.18: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	131
Tablo 3.19: Sektörlerin Endüstri 4.0' a Bakışlarına Göre Değerlendirilmesi	131
Tablo 3.20: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	132
Tablo 3.21: Sektörlerin Endüstri 4.0'a Yönelik Çalışmalarına Göre Değerlendirilmesi.....	133
Tablo 3.22: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	134
Tablo 3.23: Sektörlerin Endüstri 4.0'a Geçiş İçin Mevcut Bilgi Seviyelerinin Değerlendirilmesi.....	135
Tablo 3.24: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	136
Tablo 3.25: Sektörlerin Ürün veya Hizmetlerini Geliştirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi.....	136
Tablo 3.26: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	137
Tablo 3.27: Sektörlerin Ürün ve Hizmet Geliştirme Sürecinde Firma Dışı Kaynak Kullanım Oranlarının Değerlendirilmesi.....	138
Tablo 3.28: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	139
Tablo 3.29: Sektörlerin Tasarım, Mühendislik ve Üretim Süreçlerinde Müşteri Verilerini Analiz Etme Ve Değerlendirme Yoğunluğunun Değerlendirilmesi.....	140
Tablo 3.30: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	141
Tablo 3.31: Sektörlerin Ürün Ve Hizmet Tasarımından Üretime Kadar Olan Süreçte Teknoloji Kullanım Yoğunluğunun Değerlendirilmesi	142
Tablo 3.32: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	143
Tablo 3.33: Sektörlerin Üretim Sisteminden Anlık Veri Toplama Kabiliyetlerinin Değerlendirilmesi	144
Tablo 3.34: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	145
Tablo 3.35: Sektörlerin Mevcut Bilgi Sistemleri Alt Yapısının Endüstri 4.0 İle Uyumluluğunun Değerlendirilmesi	146
Tablo 3.36: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	147
Tablo 3.37: Sektörlerin Tedarikçiler ve Diğer Partnerler ile Teknolojik Bağlantı Seviyelerinin Değerlendirilmesi	148
Tablo 3.38: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar	149
Tablo 3.39: Sektörlerin Mevcut Kabiliyet ve Kaynakların Endüstri 4.0 İçin Yeterliliğinin Değerlendirilmesi	149
Tablo3.40:Çalışma Hipotezlerinin Kabul/Red Durumları.....	150

GRAFİKLER LİSTESİ

Sayfa

Grafik 1.1: Ülkelerin Endüstri 4.0'daki Yatırım Seviyeleri ve Elde Ettikleri Gelir Düzeyleri.....	61
Grafik 3.1: Endüstri 4.0' Geçişte KOBİ'lerin Karşılaşacağı En Büyük 3 Sorun	118



KISALTMALAR LİSTESİ

ACATECH	: Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi
AR	: Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
BİT	: Bilgi İletişim Teknolojileri
BT	: Bilgi Teknolojisi
CPS	: Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems)
GYSH	: Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
HMI	: İnsan Makine Arayüzleri (Human-Machine Interface)
IoT	: Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Kontrol (Programmable Logic Controller)
PwC	: PricewaterhouseCoopers
RFID	: Radyo Frekanslı Tanımlama (Radio Frequency Identification)
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TUSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
3-D	: 3 Boyutlu

GİRİŞ

Devrim kelimesi ani ve radikal bir değişimi ifade etmektedir. İnsanlık tarihi boyunca yeni teknolojilerde, ekonomik sistemlerde ve sosyal yapılarda köklü değişimlere yol açan devrimler meydana gelmiştir. İnsan yaşamını global boyutta etkileyen en önemli değişimlerden birisi tarım devrimi sayesinde gerçekleşmiştir. Gıda üretiminin gelişmesi nüfus artışıını tetiklemiş ve daha büyük yerleşim yerlerinin kurulmasına zemin hazırlamıştır. Bu da kentleşmeye ve şehirlerin yükselişine yol açmıştır.

Tarım devrimini, 18. yüzyılın ikinci yarısında başlayan bir dizi sanayi devrimi izlemiştir. İngiltere’de buhar makinasının icadı ile birinci sanayi devrimi başlamış, kısa zamanda tüm Kıta Avrupası’nı etkisi altına almış, daha sonra bu etki tüm dünyaya yayılmıştır. İkinci sanayi devrimi, elektriğin keşfi ile üretim endüstrisinde elektrik enerjisi kullanılarak kitlesel üretimin başlaması sonucu ortaya çıkmıştır. Kişisel hâle gelen müşteri taleplerini karşılama çabaları ile elektronik ve bilgi teknolojilerinin gelişimi sonucu başlayan üçüncü sanayi devrimi, siber fiziksel sistemlere dayalı üretimin devreye girmesi ile yerini dördüncü sanayi devrimine bırakmıştır.

Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dördüncü sanayi devrimi, üretim teknolojilerinde tüm değer zinciri sürecinin yönetiminde mevcut otomasyon ve veri alışverişini ifade etmektedir. Endüstri 4.0, otomasyon sistemlerinin bağımsız olarak düşünmesini ve çalışmasını gerektirmektedir. Başka bir deyişle, şu anda üretimde kullanılan otomasyon sistemlerinde insan müdahalesi gerektiren görevlerin çoğunun kendi başlarına yerine getirilebilecekleri şekilde özelleştirilebileceği anlamına gelmektedir. İnsan unsuru hâlâ önemli olmakla birlikte, Endüstri 4.0, merkezi fabrika kontrol sistemlerinden âdemi merkeziyetçi uygulamalara doğru bir kaymayı işaret etmektedir.

Endüstri 4.0 yalnızca robotlaşma ya da sadece bir üretim tekniğı olarak görülmemelidir. Endüstri 4.0 birçok çağdaş otomasyon sistemini, veri alışverişlerini ve üretim teknolojilerini kapsayan birçok nesneyi içine alan oldukça geniş bir kavramdır. Endüstri 4.0 siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, artırılmış gerçeklik, yapay zeka, bulut bilişim ve simülasyon gibi

teknolojilerin bileşiminden oluşmaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte, günümüzde ilerleyen gelişmiş bilişsel güç sayesinde üretim teknolojilerinde büyük gelişmeler yaşanmaktadır.

İşletmelerin rekabet güçlerini devam ettirebilmeleri için çevrelerinde gelişen teknolojik yeniliklerin farkında olmaları gerekmektedir. Buradan hareketle çalışmanın amacı Zonguldak il ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmelerinin Endüstri 4.0 farkındalığını ölçmek, Endüstri 4.0'a geçiş aşamasındaki eksik yönlerini belirlemek ve çözüm önerileri sunmaktır. Bu amaca ulaşmak için öncelikle çalışmanın kavramsal çerçevesi oluşturulmuştur.

Kavramsal çerçeve dâhilinde çalışmanın ilk bölümünde ilk üç sanayi devrimi ve dördüncü sanayi devrimi (Endüstri 4.0) ortaya çıkışları ve sonuçları bakımından ele alınmıştır. Endüstri 4.0 kavramı, özellikleri, avantaj ve dezavantajları, temel bileşenleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Daha sonra Endüstri 4.0'ın dünya ve Türkiye'deki durumu değerlendirilmiş ve Endüstri 4.0'a geçişte karşılaşılabilecek organizasyonel ve yönetsel zorluklar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde imalat sanayi ve imalat sanayinin gelişimi ele alınmıştır. Daha sonra dünyada, Türkiye'de ve Zonguldak'ta imalat sanayinin durumu değerlendirilmiş ve dünya imalat sanayisinde Türkiye'nin yeri karşılaştırmalı olarak açıklanmıştır. İmalat sanayi ve Endüstri 4.0 başlığı altında, Endüstri 4.0'ın imalat sanayi üzerindeki etkileri açıklanmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünü metodoloji ve analizler sonucunda elde edilen bulgular oluşturmaktadır. Çalışmanın amacı kapsamında işletmelerin Endüstri 4.0 farkındalığını ölçmek ve mevcut teknolojik altyapılarını ortaya koymak için anket uygulaması yapılmıştır. Araştırmada kullanılan anket Prof. Dr. Veysi İşler'in "Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi" çalışmasından faydalanılarak oluşturulmuştur (İşler, 2017). Anket Zonguldak ili ve ilçelerinde faaliyet gösteren ve çalışmanın örneklemini oluşturan altmış bir imalat sanayi işletmesine uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan ankete göre işletmelerin Endüstri 4.0 farkındalığı, iş modeli, bilgi sistemleri altyapısı, süreç yönetimi, pazarlama ve müşteriye ulaşma stratejileri araştırılmıştır. Anket uygulamasından elde edilen veriler ile çalışma kapsamında

oluşturulan hipotezler IBM SPSS Statistics 22 programı kullanılarak analiz edilmiş ve yorumlanmıştır.



1. SANAYİ DEVRİMLERİ ve ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

1.1.Birinci Sanayi Devrimi

İlk sanayi devrimi olarak bilinen ve literatürde “Endüstri 1.0” olarak adlandırılan Birinci Sanayi Devrimi 18. yüzyılda İngiltere’de gerçekleşmiştir. Rostow, “Sanayi Devrimi Nasıl Başladı?” adlı çalışmasında (1970: 258), sanayi devriminin neden antik dünyada ya da beklendiği gibi Fransa’da değil de 18. yüzyılda İngiltere’de ortaya çıktığını araştırmıştır. Rostow’a göre eski dünyada ve Çin’de ender icatlar olmasına karşın, geleneksel imparatorlukların sahip oldukları bir akım yaratacak teknik yeniliğe yol açmamıştır. Ticarete en az İngiltere kadar ileride olan Fransa ise bilimin ve getirdiği yeniliklerin ekonomik katkısına ihtiyaç duymamıştır. Rostow sanayi devriminin ortaya çıkışını üç itici güce dayandırmaktadır. Bunlardan ilki hükümetlerin benimsedikleri merkantilist politikalarlardır. İkinci itici güç olarak ticaret devrimini göstermektedir. İngiltere’de The Royal Society¹’nin kurulması; bilim adamları, iş adamları ve alet yapımcıların bu gibi kulüplerde bir araya gelmesi de eserde üçüncü itici güç olarak gösterilmiştir.

Deane (1979:272-273)’e göre ise; sanayi devriminin ortaya çıkışını anlamak için sadece 18. yüzyıl İngiltere’sini ele almak yeterli değildir. Eğer sanayi devrimi 18. yüzyılda ortaya çıkmışsa ilk olarak sanayi öncesi İngiltere’yi ele almak gerekmektedir. Deane, endüstri devrimi yaşayan bir ekonominin endüstri öncesi emsalinden farklı olduğu üç ana gösterge olduğunu iddia eder. Bunlar; (1) sınai ve sosyal yapı, (2) üretkenlik ve yüksek verimlilikle ilgili yaşam standartlarında artış ve (3) ekonomik büyüme oranlarında farklılıktır. Deane’e göre sanayi devrimine zemin hazırlayan olaylar birbirini takip eden süreçlerden oluşmaktadır. Ticaret devrimi ve tarım devriminin gerçekleşmesi sonucunda demografik yapıda önemli bir değişiklik meydana gelmiştir. Kırsalda tarım ile uğraşan İngiliz halkı kentlere göç etmeye başlamış, kentlerde ve kent nüfusunda büyüme gerçekleşmiştir. İngiltere’de serbest ticaretin benimsenmesi, pamuk ve demir endüstrisindeki ilerleme diğer önemli gelişmelerdir. Ancak yazara göre Birinci Sanayi Devrimi’ni

¹ Tam adı The Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge’tır. 1660’ da oluşturulmuş ve 1662’de resmi olarak kurulmuştur. Açılışı İngiltere Kralı II. Charles tarafından yapılmıştır. Kraliyet Topluluğu, dünyanın en seçkin bilim adamlarının oluşturduğu bir birliktir ve kurulduğu günden bu yana var olan en eski bilimsel akademidir.

getiren en önemli gelişme deniz yolu taşımacılığının başlamasıdır. İnşa edilen kanallar sayesinde altyapı gelişmiş, hammaddeye ulaşım ve hammadde taşımacılığı kolaylaşmıştır.

Hill (1969:16), orta ve modern çağlar arasındaki kopuş çizgisinin aydınlanma fikri olduğunu öne sürer. Bunun temelinde insanların beklentilerinin dinin çekiciliğinden politik ve ekonomik taleplere dönüştürüldüğü görüşü yatmaktadır. Bu görüşe göre, sanayi devrimi, erken kapitalizmin nüfus ve kaynaklar arasında oluşturduğu bir dengeden kaynaklanmaktadır.

Hobsbawm (1972:40)'a göre, sanayi devriminin ilk aşaması, pamuk endüstrisindeki ilerlemeyle ilişkilendirilmektedir. Diğer taraftan endüstri devriminin vazgeçilmez bir ön şartı da büyük ve kararlı sömürge tekelidir. Koloniler hammadde olduğu kadar köle şeklinde insan gücü de sağlamaktaydı. Sömürge politikaları tüm Avrupa uluslarını kışkırtmış ve neredeyse tüm modern savaşların doğduğu sınai ve ticari rekabetlerin önünü açmıştır.

Allen (2006:2-3)'a göre, yüksek ücret oranları ve ucuz enerji bu devrimi İngiltere'ye uygun hâle getiren faktörlerden bazılarıdır. Üretimden daha fazla fayda sağlamak için çalışan sayısının azaltılması gerekmektedir. Bunu yapabilmek için insan gücü yerine enerji kullanılmalıdır. Diğer bir faktör, ülkenin piyasa koşullarıyla açıklanabilir çünkü icatlardan kâr elde etmek ve maliyetleri karşılamak piyasaya bağlıdır. O dönemde İngiltere daha büyük bir madencilik sektörü pazarına sahiptir. Bu sebepten ötürü madencilik alanındaki icatlar mucitler tarafından daha kârlı olarak görülmüştür. Son faktör, mucidin yasal haklarıyla ilgilidir. İngiltere'nin mucitlerin icatlarından faydalanabileceği bir patent yasası olması, ülkedeki icatların hızını tetiklemiş ve böylece sanayi devrimine giden yolu açmıştır.

Kagermann vd. (2013:13)'e göre sanayileşme, mekanik tezgâh gibi makinelerin, malların yapım biçiminde bir devrim yarattığı 18. yüzyılın sonunda mekanik üretim ekipmanlarının tanıtılmasıyla başlamıştır.

Literatürde; sanayi devriminin başlamasında üç icadın etkili olduğu konusunda fikir birliği bulunmaktadır. Bunlar:

- Demirden elde edilen çelik üretiminde odun kömürü yerine kok kömürünün kullanılması,
- Buhar makinasının icadı,
- Pamuğun makine ile eğrilmesidir.

Tüm bu düşüncelere bir bütün olarak bakıldığında, sanayi devriminin ortaya çıkmasında tüm insanlık tarihinin payı olduğu söylenebilmektedir. İnsanoğlu var olduğu günden beri yaşamını idame ettirebilmek için çeşitli aletler yapmış, icatlar geliştirmiştir. Şüphesiz sanayi devriminin oluşumu, her dönemdeki buluşların, icatların ve yeniliklerinin bir arada toplanması ve üstüne koyulmasıyla gerçekleşmiştir. İlkel tarihlerden 18. yüzyıla kadar biriken insanlık mirası dünyaya şekil veren yeni bir olguyu yaratmıştır.

Sanayi devrimine zemin hazırlayan olayları ele aldıktan sonra devrimin sonuçlarına da kısaca değinmek gerekir. 18. yüzyıl sonlarında sanayi devrimi ile önemli sosyal ve ekonomik değişimler yaşanmıştır. Başlangıçta, sanayi devrimi yalnızca İngiltere'deki yeni yapı, sermaye ve bireysel girişimciliğin serbestçe gelişmesine yol açmıştır. Daha sonra İngiltere, küresel bir ekonominin vazgeçilmez bir parçası ve merkezi hâline gelmiştir (Hill, 1969:14).

Sanayileşmeden önce, İngiltere'nin endüstrileri ve üreticilerinin çoğu, özellikle kumaş, çorap ve metal eşya gibi bazı ürünlerin üretiminde uzmanlaşmış köy esnafı ya da küçük işletme sahipleri şeklinde kırsalda bulunmaktaydı. Sanayi devrimi kırsal üretimi kasabalara devretmiş ve ustalar ücretli işçiler hâline gelmiştir (Hobsbawm, 1972:15). Kumaş üretim sistemlerinin değişmesi ve pamuk işlenmesinin makineler ile yapılmaya başlanması sonucu, küçük üretim alanları fabrikaları oluşturmaya başlamış ve üretimde aşırı bir artış olmuştur (Drath and Horsch, 2014:56). Sanayi devriminin neden olduğu büyük değişikliklerden biri de verimliliktir. Yeni makinelerin icat edilmesi üretimi artırırken buhar motoru ve suyun kullanılmasıyla üretkenlik artmıştır (Allen, 2006: 29). Yeni üretim biçimleri paralarını sabit sermayeye yatırmak isteyen bireysel bir girişimci sınıfının ortaya çıktığı bir iyimserlik atmosferini teşvik etmiştir (Thomson, 1973: 38).

Ayrıca, tarımda büyük değişikliklerle karşılaşmıştır. İnsanlar üretim yaparken büyük ölçekli arazileri kullanarak çiftçilikle uğraşmışlardır. Makine

kullanımı sayesinde tarımda verimlilik artmıştır. Ek olarak, gemilerde kullanılan buhar gücü ve pusulanın icadı ulaşım sistemlerinde değişikliklere neden olmuştur. Gemilerle ürünler bir yerden diğerine taşınabilir hâle gelmiştir. Ayrıca, insanlar açık denizde seyahat etmeye başlamıştır. Sömürgecilik, daha fazla üretim yapacak sermayeyi bulmak için bu yeni devrim ile başlamıştır (Tezge, 2010: 48-49).

1.2. İkinci Sanayi Devrimi

1939'un başlarında, ünlü Avusturyalı ekonomist Joseph Schumpeter, dünya savaşından önceki yirmi yılda küresel ekonomik genişlemenin temelini oluşturduğunu iddia ettiği bir “Yeni Endüstri Devrimi” tanımlamıştır. “Teknik Devrim” ya da daha yaygın olarak “İkinci Sanayi Devrimi” kavramları, bu modern gelişmeleri 18. ve 19. yüzyıllarda endüstrinin ilk ortaya çıkışından ayırmak için kullanılmıştır. İkinci Sanayi Devrimi, kendisinden önceki tarihlerle kırılmaya sebep olabilecek belirli bir olayla başlamamıştır. Hobsbawm'ın (1972:72) ifadesiyle İlk Sanayi Devrimi'nden bu yana sanayinin dönüşümü sürekli hâle gelmiştir. Yine de ikinci bir sanayi devriminin varlığından söz etmek kaçınılmazdır.

İlk Sanayi Devrimi'ni, 20. yüzyılın başlarında başlayan ve iş bölümü temelinde, elektrikle çalışan kitlesel mal üretimini içeren ikinci bir devrim izlemiştir (Kagermann vd., 2013:14). Üretimde elektriğin kullanılması sonucu seri üretime geçilmesi, İkinci Sanayi Devrimi'nin yolunu açmıştır. İkinci Sanayi Devrimi sürecinde enerji ihtiyacının giderilmesi için gerekli kaynak kömür yerine petrol olmuştur. İkinci Sanayi Devrimi Ohio, Cincinnati'deki mezbahalarda başlamış ve ABD'de Ford Model T'nin üretilmesiyle doruğa ulaşmıştır. Hem iş ölümü hem de taşıyıcı bantların kullanılmasına dayanan sürekli üretim hatlarının geliştirilmesi, Birinci Sanayi Devrimi'nden farklı bir verimlilik patlamasına neden olmuştur (Drath and Horch, 2014:56).

İkinci Sanayi Devrimi'nin ilk ve muhtemelen en önemli yönü, bilimin ekonomi üzerindeki etkisinde görülen değişiktir. 19. yüzyılın sonlarında, çevrelerinde yeni ve etkili endüstriler yaratan iş adamları tarafından yeni bilimsel keşifler ve teknolojiler kullanılmıştır. Modern toplumu biçimlendirmek için çok şey yapan elektrik, kimya ve otomotiv endüstrileri, bilim ve teknolojinin iş kuruluşları ile olan birlikteliğinin sonuçlarıdır (Edsforth, 1982:1). Birinci Sanayi Devrimi'nin

teknolojisinden çok üstte olan, sermaye açısından daha yoğun ve teknik bilimsel bilgilere dayanan yeni teknolojiler, işletme ölçeğinde ve işletmelerin iç organizasyonunda köklü değişiklikler yaratmıştır (Sutthiphisal, 2004:19).

Sistematik bir genişleme ve fabrika üretiminin rasyonalizasyonu, İkinci Sanayi Devrimi'nin bir diğer ana özelliğidir. Uzun vadede, diğer makineleri üretebilen makinelerin geliştirilmesi ve çalışmanın ilk önce Amerikalı verimlilik uzmanı Frederick Taylor tarafından numaralandırılan bilimsel yönetim ilkelerine göre yeniden düzenlenmesi, ekonomik ve sosyal sonuçlar doğurmuştur (Edsforth, 1982:3).

İkinci Sanayi Devrimi'nin önemli yanlarından biri de ulaşımda meydana gelen büyük değişimdir. Demiryolları, deniz araçları ve gemilerle uzun mesafeler arasında seyahat etmek insanlar için daha kolay ve ucuz hâle gelmiştir. Sosyal refah, yaşam standardı ve gelirler artmıştır. Daha az sayıda çalışanla daha fazla ürün üretmek, tüketici tercihlerindeki değişikliklerin tetiklediği gelir seviyesini arttırmıştır. Hizmetin büyümesi, İkinci Sanayi Devrimi ile birlikte gerçekleşmiştir (Blinder, 2006: 116).

İkinci Sanayi Devrimi sonucunda hızlı endüstrileşmiş piyasada oligopol ve tekel eğimlerini engellemek adına hükümet eylemleri hızlanmıştır. 1890'dan sonra, ekonomideki doğrudan müdahaleden kasıtlı olarak kaçınan bir devletin eski liberal ideali, ekonomik ilişkilerde daha aktif bir hükümet rolü lehine terk edilmiştir (Edsforth, 1982:5).

1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

“Üçüncü Sanayi Devrimi” terimi literatürde “Yeşil Sanayi Devrimi”, “Verimlilik Devrimi” ve “Dönüşüm Devrimi” olarak da adlandırılan kapsamlı bir dönüşümdür. Genel olarak, üçüncü sanayi devrimi kavramının iki farklı anlayışı tanımlanabilir. Dar anlayış, sadece enerji tabanının değişimini ifade ederken; daha geniş bir değerlendirme enerji, teknolojik, ekolojik ve sosyal koşullar ile gerekli devlet liderliğindeki kapsamlı değişiklikleri içermektedir (Jänicke ve Jacob, 2009:3).

Kagermann vd. (2013:14)'ne göre Üçüncü Sanayi Devrimi, makinelerin yalnızca “el emeğinin” önemli bir kısmını değil, aynı zamanda “beyin işinin” önemli bir oranını ele geçirmesi ile üretim süreçlerinin otomasyonunu arttırmak için elektronik ve bilgi teknolojisinin kullanılması ile başlamıştır. Modicon², 1969 yılında Otomasyon Sistemleri'nin dijital olarak programlanmasını sağlayan ilk programlanabilir mantık denetleyicisini (PLC: Programmable Logic Controller) sunmuştur. Programlama paradigması hâlâ günümüzün modern otomasyon sistemi mühendisliğini yönetmektedir ve oldukça esnek ve verimli otomasyon sistemlerinin gelişimine yol açmıştır (Drath and Horch, 2014:56).

Rıfkın'a (2012:9-10) göre; internet teknolojisi ve yenilenebilir enerjiler, 21. yüzyılda gücün dağıtılma şeklini değiştirecek bir Üçüncü Sanayi Devrimi için yeni bir altyapı oluşturmak üzere birleşmeye başlamıştır. Ortaya çıkan Üçüncü Sanayi Devrimi, her yerde bulunan ve çoğunlukla serbest güneş, rüzgâr, hidro, jeotermal ısı, biokütle, okyanus dalgaları ve gelgitler olan dağıtılmış yenilenebilir enerjiler etrafında düzenlenmektedir.

Rıfkın Üçüncü Sanayi Devrimi'nin beş ayaktan oluştuğunu belirtmektedir. Bunlar şu şekilde sıralanmaktadır:

1. Yenilenebilir enerjiye geçiş,
2. Her alanın yapı stokunu, sahada yenilenebilir enerji toplamak için mikro santrale dönüştürmek,
3. Aralıklı enerjileri depolamak için her yapı ve altyapı boyunca hidrojen ve diğer depolama teknolojilerini kullanmak,
4. Her yapının güç şebekesini internet gibi hareket eden bir enerjiye dönüştürmek için internet teknolojisini kullanmak,
5. Nakliye filosundan, akıllı ve etkileşimli bir elektrik şebekesinde yeşil elektrik alıp satabilecek elektrik fişi ve yakıt hücresi araçlarına geçiş.

² Schnedier Elektrik firmasının PLC (programlanabilir lojik kontrolcü) ailesinin ismidir. PLC'yi ilk bulan ve otomasyon dünyasına büyük katkıda bulunan şirkettir.

Rıfkın'a göre bu beş sütun bir araya geldiğinde, ayrılmaz bir teknoloji platformu oluşturmaktadır.

Jänicke ve Jacob (2009:8)'a göre Üçüncü Sanayi Devrimi'nin gerekliliğini açığa vuran iki temel olay vardır. Bunlardan birincisi fosil yakıtların azalması, diğeri de iklim değişikliğidir. 2009'da dünya siyasi liderleri bir araya gelmiş ve Kopenhag İklim Değişikliği Konferansı'nda fosil yakıtların çevre üzerindeki etkilerini tartışmışlardır. Bu etkiler analiz edildiğinde mevcut şartlar altında sürdürülebilir büyümenin mümkün olmadığı ortaya konmuştur. Bu durum neticesinde kömür ve petrolün enerji kaynağı olarak kullanılması büyük oranda azalma göstermiş ve Üçüncü Sanayi Devrimi'nin enerji kaynağı ekolojik açıdan daha az zararlı olan doğalgaz olmuştur.

Üçüncü Sanayi Devrimi sonucunda bilgisayarlarda büyük bir atılım gerçekleşmiş ve akıllandırılmış bilgisayarlar sayesinde insanlar birçok işi çevrim içi yapmaya başlamıştır. Örneğin, bankacılık sektöründe, belirli bir uygulamayı kullanan kişiler, para göndermek ya da almak için bankaya gitmemeye başlamıştır. Akıllı cihazlar için daha fazla bilgi teknolojisi ve servis icat edilmiştir (Blinder, 2006:118).

Üçüncü Sanayi Devrimi, yeni ve küreselleşmiş bir ekonomini ile birlikte çeşitli ağlardan oluşan bilgi altyapısının temel standartlarını yaratmıştır. 20. yüzyılın sonunda, internet, dijital cep telefonu ağları ve dünya çapında ağ da dâhil olmak üzere bu yeni ağlar, üçüncü sanayi devriminin temel bilgi altyapısı olarak ortaya çıkmıştır. Üçüncü sanayi devriminin en çarpıcı gelişmelerinden biri, bilgisayar ve elektronik endüstrisinde açık sistemlerin yükselişi olmuştur (Russel, 2007:3-11).

Üçüncü sanayi devrimi sürecinde ulaşım alanında da önemli gelişmeler yaşanmıştır. Birinci sanayi devrimi zamanında gemilerin kullanılmaya başlamasıyla denizyolu ulaşımı gelişmiştir. İkinci sanayi devrimi sürecinde tren ve arabaların kullanılmaya başlanması ile karayolu ağı büyüme göstermiştir. Üçüncü sanayi devrimi sonucunda ise insanlar uçak kullanımının yaygınlaşması sonucu havayolu ile tanışmıştır.

Her sanayi devrimi, beraberinde ülkelerin sosyoekonomik statüsüne yararlar ve zorluklar getirmiştir. Büyük Britanya, iletişim ve taşımacılıkta devrim yaratan ve birçok başka endüstriyel gelişmeye yol açan ticari buhar motoru icadıyla ilk sanayi devrimini yönetmiştir. İkinci Sanayi Devrimi'nde, Amerika Birleşik Devletleri esas olarak öncü olmuş, elektrik ve telefonun kullanılmaya başlanması sanayi ve iletişimde devrim yaratmıştır. Üçüncü Sanayi Devrimi'nde, kilit faktör internet olmuştur (Carr, 2003). İnternet, dünyadaki ekonomik ve sosyal manzarayı değiştirmiştir ve bu dönüşümün Nesnelerin İnterneti (IoT) ile devam etmesi beklenmektedir. Bu üç sanayi devrimi ve getirdiği yenilikler nihayetinde teknolojiye bugün en son nokta olan “Endüstri 4.0” kavramı doğmuştur.

1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)

“Endüstri 4.0” kavramı önceki üç teknolojik dönüşüm üzerine kuruludur. Bunlar; 19. yüzyılın dönüştürücü gücü olan buhar gücü, 20. yüzyılın dönüştürücü gücü olan elektrik ve 1970'li yıllarda başlayan bilgisayar dönemidir (Cordes ve Stacey, 2017:5)

İnsan gücünün yerini buharlı makinaların alması ile başlayan teknolojik gelişme yerini bugün siber fiziksel sistemlerin kullanıldığı yeni bir sisteme bırakmaktadır. Yaklaşık 300 yıllık bir evrilme sürecinin ardından dünya bugün teknolojiye son nokta olan “Endüstri 4.0” kavramı ile karşı karşıyadır.

“Endüstri 4.0” kavramı ilk kez 2011 yılında Hannover Fuarı'nda tanıtılmıştır. Denizaşırı ülkelerden gelen rekabeti azaltma ve Alman ve Avrupa Birliği endüstrilerini diğer uluslararası pazarlardan farklılaştırma stratejisi olarak ortaya çıkmıştır (Pascall, 2017). Henning Kagermann ve çalışma grubunun 4. Sanayi Devrimi'nin öneri dosyasını Alman Federal Hükümeti'ne sunması ve Nisan 2013'te Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi'nin (Acatech)³ konuyu manifesto olarak yayımlamasıyla “Endüstri 4.0” kavramı kuramsal çerçeveye

³ 1 Ocak 2008 tarihinde Alman Bilim ve Mühendislik Akademisi olarak kurulan Acatech (National Academy of Science and Engineering)'in çalışma şekli, bilim ve iş arasındaki yakın bağları ile karakterizedir. Acatech'in en önemli amacı, Almanya'da daha fazla inovasyon yoluyla sürdürülebilir büyümeyi teşvik etmektir. Bilimsel bilgiyi üretmeye ve bu bilgiyi pratik kullanımlara yatırmaya yarayan her bilimsel veya teknik disiplin Acatech'te temsil edilmektedir. Acatech esnek, çalışan bir akademi olarak düzenlenmiştir, her biri projelerin geliştirilmesine katılan yaklaşık 380 üyeye sahiptir ve bağımsız olarak, yurt içinde ve dışında Alman teknik bilimlerinin çıkarlarını temsil etmektedir.

kavuşmuştur (Sung,2017:40). Böylece Almanya resmen bu yeni devrimi kendi gündemine oturtmuştur.

Endüstri 4.0, Alman imalat endüstrisinin rekabet edebilirliğinin artırılmasına yönelik bir yaklaşım olarak öne sürülse de Almanya'nın yanı sıra hemen birçok Avrupa ülkesinde hükümetlerin odak noktası hâline gelmiştir. Almanya'nın yanı sıra farklı ülkeler ve şirketler, farklı isimlerle Endüstri 4.0 felsefesini kabul etmişlerdir. Almanya çoğunlukla "Endüstri 4.0" terimini kullanmakta, İngilizce konuşulan ülkeler ve Avrupa Birliği'nde ise "Nesnelerin İnterneti (IoT)" adı tercih edilmektedir (Kagermann vd. 2013:14). Çin Endüstri 4.0'ın teknolojik gelişmelerini yakalamak için "Made in China 2025" adında stratejik bir plan geliştirmiştir (Liu, 2016:53). Japonya, Endüstri 4.0 gelişmelerinin toplumun değerlerine entegrasyonu olan "Toplum 5.0" terimini kullanmaktadır (Wang vd., 2016:379). ABD'de ise General Elektrik Endüstri 4.0'ı "Endüstriyel İnternet" olarak adlandırmaktadır (Evans ve Annunziata, 2012:3).

Avrupa düzeyinde, Geleceğin Kamu-Özel Ortaklığı Fabrikaları⁴ (PPP) Endüstri 4.0 ile ilgili konuları ele almakta ve geliştirmektedir. ABD'deki Endüstri 4.0'ın içeriği, Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu⁵ (ICC) tarafından desteklenmektedir. Son olarak, Türkiye'de Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD) tarafından 2016 yılında "Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi" (TÜSİAD, 2016) raporunun yayınlanması ile Dördüncü Sanayi Devrim'i için ilk adımlar atılmaya başlanmıştır.

"Endüstri 4.0" kavramının tam bir karşılığı bulunmamaktadır. Ayrıca literatürde kavramın ve içeriğinin ne olduğu hakkında farklı görüşler mevcuttur. Bu

⁴ Geleceğin Kamu-Özel Ortaklığı Fabrikaları, Avrupa'nın yeni üretim teknolojilerinde ve sistemlerinde araştırma ve inovasyon yoluyla endüstriyel rekabet edebilirliğini ve sürdürülebilirliğini güçlendirmek amacıyla Kasım 2008'de kurulmuştur. Geleceğin Fabrikaları Kamu-Özel Ortaklığı (PPP), AB imalat işletmelerine, özellikle KOBİ'lere, geniş bir sektör yelpazesinde gerekli anahtar teknolojilerini geliştirerek, dünya çapındaki rekabetle yüzleşme konusunda yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

⁵ Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu (ICC) endüstriyel internetin büyümesini hızlandıracak gerekli organizasyon ve teknolojileri bir araya getirmek için Mart 2014'te kurulmuştur. Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu kuruluşlara, dijital teknolojileri stratejik olarak uygulamak ve dijital dönüşümü sağlamak için gereken rehberliği sağlamaktadır.

duruma istinaden Endüstri 4,0'ın ne anlama geldiğini anlamak için PwC⁶ (2017), Flaman Hükümeti tarafından da benimsenen bir çerçeve önermiştir. Çerçeve fikri, önde gelen şirketlerden bir grup kavram arasında önceliklerini belirlemelerini istenmesi ile ortaya çıkmıştır. Şirketler yüksek öncelik olarak akıllı sistemler, Endüstri 4,0'da insanlar, akıllı üretim ve insan becerilerini tanımlamıştır.

Endüstri 4,0'ı gündeminde küresel bir konu olarak belirleyen 2016 Dünya Ekonomik Forumu'ndan bu yana, bu yeni sözcük, sosyoekonomik yaşamlarımızın her alanında dönüşümlere yol açan hızlı teknolojik atılımlarla ilişkilendirilmiştir. Bu görüşe göre, kilit sorulardan biri, Dördüncü Sanayi Devrimi'nin ve buna bağlı olarak ortaya çıkan teknolojilerin, insanlara ve topluma nasıl yeni fırsatlar ve faydalar sağlayacağıdır. Ayrıca son üç devrimin neden olduğu zararları gidermeye yardımcı olmak için koşulları nasıl oluşturacağı ve sürdürülebilir bir Dördüncü Sanayi Devrimi'nin nasıl mümkün kılınacağı soruları sorulmaktadır (Morrar vd., 2017:16).

1.5. Endüstri 4.0 Kavramı Nedir?

“Endüstri 4.0” olarak adlandırılan Dördüncü Sanayi Devrimi, üretim teknolojilerinde tüm değer zinciri sürecinin yönetiminde mevcut otomasyon ve veri alışverişi eğilimini ifade etmektedir. Endüstri 4.0 konsepti, özellikle Almanya başta olmak üzere Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaktadır. ABD gibi İngilizce konuşulan ülkelerde ise “Herşeyin İnterneti” olarak adlandırılmaktadır (Deloitte 2015:3). Genel olarak, Endüstri 4.0, siber fiziksel sistemlerin, endüstriyel üretim sistemlerinde uygulanması olarak yorumlanmaktadır (Ghobakhloo, 2018:911). Endüstri 3.0, sadece makinelerin otomasyonu üzerine odaklanırken; Endüstri 4.0, tüm fiziksel varlıkların uçtan uca dijitalleştirilmesine ve değer zinciri ortaklarıyla dijital ekosistemlere entegrasyonuna odaklanmaktadır. Verilerin üretilmesi, analiz edilmesi ve sorunsuz bir şekilde iletilmesi, Endüstri 4.0 tarafından vaat edilen kazanımları desteklemektedir (PwC 2016:6).

Endüstri 4.0, fiziksel ve sanal dünyaları birleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu durum, elektronik ve bilgi teknolojisinin üretimi otomatikleştirmek için kullanıldığı

⁶ PricewaterhouseCoopers (PwC) 1998 yılında Coopers & Lybrand ve Price Waterhouse arasında bir birleşme ile kurulmuştur. Firma merkezi Londra'da bulunan çok uluslu profesyonel bir hizmetler ağıdır. Danışmanlık sektöründe dünyanın en büyük firmalarından birisidir.

üçüncü sanayi devrimine göre karmaşıklık düzeyi oldukça değişik bir yapıya işaret etmektedir. Endüstri 4.0, otomasyon sistemlerinin bağımsız olarak düşünmesini ve çalışmasını gerektirmektedir. Başka bir deyişle, şu anda üretimde kullanılan otomasyon sistemlerinde insan müdahalesi gerektiren görevlerin çoğunun kendi başlarına yerine getirilebilecekleri şekilde özelleştirilebileceği anlamına gelmektedir. İnsan unsuru hâlâ önemli olmakla birlikte, Endüstri 4.0, katı, merkezi fabrika kontrol sistemlerinden âdemi merkeziyetçi zekâyâ doğru bir kaymaya işaret etmektedir. Ayrıca tüketici tercihlerini tahmin etmekte zorlanan bugünün ürünlerini oluşturan makinalar yerine, Endüstri 4.0'da üreticilerin tüketici ihtiyaçlarına hızla yanıt verebilmek için fabrikaların ve makinaların otomasyonu kendi kendine şekillendirecekleri bir biçimde organize edilmelerine doğru yönelim gerçekleşmektedir (Ramanathan, 2014: 24-28).

Nicoletti' ye (2018:193) göre, "Endüstri 4.0" kavramı bilgi ve bilişim teknolojisi ile makinelerin bütünleşmesini temsil etmektedir ve akıllı nesneler (makineler ve ürünler) alanında, internet teknolojilerinin geleceğe yönelik teknolojilerle bir kombinasyonu şeklinde fabrikalarda gelişmiş dijitalleştirme anlamına gelmektedir. Dijitalleşmeye odaklanmanın yanı sıra, Endüstri 4.0, niceliksel etkileriyle birlikte yeni ürünler, süreçler, üretim yöntemleri ve iş modelleri yaratan teknolojik yeniliklerin etkileşimi ile desteklenmektedir. Endüstri 4.0, hem ürünleri hem de süreçleri kapsayan çeşitli teknolojik gelişmelerin bir araya getirilmesidir. Endüstri 4.0, dijitalin fiziksel iş akışlarıyla birleşmesini tanımlayan siber fiziksel sistemlerle ilişkilidir. Bu durum, üretimde fiziksel üretim adımlarına bilgisayar tabanlı işlemlerin eşlik etmesi anlamına gelmektedir (Lee, 2008:364). Siber fiziksel sistemler, hesaplama ve depolama kapasitesini, mekaniği ve elektroniği içermekte ve bir iletişim aracı olarak internete dayanmaktadır.

Schmidt vd.'e (2015:17) göre, Endüstri 4.0, akıllı ürünleri mümkün kılan bir dizi teknolojinin yanı sıra birbirine bağlı dijital ve fiziksel işlemlere entegre süreçleri içermektedir. Bu süreçler ürünleri, süreçleri, iş modellerini, organizasyonu ve satın almayı önemli ölçüde değiştiren bir yapıya sahiptir. Temel olarak Endüstri 4.0, siber fiziksel sistemlerin (CPS) üretim ve lojistik ile teknik entegrasyonunu ve nesnelerin internetinin endüstriyel süreçlerde kullanılmasını içermektedir. Bunun

değer yaratma, işletme modelleri, alt hizmetler ve iş organizasyonu için etkileri bulunmaktadır (Kagerman vd., 2013).

Schwab’a (2016:12) göre ise; Akıllı fabrikalar etkinleştirilerek Dördüncü sanayi devrimi, sanal ve fiziksel sistemlerin ve küresel olarak üretim sistemlerinin esnek bir şekilde birbirleriyle iş birliği yaptığı bir dünya yaratmaktadır. Bu durum, ürünlerin mutlak şekilde özelleştirilmesini ve yeni işletim modellerinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Ancak Dördüncü sanayi devrimi sadece akıllı ve bağlı makineler ya da sistemler ile ilgili değildir. Kapsamı çok daha geniştir. Aynı anda gerçekleşen gen diziliminden nanoteknolojiye, yenilenebilir enerjiden kuantum hesaplama kadar birçok alanda yeni atılım dalgaları yaratmaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi’ni temelde önceki devrimlerden farklı kılan bu teknolojilerin birleşmesi ve fiziksel, dijital ve biyolojik alanlar arasındaki etkileşimidir. Dördüncü Sanayi Devrimi’ni önceki sanayi devrimlerinden farklılaştıran diğer özellikler ise; teknolojideki gelişmelerin birbirini harekete geçirmesi ve birbirine bağlanması, eşgüdümlü bir şekilde hareket etmesi ve tüm alanların birbirinin etkisi altında kalarak ve birbirini destekleyerek gelişmesidir (Bulut ve Akçacı, 2017: 54).

Kagerman vd., (2013), Endüstri 4.0’ı “Nesnelerin İnterneti (IoT) ve gelecekteki üretim, lojistik ve iş süreçlerini değiştirecek veri ve hizmetler” olarak tanımlamaktadır. Endüstri 4.0 genellikle nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti ve siber-fiziksel sistemler olarak sayılabilecek üç yapıdan oluşmaktadır (Endüstri40, 2018). Endüstri 4.0 tasarımı, bu üç yapı ile inşa edilecek daha gelişmiş senkronizasyon ve entegrasyon ile oluşturulacaktır. Endüstri 4.0; insanlar, makineler ve ürünler arasında gerçek zamanlı iletişim ve bağlantı gerçekleştirmektedir. Bunun yanında yüksek esnekliğe sahip müşteri gereksinimlerine göre özelleştirilebilen ürünler ve dijitalleştirilmiş akıllı bir üretim modeli geliştirmektedir. Üretimin merkezileşmeden lokalizasyona dönüşümü, ürünün kişiselleştirmeye dönüşümü ve kullanıcıların kısmi katılımın ötesinde üretime tam olarak katılma kabiliyeti bu akıllı üretim modelinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Bu, imalat sanayinin geniş bir Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) adaptasyonu ve gerçek dünyanın sınırlarını sanal dünyanın olanakları ile birleştiren siber fiziksel üretim sistemleri olarak bilinen yapıların kullanılması ile mümkün kılınmaktadır.

Endüstri 4.0, aynı anda olgunlaşan ve imalat endüstrisinin görünümünü önemli ölçüde değiştirmesi beklenen birçok önemli teknolojik yeniliğin birleşimini ifade etmektedir. Bu teknolojiler ileri robotikler, yapay zekâ, gelişmiş sensörler, bulut bilişim ve büyük veri analizidir. Bugünün imalatında bir biçimde mevcut olan bu bileşenler ancak fiziksel ve sanal dünyalar birbirleriyle bütünleştiğinde endüstriyi birbirine bağlayacak ve dönüştürecektir (Aydın, 2018: 305).

Branke vd., (2016: 263)' e göre Endüstri 4.0, mal ve makinelerin internete bağlı olduğu, birbiriyle iletişim kurduğu, veri alışverişi yaptığı, topladığı, analiz ettiği, süreçleri dağıtılmış bir şekilde koordine ettiği fabrikalar ve tedarik zincirlerini öngörmektedir. Bu veri güdümlü entegre sistem, geleceğin daha esnek fabrikalarına yol açarak üretimde daha fazla yanıt vermeyi sağlayacaktır. Endüstri 4.0 birkaç güçlü teknolojik eğilimden türetilmiştir: Birincisi, bilgisayar çipleri, sensörler ile vericiler gittikçe küçültülür ve gittikçe daha ucuz hâle gelir. Bu durum onları daha fazla makineye ve aynı zamanda mallara yerleştirmeyi sağlar. İkincisi, kablosuz iletişim, neredeyse her şeyin internete bağlanmasına olanak sağlayan, dijital - fiziksel dünya arasındaki sınırı bulanıklaştırarak, makine ile ürünlerin doğrudan ve özerk bir şekilde iletişim kurmasına olanak tanıyan her yerde olur. Bununla birlikte, bu teknolojiler, daha önce görülmemiş bir ölçekte veri toplayan ve paylaşan, özerk, akıllı ve merkezi olmayan bir biçimde kararlar veren öz örgütlenme sistemlerinin oluşturulmasına izin vermektedir. Ek olarak, küçük işletmelere bile ölçeklenebilirlik sunan bulut bilişim, büyük miktarlardaki verilerin gerçek zamanlı olarak ele alınmasını ve yorumlanmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda büyük veri analitiği ve makinelerin öğrenmesini sağlayan yapay zekâyı içererek, Endüstri 4.0 süreçlerini dönüştürebilen ve yeni bir düzeye çıkarabilen güçlü bir karışım elde etmektedir.

Endüstri 4.0 yalnızca robotlaşma ya da sadece bir üretim tekniği olarak görülmemelidir. Endüstri 4.0 birçok çağdaş otomasyon sistemini, veri alışverişlerini ve üretim teknolojilerini kapsayan birçok nesneyi içine alan oldukça geniş bir kavramdır. Endüstri 4.0, makinelerin herhangi bir insan kontrolü olmadan birbiriyle iletişim kurabildiği bir üretim ağı kavramıdır. Bu ağlarda siber fiziksel üretim sistemleri etkin olarak devrededir. Siber fiziksel üretim sistemleri, bilgi ve materyal alt sistemlerindeki öğeleri birleştirmektedir. “Endüstri 4.0” olarak

adlandırılan bu süreç, üretim ve tüketim ilişkilerini kökten değiştirecek bir yapı içermekle birlikte bir yanda tüketicinin değişen ihtiyaçlarına anlık olarak cevap veren üretim sistemlerini, diğer yanda ise sürekli iletişim ve koordinasyon hâlindeki otomasyon sistemlerini tanımlamaktadır.

1.5.1. Endüstri 4.0 Kavramının Merkezi Özellikleri

Smitt vd. (2016:21)'e göre ise Endüstri 4.0'ın merkezi özellikleri:

Birlikte Çalışabilirlik: Tüm aygıtların ve insanların birbirleriyle bağlantı ve iletişim kurma ve işlemleri sürdürmek; hatta daha da iyileştirmek için veri alışverişi yapabilme yeteneğidir. Bu veri alışverişinde herhangi bir makine veya cihaz, bilgileri sensörlerden toplayarak kaynak olabilmektedir.

Sanallaştırma: Sanallaştırma, siber fiziksel sistemlerin fiziksel süreçleri izleyebildiği anlamına gelmektedir. Bu durum sensör verileri, sanal tesis modelleri ve simülasyon modelleriyle bağlantılıdır. Böylece fiziksel dünyanın sanal bir kopyası oluşturulur. Akıllı fabrika tesisinde sanal model, tüm siber fiziksel sistem koşullarını içermektedir. Başarısızlık durumunda bir insana haber verilebilmektedir. Ek olarak, bir sonraki çalışma adımları veya güvenlik düzenlemeleri gibi tüm gerekli bilgiler sağlanmaktadır. Böylelikle, artan teknik karmaşıklığın ele alınmasında insanlar desteklenmektedir (Hermann vd., 2015:12).

Âdemi Merkeziyet: Müdahale veya çatışma olmadıkça siber fiziksel sistemlerin, kendi kararlarını verebilme yeteneğidir. Sistemler süreçlerini daha özerk bir şekilde gerçekleştirdiklerinde kazanç artmaktadır.

Gerçek Zamanlı Yetenek: Sensörlerden veya herhangi bir kaynaktan akıp anında bilgi sunan verileri zenginleştirme ve analiz etme yeteneğidir. Organizasyonel görevler için verilerin gerçek zamanlı olarak toplanması ve analiz edilmesi gereklidir. Akıllı fabrikada tesisin durumu sürekli izlenmekte ve analiz edilmektedir. Böylece, tesis bir makinenin arızasına tepki verebilmekte ve ürünleri başka bir makineye yönlendirebilmektedir (Herman vd., 2015:12).

Servis Oryantasyonu: Bilgisayar yazılımı için servisler şeklinde bir tasarım yaklaşımıdır. Servis odaklı tasarım ilkeleri, yazılım endişelerinin izole edilmesini vurgulamaktadır.

Modülerlik: Akıllı fabrikaların esnek ve değişen gereksinimlere uyarlanabilir olması ve altyapının veya sistemin herhangi bir bölümünün genişletilip değiştirilebilmesi şeklinde sıralanmaktadır.

Ślusarczyk (2018:236)'e göre Endüstri 4.0 kavramının üç temel özelliği bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanır:

- 1) Yaygın dijitalleşme ve insanların kendi aralarında, insanlar ve cihazlar arasında ve cihazların kendi aralarında sürekli iletişim,
- 2) Sosyoekonomik sistem operasyonunun etkinlik ve verimliliğinin adım adım artmasına imkân tanıyıp çok sık tekrarlanarak uygulanan ve karışıklığa sebebiyet veren yenilikler,
- 3) Makinaların gelişiminin üst seviye bir başarıya ulaşması. Buna paralel olarak kontrol edilmeleri sürecinde yapay zekanın kullanılması yoluyla otonom davranış becerisini kazanmaları.

Avrupa Birliği Komisyonu ise “Endüstri 4.0” kavramının esas olarak üç boyutta biçimlendiğini ifade etmektedir (European Commission, 2015):

- 1) Değer yaratma ağları arasında yatay entegrasyon,
- 2) İmalat sistemlerinde bağlantı ve dikey entegrasyon,
- 3) Ürün yaşam döngüsünde baştan sona mühendislik.

Değer yaratma ağları arasındaki yatay entegrasyon, firma içi ve firmalar arası akıllı çapraz bağlantıları ve değer yaratmanın dijitalleştirilmesini içermektedir. İmalat sistemlerinde bağlantı ve dikey entegrasyon ise imalat hatları, üretim modülleri, fabrikalardaki farklı hiyerarşik değer yaratma seviyelerinde akıllı bağlantı ve dijitalleştirilmeyi içermektedir. Son olarak ürün yaşam döngüsünde baştan sona mühendislik ise hammadde tedariki, imalat, ürün kullanımı ve ürün yaşamının sonu evrelerinden oluşan ürün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında akıllı çapraz bağlantı ile dijitalleştirmeyi içermektedir (Alçın, 2016:22). Endüstri 4.0, ürünlerin yaşam döngüsü boyunca değer zincirinin tümünde yeni bir organizasyon ve kontrol seviyesini ifade etmektedir.

Endüstri 4.0 imalat sanayi sistemlerinin verimliliğini arttırmak için nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti, siber fiziksel sistemler, endüstriyel otomasyon,

sürekli bağlantı ve bilgi, siber güvenlik, akıllı robotik, endüstriyel büyük veri ve hesaplama gibi birçok farklı teknolojiden yararlanmaktadır.

Endüstri 4.0 dört düzeyde sınıflanmaktadır. Bunlar:

1. Cihazların oluşturduğu fiziksel alan,
2. İletişimin gerçekleşmesini sağlayan ağlar,
3. Bulut sistemi içerisinde gömülü bulunan büyük veri ve sunucu sistemleri
4. Uygulama düzeyindeki akıllı şehir, akıllı fabrika, akıllı hizmetler ve akıllı kullanıcılarıdır.

Cihazlar ağlar aracılığı ile birbirleriyle iletişime geçerler ve senkronize olurlar. Veri madenciliği yoluyla üretim için gereken bilgiyi bulut sisteminde gömülü bulunan veriden elde ederler ve böylece uygulama düzeyindeki akıllı tüketici ile akıllı fabrikaları mümkün kılmış olurlar (Alçın 2016:23).

1.5.2. Endüstri 4.0'ın Getirdikleri

Dördüncü Sanayi Devrimi, kendisinden önce gerçekleşen üç sanayi devriminden oldukça farklı yaklaşımları içerisinde bulundurmaktadır. Mevcut sanayi yapısının yapay zekâ ve makineler arası iletişim teknolojileri ile donatılmasını hedefleyen bu süreç, akıllı makinelerin kullanımı neticesinde emeği soyutlayan yeni bir üretim stratejini hedeflemektedir. Bu bağlamda Endüstri 4.0'ın temel hedefleri arasında istihdam, daha fazla verimlilik, ekonomik büyüme, kalıcı değer üretimi, iş güvenliği, yüksek yaşam standardı ve sosyal istikrar ön plana çıkmaktadır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016:67).

“Endüstri 4.0” kavramının ilk olarak 2011 yılında Hannover Fuarı'nda kullanılmasıyla birlikte Almanya'nın bu konu ile ilgili çalışmaları 2012 yılında Endüstri 4.0 Çalışma Grubu'nun kurulması ile başlamıştır. Çalışma grubunun 2013 yılında yayımladığı nihai raporunda Endüstri 4.0 dönüşümünün başarıya ulaşabilmesi için sekiz önemli konunun gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Raporda belirtilen bu konular: referans donanım mimarisinin belirlenmesi ve standartlaştırılması, kapsamlı ve yüksek hızlı bir haberleşme altyapısının endüstriye

sağlanması, karmaşık sistemlerin yönetilebilmesi, eğitim ve profesyonel gelişimin devamlılığı, çalışma organizasyonu ve tasarım, emniyet ve güvenlik, mevcut mevzuatın uyarlanması ve kaynakların verimli kullanılmasıdır (Çeliktas vd., 2015:28).

Stock ve Seliger (2016: 539), Endüstri 4.0 getirilerini, değer yaratma faktörleri açısından ele almışlar ve beklenen gelişme ile eğilimleri aşağıdaki gibi sıralamışlardır:

Ekipman: İmalat ekipmanı, yüksek derecede otomatik tezgâhların ve robotların uygulanması ile karakterize edilecektir. Ekipman, diğer değer yaratma faktörlerinde (robotlar), ortak görevlerde işçilerle iş birliği içinde çalışacaktır.

İnsan: Üretimdeki mevcut işler büyük ölçüde otomasyona geçme konusunda yüksek risk altındadır (Frey ve Osborne, 2013:27). Böylece işçi sayısında düşme gerçekleşir. Kalan üretim işleri daha fazla bilgi çalışmasının yanı sıra daha kısa vadeli ve planlaması zor görevleri içerir. İşçilerin giderek artan oranda otomatik ekipmanı izlemesi gerekecektir. Böylece işçiler ademi merkeziyetçi karar alma sürecine dahil edilecek ve uçtan uca mühendisliğin bir parçası olarak mühendislik faaliyetlerine katılacaklardır.

Organizasyon: Üretim sistemindeki artan organizasyonel karmaşıklık, belli bir noktadan itibaren merkezi bir durum tarafından yönetilemez hâle gelecektir. Böylece karar verme merkezi bir durumdan ademi merkeziyetçi örneklerle doğru kaydırılacaktır. Dağıtılmış örneklerde özerk bir şekilde karar verme için yerel bilgiler dikkate alınacaktır. Karar, yapay zekâ tarafından sağlanan yöntemleri kullanan işçiler veya ekipman tarafından alınacaktır.

Süreç: “3D baskı” olarak da bilinen ilave üretim teknolojileri, katma değer üretim maliyetlerinin son yıllarda hızla düşmesi nedeniyle değer yaratma süreçlerinde giderek daha fazla kullanılmaya başlanacaktır. Bu durum, daha karmaşık ve daha güçlü geometrilerin yanı sıra, ilave üretimin ürünün daha yüksek ve daha büyük ölçeklerine uygulanmasını ifade etmektedir.

Ürün: Ürünler, müşterinin bireysel ihtiyaçlarına göre parti büyüklüğünde üretilecektir. Ürünün bu toplu özelleştirmesi, müşteriye değer zinciri ile mümkün

olan en erken zamanda birleştirecektir. Bu nedenle, fiziksel ürün, yeni iş modellerinin bir parçası olarak müşteriye ürün sahipliği yerine işlevsellik ve erişim sağlamak için yeni hizmetlerle bir araya gelecektir.

Wang ve arkadaşlarına (2015:6) göre ise Endüstri 4.0'ın genel getirileri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

Üretkenlik: Geleneksel üretim hattına kıyasla akıllı fabrika, farklı tipteki küçük parti ürünlerini daha verimli bir şekilde üretebilmektedir. Bir yandan, farklı ürün türleri arasında geçiş yaparken kurulum süresi en aza indirilmektedir. Diğer yandan ise üretim süreci büyük veri geri bildirimi ve koordinasyon yardımı ile optimize edildiğinden, ortalama üretim yolları küçülmektedir. Böylece makinelerin ve diğer kaynakların kullanım oranı iyileştirilmektedir.

Kaynak ve Enerji Verimliliği: Büyük veri analizlerine dayanarak, istikrarlı bir ürün kalitesi seviyesi ve bitmiş ürünlerin oranı ile doğru bir üretim süreci sağlanabilmektedir. Bu nedenle, gerekli ham maddeler üretim ve ürün fazlalığı en aza indirilmeden önce belirlenebilmektedir. Ek olarak, akıllı makineler enerji tüketimini azaltacak şekilde daha akıllıca çalışmaktadır. Düzenlemeler, molalar sırasında enerji tasarrufu ve hız kontrollü motorlar gibi daha yeni teknolojilerin kullanılmasını içermektedir.

Şeffaflık: Büyük veri, akıllı fabrikanın her yönü hakkında gerçek zamanlı, eksiksiz ve etkili bilgiler sağlamaktadır. Büyük veri analizlerine dayanarak, makineler, ürünler ve sistem ile ilgili performans göstergeleri ölçülebilmektedir. Bu, daha hızlı ve doğru kararlar verilmesini sağlamakta; aynı zamanda üretim planını kolaylaştırmakta ve pazar araştırmasına cevap vermeyi hızlandırabilmektedir.

Entegrasyonun Desteklenmesi: Hiyerarşik alt sistemlerin dikey entegrasyonu, akıllı fabrikalara yol açmaktadır. Bu da değer ağları ve uçtan uca mühendislik dijital entegrasyonu ile yatay entegrasyonu desteklemektedir. Endüstri 4.0'ın uygulanmasında, akıllı fabrika daha kapsamlı entegrasyon ve iş birliği için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Bu küresel iş birliği ağına dayanarak, tüketiciler, tasarım faaliyetleri, üretim ve lojistik, bulut sistem üzerinden etkileşime girebilmektedir.

Bu durum, yaşam tarzı, kültür ve sosyal organizasyon üzerinde de derin bir etkisi olan sürdürülebilir bir üretim paradigması sunacaktır.

Kâr: Moore yasalarına dayanarak, performans sürekli olarak artarken, bilgi teknolojilerinin maliyeti sürekli olarak düşecektir. Esneklik, kaynak ve enerji verimliliği nedeniyle gelecekte küçük parti üretimi yapılacak ve özelleştirilmiş tüketim talepleri için sabit üretim hattına kıyasla işletme maliyeti oldukça düşük olacaktır. Akıllı fabrika ile bir defalık ürünlerin bile kârlı bir şekilde üretilebileceği belirtilmektedir.

Çalışan Dostu: Makineler kendiliğinden otomatik olarak çalışmakta, böylece hiçbir işçinin rutin işler yapmasına gerek kalmamaktadır. Büyük veri analitiği sayesinde, güçlü yazılım araçları, kullanıcı dostu ve esnek ara yüz önlemleri, bakım ile tanılama işlemleri daha kolay hâle gelmiştir. Dünyanın her yerindeki insanlar bile uzaktan onarım işi yapmak için birlikte çalışabilir. Çünkü insanlar ve makineler birbirleriyle bulut sistemi sayesinde etkileşime girebilmektedir.

Kagermann vd., (2013: 15-16) ise Endüstri 4.0 getirilerini çok büyük bir potansiyel olarak aşağıdaki şekilde tanımlamaktadır:

Bireysel müşteri gereksinimlerini karşılama: Endüstri 4.0, bireysel müşteriye özel kriterlerin tasarım, yapılandırma, sipariş, planlama, üretim ve işletme aşamalarına dâhil edilmesine olanak sağlamaktadır. Endüstri 4.0'da, çok düşük üretim hacimlerine sahip olmakla birlikte bir kereye mahsus ürün üretmek ve kâr elde etmek mümkündür.

Esneklik: Siber fiziksel sistem tabanlı özel ağ, iş süreçlerinin kalite, zaman, risk, sağlamlık, fiyat ve çevre dostu gibi farklı yönlerinin dinamik olarak yapılandırılmasını sağlamaktadır. Bu durum, malzemelerin ve tedarik zincirlerinin sürekli düzenlenmesini kolaylaştırmaktadır Aynı zamanda mühendislik işlemlerinin daha çevik hâle getirilebileceği, üretim işlemlerinin değiştirilebileceği, geçici kıtlıkların (örneğin tedarik sorunları nedeniyle) telafi edilebileceği ve kısa sürede üretimde büyük artışların sağlanabileceği anlamına gelmektedir.

Optimize edilmiş karar alma: Küresel bir pazarda başarılı olmak için, genellikle çok kısa bir sürede, doğru kararları alabilmek kritik önem kazanmaktadır.

Endüstri 4.0, gerçek zamanlı olarak uçtan uca şeffaflık sağlamak ve mühendislik alanındaki tasarım kararlarının erken doğrulanmasına izin vermektedir.

Kaynak etkinliği ve verimliliği: Endüstriyel üretim süreçleri için genel stratejik hedefler Endüstri 4.0 için de geçerlidir. Bu hedefler: belirli bir kaynak hacminden mümkün olan en yüksek ürün çıktısını sağlamak ve belirli bir çıktının elde edilmesi için mümkün olan en düşük kaynak miktarını kullanmaktır. Siber fiziksel sistemler, üretim süreçlerinin tüm değer ağı genelinde durum bazında optimize edilmesini sağlar. Ayrıca, üretimi durdurmak zorunda kalmak yerine, sistemler üretim sırasında kaynakları ve enerji tüketimi veya emisyonlarını azaltmak için sürekli olarak optimize edilebilmektedirler.

Yeni servisler sayesinde değer fırsatları yaratma: Endüstri 4.0, veri akışı servisleri gibi değer yaratmanın yeni yollarının ve yeni istihdam biçimlerinin önünü açmaktadır. Akıllı algoritmalar, akıllı cihazlar tarafından yenilikçi hizmetler sağlamak için kaydedilen çok çeşitli verilere uygulanabilmektedir.

İşyerindeki demografik değişime cevap verme: İş organizasyonu ve yetkinlik geliştirme girişimleriyle birlikte, insanlar ve teknolojik sistemler arasındaki etkileşimli iş birliği, işletmelere demografik değişimi kendi avantajlarına dönüştürmenin yeni yollarını sağlayacaktır. Nitelikli işgücü kıtlığı ve işgücünün artan çeşitliliği karşısında Endüstri 4.0, insanların çalışmaya devam etmelerini ve daha uzun süre üretken kalmalarını sağlayacak çeşitli ve esnek kariyer yolları sağlayacaktır.

İş-Yaşam Dengesi: Siber fiziksel sistemleri kullanan şirketlerin daha esnek iş organizasyonu modellerine sahip olması, çalışanların işleri ve özel hayatları arasında daha iyi bir denge kurma ihtiyacını karşılamak üzere iyi bir şekilde yerleştirildikleri anlamına gelmektedir. Akıllı yardım sistemleri, işleri, şirketlerin gereksinimlerini ve çalışanların kişisel ihtiyaçlarını karşılamak için yeni bir esneklik standardı sağlayacak şekilde organize etmek üzere yeni fırsatlar sağlayacaktır.

Özetle; akıllı fabrika, siber-fiziksel ortamlar, akıllı üretim, akıllı ürün, yeni ürün ve hizmet üretim sistemleri, yeni dağıtım sistemleri, kendi kendine yönetim,

insan ihtiyaçlarına uyum, dijital sürdürülebilirlik ve sonuç olarak akıllı Şehirler, endüstri 4.0 konseptinin temel getirilerini oluşturmaktadır.

1.5.3. Endüstri 4.0'ın Avantajları

Endüstri 4.0, sanayi sektörünün ötesine geçen birçok alanda potansiyel olarak derin değişimlere neden olacaktır. Endüstri 4.0'ın etkileri altı ana alana ayrılabilir: sanayi, ürünler ve hizmetler, iş modelleri ve pazar, ekonomi, çalışma ortamı ve beceri geliştirme (Pereira ve Romero, 2017:1212). Çalışmanın bu bölümünde Endüstri 4.0'ın mevcut ve gelecekte ortaya çıkması beklenen avantajları başlıklar altında ele alınarak analiz edilecektir.

1.5.3.1. Sanayi

Sanayi, Endüstri 4.0'ın etkilerine en çok maruz kalacak sektördür. Bu yeni endüstriyel paradigma, üretim unsurlarının kendilerini özerk bir Şekilde kontrol edebildikleri, eylemleri tetikleyebildikleri ve çevrelerindeki değişimlere cevap verebildikleri ademi merkezizeti ve dijitalleştirilmiş üretim ile karakterize yeni bir üretim vizyonu getirecektir (Erol vd., 2016:14). Dahası, ortaya çıkan paradigma, üretim vizyonunu seri üretimden kitlesel kişiselleştirmeye kaydırıp, daha yüksek bir karmaşıklık seviyesi getiren ürünler ve süreçleri tam olarak entegre etmeyi önermektedir (Dombrowski ve Wagner, 2014:101). Bu nedenle, üretim süreçleri ve operasyonları, teknolojik gelişmelerden ve akıllı fabrikaların kurulmasından derinden etkilenecek, böylece operasyonlarda daha fazla esneklik ve daha verimli bir kaynak tahsisi sağlanacaktır. Endüstri 4.0, endüstriyel süreçler, üretim sistemleri ve tedarik zincirleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. Bu yeni paradigma, mevcut sanayi alanını üç ana noktadan dönüştürmektedir. Bu noktalar aŐadaki Şekilde sıralanmaktadır:

1. Üretim dijitalleştirilmesi,
2. Otomasyon,
3. Üretim sahasını kapsamlı bir tedarik zincirinde birbirine bağlamak.

Bu Şekilde, Endüstri 4.0 tam ağ entegrasyonundan ve gerçek zamanlı bilgi aliŐveriŐinden oluşmaktadır (Romero vd., 2016:681). Her sanayi devriminin

çekirdeğini verimlilik artışı oluşturmaktadır. Bununla birlikte, Dördüncü Sanayi Devrimi daha da ileri gitmekte ve üretkenliği artırmanın yanı sıra, ürün geliştirme ve mühendislik süreçlerinden lojistiğe kadar tüm tedarik zincirini etkilemektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi akıllı üretim, akıllı lojistik, akıllı ağlar ve nesnelerin interneti ile akıllı ürünlerin entegrasyonu, mevcut fabrikaları ve yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına neden olarak akıllı fabrikayı gelecekteki akıllı altyapıların ana unsuru hâline getirmektedir. Bu yeni altyapı bakış açısına göre, birçok fayda ve kâr ortaya çıkacaktır. Sanal ve artırılmış prototipleşme, her bir paydaş arasındaki tüm ürün işlevlerinin etkileşimli olarak keşfedilmesini kolaylaştırarak, ürün özellikleri ve faydalarının tam olarak anlaşılmasını sağlamaktadır. Makinenin esnekliğinin artmasıyla birlikte, dinamik olarak programlanabilir üretim teknolojisinin kullanılması; kişiselleştirme, kaynakların daha dinamik tahsisi, daha kısa değişim süreleri ve azaltılmış üretim karmaşıklığı gibi birçok avantaj sağlayacaktır. Bu durum daha hızlı, daha ucuz, daha kolay ve daha çeşitli üretim işlemlerine olanak sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın farklı boyutlardaki firmalar için birçok faydası bulunmaktadır. Endüstri 4.0, işgücü maliyetlerinin azaltılması, iş süreçlerinin basitleştirilmesi, envanter yanlışlıklarının azaltılması ve lojistik işlemlerde daha fazla şeffaflık gibi sayısız faydalar sağlamaktadır (Mohamed, 2018:261).

Endüstri 4.0 çok büyük bir potansiyele sahiptir. Akıllı fabrikalar bireysel müşteri gereksinimlerinin karşılanmasına izin vermekte ve bu bir kerelik ürünlerin bile kârlı bir şekilde üretilebileceği anlamına gelmektedir (Kagerman vd., 2013:5). Akıllı fabrikanın bir parçası olan yapay zekâ özellikli robotlar, daha fazla güvenlik, hız, hassasiyet ve üretkenlik sağlama potansiyeline sahip olduklarından, lojistik ve üretim için giderek daha merkezi olacaktır. Makine öğrenmesi aynı zamanda pazarlama, finans, eğlence ve tıp da dâhil olmak üzere bir dizi hizmette devrim yaratmaya hazırlanmaktadır. 3D baskı, yani katmanlar hâlinde malzeme ekleyerek ürün oluşturmaya izin veren ilave üretim teknikleri, üretim süreçlerini ve tedarik zincirlerini dönüştürme potansiyeli yüksek olan yeni ortaya çıkan teknolojilere bir örnektir. Dijital teknolojilerle birleştirilmiş 3D baskı, ürün tasarımı, üretim ve teslimat süreçlerinin entegrasyonunu destekleyerek sektörde geniş kapsamlı uygulamalara sahip olacaktır. Hâlen model oluşturmak ve yedek parça üretmek için

kullanılmakta olan 3D baskı, basılabilir malzeme yelpazesi genişledikçe ve yüzey kalitesi arttıkça daha önemli hale gelecektir. 3D baskının ilerlemesi ile birlikte şirketler fiziksel ürünler yerine tasarımlar satacaktır (Kergroach, 2017:7).

Dördüncü Sanayi Devrimi ayrıca, üreticilerden nihai tüketiciye kadar değer zinciri içinde yer alan bütün bileşenlerin gerçek zamanlı olarak birbirleri ile bütünleşmesini hedeflemektedir. Nesnelerin sistemlerin ve insanların, birbiri ile bağlantılı hâle gelmesini de içeren bu süreç, şirketlerin kendi içlerinde ve birbirleri arasında etkin bir ilişki geliştirmesini; aynı zamanda gerçek zamanlı bir uyumlaştırma ile daha yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesini sağlamaktadır. Üretim ağını meydana getiren tüm bileşenler birbirleriyle internet teknolojilerini kullanarak iletişim kurmakta ve gerçek dünya çok büyük bir bilgi sistemi hâline dönüşmektedir (Taghizadeh ve Keser, 2015:2). Böyle bir teknolojik altyapının kullanılması imalat sektörünü daha verimli bir hâle getirmektedir. Bunun yanı sıra kalite ve esnekliği arttırmak adına sistemleri birbirleri ile bütünleştirmekte ve veri analiz programlarının kullanılması ile rekabet ortamında daha fazla avantaj sağlamaktadır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016:68).

1.5.3.2. Ürün ve Hizmetler

Ürün ve hizmetler bu yeni endüstriyel paradigmadan çok fazla etkilenmektedir. Son yıllarda, ekonomik alandaki ve dinamik pazar gereksinimlerindeki hızlı değişimler, daha karmaşık ve daha akıllı ürünlerin geliştirilmesine olan talebin artmasına neden olmuştur (Porter ve Heppelmann 2015:96). Ürünler, belirli müşteri gereksinimlerini karşılamak için toplu özelleştirmeyi destekleyen, daha modüler ve yapılandırılabilir hâle gelecektir (Jazdi, 2014:2). İnternet tabanlı teknolojiler sayesinde akıllı fabrikalar, insanlar, makineler, kaynaklar ve tedarikçiler birbirleriyle iletişim kurabilmektedir. Bu sayede ürünler akıllı hâle gelecek ve her birinin yalnızca kendilerine ait özel benzersiz kimlikleri olacak, böylece gerçek zamanlı olarak internet üzerinden birbirlerine bağlanabileceklerdir. Böylelikle, üretim tarihi, tedarikçilerin kimliği, ne zaman, nerede ve nasıl üretileceği gibi ürünler hakkındaki tüm bilgilere müşteriler, üreticiler, şirketler ve paydaşlar tarafından kolayca ulaşılabilir (Kagermann, 2014:33). Ayrıca, müşterilerin üretim sürecine müdahale etme yetkisi olacaktır. Bu yeniçağda daha çok müşteri odaklı sistemler üretim sistemlerine hâkim olacaktır.

Çünkü müşteriler ürünün tüm bileşenlerini isteklerine ve arzularına göre seçebilmektedir. Dolayısıyla gelecekte pazarlama kanalları daha fazla müşteri odaklı hâle gelecek ve pazarlamacılar piyasayı tek müşterinin ihtiyaç ve isteklerini temel alarak bölümlere ayıracaklardır. Böylece şirketler, işletmeler ve ülkeler, işgücü maliyetine karşı düşük duyarlılık ve uygun fiyatlarla kişiselleştirilmiş bir ürün sağlama nedeniyle, 3D teknolojisini daha sık kullanacaklardır (Blanchet ve diğerleri, 2014: 9-11).

Ayrıca, hammadde edinimi, üretim, kullanım ve servis aşaması gibi ürün yaşam döngüsünün farklı aşamaları hakkında bilgi; paydaşlar, ürünler ve ekipmanlar ile elde edilebilmektedir (Stok ve Seliger, 2016: 537). Böylece firmalar daha doğru üretim planlaması yapabilmekte ve tedarik zincirini daha kolay yönetebilmektedir. Bu sayede karmaşıklık azalacak ve gerçek zamanlı olarak tüm üretim süreçleri, müşterilerden, tedarik zinciri üyelerinden, ham madde safhalarından, bitmiş ürün safhalarına kadar daha doğru gözlemlenecektir (Kagermann, 2014:30). Ayrıca, tedarik zinciri, lojistik süreçlerin kalitesini olumlu yönde etkileyen akıllı merkezi olmayan sistemler tarafından kontrol edilecektir.

Endüstri 4.0, siber fiziksel sistem tabanlı ağ bağlantısı sayesinde ekonomik, ekolojik ve sosyal fırsatlar sunmaktadır (Kagermann 2014:25). Ekonomik olarak, işletme ve bilgi teknolojilerini birleştiren ve müşteriye merkezi olmayan bir üretim sürecine entegre eden firmalar, bireysel olarak yapılandırılmış ürünlerin esnek ve düşük maliyetli üretimini gerçekleştirebilmektedir (Burmeister vd., 2016:127). Ekolojik olarak motive olan firmalar, fiziksel yineleme döngülerini en aza indirmek için süreçleri sanallaştırabilmekte, eylemleri koordine etmek için ortaklar arasındaki veri şeffaflığını artırabilmekte ve daha sürdürülebilir tedarik zincirleri oluşturmak için ürün ve makinelerden elde ettikleri geri besleme verilerini kullanabilmektedirler (Schuh vd., 2015:84). Sosyal açıdan bakıldığında, firmalar iş güvenliğini arttırmak ve daha ergonomik iş yerlerinin geliştirilmesini sağlamak için yeni insan makine ara yüz biçimlerini kullanabilmektedir (Schneider, 2018:8). Konvansiyonel tahmin tabanlı üretim planlamasının tersine, Endüstri 4.0, dinamik kişisel optimizasyonun yanı sıra, üretim planlarının gerçek zamanlı olarak planlanmasını sağlamaktadır (Sanders vd., 2016:816).

1.5.3.3. İş Modelleri ve Pazar

İş modelleri ve pazar son yıllarda hızla değişmektedir. Bu değişim neticesinde ise yeni ve yenilikçi iş modelleri ortaya çıkmaktadır. Endüstri 4.0 bağlamında yeni yıkıcı teknolojilerin ortaya çıkışı, geleneksel işletmeleri etkileyen yeni iş modelleri getirerek ürün ve hizmetlerin satış ve sunulma şeklini değiştirmektedir (Glova vd., 2014:1123) Endüstri 4.0, üreticiler ve müşteriler arasındaki entegrasyonu teşvik ederek, müşterilerle daha yakın bir etkileşime ve iş modellerinin pazar gereksinimlerine uyarlanmasına olanak sağladığı için değer zincirleri daha duyarlı hâle gelmektedir. Endüstriyel üretimdeki dijitalleşme çok daha karmaşık dijital pazar modellerinin yaratılmasına yol açabilecektir (Zezulka vd., 2016:8).

Endüstri 4.0 aynı zamanda değer yaratmanın yeni yollarını ve yeni iş modellerini ortaya çıkaracaktır. Özellikle, yeni başlayan küçük işletmelere alt hizmetler geliştirmek ve sunmak için fırsatlar sağlayacaktır (Kagermann vd., 2013:5) Endüstri 4.0'daki değer yaratma ağlarının çapraz bağlanması, kapalı ürün yaşam döngüleri ve endüstriyel ortak yaşamın gerçekleştirilmesi için yeni fırsatlar sunmaktadır. Ürün, malzeme, enerji ve su akışlarının ürün yaşam döngüleri boyunca ve aynı zamanda farklı fabrikalar arasında verimli bir şekilde eşgüdümünü sağlamaktadır (Stock ve Seliger, 2016:540) Kapalı ürün yaşam döngüleri, ürünleri yeniden üretim veya aralarında yeniden kullanım ile çoklu kullanım fazlarının yaşam döngülerinde tutmaya yardımcı olmaktadır. Endüstriyel ortak yaşam; ürün, malzeme, enerji, su ve aynı zamanda yerel düzeyde akıllı veri alışverişi yaparak rekabet avantajı sağlamak için farklı fabrikaların iş birliğini mümkün kılmaktadır (Chertow, 2007:12).

Endüstri 4.0'da, yeni gelişen iş modelleri akıllı verileri kullanarak hizmet vermektedir. Bu gelişme, yeni sürdürülebilir iş modellerini sağlama almak için önemli bir fırsat sunmaktadır. Sürdürülebilir iş modelleri, çevre veya toplum için önemli derecede olumlu etkilerde bulunurken olumsuz etkileri azaltmakta, temel olarak bir çevresel ya da sosyal problemin çözümüne katkıda bulunabilmektedir (Bocken vd., 2014:44). Ek olarak, sürdürülebilir iş modelleri uzun vadede rekabet edebilme ile karakterize edilmektedir (Schaltegger ve Wagner, 2011:226). Bu bağlamda, sadece somut ürünleri satmak yerine, ürünlerin işlevselliğini ve erişilebilirliğini satmak da mümkün olacaktır (Stock ve Seliger 2016:540).

Endüstri 4.0'a atfedilen pazar dinamiklerini geliştirme özelliği uluslararası düzeyde bir teknoloji ve pazarda öncü bir pozisyonda bulunma fırsatı sağlamaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0 stratejik farklılaşma ve rekabet avantajları açısından da kullanılabilir. Endüstri 4.0'da yenilikçi ürün ve hizmet özellikleri, artan müşteri değeri ve yoğunlaştırılmış müşteri ilişkileri kilit bir rol oynamaktadır. Endüstri 4.0'a özel bilgileri olan müşterilerin sağlanması, oldukça esnek ve özelleştirilmiş ürün önerileri sunulması, müşteri memnuniyetini ve elde tutulmasını artırmaktadır. Böylece firma önemli bir rekabet gücüne ulaşmaktadır. Ayrıca Endüstri 4.0, ortalama birim, işletme, personel ve takım maliyetleri gibi çeşitli maliyet düşürme potansiyellerini içeren finansal faydalar sağlamaktadır. Dijital simülasyonlar Ar-Ge maliyetlerinin düşürülmesini ve somut mühendislik yatırımlarının azalmasını sağlamaktadır (Kiel vd., 2017:13). Endüstri 4.0, maliyetleri düşürmenin ve verimliliği artırmanın yanı sıra önemli kaynakları koruma imkânı da sunmaktadır.

Öztemel ve Gürsev (2018:39) Endüstri 4.0'ın iş modelleri ve pazar ile ilgili, avantajlarını aşağıdaki şekilde sıralamışlardır:

- Geliştirilmiş yenilikçilik yeteneği,
- Sistem hatasının teşhisinde kolay izleme,
- Öz farkındalık ve sistemlerin bakım yeteneklerinde artış,
- Çevre dostu ürünlerle yüksek verimlilik,
- Düşük maliyetle geliştirilmiş esneklik,
- Yeni iş ve hizmet modelleri ile daha hızlı üretim geliştirme süreci,
- Tarafsız, gerçek zamanlı ve bilgiye dayalı karar verme,
- Ekonomiye katkıda bulunmak için ülke çapında katılım. Daha yaygın pazarlar ve küresel pazarlara erişim ile artan e-ticaret,
- Eğitimi sağlık, yerel hizmetler gibi kamu hizmetlerine daha kolay erişim,
- Akıllı binalar, şehirler, fabrikalar ve uzaktan kontrol.

1.5.3.4. Ekonomi

Endüstri 4.0 sadece firmaları ve üretim sistemlerini etkilemeyecek, aynı zamanda kaynak ve enerji tüketimi, kentsel üretim, demografik değişim, ekonomi gibi küresel sorunları da çözecektir (Kagermann vd., 2013). Endüstri 4.0'ın

uygulanmasıyla birlikte gelen verimlilik ve esnekliğin iyileştirilmesi yoluyla tüm rekabet avantajlarının ötesinde, kaynakların verimli kullanımı da düşünülmelidir. Bu noktada Endüstri 4.0 içerisindeki üretim süreçleri, yeni endüstriyel üretimi yönlendiren ve şekillendiren bütüncül dengeli devreler olarak görülmelidir. Çevre kirliliği ve daralan kaynaklar, endüstriyel işletmeler üzerinde artan bir baskı yaratmıştır. Bu şartlar, imalat sanayilerini, hükümetler tarafından belirlenen çevresel düzenlemelerin baskısı, kaynak fiyatlarındaki dalgalanma zorlukları, kaynakların kıt olması ve kaynakların arzındaki riskler ile yüzleştirmektedir. Bu nedenle, geleneksel lineer ekonomi gözden geçirilmekte ve yerine dairesel bir ekonominin kavramları ortaya çıkmaktadır. Dairesel ekonomi, tüm ekonomik sistemde kapalı bir döngü malzemesi akışının gerçekleşmesi olarak anlaşılmakta, ekonomik büyüme ve çevre koruma hedeflerini uyumlu hale getirmek için bir çözüm olmaktadır (Lieder ve Rashid 2015: 36-51). Bu da Endüstri 4.0'a yönelik gelişme, sürdürülebilir, çevre dostu ve kaynak tasarrufu sağlayan üretimin gerçekleştirilmesi için muazzam fırsatlar sunmaktır (Stock ve Seliger 2016: 536-541).

Endüstri 4.0, bilgi, veri ve merkezi kavramlar olarak nesnelerin interneti ile inovasyona dayalı bir ekonomiye geçişi temsil etmektedir (Morrar vd., 2017:15). Siber fiziksel sistem tabanlı özel ağ, iş süreçlerinin kalite, zaman, risk, sağlamlık, fiyat ve çevre dostu gibi farklı yönlerinin dinamik olarak yapılandırılmasını sağlamaktadır. Bu durum, malzemelerin ve tedarik zincirlerinin sürekli düzenlenmesini kolaylaştırmaktadır Aynı zamanda mühendislik işlemlerinin daha çevik hâle getirilebileceği, üretim işlemlerinin değiştirilebileceği, geçici kıtlıkların telafi edilebileceği ve kısa sürede üretimde büyük artışların sağlanabileceği anlamına gelmektedir (Kagermann vd., 2013:15-16). Ayrıca Moore yasalarına sebebiyle performans sürekli olarak artarken, bilgi teknolojilerinin maliyeti sürekli olarak düşecektir. Esneklik, kaynak ve enerji verimliliği nedeniyle gelecekte küçük parti üretimi ve özelleştirilmiş tüketim talepleri için sabit üretim hattına kıyasla işletme maliyeti oldukça düşük olacaktır. Akıllı fabrika ile bir defalık ürünlerin bile kârlı bir şekilde üretilebileceği belirtilmektedir (Wang vd., 2015:16). Ek olarak, Endüstri 4.0 bugün kaynak ve enerji verimliliği, kentsel üretim ve demografik değişim gibi dünyanın karşı karşıya olduğu bazı zorlukları ele alarak çözüm önerileri sunacaktır. Endüstri 4.0, tüm değer ağı genelinde sürekli kaynak üretkenliği ve verimlilik kazanımlarını sağlamaktadır (Kagermann vd., 2013:5).

1.5.3.5. Çalışma Ortamı

Teknolojik gelişmeler nedeniyle iş ortamı hızla değişmekte ve Endüstri 4.0 işleri ve gerekli becerileri hızla dönüştürmektedir. En önemli değişiklik, çalışanlarla etkileşime giren ve yeni işbirlikçi çalışma yöntemleri arasındaki etkileşimi sağlayan insan makine ara yüzüne ilişkindir (Kagerman vd., 2013: 15). Robotların ve akıllı makinelerin sayısındaki artış ile birlikte fiziksel ve sanal dünyalar birleşmekte bu da mevcut çalışma ortamında önemli bir dönüşümün başlatıldığı anlamına gelmektedir. İnsan-makine ara yüzlerinin artan uyum düzeyi, üretim unsurları arasındaki etkileşimi kolaylaştıracaktır. Ayrıca akıllı makineler, akıllı ürünler ve çalışanlar arasındaki gerekli iletişim nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemler tarafından güçlendirilmiş olacaktır. Bu nedenle, ergonomik konular endüstri 4.0 bağlamında göz önünde bulundurulmalı ve gelecekteki sistemler işçilere ve önemlerine odaklanmalıdır (Dombrowski ve Wagner, 2014:102). Endüstri 4.0'ın üretim sistemlerine entegrasyonu ve artan yeni teknolojilerin uygulanması iş profilleri, iş yönetimi, organizasyon ve planlama üzerinde etkili olacaktır. Bu bağlamdaki asıl zorluk, teknolojik işsizlik olarak bilinenlerden kaçınmak, mevcut işleri yeniden tanımlamak ve işgücünü yaratılacak yeni işlere adapte etmek için önlemler almaktır (Roblek vd., 2016:3).

Dördüncü sanayi devriminin rüzgârı ayrıca iş tasarımlarını, işçileri ve hatta firmaların süreçlerini etkileyecektir. Bu yeni devrimin bir sonucu olarak, işlerin tasarımı geliştirilecek ve teknolojiyi kullanmaya daha uygun hale getirilecek, ayrıca çalışanların iletişimi, işyerlerinde entegrasyon ve ofis binalarındaki eğitim artacaktır (Kagermann vd., 2013: 59). Endüstri 4.0, çalışmanın demografik değişimi ve sosyal faktörleri dikkate alacak şekilde organize edilmesini sağlamaktadır. Akıllı yardım sistemleri, çalışanları rutin işler yapmak zorunda bırakmadan yaratıcı, katma değerli faaliyetlere odaklanmalarını sağlamaktadır. Esnek iş organizasyonu, çalışanların işlerini, özel yaşamlarını ve mesleki gelişimlerini daha etkin bir şekilde birleştirerek daha iyi bir iş yaşam dengesi kurmalarını sağlayacaktır (Kagermann vd., 2013:5).

Branke vd., (2016:263), Endüstri 4.0'ın işletmeler ve çalışma ortamı için sağladığı avantajları altı boyutta ele almışlardır:

Gerçek Zamanlı Kontrol: Toplanan tüm bilgiler merkezi olarak toplanarak, kontrol merkezinde tüm fiziksel üretim sürecinin dijital gerçek zamanlı görüntüsünü oluşturmak mümkün olacaktır. Üretim tamamen şeffaf hâle gelecek; bu sayede izleme, denetim, kontrol ve optimizasyon için daha fazla fırsat ortaya çıkacaktır.

Entegre Bakım: Akıllı üretim hatları sürekli olarak kendilerini izlemekte ve herhangi bir sorun tespit edildiğinde çoğu sorunu kendi başına çözebilmekte ya da uygun personeli hızlıca uyarabilmektedir. Makineler en uygun servis aralıklarını tahmin edebilmekte ve yedek parçaları bağımsız olarak sipariş edebilmektedir. Teknisyenler makineleri uzaktan izleyebilmekte ve onlarla etkileşime girebilmektedir. Bu durum makinelerin arıza sebebiyle durma sürelerini en aza indirmekte ve bakım maliyetlerini azaltmaktadır.

Daha iyi adaptasyon: Merkezi olmayan bir üretim sistemi, merkezden karar alınan bir üretim sistemine göre daha fazla esnektir. Bu durum değişen talep ya da makine arızası gibi öngörülemeyen olaylara karşı daha hızlı bir yanıt verebilme imkânı sunmaktadır.

Tedarik zinciri boyunca artan iş birliği: Endüstri 4.0 tedarik zinciri boyunca bilgi taşıyan malların yanı sıra iletişim ve uçtan uca bilgi alışverişine daha entegre bir yaklaşımla, tüm tedarik zinciri için daha sağlam bir koordinasyon mümkün kılacaktır.

Daha iyi izleme olanakları: Üretim süreçleriyle ilgili bütün bilgilerin takip edilebildiği, daha verimli ve etkin kalite kontrolünü mümkün kılan, üretim aşamasındaki problemleri çok daha hızlı tespit etmeye yarayan üretim sistemleri yaratılabilmektedir.

Daha akıllı ürünler: Nesnelerin internete bağlanabilmesi, üretim koordinasyonuna yardımcı olmanın yanında daha iyi müşteri hizmetleri, yeni ürün özellikleri ve iş akış modelleri sağlamaktadır.

Endüstri 4.0'ın çalışma ortamı için yarattığı önemli avantajlardan birini de zaman tasarrufu oluşturmaktadır. Mühendisler mevcut durumda zamanlarının % 31'ini yaptıkları iş için harcamaktadırlar. Endüstri 4.0'ın uygulanması ile bu süre

daha aza indirgenecektir. İş sürecinin optimizasyonu her çalışanı daha verimli hale getirmektedir (Stancioiu 2017:76).

1.5.3.6. Beceri Geliştirme

Demografik ve sosyal değişimlere yol açacak beceri geliştirme, Endüstri 4.0 çerçevesinin başarılı bir şekilde benimsenmesi ve uygulanması için en önemli faktörlerden biridir. Bu yeni sanayi paradigması, işgücü piyasası ve profesyonel roller üzerinde büyük bir etkiye sahip olacak, buna bağlı olarak kaybolacak iş alanlarından daha fazla iş yaratılmasının sağlanmasında önemli derece etkili olacaktır. Yeni gerekli yeterlilik alanlarının eğitime dâhil edilmesi gerekmektedir çünkü bu yeni dönemde disiplinlerarası düşünme önemli bir rol oynayacak ve sosyal ve teknik alanlarda mükemmel beceriler aranacaktır (Magruk 2016:279). Endüstri 4.0, görevlerde artan bir otomasyona yol açacaktır, bu durum çalışanların yeni görevler için hazırlıklı olmaları gerektiği anlamına gelmektedir. Ayrıca, teknolojik alanlarda, Endüstri 4.0 gerekliliklerini karşılamak için giderek daha fazla nitelikli personel gerekecektir (Pereira ve Romero, 2017:1213).

İş ve beceri profilleri, biri iş bölümünde kavram değişikliği olan iki ana eğilim nedeniyle değişikliğe uğrayacaktır. Bu yeni dönemde insanlar detaylı olarak tanımlanmış bir iş bölümü ile karşılaşmayacaklardır. Bunun yerine, karar verme, kontrol etme, koordine etme, destekleyici hizmetler ve iş bölümü görevlerini oluşturacaktır. Diğer bir eğilim ise, siber fiziksel sistemler ve akıllı sistemler nedeniyle organizasyonlardaki birçok işin daha kapsamlı teknolojik, organizasyonel ve sosyal ortamda yapılmasıdır. Sanal ve gerçek makineler, sistemler ve çevre birbirine bağlanacak, böylece her işi ve görevi organize edip koordine edeceklerdir (Kagermann ve diğerleri, 2013: 55-56).

Bu dönemde teknolojik ve örgütsel ihtiyaçlar arasındaki açığı azaltmak için öğrenme prosedürü bireysel ihtiyaçlara göre özelleştirilecektir (Schuh vd., 2014: 52). Ayrıca akıllı sistemler, çalışanlar için, yetkilerinin artırılması, firmaların kararlarına daha aktif katılım, kendi kararlarını almak, daha fazla eğitim ve koordinasyon hakkı ve mühendislik faaliyetlerine katılım (Stock and Seliger, 2016: 539) gibi bazı avantajlar içerecektir. Ek olarak çalışanlar, açık ağ ve akıllı sistemler

ile bilgi alışverişinde bulunabilecektir (Schuh vd., 2014: 52). Bu sebeple işyerinde yüksek vasıflı işgücü talebi artacaktır (Rüßmann vd., 2015: 11).

Özetle, Endüstri 4.0 birçok alanda muazzam bir potansiyeli temsil etmektedir. Endüstri 4.0'ın uygulaması değer zincirinde yer alan tüm üretim ve mühendislik süreçlerinin iyileştirmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca ürün ve hizmetlerin kalitesinde artma, müşteriler ile firmalar arasındaki ilişkiyi optimize etme gibi faydaları da bulunmaktadır. Diğer yandan yeni iş olanakları getirmesi ile birlikte ekonomik faydalar sağlamaktadır. Son olarak eğitim gereksinimlerinin değiştirilmesi ve mevcut çalışma ortamının dönüştürülmesi gibi birçok alanda sayısız fayda sağlamaktadır.

1.5.4. Endüstri 4.0'ın Dezavantajları

Endüstri 4.0 tasarım, süreçler, operasyonlar, hizmetler ile ilgili ürünleri ve üretim sistemlerini önemli ölçüde değiştireceği için organizasyonlara yeni zorluklar getirecektir (Pereira ve Romero, 2017:1212). Organizasyonların yaşayacağı teknik ve teknolojik zorlukların yanı sıra, Endüstri 4.0 ekonomik, sosyal ve siyasi birçok zorluğu da beraberinde getirecektir. Bunun yanında çok sayıda uzman Endüstri 4.0'ı uygulamanın zor bir görev olduğunu ve gerçekleşmesinin on veya daha fazla yıl sürmesinin muhtemel olduğunu belirtmektedir (Mohamed, 2018:259). Tezin bu bölümünde Endüstri 4.0'ın beraberinde getireceği zorluklar başlıklar altında ele alınacak ve analiz edilecektir.

1.5.4.1. Teknik ve Teknolojik Zorluklar

Firmaların karşılaştığı en önemli zorluklar ve sorunlar yenilikçilik, teknolojik bileşenler, dijital dönüşümdeki gelişmeler ve her organizasyonda önemli bir rol oynayan artan bağlantı geliştirmeleriyle ilgilidir. Yeni bir üretim şekli sağlamaktan oluşan Endüstri 4.0, tüm fiziksel varlıkların uçtan uca dijitalleştirilmesi ve tüm değer zinciri ortaklarının dijital ekosistemlerine entegrasyonu ile yakından ilişkilidir (Mohamed 2018:259). Bununla birlikte, bir McKinsey and Company araştırmasına (2015:45) göre, şirketlerin çoğunluğu, özellikle sektördeki küçük ve orta ölçekli işletmeler, dijital dönüşüm sürecini başlatmak konusunda oldukça isteksiz görünmektedir. Bu isteksizlik ve tereddüdün bir dizi uygulama ile ilgisi bulunmaktadır. Endüstri 4.0'ı bağlantı teknolojisi, uygun fiyatlı nesnelerin interneti

donanımı, standartlaştırılmış iletişim protokolü, anlamlı veri toplama ve uygulamalar için analiz etme gibi mümkün kılan tüm olanaklara sahip olursa da, Endüstri 4.0'dan faydalanmanın önündeki en büyük zorlukları bu olanaklar oluşturmaktadır.

Endüstri 4.0 teknolojileriyle çalışan bir fabrika, şimdiye kadar bilinen tüm fabrikalardan daha akıllıdır ve çalışanların katılımını azaltırken yapay cihazların (robotlar dâhil) daha fazla müdahalesini gerektirmektedir. Bununla birlikte, farklı fabrikalar farklı akıllı cihaz yapılandırmalarına ihtiyaç duyacaklardır. Bir Endüstri 4.0 fabrikasında üretime sokulmak üzere akıllı cihaz geliştirme çok fazla zaman ve para gerektirmektedir. Ayrıca dijital imalat inşası, donanım entegrasyonu, yazılım entegrasyonu ve pekiştirilmiş bir veri tabanı elde etmek için dijitalleştirme, simülasyon ve internet teknolojilerinin kullanımı en üst düzeye çıkarılmalıdır. Ancak uygulama sürecinde birçok teknoloji, yönetim, standart ve diğer zorluklarla karşılaşılacaktır. Dijital dünya ve fiziksel dünya bütünleştikçe, ağ güvenliği sorunları dijital üretim için giderek daha ciddi hâle gelmektedir (Zhou vd., 2015:2150-1251).

Diğer yandan siber fiziksel sistem modelinde ilk önce bilgi işlem ve fiziksel işlemlerin nasıl etkileşime girdiği ve birleştirildiklerindeki davranışları göz önünde bulundurulmalıdır. Bilgi işlem dünyasındaki olaylar genellikle mesajlara, istisnalara veya kesintilere atıfta bulunurken; fiziksel dünyadaki olaylar muhtemelen konum, şekil ve diğer fiziksel özelliklere işaret etmektedir. Birleştirilmiş bir çerçeveye sahip CPS modellemesi oluşturmak için çeşitli bilgi işlem modellerini kullanmak zordur. Son olarak, karmaşık ortama uyum sağlamak için yeni bir CPS modelleme dili geliştirmek gerekmektedir. CPS modelleme ve model entegrasyonu hâlâ büyük bir zorluktur (Zhou vd., 2015:2151). Öte yandan, çözülmesi gereken bazı teknik sorunlar da bulunmaktadır. Örneğin, gerçek dünyadaki koşullar her zaman tahmin edilememekte, ayrıca yöneticiler beklenmedik durumlarla ve sistem arızasıyla karşı karşıya kalabilmektedirler (Lee, 2008: 364; Rajkumar ve diğerleri, 2010:735).

Endüstri 4.0 ile insanlar uzaktan aygıtları kontrol edebilmekte ve sipariş verebilmektedir. Ancak, cihazların diğer cihazlarla uyum içinde çalışması ve bu cihazlar için uygun bir birlikte çalışabilirlik politikası geliştirilmesi gerekmektedir

(Botta vd. 2016:7). Ayrıca, akıllı cihazlar ve makineler, karmaşık güvenlik planlarını uygulamak için yeterli kapasiteye sahip olmayan bazı nesnelerin interneti bileşenlerini kullanacaktır (Atzori ve diğerleri, 2010). Bu nedenle, akıllı ürün içeriklerinin kapasiteleri gözden geçirilmeli ve verilere kimin erişip değiştirebileceğine karar vermek için bazı düzenlemeler yapılması gereklidir. (Miorandi ve diğerleri, 2012:1505).

Ayrıca, yapay zekâ yani, makinelerin bilgi edinme, bilişsel görevleri ve akıllı davranışları yerine getirme yetenekleri gelişerek insan kararlarından bağımsız olarak öğrenmek, çalışmak ve kendi kendini yöneten ajanlar olmak için yeni tür yazılım ve robotları güçlendirebilecektir (Kergroach, 2017:7).

1.5.4.2. Maliyet

Teknik ve Teknolojik Zorluklar başlığı altında açıklandığı gibi; tüm sistemler, cihazlar, nesneler veri üretecek, toplayacak ve bu verileri paylaşacaktır. Bununla birlikte, büyük miktarda veriyi seçmek, kategorize etmek ve analiz etmek işletmeler için hem zaman alıcı hem de maliyetli olacaktır (Brettel vd., 2014:38). Ayrıca, operasyonları sürdürürken çeşitli mallar arasında bir bağlantı oluşturmak öncekinden daha fazla zaman alacak ve firmalar için ekonomik olmayacaktır (Baheti ve Gill, 2011: 161). Şu anda güvenilir bir maliyet tasarrufu potansiyeli tahmini yapmak zordur ancak, tüm değer zinciri boyunca işletme operasyonlarına yönelik olası müdahaleler ve optimizasyonların sermaye maliyetleri, enerji maliyeti ile işçilik maliyetleri üzerinde büyük etkisi olacaktır (Bartodziej, 2016:37).

Ancak kendilerini Endüstri 4.0'a adapte edebilen büyük şirketler maliyet ve fiyatları düşürebilecektir. Küçük şirketlerin Endüstri 4.0 devrimine ayak uydurabilmeleri için birçok zorluk mevcuttur. Yani, küçük ölçekli şirketleri Endüstri 4.0'a dâhil etmek, maliyetleri, riskleri, esneklik kaybını ve stratejik bağımsızlık kaybını içermektedir. Nitekim şirketler rekabet güçlerini korumak için robotlar ve yazılımlar kullanmalıdır (Senvar ve Akkartal, 2018:56). Bu, işletmeler için çok fazla maliyet ve yatırım anlamına gelmektedir.

1.5.4.3. Büyük Veri

Nesnelerin interneti ile birlikte, her türlü cihaz, nesne ve sensör internet üzerinden bağlantıya geçmekte, operasyonları izleyebilmekte, yönetebilmekte,

operasyonlar hakkında bilgilendirme sağlayabilmektedir. Bu teknoloji bireylerin aktif katılımı olmadan gerçek zamanlı olarak harekete geçerek, daha önce benzeri görülmemiş miktarda veri üretmektedir. Bu durum verilerin seçilmesi, sınıflandırılması ve ilgisiz verilerin ayrılması konularında sorunlara yol açmaktadır (Chen vd., 2014: 171). Büyük bir havuzdan doğru verileri seçmek, bunları kategorize etmek, analiz etmek ve yorumlamak için uygun yazılım programları ile algoritmalar geliştirilmesi gerekmektedir (Manyika vd., 2011:12).

Öte yandan, işletmelerin hangi verileri elde edilebileceği ve veriye ulaşma kabiliyetine sahip olup olmadıkları, elde edilen verilerin güvenliğinin nasıl sağlanacağı, hangi sistemlerin kullanıldığı ve ne tür düzenlemeler yapıldığı konularında karar verebilme yeteneğine sahip olmaları gerekmektedir (Boyd ve Crawford, 2012:664, Azuma vd., 2001:43). Öte yandan büyük verilerin kurumsal bilgi koruması ve bilgi güvenliği sorunları gibi gizlilik sorunlarını ortaya çıkardığı gerçeğini de ele almak gerekir. Şu anda, özellikle endüstriyel büyük veri alanındaki araştırma ve uygulamalar olgun değildir. Bu sebeple donanımdan yazılıma kadar tüm alanlarda daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç bulunmaktadır (Zhou vd., 2015:1251).

Ayrıca, sunucu arızasıyla karşılaşma olasılığı nedeniyle veriler farklı sunucularda tutulacak ve saklanacak, ancak farklı sunucularda depolanan aynı veya benzer veriler arasında tutarsızlık ortaya çıkacaktır. Ayrıca, sistem arızası (Chen ve diğerleri, 2014: 319-321), eksik veya tamamlanmamış veriler (Wu ve diğerleri, 2014: 99-102) veya düşük kaliteli veriler, büyük verilerle ilgili diğer sorunlardır.

Veri yönetimi için standartlaştırılmış bir yaklaşımın eksikliği hâlâ büyük şirketlerdeki endişelerden birini oluşturmaktadır. Artık veriler, şirketin çeşitli bölümlerinde, küçük uzantılar veya zenginleştirmeler içeren farklı veri biçimlerinde saklanmaktadır. Bu tür veri depoları, veri fazlalığı, tutarsızlık ve verilerin farklı yorumlanmasını artırmaktadır. Yazılım lisansları, güncellemeler, donanım ve bu tür bir heterojenliği yönetmeye yönelik vasıflı personel maliyetleri, rekabetçi bir üretim ortamında karşı karşıya kalınan zorlukları oluşturmaktadır. Ayrıca tutarsız verilerle alınan karar yanlış kararlara yol açmaktadır (Khan ve Turowski, 2016:19).

1.5.4.4. Güvenlik

Güvenlik mevcut durumda çok önemli bir konudur ve endüstriler için gelecekteki en büyük endişe kaynağını oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 ile gelen standart bağlantı protokollerinin artan bağlanabilirliği ve kullanımıyla, kritik endüstriyel sistemlerin, üretim hatları ile sistem verilerini siber güvenlik tehditlerinden koruma ihtiyacı büyük ölçüde artmaktadır (Vaidya vd., 2018:237). Akıllı cihazları üretimde kullanma eğilimi gittikçe artmaktadır. Bu cihazlar evlerde, fabrikalarda ve her yerde kullanılacaktır. Bir yandan bu cihazların bağlanabilirliği hayatımızı kolaylaştırmak için büyük avantajlar sağlarken öte yandan güvenlik açısından büyük bir risk oluşturmaktadır (Khan veTurowski, 2016:20).

Endüstri 4.0, dijitalleşme, nesnelerin interneti, yeni hizmetler, veri ve bağlantılar, veri korsanları ve endüstriyel casusluk için bilgisayar korsanlarına yeni yollar açmaktadır. Bu nedenle, siber risk artacaktır. Virüsler, büyük veri ağlarını, akıllı üretim sistemlerini ve veri paylaşımını şirketlerin üretim faaliyetlerini çok kötü yönde etkileyerek bozabilme tehlikesi taşımaktadır (Senvar ve Akkartal, 2018:56). Bu doğrultuda arızalı veya güvenlik sistemi kırılmış cihazların neden olduğu tehditleri sınırlandırmak için ciddi önlemler alınması gerekmektedir. Üretim tesislerinin hedef alındığı, örneğin fabrikalarda kullanılan programlanabilir mantık denetleyicilerinde bulunan güvenlik boşluklarının kötüye kullanıldığı çeşitli örnekler mevcuttur. Üretilen elektronik ürünlerin, piyasaya sürüldüklerinde, şirket veya ürün iadeleri için ağır para cezalarına neden olan virüsleri de içermesi mümkündür (Khan veTurowski, 2016:20).

Diğer taraftan akıllı fabrikalar bulut sistemlerinde toplanan verileri kullanarak kişiselleştirilmiş ürün yapabilmektedir. Bu verilere göre, tüm üretim süreçleri değiştirilebilmekte ve değişikliklere adapte edilebilmektedir. Ayrıca, bu büyük veriler trendleri ve müşterilerin taleplerini, isteklerini belirlerken kullanılacaktır. Bu nedenle, doğru ve güvenilir verilere ulaşmak, üretim süreçlerini oluşturmak ve trendleri takip etmek, hatta rekabet avantajı elde etmek firmalar için daha da önemli bir hâle gelecektir (Kagermann ve diğerleri, 2013: 15-16).

Özetle Endüstri 4.0, kendine özgü benzersiz güvenlik ve gizlilik zorluklarıyla birlikte geleneksel siber güvenlik sorunlarıyla da karşı karşıya kalacaktır. Bu

hususla, ağ güvenliğinin sağlanması, ihlale neden olan bilgisayar korsanları ve diğer siber suçların önlenmesi adına çözülmesi gereken birçok sorun bulunmaktadır (Zhou vd., 2015:2151). Bu zorluklar uygun şekilde ele alınmazsa, Endüstri 4.0'ın gerçek potansiyeline asla ulaşamayabilir.

1.5.4.5. İş Gücü

Endüstri 4.0 işyeri değişikliği ihtiyacını beraberinde getirmekte ve hem işsizlik oranını hem de işçi maliyetlerini arttırmaktadır. Endüstri 4.0 kavramını anlayan ve uygulayan bir kalifiye işgücüne ihtiyaç bulunmaktadır. Endüstri 4.0 çalışanın gerçek eğitim profili henüz oluşturulmamıştır (Stăncioiu, 2017:76). Ayrıca, çalışanların genel yeterlilikler ve yeni sistem uyarlamaları için daha yetenekli olmaları gerekmektedir. Bu nedenle, böyle yetenekli bir işgücü bulmak zor olacaktır (Senvar ve Akkartal, 2018:56).

Öte yandan, iş modelleri ve iş rolü gözden geçirilmiş olacaktır. İnsanlar bilişsel becerilerini ve yeteneklerini fiziksel güç yerine kullanmaya başlayacaktır. Bilişsel becerilerin kullanılmasıyla birlikte fabrikalarda çalışan robotları kontrol eden robot koordinatörü, siber saldırılardan veri ve bilgiyi korumakla görevli veri güvenliği uzmanı ile verilerin analizi ve değerlendirmesinden sorumlu büyük veri uzmanlığı gibi yeni iş türleri ortaya çıkacaktır (Manyika, 2011:3-10). Bununla birlikte, şu anda yeni iş taleplerinin boşluğunu doldurma konusunda yetenekli işçiler bulunmamaktadır.

İş gücü piyasasının değişeceği bir gerçektir ancak genel olarak daha çok mu yoksa daha az mı iş olacağını tahmin etmek zordur. Robotlar başlangıçta tüm faaliyetlerde insanların yerini alamayacaktır. Öte yandan, tam otomatik bir fabrikada yatırımın geri dönüş oranı mevcut durum için cazip görünmemektedir. Tüm tahminler tarihsel verilere dayanmaktadır, ancak üstel teknolojiler tamamen yenidir, bu nedenle büyük ölçekli evrim ve kullanımın etkisini tahmin etmek zordur. Ancak dijital yeteneğin eksik olduğu bazı kategoriler için büyük bir işsizlik riski de bulunmaktadır (Stăncioiu,2017:76).

1.5.4.6. Örgüt Yapısı

Hâlihazırda değişken çeşitliliğin artması, kişiselleşmenin artması, küreselleşme, ürün yaşam döngülerinin azalması gibi pazar ve çevre değişimleri, şirketleri rekabet gücünü korumak için tepki vermeye zorlamaktadır (Lasi, 2014:240). Şirketler küresel karmaşıklıklarla uğraşmak zorundadırlar ve rekabetçi durumlarını güvence altına almak için sürekli olarak teknolojik değişimlere ayak uydurmak zorundadırlar. Araştırmacılar Endüstri 4.0'ın vizyonunun, artan iç ve şirketler arası bağlantı dâhil yeni bir tür endüstriyel dünyayı tanımladığını ilan etmektedir. Bu durum, şirketleri bir işletmenin tüm boyutları, özellikle de insanlar (örneğin, yeterlilik), teknoloji (örneğin, yüksek oranda bağlantılı sistemler) ve organizasyon (örneğin, kendini örgütleme) açılarından yeni zorluklarla karşı karşıya getirmektedir (Bücker vd., 2016:210).

Yeni teknolojik değişikliklerin rüzgârı firmaların yapısını etkileyecektir. Şirketler, müşteri istekleri ile ihtiyaçlarını daha derinlemesine analiz etmek, rekabet avantajı elde etmek, üretkenliği ve kârı artırmak için büyük verileri kullanmaya başlayacaktır. Diğer yandan üretim sistemindeki artan organizasyonel karmaşıklık, belli bir noktadan itibaren merkezi bir durum tarafından yönetilemeyecek hâle gelecektir. Böylece karar verme merkezi bir durumdan merkezileşmemiş örneklerle doğru kaydırılacaktır. Merkezi olmayan örnekler özerk bir şekilde karar vermede yerel bilgileri dikkate alacaktır. Kararın kendisi, yapay zekâ tarafından sağlanan yöntemleri kullanan işçiler veya ekipman tarafından alınacaktır (Stock and Seliger, 2016:539).

İş organizasyonu ve tasarımıdaki bu değişikliklerin eğitim ve mesleki gelişimi sürdürmek için doğrudan etkileri bulunmaktadır. Disiplinler arası eğitimin yanı sıra yaşam boyu öğrenme ve kişiselleştirilmiş öğrenmeye daha fazla ihtiyaç olacaktır (Kagermann, 2015:37).

1.5.4.7. Sosyal Zorluklar

Üretim teknolojisinin bilgi iletişim teknolojisi, akıllı teknoloji ve özellikle ürünle ilgili uzmanlıkla derin bir birleşimi, üretim modelleri, üretim yaklaşımları ve ekosistemleri açısından rol değiştirici bir dönüşümü zorunlu kılmaktadır (Li vd., 2017:86). Çalışanlar için çalışma alanları hiçbir zaman günümüz koşullarıyla aynı

olmayacaktır, fabrikalarda robot ve otonom sistemler daha çok kullanılmaya başlanacak böylece insan ve makine arasındaki yeni iş birliği türleri popüler hale gelecektir (Li vd., 2017:87). Bu nedenle, çalışanları bu yeni iş birliğine adapte etmek ve robotlarla çalışmaya uygun hâle gelebilmeleri için, robotların etkileri ve sınırlamaları hakkında ciddi bir eğitim almaları gerekmektedir. Sadece çalışanlar değil, bilim adamları ve mühendislerin de sistemlerdeki potansiyeller, kısıtlamalar ve zorluklar konusunda eğitilmesi zorunluluk hâline gelecektir (Baheti ve Gill, 2011:161-162).

Güvenlik, toplum için başka bir zorluk alanını oluşturmaktadır. Akıllı sistemler insanların yaşadığı her yerde kullanılmaya başlanacaktır. Güvenlik insanlar için çok önemlidir, çünkü her cihaz ritüeller, davranışlar, bireylerin kişilikleri, finansal bilgiler veya sağlık bilgileri gibi insanlar hakkında veri toplayabilmekte ve depolayabilmektedir (Kagermann vd., 2013:51-53). Bu sebeple, insanların önce kullanılan aygıtların güvenliğinden emin olması ve daha sonra bunları kullanmaya başlaması gerekmektedir. Aksi takdirde kişisel bilgilerin güvenliği, gizlilik ve mahremiyet konularında önemli sorunlar ortaya çıkabilecektir.

Genel olarak, ortaya çıkan teknolojik değişikliklerden dolayı, potansiyel olarak ortaya çıkabilecek eşitsizlikler ve sosyal bölünme endişe verici konuları oluşturmaktadır. Eşitsizlikler sadece iş yıkımı ve istihdam kutuplaşmasından değil, aynı zamanda zayıf toplumsal hareketlilikten ve devam eden dijital bölünmeden de kaynaklanabilecektir. İş kutuplaşması, beyaz yakalı orta sınıfı sert bir şekilde etkileyebilecektir. Sosyal eşitsizliğin sektörler, bölgeler veya meslekler arasında daha da kötüleşmesi muhtemel bir durumdur. Bu bakımdan, kadınlar için işgücü beklentileri belirsizdir. Kadınlar tarihsel olarak bilimsel ve teknolojik alanlarda daha az temsil edilmektedir (Kergroach, 2017:8).

Özetle günümüzde, nesnelerin interneti, yapay zekâ ve robotik gibi dijital teknolojilerin küreselleşmesinin ve hızlı evriminin topluma önemli değişiklikler getirdiği yeni bir çağın içinde yer almaktayız. Tüm bu teknolojik ilerlemelerin hızlı bir şekilde hayatımıza girmesi sonucunda çevresel ve bireysel değerler giderek daha çeşitli ve karmaşık hâle gelmektedir. Bu nedenle, toplumda sorunları çözmenin etkili bir yolu olarak, insanlar-nesneler ile gerçek-siber dünyalar arasında

bağlantılar kurarak yeni bilgiler elde etmek için, bilgi teknolojilerini en iyi şekilde kullanarak yeni değerler yaratmak kritik öneme sahiptir.

Bu bağlamda, hızlı teknolojik gelişmelerin sosyal yaşam ve toplum için yıkıcı etkilerini en aza indirmek, bunun yanı sıra yeni insan merkezli bir toplum inşa etmek adına Japon hükümeti tarafından “Toplum 5.0” kavramı öne sürülmüştür. “Toplum 5.0” kavramı çerçevesinde dijitalleşen bireylerin toplumsal olarak uyumunun nasıl sağlanması gerektiğine yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Hem ekonomik kalkınmanın hem de toplumsal zorlukların çözülmesinin sağlandığı insan merkezli bir toplum oluşturmak Toplum 5.0’ın hedefini oluşturmakta ve insanların tamamen yüksek kaliteli bir yaşama ulaşmaları için çalışmalar yapılmaktadır.

Yukarıda belirtildiği gibi birçok değişiklik insanları beklemektedir. İnsan kabulü, bu teknolojilerin kullanımını artırmak ve bunlardan fayda sağlamak için anahtar kelimedir. Bu nedenle şirketler, hükümetler, örgütler, akademisyenler, bilim adamları ile mühendisler tarafından yeni teknolojilerin sorunlarını çözmek ve topluma bir uyum programı hazırlamak için birlikte ciddi bir şekilde çalışmalar yapılmalıdır (Evans, 2011:10).

1.5.4.8. Politik Zorluklar

Sanayide ve üretim faaliyetlerinde devam eden dönüşümler, ölçekleri ve etkileri bakımından emsalsizdir. Ortaya çıkan teknolojik gelişmeler iş yapısında yaygın otomasyon ve geri dönüşü olmayan değişimler getirmektedir. Bu durumun işgücü piyasalarını ve istihdamı teşvik etmekten sorumlu politika yapıcılar için büyük zorluklar yaratması muhtemeldir. Teknolojik gelişmenin birçok avantajı olsa da aynı zamanda, dezavantajları da beceri eksikliği veya dijital geçişin gerisinde kalma gösteren sektörleri, bölgeleri ve toplulukları olumsuz etkilemiştir (Kergroach:2017:7).

Sırasıyla yeni ürünler, süreçler veya yeni iş modelleri şekillendiğinde başka türden işler ortaya çıkacaktır. Mesleki yapı birçok ülkede hâlihazırda evrimleşmiş olsa da iş yaratma eğilimi düşük meslek gruplarında ve orta vasıflı rutin mesleklerde yoğunlaşan iş kayıpları kaçınılmazdır (Autor ve Dorn, 2013:1590). Ancak gelecek yaratıcı yıkımın alanları, kapsamı ve ölçeği hâlâ bilinmemektedir. Bu belirsizlik ortamına karşı politika yapıcılar, teknolojik değişimin iş nitelikleri ve

çalışma koşulları üzerindeki etkilerini tahmin edebilmek için ileriye yönelik bilgiye ihtiyaç duyacaklardır (Kergroach:2017:7).

20. yüzyıl istihdam modelinin potansiyel olarak dağılması özel bir endişe kaynağıdır. İstihdam; emekli aylığı, sağlık hizmetleri, sosyal refah sistemleri, iç kaynakların ve bütçe sürdürülebilirliğinin önemli bir kısmını oluşturan maaş temelli vergilerle iç içe geçmiş durumdadır. İşgücü piyasalarının esnekliğini, adapte edilebilirliğini ve verimliliğini sağlamak bu nedenle yalnızca Yeni Üretim Devrimi için gereken becerileri ele almakla kalmaz, aynı zamanda sosyal istikrar ve uyum için bir ön koşuldur (Kergroach:2017:8) Bunu sağlayacak olan ise hükümet ve politikacılarıdır.

Diğer taraftan, büyük miktarlarda veri toplamak akıllı sistemler, cihazlar, sensörler vb. ile daha çok mümkün olacaktır. Ancak, bu veriler genel bilgiler içermeyecek; ayrıca sağlık durumu veya finansal durum gibi insanlar ve şirketler hakkında özel bilgiler de toplanıp saklanabilecektir. Politika yapımcıların, gelecek teknolojisi mahremiyetin korunmasını zorlaştıracak için insanların özel hayatlarını korumak adına yasaları düzenlemeleri gerekmektedir (Chen vd., 2014:202-204).

1.5.5. Endüstri 4.0'ın Temel Bileşenleri

Endüstri 4.0, küresel üretimin geleceğini yönlendirmektedir. Endüstriyel devrimin dördüncü aşaması veya Endüstri 4.0 olmak üzere bu dönem, dijitalleştirilmiş fabrika ve dijitalleştirilmiş ürünlerin otomasyon dönemidir. Endüstri 4.0'ın 9 temel karakteristiği bulunmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde Endüstri 4.0'ın 9 temel bileşeni olan bu karakteristik özellikler ele alınacak ve analiz edilecektir.

1.5.5.1. Siber Fiziksel Sistemler

Endüstri 4.0'ın önemli bir bileşeni, fiziksel ve sanal dünyanın kaynaşmasıdır. Bu füzyon, siber fiziksel sistemler (CPS) ile mümkün olmaktadır. CPS, hesaplama ve fiziksel süreçlerin entegrasyonudur. Gömülü bilgisayarlar ve ağlar, genellikle fiziksel süreçlerin hesaplamaları etkilediği geri besleme döngüleri ile fiziksel işlemleri izlemekte ve denetlemektedir (Lee, 2008:363). CPS, iş için küresel ağlar kuran, gerçek zamanlı veri erişimi ile veri işleme hizmetleri sağlayan fiziksel ve

dijital dünyaları entegre eden bir sistemdir. Özellikle, fiziksel dünya ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonu, CPS' in temeli olarak sağlanmakta, bu sayede çevremizdeki çeşitli fiziksel tesislerin ve cihazların Endüstri 4.0 ile nasıl ilişkilendirilebileceğini açıklamaktadır. CPS, bu tesislerin ve cihazların birbirleriyle işbirliği yapmasına, iletişim kurmasına ve akıllı bir dünyaya ulaşmasına izin vermektedir (Lu, 2017:2). Bu akıllı dünya, çevredeki fiziksel dünya ve onun devam eden süreçleri ile yoğun bir bağlantısı olan; aynı zamanda internette mevcut olan veri erişim ve veri işleme hizmetlerini sağlayan, bu hizmetleri kullanan, işbirliğine dayalı hesaplama varlıklarının sistemleridir.

CPS, sensörler, akıllı robotlar, dronlar, 3D baskı cihazları yardımıyla fiziksel süreçleri kontrol etme ve izleme yeteneğini geliştirmektedir (Senvar ve Akkartal, 2018:53). Genellikle bağımsız makineler olarak inşa edilen geleneksel gömülü sistemlerin aksine, CPS birkaç cihazı birbirine bağlamaya odaklanmaktadır. Sensörlere ve aktüatörlere bağımlı olan bu yüksek derecede bağlantılı ve işbirlikçi bilgisayar tabanlı sistemlerin “sınıfları” mevcut dijital dünyada olduğu kadar fiziksel dünyada da ilerleme sağlamaktadır. Daha teknik bir yaklaşım, CPS'i hesaplamanın fiziksel süreçlerle bir kombinasyonu olarak tanımlamaktır. Gömülü bilgisayarlar ve ağ monitörleri, fiziksel işlemlerin hesaplamaları etkilediği geri bildirim döngüleri ile belirli adımları kontrol etmektedir (Poovendran, 2010:1364).

CPS gelişimi üç aşama ile karakterize edilmektedir. İlk nesil CPS, benzersiz tanımlamaya izin veren radyo frekanslı tanımlama (RFID) etiketleri gibi tanımlama teknolojilerini içermektedir. Depolama ve analitik, merkezi bir hizmet olarak sunulmaktadır. İkinci nesil CPS, sınırlı sayıda fonksiyona sahip sensörler ve aktüatörlerle donatılmıştır. Üçüncü neslin CPS'i ise verileri depolayabilmekte ve analiz edebilmektedir. Ayrıca birden fazla sensör ve aktüatör ile donatılarak ağ uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır (Hermann, 2016:9). CPS'lerin bilgiye daha kolay erişim, bakım önleme, önceden tanımlanmış karar verme ve optimizasyon rutinleri gibi bazı işlevleri vardır. Bu durum üretim sürecinde yeni kontrol, gözetim, şeffaflık ve verimlilik sağlamaktadır. Yapıları ile ilgili olarak, kontrol için CPS, iki paralel ağa sahiptir. Bu ağlardan ilki altyapının birbirine bağlı bileşenlerinden oluşan fiziksel bir ağıdır. İkincisi ise akıllı kontrolörlerden ve aralarındaki iletişim bağlantılarından oluşan bir siber ağıdır (Sazia vd., 2013:928). CPS bu ağların

entegrasyonunu birden fazla sensör, aktüatör, kontrol işleme ünitesi ve iletişim cihazı kullanarak gerçekleştirmektedir.

Genel olarak, tipik bir CPS imalatı aşağıdaki işlevleri yerine getirebilmektedir (Öztemel ve Gürsev, 2018:15):

- Süreç izleme
- Farklı disiplinleri farklı alanlara entegre etmek,
- Etkili bir güvenilirlik sağlama,
- Önemli kullanıcı etkileşimi,
- Canlı performans izleme,
- Gerçek zamanlı yapılandırma, dağıtım ve hizmetten alma,
- Kendi kendine hareket etme ve karar verme,
- Birbirine bağlı iletişim.

Nesnelerin interneti ile geniş bir iletişim ağı oluşturan ve böylece gerçek ve sanal dünyalar arasındaki sınırı kaldırmak için hareket eden CPS, Endüstri 4.0'ın altında yatan en büyük güçlerden biridir. CPS uygulamalarının olası alanları otomotiv, havacılık, tıbbi cihazlar, trafik kontrolü, iletişim sistemleri, imalat ve akıllı yaşam gibi iş sektörleridir. Örneğin, otomotiv endüstrisi, araçlara gömülü zekâ uygulayarak veya 'akıllı bir fabrika' oluşturmak için robotlar kullanarak güvenliği ve verimliliği artırabilir. Yarının CPS'inin hemen hemen her fiziksel ürüne veya modüle gömülmesi beklenmektedir (Lee, 2008: 363).

1.5.5.2. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti (IoT)'nin üretim sürecine entegrasyonu dördüncü sanayi devrimini başlatmıştır (Kagermann vd., 2013:5). IoT, fiziksel, cihaz, araç ve elektronik, yazılım, sensör, aktüatör ve ağ bağlantısı ile bu nesnelerin veri toplamasına ve değiştirmesine olanak tanıyan diğer öğelerin ağlar arası bir bağlantısıdır. IoT, ortak amaçlara ulaşmak için benzersiz adresleme şemaları

aracılığıyla RFID, sensörler, aktüatörler, cep telefonları gibi şeylerin birbirleriyle etkileşime girmesine ve komşu akıllı bileşenleri ile işbirliği yapmasına olanak sağlamaktadır (Giusto vd., 2010:5).

IoT, yakınsama noktası internet olan “standart iletişim protokollerine dayalı olarak benzersiz bir şekilde adreslenebilen dünya çapında birbirine bağlı nesneler ağı”nı ifade etmektedir (Botta vd., 2016:3). IoT, fiziksel nesnelerin birbirleriyle iletişim kurmasını ayrıca bilgi paylaşmasını ve kararları koordine etmesini sağlamaktadır (Ghobakhloo, 2018:918). IoT endüstrideki fiziksel nesnelerin ağını ifade etmekle kalmayıp, aynı zamanda 3D modeller veya makinelerin fiziksel davranış modelleri gibi ürünlerin, süreçlerin ve üretim altyapısının dijital temsillerini de içermektedir (Jeschke vd., 2017:4). IoT, çeşitli cihazların ve iletişim teknolojilerinin son gelişmeleriyle desteklenmektedir, ancak IoT'ne dâhil olan şeyler sadece cep telefonları gibi karmaşık cihazlarla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda gıda, giyim, mobilya, kâğıt, yerler, sanat eserleri, anıtlar gibi günlük nesneleri de içermektedir. Sensör veya aktüatör görevi gören bu nesneler, ortak bir hedefe ulaşmak için birbirleriyle etkileşime girebilmektedir (Botta vd., 2016:4).

IoT, dört ana katmandan oluşmaktadır: algı katmanı, ağ katmanı, destek katmanı ve uygulama katmanı (Leleoğlu, 2017:124). IoT, nesnelerin mevcut ağ altyapısında uzaktan algılanmasına veya kontrol edilmesine izin vererek fiziksel dünyanın temel sistemlere daha doğrudan entegrasyonu için fırsatlar yaratmaktadır (Öztemel ve Gürsev, 2018:28). IoT makine sensörleri, ara katman yazılımı, nakliye ekipmanları, sağlık ekipmanları, yazılım, bulut bilişim ve depolama sistemlerinin entegrasyonu yoluyla firmanın operasyonları ile varlıkları hakkında daha iyi görünürlük ve bilgi sağlamaktadır (Gilchrist, 2016:3). IoT, akıllı makinelerin verileri doğru bir şekilde elde etme ve iletme konusunda insanları üstünleştirdiği felsefesini temel almaktadır. Endüstriyel raporlar, IoT' nin tahmini bakım hizmetleri, yeşil üretim girişimleri, ürün kalitesi verimliliği, enerji optimizasyonu ve tasarım optimizasyonu için büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Ghobakhloo, 2018:919). IoT' nin uygulama örnekleri akıllı fabrikalar, akıllı evler ve akıllı şebekelerdir (Hermann vd., 2015:9).

Nesnelerin interneti, birkaç önemli teknoloji ile ilişkilidir:

RFID, IoT senaryosunda, bir veya daha fazla okuyucu ve birkaç etiketten oluşan radyo frekansı tanımlama (RFID) sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, bağlı oldukları her şeyin otomatik olarak tanımlanmasını sağlayarak nesnelere benzersiz dijital kimlikler atanmasına ve bir ağa entegre edilmesine izin vermektedir (Evangelos vd., 2011:6). Tipik bir kullanım senaryosunda, okuyucular etiketlerle benzersiz bir şekilde tanımlanan nesnelerin olası varlığını sorgulayarak ve uygun bir sinyal oluşturarak etiket iletimini başlatabilmektedir.

(Kablosuz) Sensör Ağları, IoT ortamlarındaki bir diğer önemli bileşeni kablosuz sensör ağları oluşturmaktadır. Nesnelerin durumunu daha iyi izlemek, konum, hareket, sıcaklık, vb. hakkında bilgi almak için RFID sistemleri ile işbirliği yapabilmektedirler. Sensör ağları, tipik olarak, kablosuz çok sekmeli bir şekilde iletişim kuran potansiyel olarak yüksek sayıda algılama düğümünden oluşmaktadır. Sonuçları toplamak için genellikle özel düğümler kullanılmaktadır. Kablosuz sensör ağları çeşitli yararlı veriler sağlamaktadır. Sağlık hizmetleri, hükümet hizmetleri, çevre hizmetleri, savunma, tehlikeli ortam araştırması ve sismik algılama gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Alamri vd., 2013:1).

Adresleme, RFID ve Wi-Fi gibi kablosuz teknolojiler sayesinde IoT paradigması, interneti tamamen entegre olmuş bir gelecek internete dönüştürmektedir (Botta vd., 2016:6). İnternet evrimi, insanların eşi görülmemiş bir şekilde birbirine bağlanmasına yol açarken, mevcut eğilim, akıllı bir ortam yaratmak için nesnelerin birbirine bağlanmasına yol açmaktadır (Gubbi vd., 2013:1646) Bu bağlamda, IoT' nin başarısı için bir şeyi benzersiz bir şekilde tanımlama yeteneği çok önemlidir. Çünkü bu çok sayıda cihaza benzersiz bir şekilde hitap etmeyi ve bunları internet üzerinden kontrol etmeyi sağlamaktadır. Benzersizlik, güvenilirlik, kalıcılık ve ölçeklenebilirlik, benzersiz bir adresleme şeması oluşturmayla ilgili kritik özellikleri temsil etmektedir (Gubbi vd. 2013:1646).

Ara Katman ile uygulama katmanı arasında, katılan nesnelerin heterojenliği, işleme yetenekleri ve çeşitli uygulamaları sayesinde önemli bir rol oynanır. Ara katman, nesne soyutlama, hizmet yönetimi, hizmet kompozisyonu ve uygulaması olmak üzere bir katmanlar kümesine ayrılabilir (Evangelos vd., 2011:9).

IoT teknolojisi, Endüstri 4.0 devriminde merkez rol oynayacaktır. Çünkü bu teknoloji nesneleri, kullanımıyla internete bağlanabilen, tüm verileri depolayabilen, gerçek zamanlı olarak diğer nesnelerle bilgi paylaşabilen ve onlardan bilgi alabilen özel kimliklere sahip olacaktır (Kagermann, 2015: 25).

1.5.5.3. Büyük Veri ve Siber Güvenlik

Büyük veri teknolojileri, çok çeşitli verileri keşfederek, ele geçirip analiz ederek kuruluşların ekonomik olarak değer elde etmesini sağlayan yeni nesil teknoloji ve yapıları ifade etmektedir. Büyük veri analizi, çağdaş kuruluşların zaten sahip oldukları büyük miktardaki bilgilerden daha iyi değer elde etmelerini sağlamaktadır. Ek olarak büyük veri, bir sonraki adımda ne olacağını ve en iyi sonuçları elde etmek için hangi önlemlerin alınması gerektiğini belirlemektedir (LaValle vd., 2011:21). Büyük veri yıllardır var olan bir kavramdır. Bununla birlikte, firmalar günümüzde acil kararlar için öngörü edinmek ve rekabet edebilirliği sürdürmek için büyük veri analitiğine yönelmektedir (Hu vd., 2014:654).

Üretimde, üretim verilerini toplamak için birden fazla makineye bir veya daha fazla mikroişlemci takılabilmektedir. Her yerde bulunan sensörler ve mikroişlemciler, geleneksel ölçeklerin ötesinde büyük boyutlu bir veri kaynağı oluşturmaktadır. Geleneksel veri tabanı teknolojisi, bu büyük veri toplama işleminin elde edilmesi, depolanması, yönetimi ve analizinin tamamlanmasında güçlük çekmektedir. İmalat şirketlerinin büyük miktarda yapılandırılmış ürün verileri, operasyonel veriler, değer zinciri verileri ve harici veriler gibi yapılandırılmamış verileri içeren çok çeşitli verileri yönetmesi gerekmektedir. Büyük veri teknolojisi, derinlemesine anlayış elde etmek, öngörü kazanmak ve doğru kararlar almak için keşifler yapmak amacıyla çeşitli veri türlerinden hızlı bir şekilde değerli bilgiler elde etmek için yeni işlem modlarını kullanmaktadır. Büyük veri ve büyük veri analizi, imalat şirketlerine süreçleri optimize etme, maliyetleri düşürme ve operasyonel verimliliği artırma gibi bir dizi avantaj sağlayacaktır (Zhou vd., 2015:2150).

Gelecekteki endüstride, CPS içindeki atölye ekipmanı sensör verilerini ve kurumsal bilgi sistemlerini entegre edecektir. Bu işlem sırasında, üretim sürecini

yönlendirecek kararları saklamak, analiz etmek ve oluşturmak için büyük miktarda veri bir bulut bilgi işlem veri merkezine yüklenecektir. Büyük veri, sürekli büyüyen bir veritabanının hızlı ve verimli bir şekilde yönetimi ile etkin kullanımını sağlamaktadır. Bu teknoloji ile birbiriyle uyumlu olmayan çeşitli sistemlerde, veritabanlarında ve web sitelerinde toplanan veriler bile, belirli bir şirket veya kişinin bulunduğu durumun net bir profilini göstermek için işlenebilmekte ve birleştirilebilmektedir (Witkowski 2017:767). Özellikle, büyük veri analizi üreticilerin varlık verimliliğini ve performansını iyileştirmelerini, ürün özelleştirmelerini iyileştirmelerini, tahmini bakımı daha iyi yönetmelerini ve cihaz arızalarını önlemelerini sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, üretim süreçlerini ve tedarik zinciri yönetimi girişimini daha etkin bir şekilde gerçekleştirmelerinde etkili olacaktır (Ghabokhloo, 2018:920). IBM bilişsel üretim hizmeti, büyük veri analitiğinin endüstriyel uygulamasına bir örnek niteliğindedir.

Siber güvenlik araçları CPS, iletişim ağları ve programları saldırı, hasar veya siber saldırılardan izinsiz erişime karşı korumak için tasarlanmış teknolojiler, süreçler ve uygulamalardan oluşan bilgi birikimidir (Akhilesh ve Möller, 2019:21). Siber güvenliğin kendisi bilgisayarları, ağları, programları ve verileri istenmeyen bilinçli erişim veya değişikliklerden korumaya odaklanmaktadır. Siber güvenlik unsurları; bilgi güvenliği, ağ güvenliği, olağanüstü durum kurtarma ve son kullanıcı eğitiminden oluşmaktadır (Ten vd., 2010:854). Günümüzde siber suçun ciddi bir tehdit olması birçok şirketin hâlâ analog üretim ve yönetim sistemleri üzerinde çalışmasının bir nedeni durumundadır. Bilgi teknolojisi (BT) ve bilgisayar kullanımı bir firmanın başarısına katkıda bulunduğundan, BT güvenliği konusu hem bireysel departmanlar hem de tüm şirket için daha önemli hâle gelmektedir. Mevcut endüstriyel sistemler, bilgisayar korsanları için farklı saldırı olanaklarına açık bulunmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojisi ile donatılmış tesisler, bol miktarda elektronik içeren birçok farklı CPS içermektedir. Bu elektronikler ve insanlar arasındaki iletişimi sağlamak için, elektronik cihazların kablosuz internet gibi çeşitli ağ bağlantılarına bağlanması gerekmektedir. Ancak üretim elemanlarının bağlanabilirliği sisteme saldırmak için birçok seçenek sunmaktadır. Örneğin, yazılım virüs veya Truva atları tarafından ele geçirilebilir; hatta insan operatörler tarafından e-dolandırıcılık gibi sosyal saldırılara uğrayabilir. BT güvenliğinin nihai hedefi, firmaları bu saldırılara karşı korumak veya üretim sistemini fiziksel hasara yol açabilecek arızalardan daha kesin olarak korumaktır (Sageghi vd., 2016:3).

Birçok şirket hâlâ bağlantısız veya kapalı yönetim ve üretim sistemlerine güvenmektedir, ancak Endüstri 4.0 ile bağlantıda bir artış olacaktır. Sonuç olarak, kritik endüstriyel sistemleri ve üretim hatlarını siber güvenlik tehditlerinden koruma ihtiyacı doğmaktadır. Bu sebeple üretim hatlarında güvenli ve güvenilir bir iletişim sağlamak esastır (TUSİAD ve BCG, 2016:28).

1.5.5.4 Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış Gerçeklik (AR), fiziksel gerçek dünya ortamlarının canlı doğrudan veya dolaylı görünümünün, üst üste bindirilmiş bilgisayarlı görüntülerle artırıldığı, gerçeğin gelişmiş bir sürümüdür. Bu teknoloji, Endüstri 4.0 uygulamalarının merkezinde yer almaktadır. Sanayi toplumu için büyük önem taşıyan bu yeni teknolojiyle birlikte gerçek operasyonlar ve simülasyon endüstrisi ortaya çıkmıştır. Bu teknikler özellikle ürün ve üretim sistemlerinin tasarımında büyük faydalar sağlamaktadır. AR, özellikle akıllı üretim fonksiyonları açısından Endüstri 4.0 trendinde yer alan en önemli teknolojilerden biridir (Öztemel ve Gürsev, 2018:25).

Bilgisayar yazılımı ve donanımının sürekli ilerlemesi sayesinde AR, endüstriyel ürün ve süreçlerle ilgili açıklama, planlama ve gerçek zamanlı operasyon izlemede kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra arıza teşhis, kurtarma ve eğitimde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Ghabakhloo, 2018:920). Endüstriyel raporlar, modern üreticilerin AR eğitimini, çalışanların eğitimini, bakım görevlerinin basitleştirilmesini, kalite yönetimini, kontrol uygulamalarını ve ürün tasarımını desteklediğini göstermektedir (Elia vd., 2016:189). Arttırılmış gerçeklik kullanıcıların hayatlarını kolaylaştıracaktır, çalışanlar hangi parçaların seçilmesi gerektiği, parçaların konumu ve onarım talimatı gibi yeni görevler hakkında doğrudan bilgiye ulaşacaklardır (Rüßmann vd., 2015:5). Böylece kullanıcılar dinamik üretim ortamına daha hızlı adapte olacaklardır (Paelke, 2014:1). Ayrıca, bu teknoloji ile yeni bir tesis veya yeni bir ürün piyasaya sürülmeden önce, makinelere yüklenen yazılım gibi tüm gereksinimlerden sonra sanal olarak simüle edilecek ve daha sonra ilk denemeler yapılacaktır. Böylece firmalar zaman kazanabilecek ve maliyeti azaltabileceklerdir (Blanchet vd., 2014: 9)

Öte yandan, AR tabanlı sistemler, bir depoda parça seçme ve mobil cihazlar üzerinden onarım talimatları gönderme gibi çeşitli hizmetleri desteklemektedir.

Çalışanlar, onarılması gereken gerçek sisteme baktıklarında belirli bir parçanın nasıl değiştirileceği konusunda onarım talimatları alabileceklerdir (Vaidya vd., 2018:237). Bu teknoloji, bakım işleri için gereken zamanın azalması ve bakım çalışmalarındaki olası hataların azaltılması nedeniyle, işyerinde bakım çalışmalarına büyük destek sağlayacaktır. Ancak bu sistemler şu anda bebeklik dönemindedir. Gelecekte şirketler, çalışanların karar verme ve çalışma prosedürlerini iyileştirmek için, aynı zamanda gerçek zamanlı bilgi sağlamak için artırılmış gerçeklikten çok daha fazla yararlanacaktır (TÜSİAD ve BCG, 2016:30).

1.5.5.5. Otonom Robotlar ve Akıllı Fabrika

Otonom bir robot, otonom üretim yöntemini daha hassas bir şekilde gerçekleştirmek ve aynı zamanda insan işçilerin çalışmakla sınırlı olduğu yerlerde çalışmak için kullanılmaktadır. Otonom robotlar, verilen görevi verilen zaman sınırı içinde kesin ve akıllı bir şekilde tamamlayabilmekte, ayrıca güvenlik, esneklik, çok yönlülük ile işbirliğine odaklanabilmektedir (Vaidya vd. 2018:235). Otomasyon ile birlikte endüstriyel robotların kullanımı, üretimde ve günlük hayatta giderek artmaktadır. İmalatçılar arasında otomasyona yönelik devam eden eğilim nedeniyle endüstriyel robotlara olan talepte de artış görülmektedir. Otomasyonun kısmi döngü süresi, daha düşük hata oranı, daha yüksek kalite, daha fazla güvenilirlik, daha az atık ve daha iyi zemin alanı kullanımı gibi sayısız fayda vaat etmesi, endüstriyel robotiği tüm dünyada üreticiler için vazgeçilmez kılmaktadır (Ghobakhloo 2018:920).

Üreticiler, karmaşık görevlerle başa çıkmak için robotları uzun süredir kullanmaktadır. Teknoloji ve hesaplama gücü ilerledikçe, robotlar daha işbirlikçi, özerk ve uyarlanabilir olmak için gelişmektedir. Mevcut robotlar daha yüksek esnekliğe, gelişmiş fonksiyonlara sahiptir ve çok sayıda alanda kullanımı daha kolaydır. Yakın gelecekte, robotlar birbirleriyle etkileşecek ve insanlarla aktif olarak işbirliği yapacaktır. Robotlar, şu anda üretim alanında kullanılanlara göre daha iyi yetenekler elde etmek için daha ucuz ve daha gelişmiş olacaktır (Tay vd., 2018:1383, Rüßmann vd., 2015:3).

Robotlar kalitenin iyileştirilmesine, daha iyi bir maliyet etkinliği sağlanmasına yardımcı olmakta, çalışma ortamını iyileştirmekte ve daha iyi

Üretkenlik sağlamaktadır. Robotların çeşitli endüstrilerde yaygın kullanımı, robotların mühendislik bilimi ve teknoloјisi ile bunların tasarımı, üretimi, uygulaması ve yapısal düzeniyle ilgilenen robotik adı verilen bir bilgi kütlesini tetiklemiştir (Akilesh ve Mller, 2019:8).

Akıllı fabrikalar “karanlık fabrikalar” veya “insansız fabrikalar” olarak da bilinmektedir. Üretimdeki her makine saniyeler içinde yeni elemanlara ayrılabilir. Akıllı bir fabrika, çok az insan müdahalesi gerektiren entegre bir sistem önermektedir. İnsan bu sistemin içine esas olarak problem çözme aşamalarında girmektedir (Öztemel ve Grsev, 2018:22).

Akıllı fabrikalar, CPS ve IoT Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu kavramların birbiriyle yakından bağlantılı olduğu unutulmamalıdır, çünkü CPS, IoT üzerinden iletişim kurmakta, böylece merkezi olmayan bir üretim sistemi fikri üzerine inşa edilen akıllı fabrikayı etkinleştirmektedir. Akıllı fabrikalarda insanlar, makineler ve kaynaklar birbirleriyle doğal bir sosyal ağda olduğu gibi iletişim kurmaktadır (Kagermann vd., 2013:19). rnler, makineler, nakliye sistemleri ve insanlar arasındaki yakın bağlantı ile iletişimin mevcut üretim mantığını değiştirmesi beklenmektedir. Bu nedenle akıllı fabrikalar, Endüstri 4.0'ın bir başka önemli özelliği olarak düşünülmektedir. Akıllı fabrikada, ürünler üretim süreçlerinde bağımsız olarak yollarını bulmakta, kolayca tanımlanabilmekte ve konumlandırılabilir. Bu durum da uygun maliyetli, ancak son derece esnek ve kişiselleştirilmiş bir seri üretim fikrini takip etmektedir (Hofmann ve Rsch, 2017:25).

CPS ve bulut bilişim akıllı fabrikaların nkoşullarıdır. Akıllı bir üretim hattındaki bağlantı ve etkileşim, insandan makineye ya da makineden makineye olabilmektedir. Makineden makineye uygulama ağı veri ağları, arka u sunucuları, sensörler ile aktüatörler için bağlantı noktaları ve kontrol bileşenlerinden oluşmaktadır. İnsan ve makine arasındaki etkileşime yönelik bileşenlere “insan makine arayüzleri” (HMI) denmektedir. HMI'lar insanların karmaşık süreçleri anlamalarına ve CPS ile iletişim kurmalarına yardımcı olmaktadır (Strategy &, 2015).

Akıllı fabrikalar, üretim süreçlerinin artan karmaşıklığını orada çalışan insanlar için yönetilebilir kılacak; üretimin aynı anda çekici, kentsel bir ortamda sürdürülebilir ve kârlı olmasını sağlayacaktır (Kagerman vd., 2013:21). Bu nedenle, akıllı fabrikalarla birlikte gelebilecek potansiyellerin çok büyük olması beklenmektedir. Sadece üretim süreçlerinin değil, çalışanların rollerinin de dramatik bir şekilde değişmesi beklenmektedir. Çalışanların daha fazla sorumluluk alması, karar alıcı olarak hareket etmesi ve örneğin forklift kullanmak yerine görevleri denetlemesi beklenmektedir.

Özetle, yeni nesil üretim tesisleri “akıllı fabrikalar konsepti” ile ifade edilmektedir. Tedarik, depolama, üretim, kalite kontrolünden bakım onarıma tüm üretim süreçlerini kendileri kontrol edebilmektedir. CPS ve BIT bileşenlerine sahip entegre fiziksel sistemler de akıllı fabrikalara entegre edilmiştir. Yeniden yapılandırılabilir üretim sistemleri, sürekli değişen pazarın gereksinimlerini karşılamak için donanım ve yazılım kullanmaktadır (Nayak vd., 2015:122). Fabrika, bakım onarım süreçleri, servis ihtiyaçlarının ne zaman ortaya çıkacağı ve parçaların ne zaman yenilenmesi gerektiği konusunda bilgilendirilmektedir. Bilgilendirme müşteriler tarafında da yapılabilmektedir. İş akışı ileriye dönük planlar yapabilmektedir (Senvar ve Akkartal, 2018:54).

1.5.5.6. Katmanlı Üretim (3D Baskı)

Katmanlı üretim, parçaların ince toz katmanlarını eriterek ve bilgisayar destekli tasarım (CAD) modüllerinin önerdiği geometriye dayanarak plastik veya metal bir malzeme katmanının diğerinin üzerine eklenmesiyle oluşturulduğu üretim tekniğini ifade etmektedir. Bu teknoloji yeni tasarım paradigmaları açmaktadır: "tasarımın üretimi" ilkesi ile geleneksel "üretim için tasarım" yaklaşımına karşıdır. Tasarımdaki geometrik özgürlük, mühendislerin ürünleri üretim kısıtlamaları olmadan görselleştirdikleri gibi tasarımlarına olanak tanımaktadır (Esmailian, 2016:93).

Katmanlı üretim, özellikle 3D baskı teknolojisi, üreticilerin yeni ürün tasarımı ile üretim süreçlerini basitleştiren ve hızlandıran prototiplerin deneme üretimlerini mümkün kılmaktadır (Gilchrist, 2016:210). Endüstri 4.0, müşterileri ve tedarikçileri bir araya getirecek ve müşterilerin üretim siparişlerini doğrudan gerçek

zamanlı olarak üretim ortağına göndermeleri için ortak bir prosedür hâline gelecektir. Bu gibi durumlarda katmanlı üretim, imalatla daha hızlı üretim, üretim tasarım özgürlüğü, tedarik zincirinde azalma, hızlı prototipleme ve küçük ölçekli üretim deneyleri yoluyla “akıllı fabrika” fikrini desteklemektedir (Lasi vd., 2014:240).

Endüstri 4.0 ile birlikte, birleşik üretim, hafif tasarımlar gibi yapı avantajları sunan özelleştirilmiş ürünlerden oluşan küçük grup üretimler için katmanlı üretim yöntemleri yaygın olarak kullanılacaktır. Yüksek performanslı, merkezi olmayan katmanlı üretim sistemleri, taşıma mesafelerini ve eldeki stokları azaltacaktır (Rüßmann vd., 2015:7). Müşteri ihtiyaçları sürekli değiştikçe, sanayi şirketleri ürünlerin kişiselleştirilmesini artırma, kaynak verimliliğini artırma ve pazara çıkış süresini azaltma zorluğu ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorluklar özellikle artan dijitalleşme, ürün ağları, üretim kaynakları ve süreçleri ile çarpışmaktadır (Rennung vd., 2016:373). Özelleştirilmiş ürünlerin artan talebi ile birlikte azalan ürün yaşam döngüleri, karmaşıklığa yol açan organizasyon yapılarında daha fazla dönüşüm talep etmektedir (Vaidya vd., 2018:236).

Endüstri 4.0, gelişmiş veri teknolojilerini ve akıllı üretim sistemlerinin kullanımını teşvik etmektedir. Bu nedenle, katmanlı üretim Endüstri 4.0'ı benimsemek için önemli araçlardan birini teşkil etmektedir. Katmanlı üretim teknolojisi ile birlikte yeni malzemeler arama eğilimi artmaktadır. Bir malzemenin gerekli bazı özelliklerine metalik bileşenler ve akıllı malzemeler sayesinde sahip olunmaktadır. Esasen, Endüstri 4.0'ın uygulanması büyük ölçüde katmanlı üretimin uygulanma yeteneklerine bağlıdır (Dilberoğlu vd., 2017:553).

1.5.5.7. Bulut Bilişim

Bulut bilişimin temel yönleri Ulusal Standart ve Teknolojiler Enstitüsü (NIST) tarafından yapılan bir tanımda bildirilmiştir. Bu tanıma göre: “Bulut bilişim, minimum yönetim çabası veya servis sağlayıcı etkileşimi ile hızlı bir şekilde sağlanabilen ve serbest bırakılabilen, yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarının ortak havuzuna her yerde, uygun, isteğe bağlı ağ erişimini sağlayan bir modeldir.” (Mell ve Grance, 2009:2). Bulut bilişimin arkasındaki ana fikir yeni olmasa da son birkaç yıldır bulut bilişimin görünümü BT endüstrisini büyük ölçüde etkilemiştir.

Bulut teknolojisi neredeyse sınırsız depolama ve işleme yeteneklerinin düşük maliyetle kullanılabilir olması, sanallaştırılmış kaynakların isteğe bağlı bir şekilde kiralanabilmesi ve genel araçlar olarak sağladığı yeni bir bilgi işlem modelinin gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Büyük şirketler (Amazon, Google, Facebook, vb.) internet üzerinden hizmet sunmak için bu paradigmayı geniş çapta benimsemiş; bu sayede hem ekonomik hem de teknik faydalar sağlamıştır (Botta vd., 2016:7).

Bulut bilişim tamamen yeni bir kavram değildir, ancak bulut bilişimin evrensel veya standart bir tanımı da yoktur. Bu paradigma, donanım, sanallaştırma teknolojisi, dağıtılmış bilgi işlem ve internet üzerinden hizmet sunumundaki son gelişmelere dayanarak gelişmiştir (Oliveira vd., 2014:500). Bulut bilişim uygulaması, üreticilere bulut tabanlı yazılım uygulaması, web tabanlı yönetim panosu ve bulut tabanlı işbirliği sağlamaktadır. Bunun yanında coğrafi olarak dağıtılmış üretim ve servis siteleri arasında işbirlikçi ve esnek bir altyapı oluşturulmasını mümkün kılmaktadır (He ve Xu, 2015:247). Bu da yeni nesil üretim paradigması olarak bulut üretimine yol açacaktır.

Bulut bilişimi başarılı bir model yapan ana özellikler, katmanlı mimarisi ve standart hizmet modelleridir. Bulut mimarisi dört katmana ayrılmaktadır (Zhang vd., 2010:9):

Donanım katmanı: Bu katman, fiziksel sunucular, yönlendiriciler, anahtarlar, güç ve soğutma sistemleri de dâhil olmak üzere bulutun fiziksel kaynaklarını yönetmekten sorumludur. Uygulamada, donanım katmanı genellikle veri merkezlerinde uygulanır. Bir veri merkezi genellikle raflarda organize edilen ve anahtarlar, yönlendiriciler veya diğer dokular aracılığıyla birbirine bağlanan binlerce sunucu içermektedir.

Altyapı katmanı: “Sanallaştırma katmanı” olarak da bilinen altyapı katmanı, sanallaştırma teknolojilerini kullanarak fiziksel kaynakları bölümlenmekte; bir depolama ve bilgi işlem havuzu oluşturmaktadır. Altyapı katmanı, bulut bilgi işlemin önemli bir bileşenidir. Çünkü dinamik kaynak ataması gibi birçok temel özellik yalnızca sanallaştırma teknolojileri aracılığıyla kullanılabilir hâle getirilmektedir.

Platform katmanı: Altyapı katmanının üzerine inşa edilen platform katmanı, işletim sistemleri ve uygulama çerçevelerinden oluşmaktadır. Platform katmanının amacı, uygulamaları doğrudan sanal makine konteynırlarına dağıtma yükünü en aza indirmektir.

Uygulama katmanı: Hiyerarşinin en üst düzeyinde bulunan uygulama katmanı, gerçek bulut uygulamalarından oluşmaktadır. Geleneksel uygulamalardan farklı olarak, bulut uygulamaları daha iyi performans, kullanılabilirlik ve daha düşük işletme maliyeti elde etmek için otomatik ölçeklendirme özelliğinden yararlanmaktadır.

Ayrıca literatürde, tanımlanmış farklı bulut türleri mevcuttur (Zhang vd., 2010:10). Bunlar:

1. Genellikle kuruluşun kendisi tarafından sahip olunan, yönetilen ve işletilen tek bir kuruluş tarafından özel kullanım için sağlanan özel bulut,
2. Genel halk tarafından açık kullanım için sağlanan genel bulut,
3. İki veya daha fazla farklı bulut altyapısının (özel, topluluk veya kamu) bileşiminden oluşan hibrit bulut,
4. İşletme sahiplerinin gerekli ağ ayarlarını (güvenlik vb.) yapmasına izin vermek için sanal özel ağ teknolojilerinden faydalanan, genel ve özel bulutlarla ilgili sorunları ele almayı amaçlayan bir alternatif sağlayan sanal özel buluttur.

Kurumsal uygulamalar ve bulut ortamlarıyla ilgili farklı sorunları (örneğin, maliyeti düşürme, güvenilirliği artırma vb.) göz önünde bulundurarak, her bulut türünün kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Dolayısıyla, uygun bir bulut modelinin seçilmesi, belirli iş senaryosuna bağlıdır (Botta vd., 2016:9).

Bulut bilişim, bilgi, hizmet ve tüm iş modellerinin tahsisi için merkezi olmayan bir yaklaşım sağlamaktadır. Tüm verileri depolamak için bir platform sağlamanın yanı sıra farklı yazılım veya uygulamaları yürütmek içinde kullanılabilir. Bireyler, makineler ile nesneler arasındaki web tabanlı ağların

hızla gelişmesinin yanı sıra artan talep nedeniyle, sanal ve gerçek dünyanın entegrasyonu bir adım öne geçmiştir. Teknolojinin hızla ilerlemesi, veri ve bilgilerin inanılmaz bir şekilde artmasını sağlamaktadır. Bu büyüyen veri hacimlerini yönetmek için büyük veriler açısından yeni yaklaşımlar gerekmektedir. Büyük veriler, özellikle insan davranışı ve etkileşimleri ile ilgili olarak kalıpları ortaya çıkarmak için bilgisayarlar tarafından analiz edilebilen son derece büyük veri setleri olarak tanımlanabilmektedir (Lee vd., 2014:3). Bu nedenle büyük veriler, büyük miktarda veri depolamak, yönetmek ve kullanmak için çeşitli seçenekleri birleştirmektedir. Verilerin hacminin ve çeşitliliğinin üstesinden gelmek aynı zamanda veri depolama ile analizi için yeni teknolojiler geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, bilgi alanında yeni gereksinimler ortaya çıkmaktadır. Bulut bilişim, tüm yerel hizmetleri ve süreçleri buluta kaydırarak internet ile talebe dayalı veri alışverişini gerçek zamanlı olarak sağlamaktadır.

1.5.5.8. Simülasyon

Simülasyon modelleme, modellenen sistemin tahmin edilmesi ve çıktısının oluşturulması için gerçek veya sanal bir süreci ya da sistemi çalıştırmanın bir yoludur. Simülasyonlar, insanları, ürünleri ve makineleri içeren bir simülasyon modelinde gerçek dünyayı temsil etmek için gerçek zamanlı veriler kullanılarak yapılmaktadır. Bu nedenle, operatörler fiziksel dünyada uygulamadan önce sanal simüle edilmiş bir durumda makine ayarlarını optimize edebilmektedir. Bu, makine kurulum sürelerini azaltmakta ve kaliteyi artırmaktadır. Simülasyon modelleme paradigmasındaki son devrimler, sanal fabrika konsepti ile üretim sistemlerinin ve diğer sistemlerin modellenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, işletim sistemlerinde otonom ayarlamalar da dâhil olmak üzere süreç kontrolünde gelişmiş yapay zekâ simülasyonlar yoluyla da yapılabilmektedir (Rodič, 2017:196).

Simülasyon ve modelleme teknikleri, üretim sistemlerinin tasarımı, gerçekleştirilmesi, test edilmesi ve canlı bir şekilde çalıştırılmasının basitleştirilmesini amaçlamaktadır (Kocian et al., 2012:491). Akıllı fabrikalarda, makineleri, ürünleri ve insanları içeren fiziksel dünyanın sanal bir modelde yansıtılmasında gerçek zamanlı verilerin kullanılması için simülasyon ve modelleme bir gereklilik olacaktır (Rüßmann vd., 2015:5). Simülasyon ve modelleme, üreticilerin tesis operatörleri için önemli maliyetler doğurabilecek

hataları erken bir aşamada önlemelerini sağlamanın yanı sıra günlük çalışma sırasında bir üretim tesisini optimize etmek için de kullanılabilmektedir (Gilchrist, 2016:209).

Mühendislik aşamasında, ürün, malzeme ve üretim süreçlerinin üç boyutlu simülasyonları zaten kullanılmaktadır; ancak gelecekte simülasyonlar tesis operasyonlarında da daha yaygın olarak kullanılacaktır. Bu simülasyonlar, fiziksel dünyayı makineleri, ürünleri ve insanları içeren sanal bir modelde yansıtmak için gerçek zamanlı verilerden yararlanacaktır (Rüßmann vd., 2015:5). Üretim süreçlerinde simülasyonların kullanımı, duraksama sürelerini kısaltmak ve değiştirmekle kalmayıp, aynı zamanda başlangıç aşamasındaki üretim hatalarını da azaltmaktadır. Karar verme kalitesi, simülasyonlar yardımıyla kolay ve hızlı bir şekilde geliştirilebilmektedir (Vaidya vd., 2018:235). Ayrıca, sistemlerin simülasyonları çeşitli senaryoların değerlendirilmesine izin vermektedir. Senaryolar değerlendirildikten sonra, maliyet-etkin çözümler geliştirilebilmekte, test edilebilmekte ve uygulanabilmektedir (Thornton 2017:8).

1.5.5.9. Yatay ve Dikey Entegrasyon

Entegrasyon, esas olarak tüm paydaşların, satıcıların, çalışanların, müşterilerin ve yönetimin, ürünlerle, süreçlerle, fiziksel ve bilgilendirici alt sistemlerle bütünleşmesine odaklanmakta ve sonuç olarak organizasyonel hedeflere ulaşmak için ortak bir ilişki kurmaktadır (Akhilesh ve Möller, 2019:107). Entegrasyon ve kendi kendine optimizasyon, endüstriyel organizasyonda kullanılan iki ana mekanizmadır (Schuh, 2015:53). Endüstri 4.0 paradigması temelde üç entegrasyon boyutu ile özetlenmektedir (Stock ve Seliger, 2016:537). Bu boyutlar yatay entegrasyon, dikey entegrasyon ve uçtan uca mühendisliktir.

Makro perspektiften *yatay entegrasyon*, bir değer yaratma modülleri ağı ile karakterize edilir. Değer yaratma modülleri, farklı değer yaratma faktörlerinin, yani ekipman, insan, organizasyon, süreç ve ürünün etkileşimi olarak tanımlanır (Stock ve Seliger, 2016:537). Tüm değer yaratma ağı boyunca yatay entegrasyon ise bir ürün yaşam döngüsünün değer zinciri boyunca değer yaratma modüllerinin şirketler arası ve şirket içi akıllı çapraz bağlanmasını ve dijitalleştirilmesini tanımlamaktadır (Stock ve Seliger, 2016:537). Yatay entegrasyon, bilgi, finans ve materyallerin gerçek zamanlı olarak sorunsuz akışını kolaylaştırmaktadır. Bu, işgücü tüm

kuruluştaki bilgileri birbirine bağlayan işbirliği araçlarının yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu entegrasyon verimli bir ekosistem ile sonuçlanmaktadır (Akhilesh ve Möller, 2019:107).

Dikey entegrasyon ve ağına bağlı üretim sistemleri; üretim istasyonları, üretim hücreleri, hatlar ve fabrikalar aracılığıyla farklı toplama ve hiyerarşik seviyeler içindeki akıllı çapraz bağlama ve dijitalleştirmeyi ifade eder. Ayrıca pazarlama, satış ya da teknoloji gelişimi gibi ilgili değer zinciri faaliyetlerini de içermektedir (Stock ve Seliger, 2016:537). Dikey entegrasyon, farklı türde ürünler üretmek için aktif olarak yeniden yapılandırılabilen kendi kendini organize eden sistemlere yol açmaktadır (Wang vd., 2016:2). Bu entegrasyon fiziksel ve bilgilendirici alt sistemler arasında gerçekleşmektedir. Alt sistemler, üretim sürecini her zaman şeffaflaştıracak bilgi toplama ve işleme yeteneğine sahip olmalıdır. Bu sayede işlenen bilgiler çalışanlar ve makineler için karar vermede yardımcı olmaktadır. Dikey entegrasyon, küçük parti üretimini desteklemekte ve tüketici taleplerine göre ürün özelleştirmesine olanak vererek tüm üretim sistemini daha yalın ve daha üretken hale getirmektedir (Akhilesh ve Möller, 2019:107).

Tüm ürün yaşam döngüsü boyunca *uçtan uca mühendislik*; bir ürün yaşam döngüsünün hammadde alımından üretim sistemine, tüm aşamalarında ürün kullanımına ve ürün ömrünün sonuna kadar akıllı çapraz bağlama ile dijitalleştirmeyi açıklamaktadır (Stock ve Seliger, 2016:537). Uçtan uca entegrasyon, ürün çeşitliliği, müşteri gereksinimi, ürün tasarımı ve geliştirmesi, üretim planlaması, üretim mühendisliği, hizmetler, bakım ve geri dönüşüm gibi birçok aktiviteden oluşmaktadır (Wang vd.,2016:2). Bu faaliyetlerin bir yazılım aracıyla bütünleştirilmesi, kuruluşun bu faaliyetlerin birbirine bağımlılıklarının etkilerini öngörmelerine yardımcı olarak düzeltici veya üretken önlemler almalarını sağlamaktadır. Tüm işlevlerin teknoloji aracılığıyla sorunsuz koordinasyonu ve işbirliği uçtan uca entegrasyona yol açmaktadır (Akhilesh ve Möller, 2019:107)

Bugün kullanılan bilgi teknolojilerinin çoğu tam olarak entegre edilmemiştir. Şirketler, tedarikçiler ve müşteriler nadiren yakından ilişkilidir. Endüstri 4.0'ın önerdiği ağlar geliştikçe şirketler ve departmanlar arasında daha fazla entegre olma kabiliyeti gelişmekte ve bu durum otomatik değer zincirleri oluşumunu mümkün kılmaktadır (Rüßmann vd., 2015:3). İmalat süreçlerinin dikey ve yatay boyutta tam

dijital entegrasyonu ve otomasyonu, özellikle standartlaştırılmış süreçler boyunca bir iletişim otomasyonu anlamına gelmektedir (Erol vd., 2016:14).

Tamamen entegre BT sistemlerine sahip olmak, Endüstri 4.0'ın amaçlarından biridir. Amaç, mühendislik, üretim, pazarlama ve satış sonrası hizmetlerin yakından bağlantılı olduğu bir senaryo oluşturmaktır. Entegrasyon, benzer şekilde, tedarik zincirindeki şirketlerin de daha fazla bütünleşmesini sağlayacaktır. Ayrıca veri entegrasyon ağları, otomasyon seviyelerinde işbirliği ve tam otomatik değer zincirlerinin oluşturulmasına katkıda bulunacaktır (Gilchrist, 2016:209).

Tüm bu planlama, koordinasyon, tahmin ile ağ bağlantılı ortamları düşünürken, tüm sistemlerin ve ağın, akıllı ürünün orkestrası için bir orkestra şefinin yaptığı gibi eşzamanlı olarak koordine edilmesi gerektiği açıktır. Her an doğru tempoyu göstermekten, tüm gruba liderlik etmekten, orkestra için kolektif bir odak oluşturmaktan sorumlu olan orkestra şefidir (Burton 2014). Bu nedenle, tüm makineler, sistemler, ağlar bir orkestra şefinin yaptığı gibi aynı anda yönetilmelidir; çünkü dikey, yatay ve uçtan uca artan entegrasyon ile işbirlikçi şirket süreçleri ile iş ağları daha önemli hâle gelecektir (Kagermann vd., 2013:24-25).

1.6. Dünya ve Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 Almanya'da başlamıştır. Bu yaklaşımı sisteme dâhil etmek için ABD, Japonya, Çin, İskandinav ülkeleri ve Birleşik Krallık'ta ivme giderek artmaktadır. Tüm dünyadaki şirketler önümüzdeki 5 yıl içinde dijitalleşmeyi önemli ölçüde artırmayı hedeflemektedir. 2020 yılına gelindiğinde ABD, mevcut durumda %32 olan seviyesini %74'e; Asya Pasifik mevcut %36'dan %67'ye; Avrupa, Orta Doğu ve Afrika, %30 olan mevcut seviyelerini %71'e artırarak dijitalleşme elde etmeyi hedeflemektedir (Grant Thornton 2017: 15).

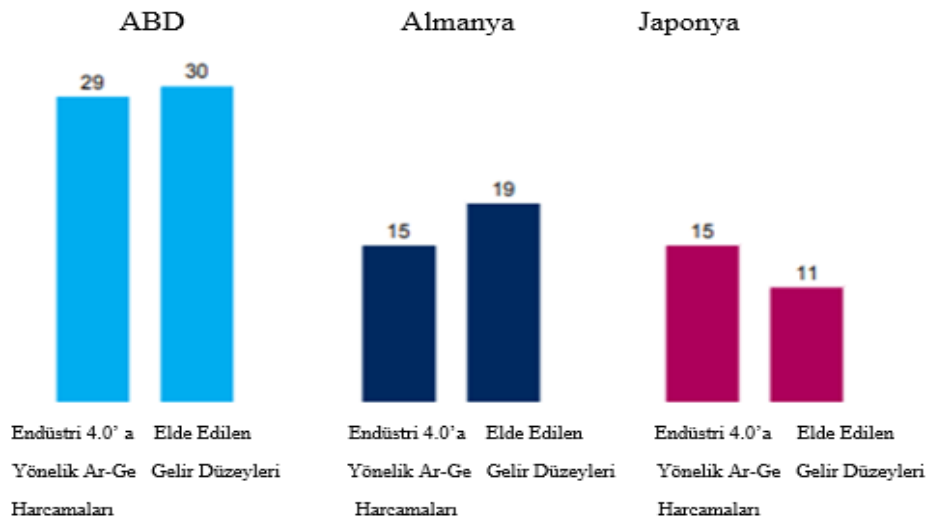
Endüstri 4.0 konsepti Avrupa'da başlatılmıştır ve Alman hükümeti ilgili programlar ile Siemens ve Bosch gibi önde gelen şirketleri desteklemektedir (Stancioiu 2017:76). Ek olarak Endüstri 4.0 değişiminin itici ekonomilerinden olan Almanya, küresel rekabetçiliğinde önemli bir gelişme beklemektedir. BCG'nin değerlendirmesine göre, Endüstri 4.0'ın uyarlanmasıyla birlikte Alman imalat sektörlerinin verimliliklerini önümüzdeki on yıl içinde 90 milyar Euro ila 150 milyar Euro artırması beklenmektedir. Bu kazanç toplam imalat maliyetindeki %5

ila %8'lik bir düşüşle sağlanacaktır. Malzeme maliyetleri hariç tutulduğunda, dönüşüm maliyetlerinin ortalama %20 oranında düşmesi beklenmektedir. Üretim süreçlerini ve sistemleri Endüstri 4.0'ı kapsayacak şekilde uyarlamak, Alman üreticilerin gelecek on yılda yaklaşık 250 milyar Euro yatırım yapmasını gerektirecektir. Gelişmiş teknolojilerdeki artan kurumsal talep ve özelleştirilmiş ürünlere yönelik tüketici talebi, yaklaşık 300 milyar Euro ek gelir artışı sağlayacak ve bu büyüme artışı, aynı dönemde istihdamda %6'lık ek bir artışa yol açacaktır (TUSİAD ve BCG, 2016:37).

Almanya, Endüstri 4.0'ın öncüsü konumunda olsa da McKinsey & Company'nin 2015 yılında endüstri düşünce liderleriyle yaptığı derinlemesine görüşmelerle desteklenen, ABD, Almanya ve Japonya olmak üzere üç ülkeden 300 kişinin katıldığı anket çalışması sonucunda; Alman şirketlerinin Endüstri 4.0 yatırımlarında başı çekmediği ortaya konulmuştur.

Grafik 1.1'de ülkelerin Endüstri 4.0'daki yatırım seviyeleri ve elde ettikleri gelir düzeyleri gösterilmektedir. Almanya Ar-Ge harcamalarının %15'i kadar bir kısmını Endüstri 4.0 için ayırmakta iken, Amerika'da bu oranın %29 olduğu dikkat çekmektedir. Bunun yanında Amerika'nın Endüstri 4.0 ile ilgili gelirlerinin toplam gelirine olan oranı %30'u gösterirken, bu oran Almanya'da %19'u, Japonya'da ise %11'i göstermektedir.

Grafik 1.1: Ülkelerin Endüstri 4.0'daki Yatırım Seviyeleri ve Elde Ettikleri Gelir Düzeyleri



Kaynak: McKinsey&Company (2015); "Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector," *McKinsey Digital*, New York City, s.48.

ABD ve Almanya, geleneksel sanayi ekonomilerinin öncüsü konumundadır. Bu ülkeler, üretimin düşük ücretli ülkelere Kuzey Amerika ve Avrupa'daki yerel üretim tesislerine taşınmasını istemektedirler. Bu sayede verimlilik ve dijitalleşme gibi Endüstri 4.0'ın avantajlarından bazılarını kullanarak küresel rekabet güçlerini artırmayı planlamaktadırlar (Deloitte 2015:4). Japonya ve Almanya, öncelikle verimliliklerini ve ürün kalitesini artırmak için dijitalleştirme uygulamaktadır. ABD'de, eğilim dijital teklifleri ve hizmetleri kullanarak yeni iş modelleri geliştirmek ve bu ürün ve hizmetleri mümkün olduğunca çabuk dijitalleşmiş olarak sağlamaktır. Çin'in imalat şirketleri ise, maliyetleri düşürerek uluslararası rakiplerle başa çıkma yollarına odaklanmaktadır (Stancioiu 2017:77).

Endüstri 4.0'dan ilham alan Çin, Endüstri 4.0 yolunda bulunan ve daha da ilerleyen Çin, İmalat 2025'i başlatmıştır. Endüstri 4.0 teknolojik gelişme ile ilgili iken, Çin İmalat 2025, üretim teknolojisindeki ilerlemenin bir araç olarak kullanılmasıyla tüm endüstrinin yeniden yapılandırılması ve daha rekabetçi hâle getirilmesini kapsamaktadır (Lu 2017:8). Çin'in Ar-Ge yatırımları 2008 yılından 2012 yılına kadar artış göstermiştir. Ancak, ABD, Almanya, Japonya ve diğer üretim güçleriyle karşılaştırıldığında, Çin'in Ar-Ge fonu giriş yoğunluğu (Ar-Ge harcaması ve GSYH oranı) önemli ölçüde düşüktür. 2014 yılında Çin'in Ar-Ge harcaması, bir önceki yıla göre %12.4 artarak 1331.2 milyar Yuan'a ulaşmıştır. Ar-Ge fonlarının yoğunluğu % 2.09'a yükselirken, Almanya Ar-Ge'si 2008'de % 2.69'a ulaşmıştır (Zhang vd., 2016:100).

Diğer yandan üretimde otomasyona geçiş dünya çapında giderek bir artış göstermektedir. Üretimde otomasyona geçişin en belirgin göstergesi endüstriyel robotların üretimi ve kullanımınıdır. Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR)'nın raporuna göre, 2017-2020 yılları arasında her yıl %14'lik bir artışla 2020 yılının sonunda dünya çapındaki fabrikaların birçoğunda kullanılan endüstriyel robotların sayısının 3 milyona kadar ulaşacağı tahmin edilmektedir (IFR, 2017). Endüstriyel robotların sektörler bazında yıllık üretim miktarına bakıldığında, 2016 yılında, yıllık arz miktarında en çok büyüme elektrik elektronik sektöründe gerçekleşmiştir. Robot üretiminde bir diğer büyüme gösteren sektör otomotiv sektörü olmuş ve %6 oranında yıllık üretim artışı yaşamıştır. 2016 yılında toplam arz içindeki %35'lik payıyla, otomotiv endüstrisi hâlen endüstriyel robotların en önde gelen müşterisi

konumundadır. Elektrik elektronik sektörünün ise toplam arz içindeki payı %31'dir. Elektrik elektronik sektöründeki robotların en başta gelen müşterileri Asya pazarı içindeki Çin, Japonya ve Güney Kore'dir (Gemma vd., 2017:7).

Tüm dünyada endüstriyel robot satışlarının %74'ü beş büyük büyük pazarda gerçekleşmektedir. Bu pazarlar sırasıyla, Çin, Güney Kore, Japonya, Amerika ve Almanya'dır (Gemma vd. 2017:9). Çin 2016 yılında endüstriyel robot pazarındaki %30'luk pazar payı ile lider ülke konumundadır ve 2020 yılı itibarıyla dünya robot pazarında %40'luk bir paya sahip olacağı tahmin edilmektedir. Robot pazarında dünyanın ikinci büyük pazarı Güney Kore'dir. Özellikle elektrik ve elektronik sektöründe robot üretimine yapılan büyük yatırımlar sonucu yıllık satışlarında önemli bir artış meydana gelmiştir. Diğer yandan, Japonya robot üretimi yapan ülkeler arasında hâkim bir konuma sahiptir. 2010 yılından itibaren endüstriyel robotlara olan talebe karşılık Japonya robot üretim kapasitesini giderek arttırmıştır. Amerika'da artan robot tesislerine karşılık olarak endüstriyel robot üretiminde artışa gitmiştir. Bu artışın itici gücü Amerikan endüstrisinin rekabet gücünü denizaşırı pazarlarda arttırmak için otomasyon eğiliminin çoğalmış olmasıdır. Almanya global robot pazarında beşinci büyük pazar konumundadır. Avrupa'da üretimi yapılan ve endüstride kullanılan robotların %36'sı ile yine Avrupa'da satılan toplam robotların %41'i Alman üretimidir (Kılıç ve Alkan, 2018:35).

Ar-Ge yatırımlarının ve endüstriyel robot üretim ve kullanımının yanı sıra yanı sıra; Ağ Hazırlığı Endeksi, ülkelerin dijital dünyada ne durumda olduklarının temel bir göstergesidir. Bu endeks, tek bir ülkenin dijital teknolojinin potansiyellerini karşılamak için gerekli altyapıya sahip olup olmamasına ve bu teknolojilerin ekonomi ve toplum üzerinde etkili olup olmamasına bağlıdır (Grant Thornton, 2017:11).

Tablo 1.1'de ağ hazırlık indeksine göre ülkelerin sıralamaları yer almaktadır. Tablo 1.1'e bakıldığında gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasında büyük bir boşluk olduğu görülmektedir. Singapur sıralamada zirvede yer alırken, Fillandiya ikinci, İsveç üçüncü sırada yer almıştır. Endüstri 4.0'ın çıkış yeri olan Almanya'nın on beşinci sırada yer aldığı görülmektedir. Türkiye ise 48. sırada bulunmaktadır.

Tablo 1.1: Ağ Hazırlık İndeksi

Ağ Hazırlık İndeksi 2016	Küresel Sıralama
Singapur	1
Fillandiya	2
İsveç	3
Norveç	4
ABD	5
Hollanda	6
İsviçre	7
İngiltere	8
Lüksemburg	9
Japonya	10
Danimarka	11
Hong Kong	12
Kore	13
Kanada	14
Almanya	15
Malezya	31
Türkiye	48
Çin	59
Tayland	62
Hindistan	91
Pakistan	110

Kaynak: World Economic Forum (2016); *The Global Information Technology Report 2016*, http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf, s.16.

Konu ile ilgili olarak yine PwC 2016 yılında Kanada, Amerika, Meksika, Danimarka, Hollanda, İngiltere, Portekiz, Fransa, İspanya, Brezilya, İsveç, Avusturya, Polonya, Fillandiya, Güney Afrika, İtalya, Almanya, İsviçre, Hindistan, Çin, Singapur, Japonya, Avusturalya olmak üzere 26 ülkeden ve 9 büyük sanayi sektöründen 2.000'den fazla katılımcı ile türünün dünya çapında en büyük anketi olan Küresel Endüstri 4.0 Anketi, çalışmasını gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre; katılımcı şirketlerin %33'ü kendilerini yüksek seviyede dijitalleşmeyi sağlamış olarak görmektedir. 5 yıl içerisinde ise bu şirketlerin %72'si üst seviyede dijitalleşmeyi sağlamış olmayı beklemektedir.

PwC'nin yapmış olduğu çalışmada katılımcı şirketlere, önümüzdeki 5 yıl içerisinde dijitalleşme sayesinde gelirlerindeki artış ve giderlerindeki tasarruf beklentilerinin ne kadar olduğu sorulmuştur. Dijital operasyon yetenekleri

oluşturma konusunda kendilerini ana rakiplerinden önde gören ve Endüstri 4.0'a erken yatırım yapan şirketlerin %27'sinde, %30'un üzerinde bir gelir artışı ve %30'un üzerinde bir gider tasarrufu beklentisi bulunmaktadır. Bu oran çalışmaya katılan tüm şirketler arasında %10'a düşmektedir.

Küresel endüstriyel imalat şirketlerinin 2020 yılına kadar şimdiden yılda 907 milyar dolara ulaşan yatırımları, Endüstri 4.0 için yapılan yatırımların önemli olduğunu göstermektedir. Sensörler ve bağlantı cihazları bu yatırımın ana odağını oluşturmaktadır. Bunu üretim yürütme sistemleri gibi yazılımlar ve uygulamalar takip etmektedir. Eğitimli çalışanlara duyulan ihtiyaç arttıkça, şirketler ayrıca örgütsel değişim ve eğitimi yönlendirmeye de yatırım yapmaktadır. Katılımcı şirketlerin yarısından fazlası, Endüstri 4.0 yatırımlarının yıllık gelirlerinin yaklaşık %5'lik bir bölümü olduğu göz önüne alındığında, yatırımlarının 2 yıl veya daha kısa sürede geri dönüş vermesini beklemektedirler (PwC 2016:9).

1.7. Türkiye ve Endüstri 4.0

Her ülke, farklı hız ve uygulamalarla gelir, maliyet ve verimlilik avantajları sağlayacak olan Endüstri 4.0 teknolojilerine bağlı kalacaktır. Endüstri 4.0'ın farkındalığı ve rekabet avantajı Türkiye'de oldukça yüksek bir düzeydedir. Gelecekte, en iyi kalitede, en düşük maliyetle üretim yapan ve ürünleri en hızlı şekilde teslim edenler başarılı olacaktır. Bu nedenle, Türkiye'nin Endüstri 4.0'da attığı adımlar çok önemlidir. Mevcut durumda Türkiye'nin sanayi işletmeleri Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0 arasındadır (Türkmen, 2018:284).

Ancak, Türkiye küresel değer zincirine katılımını sürdürmek ve büyümesini sağlamak için bazı yapısal zorluklarla karşı karşıyadır (TÜSİAD ve BCG 2016:36). Bu zorluklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

İhracatta yüksek ithalat bağımlılığı: İhracatın kapsadığı ithalatın oranı on yıllardır istikrarlı bir şekilde yüksek olmuştur.

Katma değerli ürünlerin düşük payı: Katma değerli ürünlerde küresel talebin artmasına rağmen, yüksek teknoloji ürünlerinin Türkiye imalat ihracatındaki payı yaklaşık %4'tür.

Sınırlı işgücü becerileri/yetenekleri: Sınırlı yetenekteki işgücü ve ekosistemler yeni teknolojilere uyumu engellemektedir.

Yüksek çalışan devir hızı: İşgücünün sanayiden hizmet sektörlerine kayması, imalat sektörlerinde yüksek devir hızlarına yol açmaktadır.

Bu yapısal zorluklar, diğer ülkelerin Endüstri 4.0 ile elde ettikleri üretkenliğin potansiyel gelişmelerle birleşmesi sonucu, Türkiye'nin küresel üretim rekabetçiliğini engelleyebilecektir. Bu çerçevede, Endüstri 4.0'a dönüşümün dört önemli kategoride gelişme ile sonuçlanması beklenmektedir (TÜSİAD ve BCG 2016:13). Bu kategoriler verimlilik, büyüme, yatırım ve istihdamdır.

Verimlilik: Mevcut ekonomik şartlarda, imalatçı Endüstri 4.0'ı başarıyla uygularsa, üretim sektörü 50 milyar TL'ye kadar kazanabilir. Bu tahmin, toplam üretim maliyetleri dikkate alındığında %4 ila 7'lik bir verimlilik artışına dayanmaktadır. Öngörülen verimlilik, yalnızca dönüşüm maliyetini hesaba katarak %15'e kadar artmaktadır.

Büyüme: Küresel değer zinciri ile bütünleşmenin ve Endüstri 4.0 çerçevesinde gelişen ekonomiyle kazanılan rekabet avantajının, yılda %3'lük bir artış göstermesi ve bunun sonucunda, Türkiye'nin GSYH'sında %1 veya daha fazla büyüme sağlayan, 150 ila 200 milyar TL ek gelir elde etmesi.

Yatırım: Endüstri 4.0 üretim sürecini entegre etmek için, ekonominin mevcut büyüklüğüne ve fiyatlarına bağlı olarak gelecek on yılda, her yıl 15 milyar TL yatırım yapılması gerekmektedir.

İstihdam: Yüksek vasıflı işçilere olan ihtiyacın artmasına rağmen, bir bütün olarak, istihdamdaki emek ihtiyacının, büyüme hedeflerinin gerçekleştirilmesine dayanarak artacağı varsayılmaktadır. Yüksek vasıflı işgücünün daha iyi eğitilmiş olması ve böylece daha yüksek ücretler kazanması gerekecektir. Beklentiler orta ve düşük vasıflı işlerin düşeceği, ancak sınai üretimdeki artışın mutlak toplam istihdamı artıracığı yönündedir. Nitelikli bir işgücünün geliştirilmesi, Türkiye'nin bilgi altyapısını ve gelir piramidini iyileştirecektir.

TÜBİTAK (2016:4), tarafından yapılan araştırmaya göre Türk firmalarının sadece %22'si Endüstri 4.0 hakkında geniş bilgi sahibidir. Bilinci yüksek olan

sektörler elektronik, yazılım ve malzemedir. Bunun dışında, üretim çözümü ortağı olan finans, lojistik ve yazılım ile sistem entegrasyonu da geliştirilmesi gereken önemli alanlardır. Tablo 1.2’de sektörlerin dijitalleşme için yaptıkları yatırım yüzdeleri yer almaktadır.

Tablo 1.2: Sektörlerin Dijitalleşme İçin Yaptıkları Yatırım Yüzdeleri

Sektör	Yüzde	Sıralama
Telekomünikasyon	70	1
Sigorta	50	2
Bankacılık	40	3
Diğer	25	4
Perakende	25	5
Dayanıklı Tüketim Ürünleri	15	6
Holding	15	6
Hızlı Tüketim Ürünleri	15	6
Mobilya İmalat	15	6
İnşaat	10	7
Ambalaj	10	7

Kaynak: TUSİAD (2016); *Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı*, <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8867-tu-rkiye-deki-dijital-deg-is-ime-ceo-bakis-i-raporu>, s.16.

Tablo 1.2’ye bakıldığında telekomünikasyon sektörünün, en fazla yatırımı yaptığı ve yatırımların %70’ini dijital yapıya ayırdığı anlaşılmaktadır. Bunun dışında dijitalleşmeye en büyük katkıyı yapan iki sektör sigorta ve bankacılıktır. Yatırımlarının önemli bir kısmı bu alanda görülebildiğinden, finansal sektör de dijitalleşmeye büyük önem vermektedir.

Tablo 1.3’de sektörlerin yatırımlarını hangi alanlarda yaptıkları ve önümüzdeki iki yıl içinde hangi alanlarda yatırım yapmayı planladıkları gösterilmektedir. Tablo 1.3’e göre, Türkiye özelinde bakıldığında giyilebilir teknolojiler, robot yatırımları ve yenilenebilen enerji teknolojileri en az yatırımın ve yatırım planlamasının yapıldığı alanlardır. Bu üç alan dışındaki tüm teknolojik yatırım alanlarında firmaların mevcut yatırımlarının bulunduğu ve önümüzdeki iki sene içinde yatırımlarını arttırmayı planladıkları görülmektedir.

Tablo 1.3: Dijital Teknolojilere Yatırım Yapan ve 2 Sene İçerisinde Yatırım Yapacakların Oranları

Alan	2015 Yatırımları (%)	2016-2018 Yatırım Planları (%)	Artacak Diyen Şirketler
Giyilebilir Teknolojiler	26	45	%43
Robot	31	52	%48
Yenilenebilir Enerji Teknolojileri	43	59	%57
Nesnelerin İnterneti (IoT)	60	74	%74
E-Ticaret	69	84	%81
Bulut	69	79	%76
Büyük Veri	78	91	%91
Tedarik Zinciri Takibi	81	90	%84
Mobil Teknolojiler	83	88	%86
Dijital Pazarlama (sosyal medya, vs.)	84	95	%91
Ürün Maliyet Analizi	86	93	%86
Siber Güvenlik	88	91	%91
Müşteri Deneyimi	90	97	%95
İş Analitiği (veri analizi ve madenciliği)	90	97	%95

Kaynak: TUSİAD (2016); *Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı*, <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8867-tu-rkiye-deki-dijital-deg-is-ime-ceo-bakis-i-raporu>, s.17.

En çok yatırımın yapıldığı üç alan ise siber güvenlik, müşteri deneyimi ve veri madenciliğidir. İşletmelerin Endüstri 4.0'ın en önemli gerekliliklerinden birisi olan veri analizi ve madenciliği konusuna odaklanması önemli bir göstergedir. Siber güvenlik konusu da nesnelerin interneti teknolojisi ile birlikte artan büyük verinin korunması bakımından çok önemli bir alanı teşkil etmektedir.

Türkiye'nin 2023'te dünyanın ilk on ekonomisi arasında olması için, yıllık ortalama %8,5 oranında büyümesi gerekmektedir. Bu büyüme, teknolojilerin etkili ve verimli kullanımıyla mümkün olabilir. Endüstri 4.0 sayesinde yeni ürünlerin piyasaya çıkma süresi %50'ye indirebilmekte, mühendislik ücretleri %30'a kadar

düşebilmekte ve %70'e varan enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. İlk olarak, nesnelerin internetininkullanıldığı iş süreçleri doğru bir şekilde yönetilmelidir. Türkiye'de bilgisayar eğitimine daha fazla önem vermek, geliştiricileri ve programcıları eğitmek ile nesnelerin interneti araştırmalarını hızlandırmak yeniliklerin geliştirilmesinde yardımcı olacaktır (Ersoy 2017:).

Şubat 2016'da gerçekleştirilen Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısında bu konuya ilişkin önemli kararlar alınmıştır. Bu kararlar, yapay zekâ, siber fiziksel sistemler, robot teknolojileri, sensör, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim ve siber güvenlik alanlarında yeterliliklerin artırılmasını hedefleyen Ar-Ge çalışmalarına hız verilmesini kapsamaktadır. Ayrıca, kritik öneme sahip teknolojilerin üretiminin yerli şirketler tarafından yapılmasını sağlayacak gerekli teşvik ve destek mekanizmalarının yeniden değerlendirilmesi ve geliştirilmesi doğrultusunda alınan karar da Türkiye'nin Endüstri 4.0 konusunda farkındalığının yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir (Yılmaz, 2016:).

TÜBİTAK'ın 2016 yılında 1000 özel sektör kuruluşuyla yapmış olduğu çalışmanın önemli sonuçlarından biri; otomasyon, siber fiziksel sistemlerin ve endüstriyel robotların kullanımının büyük oranda üretimin sadece belirli bir bölümünde olmasıdır. Bu teknolojilerin üretimin tamamında yer almasını sağlamak Endüstri 4.0'ı hayata geçirmek adına önemli bir adım olacaktır. Firmaların %50'sinin önümüzdeki 3 ila 5 yıl içerisinde yeni teknolojileri uygulama hedeflerinin olması, bu önemli adımların gecikmeli de olsa atılacağına işaret etmektedir (Yılmaz, 2016). Bunun yanı sıra, dijital altyapılarını tamamlamış ve kuruma girebilecek şirketler, Endüstri 4.0'ı yakalamadaki en önemli adımlardan birini atmıştır. Türkiye'de belli sektörlerdeki firmalar, çeşitli seviyelerde de olsa Endüstri 4.0'ı uygulamaya başlamıştır (Türkmen 2018:286).

Ancak Türkiye bir bütün olarak, Üçüncü sanayi devriminin gerektirdiği otomasyon ve bilgi sistemlerine geçiş sürecini henüz tamamlamamıştır. Genel olarak, yüksek ve orta seviye teknolojik yapının endüstriyel katma değeri, toplam katma değer in yalnızca %25'ini oluşturmaktadır. Bu, Türkiye'nin şansını zayıflatmaktadır. Türkiye, ileri teknoloji üretimine öncelik verecek şekilde yapılandırılmalıdır. Şu anda görünen şey, ticaretin üretimin önünde olduğu ve bu durumun sürdürülemez olduğudur. Endüstri 4.0, eğitimli insan gücü için altın bir

fırsattır. Daha fazla teknik personele ihtiyaç duyulacağı açıktır. Genel olarak, Endüstri 4.0, eğitilmiş insan gücünü kullanan ve destekleyen endüstriyel bir devrimdir. Nitelikli insan gücünün sektörel olarak yetiştirilmesi esastır ve nitelsiz insan gücünün çalışacağı günler giderek azalmaktadır (Şişbot 2016: 25).

Türkiye için Endüstri 4.0'ı uygulayan lider ekonomilerde yer almak çok önemlidir. Düşük işçilik maliyetleri ve lojistik avantajlar rekabetçiliği arttırmalı; buna bağlı olarak Türkiye'ye bir sistemin inşasında önemli bir kazanç sağlamalıdır. Türkiye, küresel üretim değer zincirinden daha büyük bir pay alacak bir endüstri yaratmaya odaklanmalıdır. Endüstri 4.0 ile sürdürülebilir ve rekabetçi bir avantaj geliştirip sürdürmelidir. Türkiye'nin yükselen bir pazardan bir üst seviyeye geçme hedefi, rekabet gücü göstergelerinin çok çeşitli ve hızla değiştiği bir zamanda başarılabılır (TÜSİAD ve BCG, 2016:13).

Türkiye için, Endüstri 4.0 yaklaşımı, üretim ekonomisinde katma değeri yüksek, rekabet gücü ve sürdürülebilirliği olan ürün ve hizmetleri üretmek anlamına gelmektedir. Türkiye'nin üretim sektörlerindeki verimlilik artışının %4 ila %7 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Endüstri 4.0'ın uygulanmasıyla ekonomi yoluyla kazanılacak rekabet avantajının, sanayi üretiminde yıllık %3'e varan bir artış sağlaması beklenmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerini üretim sürecine dâhil etmek için, üreticilerin yıllık gelirlerinin yaklaşık %1 ila %1,5'ini karşılayan yaklaşık 10-15 milyar TL yatırımın önümüzdeki 10 yılda gerçekleşmesi gerektiği tahmin edilmektedir (Şuman, 2017). Bu adımlar atılamazsa, Türkiye Endüstri 4.0'a ayak uyduramazsa, kaçınılmaz olarak Türkiye'nin dünyadaki pazar payı daralacak ve rekabet gücü zayıflayacaktır.

1.8. Endüstri 4.0 Yolunda Organizasyonel ve Yönetsel Zorluklar

“Dördüncü Sanayi Devrimi” olarak tanımlanan “Endüstri 4.0” kavramı fiziksel nesnelerin, insan aktörlerin, akıllı makinelerin, üretim hatlarının ve süreçlerin kurumsal sınırlar boyunca entegrasyonuna atıfta bulunarak; tüm süreçlerin entegre edildiği ve gerçek zamanlı bilginin paylaşıldığı bir sistem olarak tanımlanmıştır (Hozdic, 2015:28). Bu nedenle Endüstri 4.0'ın temel ilkeleri makineler, iş parçaları ve sistemlerin bağlantısıdır. İşletmeler, tüm değer zinciri boyunca birbirlerini özerk olarak kontrol edebilen akıllı ağlar yaratmaktadır (Basl, 2017:4).

Bu durum, sanayi devriminin insanları, şirketleri ve tüm tedarik zincirlerini etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle de yüksek bir organizasyonel karmaşıklık düzeyi ile ilişkilendirilmektedir (Agostini ve Filippini, 2019:2).

Mevcut literatür *organizasyonel* uygulamaları insan kaynakları seviyesi, firma seviyesi ve tedarik zinciri seviyesi olmak üzere üç düzeyde ele almaktadır (Agostini ve Filippini, 2019:4).

İnsan kaynakları düzeyinde, küresel demografik ve ekonomik eğilimlerin yanı sıra küresel hareketliliği artırmak ve işgücü çeşitliliğini genişletmekle birlikte, Dördüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği iş ortamlarında ve becerilerde meydana gelen değişimler stratejik insan kaynakları yönetimi için çok büyük bir fırtına yaratmaktadır (Whysall vd., 2019:2).

Endüstri 4.0 yaratıcı, yenilikçi ve iletişimsel faaliyetlere giderek daha fazla odaklanacak olan işçi fikrini benimsemektedir (Erol vd., 2016:14). Gerçekten de, Endüstri 4.0'ın ortaya koyduğu tüm zorluklar, insanların yeteneklerine bağlı olan sürekli yenilik ve öğrenmeyi gerektirmektedir (Shamim vd., 2016:5312). Bu nedenle, endüstriyel devrimler sırasında çalışanların rolü çok önemlidir. Endüstri 4.0, yüksek beceri düzeylerine sahip bir işgücü gerektirir (Balasingham, 2016:11). Bundan ötürü çalışanların eğitimi ve mesleki gelişiminin sürdürülmesi, dijitalleşmeye geçişin erken aşamalarında başarılı olmak için büyük önem taşır.

Becerilerin ötesinde, bireyler, diğer bireyler ve gruplarla iletişim kurma, işbirliği yapma ve sosyal bağlantılar ve yapılar kurma becerisini gerektiren sosyal bir bağlam içine yerleştirilmektedir. Tüm üretim süreçlerinin dikey ve yatay boyutlarda tam dijital entegrasyonu ve otomasyonu, çalışanların daha geniş bir süreç kapsamından sorumlu olacağı, süreçler arasındaki ilişkileri anlama yeteneğine ihtiyaç duyacağı, bilgi akışları ve belirli sorunlar için uygun çözümler bulma konusunda uygun işbirliği yapma becerisine ihtiyaç duyacağı anlamına gelmektedir (Erol vd., 2016:14). Beechler ve Woodward (2009: 275) tarafından dile getirildiği gibi, “Tüm faktörler bir arada dikkate alındığında sonuç, kuruluşların kilit yetenekleri çekmek ve elde tutmak için rekabet etmeleri gereken sürekli değişen, zorlayıcı ve karmaşık bir ortamdır”.

Firma süreçleri Endüstri 4.0 vizyonunun, özellikle küçük ve orta ölçekli imalat şirketlerine önemli zorluklar getiren mikro ve makro düzeyde üretim süreçlerinin teknik ve örgütsel karmaşıklığının artmasına yol açacağı açıktır (Erol vd. 2016:13). Bu sebeple, literatürde süreç iyileştirmenin Endüstri 4.0 bağlamında gerekli hâle geldiği vurgulamaktadır. Bu alanda, literatür yalın üretime dikkat çekmektedir. Yalın üretim ve Endüstri 4.0 büyük ve karmaşık sistemler üzerinde merkezi olmayan ve basit yapılar olarak ortak özellikler paylaşmakta, bu da iki fenomen arasında olası bir ilişki olduğunu düşündürmektedir (Zuehlke, 2010:130). Endüstri 4.0'ın getirdiği sürekli değişen bir ortam, şirketlerin üretim yöntemlerini hızla adapte edebilmelerini, üretim süreçlerini sürekli iyileştirebilmelerini ve daha da geliştirebilmelerini gerektirmektedir (Cachay ve Abele, 2012:639).

Dijital altyapının ve internet ile bağlantısının Endüstri 4.0 kapsamındaki temel değerlerden biri olduğu düşünülürse, imalat firmalarının bilgi teknolojileri altyapısıyla ilgili mevcut yetenekleri dijitalleşme sürecinde anahtar rol oynadığı anlaşılr (Stock ve Seliger, 2016:537). Modern bir bilgi teknolojileri altyapısının varlığı, veri iletimi veya sistem entegrasyonu olarak Endüstri 4.0'ın merkezindeki faaliyetler için önemli bir önkoşul olarak görülmektedir (Erol vd. 2016: 15). Endüstri 4.0'ın getirdiği benzeri görülmemiş hız ve ölçek, teknolojinin bireylerin ve kuruluşların uyum sağlama yeteneğini giderek daha fazla geride bıraktığı bir duruma yol açmıştır (Deloitte, 2017: 65).

Tedarik zinciri düzeyinde, Endüstri 4.0 uygulamasında entegrasyon ve iş birliği anahtar olarak görülmektedir. Endüstri 4.0 vizyonu, özerk bilgi alışverişi ve birbirini kontrol edebilen akıllı bir fabrika ortamında küresel makine ağlarını vurgulamaktadır. Bu siber fiziksel sistem akıllı fabrikanın özerk çalışmasını sağlamaktadır. Örneğin, bir makine bir ürüne uygulanması gereken üretim sürecini, bu üründe ne tür bir değişiklik yapılması gerektiğini bilerek ürünün üretim hattındaki yapılandırılmasını içeren aktif bir varlık olarak tanımlanabilir (Kasapoğlu, 2018:301). Tedarikçiler, üreticiler ve müşteriler arasındaki işbirliği, siparişin gönderilmesinden ürünün kullanım ömrünün sonuna kadar tüm adımların şeffaflığını artırmak için çok önemli olduğundan, Endüstri 4.0'ın bir bütün olarak tedarik zinciri üzerindeki etkisi çok büyüktür (Tjahjono vd., 2017:1175).

Endüstri 4.0'ın merkezinde hem dikey hem de yatay entegrasyon bulunmaktadır. Bunlar, bir şirket içinde ve birkaç farklı şirket arasında imalat ve iş planlama süreçlerinin farklı aşamalarında kullanılan çeşitli bilgi teknolojileri sistemlerinin entegrasyonu ve çeşitli bilgi teknolojileri sistemlerinin farklı hiyerarşik düzeylerde entegrasyonudur. Tüm tedarik zinciri genelinde malzeme ve bilgi akışı; açıklığı ve adapte olabilirliği artırmak için Endüstri 4.0'da önemli bir itici güç olacaktır (Wang vd., 2015:4).

Şirketler arasındaki malzeme akışıyla ilgili olarak, tam zamanında üretim (just in time), öncelikle tedarikçi-alıcı ilişkisine odaklanmakta ve genel tedarik zinciri esnekliğini ve çevikliğini arttırmayı amaçlayan mal alışverişi süreçlerinin talebe göre gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Bu nedenle tam zamanında üretim, aktörlerin gerçek zamanlı bilgi alışverişi yapmalarını ve koordine edilmiş uçtan uca bir sistem içinde hareket etmelerini sağlamaktadır. Dijital sistemlerin artan bağlanabilirliği ve yetenekleri, yeni bir etki alanları arası işbirliği ile karakterize edilen tamamen yeni sistemlerin oluşturulmasına zorlamaktadır (Wang vd., 2015:3).

Endüstri 4.0'ın getirdiği değişim karşısında ortaya çıkan *yönetsel* zorluklara bakıldığında; Endüstri 4.0 anlamında gelecekteki üretim senaryoları için, gelecekteki yöneticilerin giderek dijitalleşen bir üretim sisteminin zorluklarıyla başa çıkmalarını sağlayacak birçok yeterliliğe sahip olmaları zorunlu hâle gelmektedir (Erol, 2016:13). Zorluklar, yeni teknolojilerin elde edilmesi için gerekli olan finansal yatırımlarla sınırlı değildir, aynı zamanda gelecekteki üretim sistemlerinin artan karmaşıklığı ile başa çıkabilen tüm organizasyon seviyelerinde kalifiye personelin bulunmasıyla da ilgilidir.

Tüm üretimin tam dijital entegrasyonu ve otomasyonu neticesinde çalışanlar daha geniş bir süreç kapsamından sorumlu olacak ve süreçler, bilgi akışları, olası kesintiler ve potansiyel çözümler arasındaki ilişkileri anlama yeteneğine ihtiyaç duyacaktır. Kapsam ve karmaşıklığın artması, belirli sorunlara uygun çözümler bulmak için uzman ağların oluşturulmasına ve sürdürülmesine yönelik bir zihniyet gerektirmektedir. Bu nedenle, yaratıcı faaliyetler dağıtılmış bir sosyal ortamda gerçekleştirilecek, heterojen disiplinlerarası ve örgütler arası ekipleri içerecek,

karmaşık problemler ile farklı dillerde iletişim kurma yeteneğini gerektirecektir (Erol 2016:14).

Yöneticiler, uygun kişileri ve ekipleri bulup atamak için karmaşık kavramları gerçekçi çalışma paketlerine ayırmak zorundadır. Endüstri 4.0 basit bir yöntem olmadığından dolayı teknoloji yöneticilerinin yeni yönleri (yeşil alan gibi) teşvik ederken, aynı zamanda başarısızlık riskini de hesaba katmaları gerekmektedir. Hem işçiler hem de yöneticiler için güçlü bir disiplinlerarası “norm dışı” yönelimi, karmaşık ortamlarda çözüm bulma olasılığını kolaylaştırmaktadır. Muhtemelen gelecekteki bir üretimde hareket etmek için en kritik yetkinlik, paralel yapıların (gerçekte modası geçmiş ancak devam eden operasyonlar için hayati önem taşıyan yapılar ve yeni zorlukların üstesinden gelmek için paralel olarak inşa edilen yapılar) varlığı ile başa çıkma yeteneğidir (Erol vd. 2016:15).

Endüstri 4.0'daki başarı, işletmenin yenilik yeteneğine bağlıdır. İşletmenin akıllı olması gerekiyorsa, akıllı çalışanlara, öğrenme ve yenilik için uygun yönetim uygulamaları gerektiren iklime ihtiyaç duyulur. Endüstri 4.0 için yönetim çok önemli bir konudur. Yöneticilerin, küreselleşme nedeniyle iş modellerini ve ürün portföyünü başarılı bir şekilde yönetmesi gerekmektedir. Ayrıca yöneticilerin potansiyel pazara ve müşterilere erişmek, değer zinciri süreçlerini ve sistemlerini başarılı bir şekilde yönetmek için belirli yeteneklere sahip olması gerekmektedir (Shamim vd., 2016:5310).

Yöneticiler, yalnızca geleneksel organizasyon sınırları içinde değil, tüm ağ için sosyal süreçleri de (işbirlikçi karar süreçleri) mümkün kılan araçlar oluşturabilmeli veya hareket ettirebilmelidir (Adolph vd., 2014:1005). Geleceğin yöneticileri, geleceğin ekipleri hem kültür, eğitim hem de coğrafi konum açısından farklı olduğundan, yönetim tarzlarını güç odaklı yönetimden değer yaratmayı esas alan bir yönetim hâline getirme yeteneğine ihtiyaç duyacaktır (Erol vd. 2016:14).

Zaman, özellikle pazara sunma süresi giderek daha önemli hâle geldiğinden ürün geliştirme içinde kritik bir faktördür. Yöneticiler, bir ürün geliştirme projesinde müşterinin sesine odaklanarak iletişimi artıracak prosedürlerin ve süreçlerin yanı sıra müşterilerin ihtiyaç ve gereksinimlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayan bir dizi pratik adım, araç ve yönteme ihtiyaç duyacaklardır (Kasapoğlu, 2018: 301).

Endüstri 4.0'da organizasyonların dinamik yetenekler ve yenilikçi iş gücü gerektiren birçok ekonomik, sosyal ve teknolojik zorluklarla karşı karşıya kalacağı çok açıktır. Bu nedenle, organizasyonların Endüstri 4.0'ın gereksinimlerini karşılamak için yeniliklere yol açan yeteneklerini nasıl geliştirebileceklerine odaklanmaları son derece önemlidir.

Çalışmanın bu kısmına kadar Endüstri 4.0 ile ilgili kavramsal çerçeve ele alınmıştır. Devam eden kısımda çalışmanın diğer boyutu olan imalat sanayi, imalat sanayinin gelişimi; Dünya, Türkiye ve Zonguldak'ta imalat sanayinin durumu, Dünya imalat sanayisinde Türkiye'nin yeri ve Endüstri 4.0'ın imalat sanayi üzerindeki etkileri ele alınacaktır.



2. İMALAT SANAYİ

Modern imalat, bir ürünün ve bileşenlerinin üretimi için gerekli süreci içermektedir. İmalat sanayi ise; hammaddenin veya yarı mamulün makine ya da el emeği ile işlenip bir sanayi ürününe dönüştürüldüğü sanayi dalını içerir. Dönüşüm süreci fiziksel, kimyasal veya mekanik olabilmektedir. Üreticilerin genellikle kamu tüketimi için mal üreten imalathaneleri ve fabrikaları bulunmaktadır. Makine ve ekipman genel olarak imalat sürecinde kullanılmaktadır. Bazı durumlarda örneğin; pişmiş ürünler, el işi takılar ve diğer el sanatları gibi mallar elle üretilmektedir. Yiyecek-içecek, tütün, tekstil, deri, kâğıt, petrol ve kömür, plastikler, kauçuklar, metal, makine, bilgisayar, elektronik, ulaşım, mobilya ve diğerleri dâhil olmak üzere birçok büyük imalat endüstrisi bulunmaktadır (Levinson, 2018).

İmalat sanayi, 20. yüzyılın sanayi kapitalizminin merkezinde yer almaktadır. Üretim, Henry Ford'un seri üretim paradigmasını icat etmesinden bu yana hâkim olan ekonomik bir modelin temel taşı olmuştur. Ekonomik ve sosyal ilerlemenin hayati bir kaynağıdır. İyi yönetim uygulamalarının ihracatçısıdır ve gelişmiş ekonomilerde teknolojik inovasyonun en büyük motorudur. Buna ek olarak, üretim faaliyeti çok sayıda olumlu dışsallık yaratır, çünkü endüstride biriken bilgi dünya standartlarında yönetim uygulamalarının ve ürün tasarım liderliğinin kaynağını oluşturmaktadır (Hernandez vd., 2018: 2).

Öte yandan imalat sanayi hem gelişmekte olan ekonomilerin hem de pazarların gelişimi açısından stratejik öneme sahiptir. Üretim tüm sorunların çözümü olmasa da, birçok iş fırsatı yaratan yenilikçi ve ileri teknoloji endüstrisi durumundadır (World Economic Forum, 2012).

2.1. İmalat Sanayi'nin Gelişimi

İmalat sanayi, sürekli iyileştirme için teknolojik gelişme ve yenilik peşinde koşma konusunda uzun bir geçmişe sahiptir. Ancak imalat sanayideki esas gelişme ve yeniliklerin endüstriyel devrimler olarak kabul edilen üç büyük dönüşümsel değişim sonucu gerçekleştiği kabul edilmektedir (Fletcher ve Webb, 2017:159).

İlk Sanayi Devrimi (1760-1830) öncesinde üretim, sadece “elle ürün veya mal üretmek” anlamına gelmekteydi. Çoğu aile, çiftliklerinden veya evlerinden

çalışmaktaydı. Sanayi Devrimi, dikiş makinesi ve ampul de dâhil olmak üzere bugün hâlâ kullandığımız icatlarla büyük değişiklikler getirerek, imalat sanayinin önünü açmıştır. Sanayi Devrimi, malların üretim biçiminde büyük bir değişiklik yaratmıştır. Üreticiler evlerinde el ile ürün üretmek yerine, daha kısa sürede birden fazla miktarda ürün üretmek için makineleri kullanmaya başlamışlardır. Tekstil üretimi, cam yapımı, madencilik ve tarım endüstrisi önemli değişiklikler geçirmiştir. Çıkrık, su çarkı ve buhar motoru zanaatkârların rolünü üstlenmiştir. Ürünler daha ucuz ve daha hızlı üretildiği için arz büyümüş, talep ise fabrikaların açılmasını sağlayan arzdan daha fazla hâle gelmiştir. Bu durum neticesinde ise başta tekstil olmak üzere fabrika sayılarında çoğalma meydana gelmiştir. İlk sanayi devrimi fabrikalar içinde üretimin merkezileştirilmesine yol açan su, buhar gücü ve makinelerin geliştirilmesinde uzun ilerleme sürecini ifade etmektedir.

İkinci Devrim’de (1870–1914) elektrik gücü ve hareketli konveyörün bulunması, montaj hatları ile seri üretimin ölçek ekonomilerinde büyüme yaratmasını sağlamıştır. Büyük ölçekli üretim, montaj hattı süreçlerini ve temel varlıklar olarak gelişmiş teknolojileri kullanarak, malların seri üretimine olanak sağlamıştır. Verimli üretim teknikleri, üreticilerin ölçek ekonomilerinden faydalanmalarını sağlayarak daha düşük maliyetle daha fazla birim üretmelerini sağlamıştır. Seri üretim ve montaj hattı imalatı, şirketlerin birbirlerinin yerine kullanılabilecek parçalar oluşturmalarına ve parça özelleştirme ihtiyacını azaltarak bitmiş ürünlerin daha kolay yapılmasına izin vermiştir.

Üçüncü Dijital Devrim, 20. yüzyılın ortalarından itibaren elektronik, bilgi işlem ve otomasyondaki gelişmeler yoluyla üretim yöntemlerinde değişiklik getirmiştir. Bunun hâlâ devam ettiği savunulmaktadır; çünkü bilgi teknolojisi ve dijitalleşme hâlâ geliştirilmektedir (Rifkin 2016). Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler sonucunda üreticilerin daha az zamanda daha fazla üretim yapması mümkün hâle gelmiştir. Dakikalar içinde binlerce ürün üretilbilmektedir. Bilgisayar teknolojisi üretimi birleştirmek, test etmek ve izlemek için kullanılabilmektedir. Bununla birlikte, şu anda bu önceki teknolojilerin tümünün yeni ve dönüşümsel yollarla entegre edildiği, yeni ve farklı bir aşama olan Dördüncü Sanayi Devrimi’ne girdiğimiz yaygın olarak kabul edilmektedir (Schwab 2016:12). Alman ulusal girişimlerinin üretim rekabetçiliğini güçlendirmek için

“Industrie 4.0” olarak etiketlediği bu yeni sanayi devrimi, fabrika üretim sistemlerinin dijitalleşmesini ve giderek daha fazla entegre teknolojiler tarafından dönüştürülmesini sağlayacaktır (Hermann vd., 2015:3).

Öte yandan hızlı teknolojik değişimin ve pazarların küreselleşme sürecinin neden olduğu farklı faktörlerin birleşmesinden ötürü üretim hızla değişmektedir. Bunlar arasında, katlanarak artan performans seviyeleri, yıkıcı teknolojilerinin ortaya çıkması, üretim hatlarının yoğun robotizasyonu, küresel rekabetin yeniden yapılandırılması ve imalat şirketlerinin artan dinamik pazarları yer almaktadır. Tüm değer zincirini etkileyen yıkıcı potansiyele sahip bir dizi teknolojinin ortaya çıkması, küresel üretim stratejisinin tamamını değiştirmektedir (Hernandez vd., 2018:4).

Geleceğin üretiminde, akıllı bilgi sistemleri, bulut üretimi, esnek üretim ve hizmet optimizasyonu için geleneksel sıralı insan makine üretim süreçlerini daha karmaşık ve dijital olarak birbirine bağlı CPS’e dönüştüreceklerdir (Fletcher ve Webb, 2017:160). Gelişen internet ve bilişim teknolojileri sadece kendi içlerinde değil, fabrika dışındaki diğer sistem ve organizasyonlarla da iletişim kuracaktır. Bilgisayar aracılı iletişimin ve veri güdümlü internet tabanlı ağların ilerleyen karmaşıklığı, üretim ve hizmet sistemlerinin gerçek zamanlı olarak uyarlanabilir kontrolünü (Yin ve Kaynak 2015:144) ve robotların daha fazla uygulanmasını, fiziksel ve otonom elemanlar arasındaki akıllı etkileşimleri de sağlayacaktır (Wan vd., 2015:137). Bu nedenle üretim sistemleri, bilişim, robotik, mobil cihazlar ve sensörler gibi çeşitli bileşenler aracılığıyla insanların çok daha fazla entegrasyonunu ve otomasyonu içerecektir. Endüstri 4.0’ın bir atölye seviyesinde başlatılmadığı iddia edilmesine rağmen bu hareketin getirdiği değişikliklerin atölye ortamlarını dönüştüreceği kaçınılmaz görünmektedir (Schuh vd., 2015:12).

Özetle, teknoloji sürekli olarak gelişerek, üretimi daha verimli, daha hızlı ve daha uygun maliyetli hâle getirmeye devam etmektedir. Bununla birlikte, otomasyon aynı zamanda birçok imalat işini de ortadan kaldırmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojisindeki önemli ilerlemeler sonucunda imalat sanayi, üretim süreçlerinin dijitalleşeceği ve birbirine bağlı CPS içinde gerçekleşeceği devrimci değişikliklerle karşı karşıyadır. Bu yeni karmaşık sistemlerin en önemli bileşeni akıllı otomasyon ve insan robot işbirliğidir.

2.2. Dünyada İmalat Sanayi

Küreselleşme ve yenilikçi gelişmeler, küresel endüstri yapısında derin değişikliklere yol açmıştır. Gelişmekte olan ülkelerdeki sanayileşme sürecinin hızlı karakteri, dünyada mekânsal yeniden gruplaşmaya yol açmaktadır. Çalışmalar dünyanın büyük bölgeleri arasında Asya lehine endüstriyel üretimin mekânsal olarak yeniden dağıtıldığını kanıtlamaktadır. Asya'nın imalat sanayide lider bölge olması, son 15 yılda dünya yüksek teknoloji imalat sanayideki payının, %32,6'dan %45,5'e yükselmesi göz önüne alındığında kaçınılmazdır. Özellikle Çin'in payı %3'ten %27'ye yükselmiştir. Çin'in, birçok endüstriyel ürün türünün üretiminde dünya lideri olduğu açıkça ortaya konulmuştur (Rodionova vd., 2017:1500). Yine son yıllarda dünya ekonomisinin birçok bölgesel ve küresel lideri ortaya çıkmıştır. Gelişmekte olan birçok ülke, katma değerli üretimin ulusötesi zincirlerine önemli ölçüde entegre olmuştur. Buna ek olarak, bu ülkeler neredeyse tüm küresel pazarlarda rekabet seviyesinin artmasını sağlamışlardır. Ancak, imalat sektörünün ekonomideki göreceli büyüklüğü, ülkelerin gelişme aşamasına göre değişmektedir (Iyer, 2018:663).

Diğer taraftan küresel olarak, üretim onlarca yıl boyunca büyümeye devam etmiştir. Şu anda ise üretim küresel GSYH'nın yaklaşık %16'sını ve istihdamın %14'ünü oluşturmaktadır. GSYİH'nın para alım gücü paritesine göre sıralanan Top-10 ülkeleri şu anda; Çin (19,7 trilyon dolar), ABD (18.0 trilyon dolar), Hindistan (8.0 trilyon dolar), Japonya (4.8 trilyon dolar), Almanya (3.9 trilyon dolar), Rusya (3.7 trilyon dolar), Brezilya (3.2 trilyon dolar), Endonezya, İngiltere ve Fransa şeklinde sıralanmaktadır (National Science Foundation, 2016). Çin, 2.01 trilyon doların üzerinde üretim çıktısı ile üretim açısından dünyaya öncülük etmektedir. Bunu ABD 1.867 trilyon dolar, Japonya 1.063 trilyon dolar, Almanya 700 milyar dolar ve Güney Kore 372 milyar dolar ile takip etmektedir. Üretim, Çin'in toplam ulusal üretiminin %27'sini ve dünya toplamının %20'sini oluşturmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, ülke üretiminin %12'sini ve dünya kapasitesinin %18'ini temsil etmektedir. Japonya'da üretim, ülkenin ulusal üretiminin %19'u ve dünya toplamının %10'udur. Genel olarak, Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya dünya üretim çıktısının %48'ini oluşturmaktadır (West ve Lansang 2018).

Tabloda 2.1’de Deloitte (2016) tarafından yapılan Küresel CEO Anketi çalışmasının sonuçlarına göre ülkelerin imalat rekabeti açısından mevcut sıralaması ve 2020’deki tahmini sıralamaları yer almaktadır.

Tablo 2.1: Ülkelere göre 2016 Global Üretim Rekabet Edebilirlik Endeksi Sıralaması

2016 (Mevcut Sıralama)			2020 (Tahmini Sıralama)		
Sıralama	Ülke	Endeks 100= En yüksek 10= En düşük	Sıralama	Ülke	Endeks 100= En yüksek 10= En düşük
1	Çin	100	1	ABD	100
2	ABD	99.5	2	Çin	93.5
3	Almanya	93.9	3	Almanya	90.8
4	Japonya	80.4	4	Japonya	78.0
5	Güney Kore	76.7	5	Hindistan	77.5
6	İngiltere	75.8	6	Güney Kore	77.0
7	Tayvan	72.9	7	Meksika	75.9
8	Meksika	69,5	8	İngiltere	70.8
9	Kanada	68.7	9	Tayvan	72.1
10	Singapur	68.4	10	Kanada	68.1
11	Hindistan	67.2	11	Singapur	67.6
12	İsviçre	63.6	12	Vietnam	65.5
13	İsveç	62.1	13	Malezya	62.1
14	Tayland	60.4	14	Tayland	62.0
15	Polonya	59.1	15	Endonezya	61.9
16	Türkiye	59.0	16	Polonya	61.9
17	Malezya	59.0	17	Türkiye	60.8
18	Vietnam	56.5	18	İsveç	59.7
19	Endonezya	55.8	19	İsviçre	59.1

20	Hollanda	55.7	20	Çek Cumhuriyeti	57.4
21	Avusturalya	55.5	21	Hollanda	56.5
22	Fransa	55.5	22	Avusturalya	53.4
23	Çek Cumhuriyeti	55.3	23	Brezilya	52.9
24	Finlandiya	52.5	24	Finlandiya	49.7
25	İspanya	50.6	25	Güney Afrika	49.3
26	Belçika	48.3	26	Fransa	49.1
27	Güney Afrika	48.1	27	İspanya	48.4
28	İtalya	46.5	28	Romanya	45.9
29	Brezilya	46.2	29	Belçika	45.8
30	Birleşik Arap Emirlikleri	45.4	30	İtalya	45.0
31	İrlanda	44.7	31	İrlanda	43.7
32	Rusya	43.9	32	Rusya	43.6
33	Romanya	42.8	33	Birleşik Arap Emirlikleri	42.6
34	Suudi Arabistan	39.2	34	Kolombiya	40.9
35	Portekiz	37.9	35	Portekiz	40.1
36	Kolombiya	35.7	36	Suudi Arabistan	36.1
37	Mısır	29.2	37	Mısır	28.3
38	Nijerya	23.1	38	Nijerya	25.4
39	Arjantin	22.9	39	Arjantin	24.6
40	Yunanistan	10.0	40	Yunanistan	10.0

Kaynak: Deloitte (2016); *Global Manufacturing Competitiveness Index*, Deloitte Touche Tohmatsu Limited, The Creative Studio at Deloitte, London, s.4.

Tablo 2.1'e göre, Çin, Almanya, Japonya ve ABD, küçük değişikliklerle ilk dört sırada yer alırken, Hindistan'ın 2020 yılına kadar 11. sıradan 5. sıraya yükselmesi beklenmektedir. Brezilya da 4 yılda 6 sıra yükselirken Rusya'nın

durgun bir durumda olduğu görünmektedir. Mevcut durumda 16. sırada yer alan Türkiye 2020 yılı tahminlerinde 1 sıra geri düşerek 17. sırada yer almıştır.

Tablo 2.2’de Deloitte tarafından yapılan Küresel CEO araştırması çalışmasının sonuçlarına göre ülkelerin üretim santrali sıralaması ve gelecekteki tahminler yer almaktadır.

Tablo 2.2: Küresel CEO Araştırması: Üretim Santrali Sıralaması ve Gelecekteki Tahmin

Sıralama	2010	2013	2016	2020
1	Çin	Çin	Çin	ABD
2	.	Almanya	ABD	Çin
3	.	ABD	Almanya	Almanya
4	ABD	.	Japonya	Japonya
5	.	.	.	.
6	Japonya	.	İngiltere	.
7	.	.	.	.
8	Almanya	.	.	İngiltere
9	.	.	.	.
10	.	Japonya	.	.
15	.	İngiltere	.	.
17	İngiltere	.	.	.

Kaynak: Deloitte (2016); *Global Manufacturing Competitiveness Index*, Deloitte Touche Tohmatsu Limited, The Creative Studio at Deloitte, London, s.6

Yine tablo 2.2’ye göre, imalat sanayi gittikçe daha gelişmiş ve karmaşık hâle geldikçe, sürekli olarak gelişmiş üretim teknolojileri geliştirmeye yatırım yapan 20. yüzyılın geleneksel güç santrali üretim ülkeleri ABD, Almanya, Japonya ve Birleşik Krallık sıralamada yeniden yükselme göstermektedir.

Gelişmiş üretim teknolojilerine yatırım yapan bu ülkelerin, on yılın sonuna kadar ilk 10’da kalmaları öngörülmektedir. Yenilik, yetenek ve güçlü endüstriyel ekosistem kümelerindeki temel güçlerinden yararlanan bu ülkeler, yenilenmiş güçle rekabet etmekte ve düşük maliyetli rakiplerini geride bırakmaktadır. İnovasyon ve

ileri teknolojiye odaklanarak, daha yüksek değere, ileri üretime geçiş, küresel rekabetçilik için yeni bir savaş alanını şekillendirmektedir (Deloitte 2016:5).

Diğer taraftan 2019'un ilk çeyreğine ilişkin veriler, Doğu Asya'daki sanayileşmiş ekonomilerin imalat sektörlerinin Avrupa ve Kuzey Amerika'nın altında performans gösterdiğini göstermektedir. Söz konusu yıllık büyüme oranı, birbirini izleyen 11 çeyrekte ilk kez düşmüştür. Daha spesifik olarak, üretim, 2019 yılının ilk çeyreğinde bir önceki yılın aynı dönemine göre tahmini % 1,1 oranında daralmıştır. Japonya (% -1.1), Güney Kore Cumhuriyeti (% -1.7), Çin Halk Cumhuriyeti (% -3.7) ve Singapur'da (% -0.3) negatif büyüme oranları gözlenmiştir (UNIDO, 2019:5).

Özetle küresel imalat sektörü çalkantılı bir on yıl geçirmiştir. Büyük ve gelişmekte olan ekonomiler imalatçı ülkelerin ilk katmanına sıçramış; imalat ekonomisi, gelişmiş ekonomilerde hızlanmıştır. Yine de, üretim hem gelişmekte olan hem de ileri dünya için kritik önem taşımaktadır. Ancak imalat sektörü hem fırsatlar hem de zorluklar getirerek değişmiştir ve değişmeye de devam etmektedir. Üretim dinamik bir aşamaya girmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde yeni bir küresel tüketim sınıfı ortaya çıktıkça ve yenilikler ilave talep doğurdukça, küresel üreticiler çok daha belirsiz bir ortamda önemli yeni fırsatlara sahip olacaklardır (McKinsey&Company, 2012).

2.3. Türkiye’de İmalat Sanayi

Cumhuriyetin kuruluşundan bu yana, Türkiye'nin temel hedeflerinden biri sanayi temelli büyüme olmuştur, ancak takip edilen stratejiler ve kullanılan araçlar 1980'den önce ve sonra önemli ölçüde farklılık göstermiştir. 1980 yılına kadar ana strateji, ithalatı ikame ederek sanayileşme yoluyla hedefe ulaşmaktı, ana araçlar; sabit döviz kuru, ticaret korumacılık politikası ve demir - çelik üretimi gibi ağır sanayide büyük devlet yatırımlarından oluşmaktaydı. 1980'den sonraki dönemde, ekonomi ve siyasette Türkiye'de sanayileşme çabalarını önemli ölçüde etkileyen büyük değişiklikler gözlenmiştir. Ana strateji; ihracata yönelik sanayileşmenin getirilmesi ile piyasa ekonomisinin ilke ve temellerinin oluşturulmasına dönüşmüş; ana araçlar ticaretin serbestleştirilmesi, ihracatın teşviki, fiyat deregülasyonu ve daha esnek bir değişim politikası olarak değişmiştir (Şenses ve Taymaz, 2003:8).

Sanayileşme stratejilerinin gerekliliklerine uyum sağlama çabaları sonucunda, sanayinin yapısı 1980'den sonra önemli ölçüde değişmiştir. 1980'lere kadar sanayileşme döneminin her aşamasında ağır devlet müdahalesi sistematik olarak uygulanmıştır. 1980 yılından sonra özelleştirme yoluyla kamu sektörünün payı azalmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, 1980 yılında %57 olan özel sektörün gerçekleştirdiği üretim payı, 2002 yılında %80'e, brüt sabit yatırımın payı ise İmalat sanayinde 1980'de % 63'den, 2002'de % 90'a kadar yükselmiştir (DPT, 2003). 1980 yılı sonrası sanayinin desteklenmesine yönelik olarak izlenen politikalar ve dışa açık büyüme stratejisinin uygulamamaya başlanması ile artış gösteren dış talep ve 1980 öncesinde oluşturulmuş üretim hacminin verimli kullanılması, 1980 sonrasında imalat sanayide işgücü verimliliğinde artış olmasını sağlamıştır (TÜSİAD, 2005: 31).

Türkiye'nin imalat sanayinde 29 ana alt sektör bulunmaktadır. Halka açık sektörler toplam imalat sanayi katma değerinin yaklaşık %40'ını sağlamaktadır. Tekstil, giyim, gıda, kimyasallar, plastikler, cam, demir, çelik, çeşitli petrol ve kömür ürünleri imalatı, motorlu taşıtlar ve parçaları, elektrikli ve elektrikli olmayan makineler, elektronik ve mobilya imalat sektörünün köklü kollarını oluşturmaktadır (Alvan, 2008:151). Tekstil sektörü en büyük paya sahiptir ve yabancı para getirilerinin çoğunu oluşturmaktadır. Tekstilin toplam imalat katma değeri içindeki payı %20 civarında iken, toplam emeğin yaklaşık %30'unu istihdam etmiştir. Ayrıca, 1980 neoliberal ekonomik paketinin açıklanmasının ardından toplam ihracattaki payı giderek artmıştır. 1992 yılında tekstil ihracatının payı toplam ihracatın %30'unu oluşturmaktaydı. Ancak 1990'dan sonra ABD, Türkiye'den tekstil ithalatı konusunda %50 civarında kota uygulamıştır. Ayrıca, 1996 yılında AB ile Gümrük Birliği Anlaşmasının imzalanmasından bu yana, yüksek sübvansiyona sahip rakipleri tarafından rekabet gücü engellenmiştir (State Planning Organization, 2001: 5).

Öte yandan demir çelik endüstrisi, Orta Doğu pazarlarındaki rakipleri arasında birçok avantaja sahiptir. Türkiye zengin yeraltı hazineleriyle coğrafi avantajlara sahiptir. Kamu işletmelerinin egemen olduğu demir çelik endüstrisi, Türk hükümeti tarafından büyük ölçüde sübvansiyon edilmektedir. İmalattaki bir başka büyük endüstri, kostik soda, bor ürünleri, endüstriyel kimyasallar, klor ve sodyum

fosfatları içeren kimyasallardır. Kimyasal ihracat, 1990'larda yabancı rakiplerle rekabet gücü eksikliği nedeniyle ciddi bir düşüş göstermiştir. Türkiye'deki otomobil endüstrisi ise yeterince büyük değildir; verimsizdir ve düşük üretim hacmine sahiptir (Alvan, 2008:152).

1980-2012 yılları arasında imalat sanayinin önemli bir yol kat etmiş olduğu gerçektir; fakat aynı dönemde imalat sanayinin çok daha hızlı büyüme gösterdiği başka ülkeler de bulunmaktadır. Türkiye imalat sanayi 1980'de 2,5 milyon çalışanın bulunduğu bir sektörken, 2011'de 4,3 milyon çalışanın bulunduğu bir sektör hâline gelmiştir. Türkiye'nin imalat sanayi katma değeri 1980 yılına göre 2011'de tam olarak 5 kat artmıştır. Ancak yine aynı dönemde Güney Kore'nin imalat sanayisi 13 kat, Çin'in imalat sanayisi ise 23 kat büyüme göstermiştir. 2007-2011 arası dönemde ise, imalat sanayi katma değeri Türkiye'de %13, Güney Kore'de %24, Çin'de ise %28 oranında büyümüştür (Kalkınma Bakanlığı, 2014: 8). Tablo 2.3'de 2010 ve 2017 yılları arasındaki sektörel büyüme hızları yer almaktadır.

Tablo 2.3: Sektörel Büyüme Hızları

	Tarım	Sanayi	Hizmetler	GSYH
2010	7,7	10,3	6,2	8,5
2011	3,4	17,3	10,4	11,5
2012	2,2	3,6	6,1	4,8
2013	2,3	9,0	8,3	8,5
2014	0,6	5,6	6,1	5,2
2015	9,4	5,1	5,4	6,1
2016	-2,6	4,2	3,4	3,2
2017	4,7	9,2	7,7	7,4

Kaynak: TÜİK Merkezi Dağıtım Sistemi (2018); *Sektörel Büyüme Hızları*, <http://tuik.gov.tr/>.

Tablo 2.3'e bakıldığında 2010-2017 yılları arasında yalnızca 2016 yılında tarımda negatif bir büyüme hızı görülürken; geri kalan yıllarda tüm sektörler ve GSYH'da sürekli olarak pozitif yönde ilerleyen büyüme hızları görülmektedir. Tablo 2.4'de sektörlerin GSYH içindeki payları gösterilmektedir.

Tablo 2.4: Sektörlerin GSYH İçindeki Payları

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık	9,0	8,2	7,8	6,7	6,6	6,9	6,2	6,1
Sanayi	18,5	19,8	19,3	19,6	20,1	9,8	19,6	20,6
Madencilik ve Taş Ocaklığı	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9
İmalat Sanayi	15,1	16,5	15,9	16,2	16,8	16,7	16,6	17,6
Elektrik, Gaz, Buhar ve İklimlendirme Üretim ve Dağıtım	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2
Su Temini, Kanalizasyon, Atık Yönetimi	0,8	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0
Hizmetler	54,3	52,8	53,7	53,2	53,7	53,3	53,8	53,4

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (2018); *Sektörlerin GSYH içindeki Payları*, <http://tuik.gov.tr/>.

Tablo 2.4'e bakıldığında imalat sanayinin sanayi sektörü içinde en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. 2015 ve 2016 yıllarında GSYH' da paylar düşüş göstermiş olsa da geri kalan yıllarda yükselişe devam etmiştir. 2010 yılında tüm sanayinin GSYH içindeki payı %18,5 iken, imalat sanayinin payı %15,1, 2013 yılında sanayi %19,6, imalat sanayi %16,2 ve 2017 yılında sanayinin payı %20,6 olurken imalat sanayinin payı ise %17,6 olmuştur.

Sonuç olarak, imalat sanayi, ekonomide mal üretiminin gerçekleştirildiği başat sektör konumundadır. Özellikle ticarete konu mal üretiminin gerçekleştirilmesi sebebiyle, imalat sanayi küresel gelişmelerden en çok etkilenen sektör olma özelliğini de taşımaktadır. Ekonomideki gelişmeye bağlı olarak, GSYH'nın içeriğinde de önemli değişimler ortaya çıkmaktadır. Gelişmenin başlangıç aşamasındaki bir ekonomide tarım sektörü GSYH'da ağırlıklı bir paya sahipken, gelişim ilerledikçe sanayi sektörünün ağırlığı artmaktadır. Ekonomik gelişmenin son aşamalarında ise, hizmetler sektörü belirgin bir payı karşılarken

imalat sanayi payında gerileme gözlenmektedir (Yükseler 2016: 2). Ortalama bir ekonomik gelişme düzeyine sahip olan Türkiye GSYH'sında en yüksek payı oluşturan sektörlerden biri imalat sanayidir. Ancak Türk imalat sanayi şuanda çoğunlukla ithal hammaddelere bağlıdır.

2.4. Dünya İmalat Sanayisinde Türkiye'nin Yeri

Farklı gelişim temposu, küresel endüstrinin mekânsal yapılandırılmasının dönüşümünü etkilemektedir. Bu dönüşüm, farklı endüstrilerdeki çıktıları değerlendirirken nicel ve nitel istatistiksel yöntemlerle kolayca belirlenebilmektedir. Bununla birlikte, küresel düzeyde tüm ekonomik farklılıklar kuzey-güney uçurumunda (gelişmiş-gelişmekte olan ülkeler) kalmaktadır. Bu dönüşüm, kişi başına gösterge de dâhil olmak üzere imalat sanayisindeki katma değerli üretim göstergesi ile yansıtılabilmektedir. UNIDO veri analizine göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sanayi göstergeleri arasında büyük bir boşluk bulunmaktadır. Ancak, gelişmekte olan ülkelerin (başta önde gelen ülkeler: Çin, Brezilya, Hindistan, Endonezya, Meksika, Kore Cumhuriyeti, Arjantin, Türkiye vb.) endüstriyel ürünlerin üretimi ve ihracatındaki rolü ve önemi giderek artmaktadır (Rodionova vd., 2017:1506).

Dünya hasılasın içinde en önemli pay üretim çıktısı sağlayan imalat sanayisine aittir. Aynı şekilde bir ülkenin ekonomik düzeyi ve kalkınmışlık seviyesi yine o ülkenin GSYH'sı içinde imalat sanayisinin payına bakarak anlaşılmaktadır. Dünya üretim çıktısının en önemli göstergelerinden birisi küresel hasıladır. Ülkelerin küresel hasılaya katkıları imalat sanayilerinin ve ekonomilerinin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir.

Tablo 2.5'de 1980 ve 2017 yılları arasında küresel hasılda yaşanan gelişmeler gösterilmektedir. Tablo 2.5'te küresel hasılanın 1980 yılında 11,1 trilyon dolar iken 2017 yılı sonunda 80 trilyon doları aştığı görülmektedir. 2000-2010 yılları arasındaki dönemde 26 trilyon dolarlık bir artış ile en yüksek hâsıla artışının yaşandığı görülmektedir. Öte yandan dönemsel büyüme hızı ortalamalarına bakıldığında, 1980 yılında %2,1 olan küresel hâsıla büyüme hızının 2000 yılından sonraki dönemlerde daha yüksek bir düzeye çıktığı görülmektedir.

Tablo 2.5: Küresel Hasılda Gelişmeler

Yıl	Büyüme Hızı (%)	Küresel Hasıla (Trilyon Dolar)
1980	2,1	11,1
1990	3,4	23,4
2000	4,8	33,8
2010	5,4	66,0
2017	3,7	80,1
1980-89	3,2	14,0
1990-99	3,1	28,6
2000-09	3,9	46,6
2010-17	3,8	75,0
1980-17	3,5	40,4
1990-17	3,6	49,5

Kaynak: IMF (2019); *World Economic Outlook*, International Monetary Fund, Publication Services, No: LCC HC10.W79, Washington, s.16.

1980-2017 arası döneminde %3,5 olan küresel hâsıla büyüme hızı 2000 sonrası dönemde %3,8 düzeyinde artış göstermiştir.

Tablo 2.6’da GSYİH (Nominal) sıralaması yer almaktadır. Tablo 2.6’ya göre, ülkeler bazında GSYH sıralamalarına bakıldığında ise, 2019 itibariyle ABD ve Çin ilk iki sırada yer aldığı görülmektedir. Nominal bazda, ABD 2019’da 7,3 trilyon dolarlık bir fark ile Çin’in önünde yer almaktadır. 2024 planlanan GSYİH sıralamalarına abakıldığında Türkiye 743,71 milyar dolarlık GSYİH ile dünyanın en büyük 19. ekonomisi durumundadır. Türkiye ekonomisi 2000’li yıllardan bu yana hem sanayi hem de hizmetlerin etkisiyle hızlı bir büyüme göstermektedir.

Tablo 2.6: GSYİH (Nominal) Sıralama

Sıra	Ülke/ Ekonomi	GSYH (Nominal)					Büyüme (%)	Kıta
		2019	% Pay	Fark	2024	Sıra		
1	ABD	21,439.45	24,8	-	25,793	1	2,35	Kuzey Amerika
2	Çin	14,140.16	16,3	7299	20,797	2	6,14	Asya
3	Japonya	5,514.48	5,95	8986	6,260	3	0,89	Asya
4	Almanya	3,863.34	4,46	1291	4,675	4	0,54	Avrupa
5	Hindistan	2,935.57	3,39	928	4,632	5	6,12	Asya
6	İngiltere	2,743.59	3,17	192	3,150	7	1,24	Avrupa
7	Fransa	2,707.07	3,13	36,5	3,215	6	1,25	Avrupa
8	İtalya	1,988.64	2,30	718	2,246	9	0,01	Avrupa
9	Brezilya	1,847.02	2,13	142	2,296	8	0,88	Güney Amerika
10	Kanada	1,730.91	2,00	116	2,238	10	1,55	Kuzey Amerika
11	Rusya	1,637.89	1,89	93,0	1,940	12	1,08	Avrupa
12	Kore	1,629.53	1,88	8,36	1,988	11	1,95	Asya
13	İspanya	1,397.87	1,61	232	1,695	13	2,18	Avrupa
14	Avustralya	1,376.26	1,59	21,6	1,670	14	1,71	Okyanusya
15	Meksika	1,274.18	1,47	102	1,579	16	0,40	Kuzey Amerika
16	Endonezya	1,111.71	1,28	162	1,596	15	5,04	Asya
17	Hollanda	902,36	1,04	209	1,096	18	1,77	Avrupa
18	Suudi Arabistan	779,29	0,90	123	902,6	19	0,17	Asya
19	Türkiye	743,71	0,85	35,6	1,099	17	0,25	Avrupa
20	İsviçre	715,36	0,82	28,3	891,3	20	0,76	Avrupa

Kaynak: IMF (2019); *World Economic Outlook*, International Monetary Fund, Publication Services, No: LCC HC10.W79, Washington, s.426.

Tablo 2.7’de dünya ekonomisindeki genel gelişmeler ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin büyüme hızı yüzdeleri görülmektedir.

Tablo 2.7: Dünya Ekonomisinde Genel Gelişmeler

GÖZTERGE	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
BÜYÜME HIZI (%)								
Dünya	4,3	3,5	3,5	3,6	3,5	3,3	3,8	3,7
Gelişmiş Ülkeler	1,7	1,2	1,4	2,1	2,3	1,7	2,4	2,3
ABD	1,6	2,2	1,8	2,5	2,9	1,6	2,2	2,9
Japonya	-0,1	1,5	2,0	0,4	1,4	1,0	1,9	0,9
Avrupa Bölgesi	1,6	-0,9	-0,2	1,4	2,1	1,9	2,4	1,8
Almanya	3,7	0,7	0,6	2,2	1,5	2,2	2,5	1,5
Fransa	2,2	0,3	0,6	2,2	1,5	2,2	2,5	1,5
İtalya	0,6	-2,8	-1,7	0,1	1,0	0,9	1,6	1,0
İngiltere	1,6	1,4	2,0	2,9	2,3	1,8	1,8	1,4
İspanya	-1,0	-2,9	-1,7	1,4	3,6	3,2	3,0	2,5
Gelişmekte Olan Ülkeler	6,4	5,3	5,1	4,7	4,3	4,4	4,7	4,6
Çin	9,5	7,9	7,8	7,3	6,9	6,7	6,9	6,6
Rusya Federasyonu	5,1	3,7	1,8	0,7	-2,5	-0,2	1,5	1,7
Arjantin	6,0	-1,0	2,4	2,5	2,7	-1,8	2,9	-2,6
Brezilya	4,0	1,9	3,0	0,5	-3,8	-3,5	1,1	1,3
Hindistan	6,6	5,5	6,4	7,4	8,2	7,1	6,7	7,3
Türkiye	11,1	4,8	8,5	5,2	6,1	3,2	7,4	3,5
Küresel Hasıla (Trilyon Dolar)	73,2	74,6	76,7	78,8	74,6	75,6	80,1	84,8
Dünya Mal-Hizmet Ticaret Hacmi (%)	7,2	3,0	3,6	3,8	2,8	2,2	5,3	4,0
İthalat								
Gelişmiş Ülkeler	5,3	1,7	2,5	3,9	4,8	2,4	4,2	3,7
Gelişmekte Olan Ülkeler	11,6	5,3	5,1	4,2	-0,9	1,8	7,0	6,0
İhracat								
Gelişmiş Ülkeler	6,1	2,9	3,2	3,9	3,8	1,8	4,4	3,4
Gelişmekte Olan Ülkeler	8,9	3,5	4,7	3,2	1,6	3,0	6,9	4,7

Kaynak: IMF (2019); *World Economic Outlook*, International Monetary Fund, Publication Services, No: LCC HC10.W79, Washington s.148.

Tablo 2.7’ye göre dünya hasılası 2017 yılında 80,1 trilyon dolar iken 2018 yılı sonunda 84,8 trilyon dolara yükselmiştir. Ülke grupları temel alınarak değerlendirildiğinde, gelişmiş ülkelerin büyüme hızı yüzdelerinin, gelişmekte olan ülkelerin büyüme hızı yüzdelerine göre düşük olduğu görülmektedir. 2018 yılı

sonunda gelişmiş ülkelerin büyüme hızı %2,3 iken gelişmekte olan ülkelerin büyüme hızı %4,6'dır. Gelişmekte olan ülkelere bakıldığında en yüksek büyüme hızı yüzdeleri Hindistan, Çin ve Türkiye'ye aittir. 2018 yılında Hindistan %7,3 büyüme ile en hızlı büyüyen ülke olurken, Çin %6,6'lık büyüme hızı elde etmiş, Türkiye ise %3,5 oranında bir büyüme hızı yakalayabilmiştir. Küresel mal ve hizmet ticaret hacmi 2017 yılında %5,3 oranında bir artış göstermiş ancak 2018 yılında bir gerileme yaşayarak %4' düşmüştür.

Dünya ekonomisinde ve üretimde yaşanan teknolojik gelişmeler sebebiyle Dünya Ekonomik Forum'u 2018 yılında Küresel Rekabetçilik Raporu'na yeni bir boyut eklemiş ve Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0 (Global Competitiveness Index 4.0) adında yeni bir endeks yayınlamıştır. Adından da anlaşıldığı üzere bu yeni endeks dördüncü sanayi devriminin rekabet gücü üzerindeki etkilerini içermeyi amaçlamaktadır (EBSO, 2019:23). Tablo 2.8'de yeni endeks kapsamında ilk on sırada yer alan ülkeler ve Türkiye'nin sıralaması gösterilmektedir.

Tablo 2.8: Yeni Küresel Rekabet Endeksi Sıralamasında İlk 10 Ülke

ÜLKE	2018 (140 Ülke)	2017 (140 Ülke)
ABD	1	1
Singapur	2	2
Almanya	3	3
İsviçre	4	4
Japonya	5	8
Hollanda	6	5
Hong Kong	7	7
İngiltere	8	6
İsveç	9	9
Danimarka	10	11
Türkiye	61	58

Kaynak: World Economic Forum (2018); *The Global Competitiveness Report 2018*, <https://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2018/>, s.11.

Tablo 2.8'e göre 2018 yılı yeni küresel rekabet sıralamasında ABD ilk sırada yer almaktadır. Singapur ikinci sırada yer alırken bu ülkeyi sırasıyla Almanya, İsviçre ve Japonya takip etmektedir. Yeni endeks çerçevesinde Türkiye'nin

sıralaması 2017 yılında 58 iken 2018 yılında ise 3 sıra gerileyerek 61 olmuştur. Dolayısıyla, Küresel Rekabet Endeksi 4.0'a göre Türkiye'nin bulunduğu konum daha da gerilemiştir. Bu sonucu Türkiye'nin dördüncü sanayi devrimini yakalayamama riski olarak değerlendirmekte mümkündür. Ancak gelişmiş üretim teknolojileri, uluslararası şirketlerin öncülük ettiği Türkiye genelinde giderek daha fazla uygulanmaktadır. İlk uyarlanabilir endüstriler, her ikisi de en son standartları ve teknolojik gereksinimleri karşılaması gereken çok sayıda yerel tedarikçiye sahip büyük uluslararası şirketler tarafından yönetilen otomotiv ve havacılık üretimidir. Ayrıca dayanıklı tüketim malları, elektronik, kimyasallar, makineler, çelik, inşaat, tekstil, enerji ve madencilik endüstrileri gelişmiş üretim teknolojilerini uygulamaya odaklanmıştır. Türkiye, yüksek üretkenliğe dayalı daha yenilikçi bir ekonomiye geçmek için dijitalleşme ve ileri imalatla somut adımlar atmalıdır. Şu anda, Türkiye'nin üretim çıktısının yaklaşık %30'u ve küresel ihracatının %37'si (ve AB'ye yapılan ihracatın %63'ü) orta ve yüksek teknoloji ürünlerden oluşmaktadır. Türk Hükümeti'nin önceliği, gelişmiş üretim teknolojilerini kullanarak orta ve yüksek teknoloji ürün üretimini AB ortalamasına yükseltmektir (Export.gov, 2019).

2.5. Zonguldak'ta İmalat Sanayi

Sanayileşmeyi ve üretimi teşvik araçlarından olan Organize Sanayi Bölgesi yatırımları Zonguldak'ta 1992-1993 yılları arasında başlamıştır. Mevcut durumda Karadeniz Ereğli ve Çaycuma ilçelerinde Organize Sanayi Bölgesi bulunmakta ve yatırım çalışmaları devam etmektedir. Alaplı ilçesi için Organize Sanayi Bölgesi yer seçimi yapılmış ve merkez ilçe sanayi bölgesi çalışmalarına devam edilmektedir (T.C.Zonguldak Valiliği).

Çaycuma Organize Sanayi Bölgesi'nde sektör yoğunluğuna göre; konfeksiyon, mobilya, ambalaj, gıda ve makine tesisleri faaliyet göstermektedir. Diğer sektörleri cam, temizlik kâğıdı, çelik kapı ve inşaat yapı malzemeleri oluşturmaktadır. Ereğli Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren sektörler ise; sanayi gazı dolum tesisi, çelik, seramik, çimento, büro mobilyaları, tekstil ve makine imalatı tesislerinden oluşmaktadır (T.C. Zonguldak Valiliği).

Türkiye genelinde Organize Sanayi Bölgelerinde faaliyet gösteren firmaların yalnızca % 0,96'sı Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Tablo 2.9'da OSB sayıları ve kullanım durumları gösterilmektedir.

Tablo 2.9: OSB Sayıları ve Kullanım Durumları

	Zonguldak	Karabük	Bartın	TR81	TR81/ Türkiye	Türkiye Geneli
OSB Sayısı	2	1	1	4	%1,53	261
OSB Büyüküğü (ha)	325	100	96	521	%2,20	23.707
Aktif Firma Sayısı	38	18	31	87	%0,96	9.017
İnşa Halindeki Firma Sayısı	19	4	0	23	-	-
Kapalı Firma Sayısı	2	0	0	2	-	-
Doluluk Oranı	%30	%71,4	%88	%43	-	%54
İstihdam	2.537	575	2.400	5512	%1,03	537.414

Kaynak: BAKKA (2010); *Batı Karadeniz Bölgesi (Zonguldak-Karabük-Bartın) Bölge Planı 2010-2013*, <http://bakkakutuphane.org/upload/dokumandosya/baty-karadeniz-bolgesi-2010---2013-bolge-plany-13022015145030.pdf>, s.25.

Tablo 2.9'a göre bölgenin en büyük organize sanayi bölgesinin Zonguldak'ta bulunduğu görülmektedir. Karadeniz Ereğli OSB, Batı Karadeniz Bölgesi'nin en büyük OSB'sidir. Yine bölgenin en büyük ikinci OSB'si Zonguldak iline bağlı Çaycuma OSB'dir. Zonguldak ili Batı Karadeniz Bölgesi illeri içinde en çok ihracat yapan il konumundadır. 2008 yılında kendi rekorunu kıran Zonguldak, takip eden yıllarda düşüşler yaşamış ve aynı performansı gösterememiştir. 2012 yılı itibariyle 320 milyon dolarlık ihracat gerçekleştirerek Batı Karadeniz Bölgesi ihracatının %68'inin oluşturmuştur (ZTSO, 2014: 15). Zonguldak ilinin başta gelen ihracatçı sektörü çeliktir. Çelik ürünleri ihracatı toplam ihracatın yaklaşık olarak %60'ına denk gelmektedir. Çelik sektöründen sonra %15'lik pay ile çimento, seramik, cam ve toprak ürünleri ihracatı gerçekleştirilmektedir. Bu beş sektörün Zonguldak ili ihracatındaki toplam payı %91'in üzerindedir. Zonguldak ili dünyanın birçok ülkesine ihracat yapmaktadır. 96 farklı ülke içinde en çok ihracatın yapıldığı ülke Romanya'dır. Romanya'yı sırasıyla Birleşik Devletler, Kanada ve Almanya takip etmektedir. Zonguldak ili Batı Karadeniz Bölgesi içinde yine en çok ithalat yapan il konumundadır (ZTSO, 2014: 16).

Zonguldak ilinin en büyük üretim kapasitesini oluşturan iki sektör bulunmaktadır. Bunlar 19. yüzyılın ortalarından bugüne kadar uzanan madencilik ve Cumhuriyet dönemi ile birlikte ivme kazanan demir-çelik sanayidir. 1983 yılından itibaren taşkömürü üretiminde esas belirleyici aktör Zonguldak ilinde bulunan Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) olmuştur. Diğer taraftan demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren ve Türkiye'nin en büyük ikinci firması olan Ereğli Demir-Çelik (ERDEMİR)'in Zonguldak'ta bulunması büyük bir avantaj oluşturmaktadır. ERDEMİR'in yanında birçok küçük ve orta ölçekli işletme (KOBİ) de demir-çelik sektöründe faaliyet göstermektedir (BAKKA, 2010: 12).

Batı Karadeniz Bölgesi'nde imalat sanayinde faaliyet gösteren 4.445 adet firma bulunmaktadır (BAKKA, 2010: 21). Tablo 2.10'da temel sanayi göstergeleri yer almaktadır.

Tablo 2.10: Temel Sanayi Göstergeleri

	Zonguldak	Karabük	Bartın	TR81	Türkiye
İller Arası Rekabetçilik Endeksi	24,71	18,97	16,63	-	-
İller Arası Rekabetçilik Endeksi Sıralaması	18	35	42	-	-
Markalaşma Becerisi ve Rekabetçilik Endeksi Sıralaması	47	62	56	-	-
Ticaret Becerisi ve Üretim Potansiyeli Endeksi Sıralaması	40	24	52	-	-
İmalat Sanayi Gelişmişlik Sıralaması	8	17	54	-	-
İmalat Sanayi İşyeri Sayısı	2542	992	911	4445	446.393
İş Geliştirme Merkezi (İŞGEM) Sayısı	2	0	0	2	12

Kaynak: BAKKA (2010); *Batı Karadeniz Bölgesi (Zonguldak-Karabük-Bartın) Bölge Planı 2010-2013*, <http://bakkakutuphane.org/upload/dokumandosya/baty-karadeniz-bolgesi-2010---2013-bolge-plan-13022015145030.pdf>, s.20.

Tablo 2.10'da yer alan Batı Karadeniz Bölgesi imalat sanayi verileri değerlendirildiğinde, Batı Karadeniz Bölgesindeki imalat sanayi işyerlerinin Türkiye imalat sanayi işyeri sayılarının % 1'ini oluşturduğu görülmektedir. Batı Karadeniz Bölgesi kapsamında bakıldığında, Zonguldak iller arası rekabetçilik endeksine göre rekabet seviyesi en yüksek olan ildir. Yine ticaret becerisi ve üretim potansiyeli endeksi sıralamasında en başta yer almaktadır. Son olarak Zonguldak

%0,57 oranı ile Batı Karadeniz Bölgesi'nde en yüksek imalat sanayi işyeri sayısına sahip olan ildir.

Her ne kadar maden ve demir-çelik sektöründe avantajlı konuma sahip olsa da Zonguldak ili henüz tam olarak sanayileşmesini tamamlamış değildir. Sanayileşmenin ilerletilmesi ve teknolojik gelişmelerin yakalanması için gerekli çalışmalar devam etmektedir.

2.6. İmalat Sanayi ve Endüstri 4.0

Mevcut küreselleşme, insan varlığının sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarında sürdürülebilir bir şekilde evrimleşmesini sağlayarak, dünya çapında sürekli büyüyen sermaye ve tüketim malları talebini karşılama zorluğu ile karşı karşıyadır. Bu zorluk ile başa çıkmak için, endüstriyel değer yaratma sürdürülebilirliğe yönelik olmalıdır. Öte yandan üretim, birkaç gücün yakınsaması nedeniyle derin bir model değişikliği geçirmektedir. Bunlar: a) yeni yıkıcı teknolojilerin eşzamanlı olarak ortaya çıkması, b) çalışanların makinelerle hızlandırılmış ikamesi, c) küresel rekabetin yeniden yapılandırılması ve d) büyüyen tüketici gücünün hâkim olduğu yeni bir pazar dinamiğidir. Endüstrilerin bu güçlere ve sürdürülebilirliğe nasıl uyum sağlayacakları ise Endüstri 4.0 paradigması ile açıklanmaktadır (Hernández vd., 2018: 1).

Şu anda, erken sanayileşmiş ülkelerde endüstriyel değer yaratma, “Endüstri 4.0” olarak adlandırılan sanayileşmenin dördüncü aşamasına doğru gelişme ile şekillenmektedir. Bu gelişme, 1970'lerin başında başlayan; imalatta yüksek düzeyde otomasyon gerçekleştirmek için elektronik ve bilgi teknolojilerine dayanan üçüncü sanayi devrimini takip etmektedir (Stock ve Seliger, 2016: 536). Buna yönelik olarak son yıllarda yeni nesil bilgi teknolojilerinin imalatta yaygın olarak uygulanmasıyla birlikte, birçok ülke endüstriyel internet, Endüstri 4.0 ve Made in China 2025 gibi ulusal imalat geliştirme stratejileri geliştirmiştir. Bu stratejilerin ortak bir amacı fiziksel dünyanın ve siber üretim dünyasının birlikte çalışmasını, entegrasyonunu ve kaynaşmasını gerektiren akıllı üretime ulaşmaktır. Ayrıca, IoT, bulut bilişim, büyük veri, mobil internet ve CPS gibi yeni bilgi teknolojileri akıllı üretimi teşvik etmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Fiziksel dünyada üretilen veriler IoT ve internet aracılığıyla algılanabilmekte; siber dünyaya

aktarılabilmektedir. Fiziksel dünya ve siber üretim dünyası CPS'e dayanmaktadır (Tao ve Qi, 2017:1). Siber-fiziksel üretim sistemleri, üretimin dijital dönüşümünün özü olarak adlandırılmaktadır. Siber-fiziksel üretim sistemleri, şimdiye kadar görülmemiş dikey üretim sağlayan, üretim teknolojileri ile bilgi ve iletişim teknolojileri arasında kademeli bir yakınsamanın en gelişmiş aşamasını temsil etmektedir (Szalavetz, 2018: 2-3).

Diğer taraftan, Endüstri 4.0 teknolojisinin yükselişi ile sensörler, makineler, iş parçaları ve BT sistemleri, tek bir işletmenin ötesinde değer zinciri boyunca bağlanacaktır. Bu bağlı sistemler standart internet tabanlı protokoller kullanarak birbirleriyle etkileşime girebilmekte ve hatayı tahmin etmek, kendilerini yapılandırmak ve değişikliklere uyum sağlamak için verileri analiz edebilmektedir. Endüstri 4.0, makineler arasında veri toplamayı ve analiz etmeyi mümkün kılarak, daha düşük maliyetlerle daha yüksek kaliteli ürünler üretmek için daha hızlı, daha esnek ve daha verimli süreçler sağlamaktadır. Bu da üretim verimliliğini artırarak, ekonomiyi değiştirecek, endüstriyel büyümeyi teşvik edecek ve işgücünün profilini değiştirecektir (Rüßmann vd., 2015: 3).

Bu yeni karmaşık sistemlerin temel bir bileşeni akıllı otomasyon ve insan-robot işbirliği olacaktır. Endüstriyel robotlar, operasyonel hızları ve ağır yüklerden dolayı ortaya çıkan tehlikeler nedeniyle geleneksel olarak üretim sistemlerindeki insanlardan ayrılmaktadır. Bununla birlikte teknolojiye ilerlemeler, izlenen üretim sistemlerindeki büyük ölçekli robotların, küçük ölçekli robotların ve yardımcı robotik cihazların yaygın olarak insanlarla daha işbirliği içinde çalışacak şekilde konuşlandırılacağı anlamına gelmektedir. Bu sadece insanların çalışma ve otomasyonla etkileşim kurma biçimlerini dönüştürmekle kalmayacak, aynı zamanda performans izleme için çok daha fazla veri sağlama ve yakalamayı da içerecektir (Fletcher ve Webb, 2017: 159).

Öte yandan, hizmetleştirme imalatla önemli bir trend hâline gelmiştir. Endüstri 4.0 bağlamında hizmet yönelimi, çoğunlukla “Hizmet Olarak Üretim” ve “Hizmet olarak Ürün” kavramlarını ifade etmektedir ve imalat, kullanıcılara hizmet olarak sunulmaktadır (Tao ve Qi, 2017:1). Hizmet olarak üretim iş modeli, mal üretmek için ağa bağlı üretim altyapısının toplu olarak kullanılmasını ifade etmektedir. Üreticiler ile IoT ve bulut bilişim arasındaki yaygın bağlantı, şirketlerin

üretim ihtiyaçlarını ve kapasitelerini otomatik olarak iletmelerine izin vererek yeni bir üretim ekosistemi sunmaktadır. Bu ortamda, karmaşık üretim görevleri, farklı şirketlerden çeşitli imalat hizmetleri ile birlikte gerçekleştirilebilir. Bu, fiziksel ürün yerine üreticilerin üretim kapasitesinin birincil mal olarak kabul edilebileceği anlamına gelmektedir (Tao ve Qi, 2017: 8). Hizmet olarak ürün iş modelinde ise, ürünler bir hizmet veya sanallaştırılmış deneyim olarak sunulmakta ve müşteriler tek bir peşin ödeme yerine ürüne abone olmaktadır. Bu iş modeli özellikle, ne zaman ve nasıl kullanıldıklarını izlemek için ürünlere yerleştirilebilen hizmetlerin interneti teknolojileri tarafından etkinleştirilmektedir (Ghobakhloo, 2018: 922).

Değişen üretim ve dağıtım ekonomisi, tüketici talebindeki değişimler ve “akıllı” ürünlerin ortaya çıkması, üreticileri yeni değer yaratma ve yakalama yöntemlerini radikal bir şekilde keşfetmeye zorlamaktadır. Üretim artık sadece fiziksel ürünler yapmakla ilgili değildir. Tüketici talebindeki değişiklikler, ürünlerin doğası, üretim ekonomisi ve tedarik zincirinin ekonomisi şirketlerin iş yapma biçiminde köklü bir değişime yol açmıştır. Eklenen sensörler ve bağlantılar ürünleri akıllı ürünlere dönüştürürken, ürünler giderek platform hâline gelmekte ve hatta hizmet alanına girmektedir (Deloitte, 2015:2). Öte yandan Endüstri 4.0, üretim kontrolü için geleneksel merkezi uygulamaların sonunu belirlemektedir. Akıllı fabrikaların ekosistemleri ile akıllı ve otonom atölye birimleri vizyonu, doğal olarak merkezi olmayan bir yapıya sahiptir. Müşteriye özel ürünler için taleplere cevap veren bu tesisler, 3D baskı, IOT, bulut bilişim, mobil cihazlar ve büyük veri gibi teknoloji destekleyicileri tarafından desteklenmekte ve üretimde tamamen yeni bir ortam yaratmaktadır (Lobo, 2015: 16).

Li vd., (2017:87) çalışmalarında akıllı üretimin yeni modelleri, araçları ve formlarını ele almışlardır. Bu formlar şunlardır:

Yeni modeller, üretimi kolaylaştırmak ve kullanıcılara hizmet sunmak için kullanılan internet tabanlı, hizmet odaklı, işbirlikçi, özelleştirilebilir, esnek ve sosyalleştirilmiş akıllı üretim sistemlerini,

Yeni araçlar, dijitalleştirme, nesnelerin interneti, sanallaştırma, hizmet, işbirliği, özelleştirme, esneklik ve istihbarat içeren insan-makine ile entegre akıllı üretim sistemlerini,

Yeni form ise her yerde bağlantı, veri odaklılık, sınır ötesi entegrasyon, otonom istihbarat ve kitle yeniliği özelliklerine sahip akıllı üretim ekolojisini ifade etmektedir. Bu modellerin, araçların ve formların uygulanmasının derin entegrasyonu, nihayetinde akıllı üretim ekosistemini oluşturacaktır.

Özetle, Endüstri 4.0'a yönelik gelişim mevcut durumda imalat sanayi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Endüstri 4.0; akıllı fabrikalar, akıllı ürünler ve akıllı hizmetlerin, “endüstriyel internet” olarak da adlandırılan nesnelerin ve hizmetlerin interneti servislerinin kurulmasına dayanmaktadır. Endüstri 4.0'a yönelik bu gelişme, her yerde bulunan bilgi ve iletişim teknolojisi altyapısını kullanarak sürdürülebilir üretimin gerçekleştirilmesi için büyük fırsatlar sunmaktadır (Stock ve Seliger, 2016: 536). İmalat sanayisindeki dijital dönüşüm veya Endüstri 4.0, değer yaratmanın tüm alanlarında kapsamlı değişikliklere yol açarak; daha verimli üretim süreçleri, daha güçlü müşteri odaklılık, yeni pazarlama ve iş modelleri ile sonuçlanmaktadır (Schulte, 2016: 2). Ancak bu dönüşüm farklı imalat sektörlerini farklı oranlarda etkileyebilecektir.

3.İMALAT SANAYİSİ'NDE FAALİYET GÖSTEREN İŞLETMELERİN ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: ZONGULDAK İLİ ÖRNEĞİ

3.1. Literatür Taraması

Dördüncü Sanayi Devrimi ile birlikte ortaya çıkan “Endüstri 4.0” kavramı son yıllarda dünyada birçok boyutta incelenmeye başlamıştır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalardan literatürde öne çıkanlar aşağıda listelenmiştir.

Kagermann (2014) çalışmasında dijitalleşmenin etkilerini, zorluklarını ve fırsatlarını tartışmış; politika eylemi örnekleri sunmuştur. Endüstri 4.0 çağında gelişmiş değer yaratmak için iki temel aracın; platform tabanlı işbirliği ve ikili bir inovasyon stratejisi olduğunu öne sürmüştür.

Drath ve Horch (2014), çalışmalarında Endüstri 4.0'ın başarı mı yoksa bir aldatma mı olduğunu tartışmışlardır. Endüstri 4.0'ın gelecekte olan bir olgu olduğunu savunmuşlardır. Endüstri 4.0'a geçişte karşılaşılan sorunlar karşısında tüm tarafların iyi bir şekilde işbirliği yapması koşuluyla, Endüstri 4.0'ın potansiyel bir başarı olduğuna inandıklarını belirtmişlerdir.

Gabriel ve Pessl (2016) çalışmalarında küçük ve orta ölçekli işletmelere odaklanmışlar ve ampirik bir çalışmaya atıfta bulunarak Endüstri 4.0'ın potansiyel sosyal ve çevresel etkilerini tartışmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla Endüstri 4.0'ın teorik yönlerinin pratikte uygulanabilmesi için sürdürülebilirlik etkilerine odaklanmışlardır. Ayrıca yeni bir yaklaşım olan Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirliğin sosyal ve çevresel perspektifini nasıl etkileyebileceğini tartışmışlardır.

Kroh (2016) çalışmasında Dördüncü Sanayi Devrimi'nin toplumsal boyutu olan kilit soruna işaret ederek stratejik hükümet kılavuzlarında belgelenen teknokratik yöntemleri eleştirmiş ve Endüstri 4.0'ın sosyoekonomik sonuçlarını ele almıştır. Sonuç olarak Dünya ekonomisinde her şeyden önce devletlerarasındaki ekonomik ve sosyal düzeydeki yaklaşım lehine önemli değişiklikler yapılması gerektiğini savunmuştur. Ayrıca dünyanın ekonomik entegrasyonuna sosyal entegrasyonun eşlik etmesi gerektiğini, aksi takdirde daha ileri ülkelerin kalıcı bir

kitlesel göç dalgasıyla ve hatta savaş çatışmaları tehlikesiyle karşı karşıya kalmaları gerekeceğini belirtmiştir.

Yazıcı ve Düz kaya (2016) çalışmalarında Endüstri 4.0 dönüşümünü toplum ve eğitim üzerindeki etkileri açısından ele almışlardır. Endüstriyel dönüşümlerin toplumsal kurumlara etkisini, Dördüncü Sanayi Devrimi ve Türkiye'nin Dördüncü Sanayi Devrimi açısından mevcut durumunu ortaya koymuşlardır. Mevcut endüstriyel ve eğitim altyapısını inceleyerek Türkiye'nin küresel rekabet gücünü koruyabilmesi ve ekonomik büyüme gerçekleştirebilmesi için önerilerde bulunmuşlardır.

Schwab (2016) üç bölümden oluşan kitabının ilk bölümünde Endüstri 4.0 hakkında genel bilgiler vermiştir. İkinci bölümde başlıca dönüştürücü teknolojilerden bahsetmiştir. Üçüncü bölümde ise Dördüncü Sanayi Devrimi'nin etkilerini ve doğurduğu birtakım meydan okumaları kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Dördüncü Sanayi Devrimine nasıl adapte olunacağı ve nasıl biçimlendirileceği konularında pratik fikirler ile çözüm önerileri sunmuştur. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin kendisinden önceki üç sanayi devriminden farklı olduğunu vurgulamıştır. Bu dönüşümü “biyolojik, fiziksel ve dijital dünyaları kaynaştıran, endüstrileri ve ekonomileri etkileyen tüm disiplinleri kapsayan yeni bir teknoloji” olarak tanımlamıştır. Diğer taraftan, örgütlerin bu değişime uyum sağlayamayacağı, hükümetlerin yeni teknolojileri kullanmada başarısız olabileceği, güvenlik endişelerinin ortaya çıkabileceği ve eşitsizliğin büyüebileceği konularında ön yargılarını da belirtmiştir. Ancak ülkeler, sektörler ve disiplinler iş birliği içinde hareket ettikleri sürece Dördüncü Sanayi Devrimi'nin sunduğu fırsatların anlaşılabilceğini savunmuştur.

Stock ve Seliger (2016) çalışmalarında araştırma ve uygulamadaki son gelişmelere ve Endüstri 4.0'daki sürdürülebilir üretim için farklı fırsatlara dayanarak Endüstri 4.0'ın son teknoloji incelemesini sunmuşlardır. Bu fırsatların sürdürülebilir üretim alanındaki mevcut araştırma yaklaşımlarını Endüstri 4.0'ın gelecekteki gereklilikleriyle birleştirdiğini belirtmişlerdir. Son olarak, Endüstri 4.0'da sürdürülebilir üretim için özel bir fırsat olarak üretim ekipmanlarının güçlendirilmesi için bir kullanım örneği sunmuşlardır.

Wang vd. (2016) esnek ve yeniden yapılandırılabilir akıllı fabrika uygulaması için dikey entegrasyona odaklanmışlardır. Çalışmalarında endüstriyel kablosuz ağları, akıllı terminalleri, makineleri, konveyörleri, ürünleri ve bulut kullanımını içeren bir çerçeve öneren, dikey olarak entegre olan yeniden yapılandırılabilir bir akıllı fabrika kurmuşlardır. Ardından, operasyon mekanizmasını kontrol mühendisliği perspektifinden ele almışlardır. Akıllı ürünlerin bulutta uygulanan, büyük veri analitiklerine dayanan geri bildirim ve koordinasyon blokları ile desteklenen kendi kendini organize eden bir sistem oluşturacağını belirtmişlerdir. Sonuç olarak Endüstri 4.0 akıllı fabrikasının teknik zorluklarla aktif olarak başa çıkmanın yanı sıra mevcut teknolojileri yoğun bir şekilde uygulayarak elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Hoffman ve Rüşch (2017) çalışmalarında Endüstri 4.0'ın lojistik yönetimi bağlamındaki fırsatlarını tartışmayı amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda kavramsal bir araştırma yaklaşımı izlemişlerdir. Önce, lojistik odaklı bir Endüstri 4.0 uygulama modeli ve Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerini sunmuşlardır. Farklı lojistik senaryoları, olası sonuçları pratiğe yönelik bir şekilde gösterilmiş ve sonuçlar endüstriyel uzmanlarla tartışılmıştır. Çalışma, âdemi merkeziyetçilik, öz düzenleme ve verimlilik açısından fırsatlar ortaya koymuştur. Sonuç olarak “Endüstri 4.0” kavramının hâlâ net bir anlayışa sahip olmadığı ve henüz uygulamada tam olarak kurulmadığı açıkça ortaya konulmuştur.

Morrar vd. (2017) Endüstri 4.0'ı sosyal inovasyon perspektifi ile ele almışlardır. Endüstri 4.0 ve gömülü teknoloji yayılım ilerlemesinin teknik değişim ve sosyoekonomik etki açısından katlanarak büyüdüğünü belirtmişlerdir. Bu nedenle, bu tür bir dönüşümle başa çıkmanın, sadece teknolojik olanları değil, yenilikçi ve sürdürülebilir sistem çözümlerini içeren bütüncül bir yaklaşım gerektirdiğini savunmuşlardır. Çalışmalarında teknolojik ve sosyal inovasyon arasındaki etkileşimi sürekli olarak proaktif ve dolayısıyla zamanında sürdürülebilir stratejilerle buluşturmayı kolaylaştıracak bir çerçeve önermişlerdir. Bu stratejilerin, ekonomik kazançlardan yararlanabileceğini, toplumu büyük ölçüde zenginleştirebileceğini ve çevreyi koruyabileceğini savunmuşlardır. Bu tür devrimci dönüşüm için sürdürülebilirlik şemsiyesi altında teknolojik inovasyon ve sosyal inovasyon güçlerinin birleştirilmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Kiel vd. (2017) çalışmalarında Endüstri 4.0'ın, sürdürülebilir değer yaratmanın üçlü alt çizgisine atıfta bulunarak, ekonomik, ekolojik ve sosyal yönler açısından üreticiler üzerinde çeşitli sonuçlar ortaya koyduğunu ancak teknik çekirdeği nedeniyle mevcut araştırmaların teknik temellere odaklandığını, ekonomik tartışmaların ise henüz yeni başladığını belirtmişlerdir. Bu doğrultuda çalışmalarında ekonomik, ekolojik ve sosyal faydalar ve zorluklar ile ilgili kapsamlı bir çerçeve çizmeyi amaçlamışlardır. Önde gelen üç Alman endüstrisinden (makine, elektrik ve otomotiv) 46 imalat şirketindeki yarı yapılandırılmış uzman görüşmelerine dayanan keşif amaçlı çoklu vaka incelemesi yaklaşımını kullanmışlardır. Görüşülen kişilere göre Endüstri 4.0 kapsamında ilk beş sırada yer alan ve en sık gözlenen fayda rekabet gücünün artırılması fırsatı olmuştur. Bunu sırasıyla finansal, genel ekipman etkinliği, yeni iş modelleri ve kaynak verimliliği faydaları izlemektedir. İlk beş sırada yer alan ve en sık gözlenen zorluk olarak ise teknik entegrasyon olmuştur. Bunu da sırasıyla organizasyonel dönüşüm, veri güvenliği, iş birliği ve gelecekteki sürdürülebilirlik zorlukları izlemiştir. Ek olarak araştırma sonucunda sürdürülebilir endüstriyel değer yaratmaya hak kazanabilmek için Endüstri 4.0'ın kurulan üçlü alt çizelgesinin üç başka boyutta, teknik entegrasyon, veri - bilgi ve kamu bağlamında genişletilmesinin gerektirdiğini ortaya koymuşlardır.

Kocsi ve Oláh (2017), Endüstri 4.0 konseptine dayanarak daha kısa üretim süreleri ve daha düşük üretim maliyetleriyle daha güvenilir süreçler elde etmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla bir kereste şirketinin benzersiz mobilya üretim sürecindeki arızaları ve arıza nedenlerini tespit etmişlerdir. İyileştirme ölçüsü olarak robotik kolun dâhil edilme ihtimalini incelemişlerdir. Sonuç olarak akıllı bir sistem arızaların kaynağında bile problemleri belirleyebildiği ve dolayısıyla gecikmeyi önlemenin yanı sıra operasyon hassasiyetini artırma olanağı sağladığından, robotların uygulanmasının benzersiz üretim sistemlerinde önemli bir seçenek olduğunu ortaya koymuşlardır.

Shamim vd. (2017) çalışmalarında hizmet sektöründeki Endüstri 4.0 zorluklarını ve konaklama endüstrisindeki durumu ele almışlardır. Hizmet sektörünü bilgilendirmek amacıyla Endüstri 4.0'ın zorluklarının üstesinden gelmeye uygun yönetim uygulamalarını keşfetmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç

doğrultusunda konaklama endüstrisi çalışanları ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapmışlardır. Sonuç olarak bir organizasyonda inovasyon ve öğrenim ortamını destekleyebilecek bir yönetim uygulamaları çerçevesi önermişlerdir. Böylece teknolojinin kabul edilmesini, örneğin dijital geliştirmeleri ve siber fiziksel sistemlerin uygulanmasını kolaylaştırarak Endüstri 4.0'ın hızına ayak uydurulabileceğini savunmuşlardır.

Schneider (2018) çalışmasında Endüstri 4.0 dönüşümünün altında yatan derin yönetsel ve idari zorlukları ortaya koymayı amaçlamıştır. Sistematik bir literatür taraması yoluyla mevcut katkıları toplamış ve analiz etmiştir. Endüstri 4.0'ın getirdiği on sekiz yönetim zorluğu tespit etmiş ve elde ettiği bilgileri birbiriyle ilişkili alt kümeler hâlinde sentezlemiştir. Bu zorlukları;

1. Strateji ve analiz,
2. Planlama ve uygulama,
3. İşbirliği ve ağlar,
4. İş modelleri,
5. İnsan kaynakları
6. Değişim ve liderlik olarak tanımlamıştır.

Agostini ve Filippini (2018) çalışmalarında yine Endüstri 4.0'a giden yolda örgütsel ve yönetsel zorluklar üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında örgütsel ve yönetsel uygulamaların, Endüstri 4.0 teknolojilerinin farklı seviyelerde benimsenmesiyle ilişkili olup olmadığını ortaya koymayı amaçlamışlardır. Araştırmacılar bu amaca ulaşmak için, İtalyan imalat firmalarını içeren bir anket çalışması yapmışlardır. Sonuçlar, Endüstri 4.0 teknolojilerini benimseme seviyelerine göre iki firma kümesinin (yüksek ve düşük benimseme) tanımlanabileceğini göstermiştir. Yüksek benimseme kümesine dâhil olan işletmeler arasında ise Endüstri 4.0 teknolojilerini daha yoğun uygulayan küçük bir şirketler grubu olduğunu; bu firmaların, hepsine göre incelenen tüm örgütsel ve yönetsel uygulamaların önemli ölçüde daha yüksek seviyelerini kaydettiklerini ortaya koymuşlardır. Buna karşılık firmalar arasında Endüstri 4.0 teknolojilerinden

olan; inovasyon ve dijital teknolojiler konusunda yüksek vasıflı çalışanlar, yalın yöntemlerin benimsenmesi, bilgi iletişim teknolojileri araçlarının kullanımı ve beceriler konusunda uzmanlaşan bazı organizasyonel ve yönetsel faktörlerin var olduğunu saptamışlardır.

Schlund ve Baaij (2018) çalışmalarında Endüstri 4.0'ın kapsamını ve altında yatan teknolojileri anlamada sık görülen zorlukları ele almışlardır. Endüstri 4.0 hakkındaki mevcut anket literatürünü gözden geçirmişler ve Endüstri 4.0 ile ilgili teknolojileri tanımlamışlardır. En sık kullanılan teknolojilerin 2013-2016 yılları arasındaki evrimini ortaya koymuşlar ve bu yolla Endüstri 4.0 kapsamının yapılanmasını, önemli araştırma eğilimlerinin ortaya konulmasını; Endüstri 4.0 dâhilindeki uygulama alanlarının anlaşılmasını amaçlamışlardır.

Ślusarczyk (2018) çalışmasında girişimcilerin Endüstri 4.0'a yönelik tutumlarını ölçmeyi, kavramın unsurlarını uygulamaya ne kadar hazır olduklarını tespit etmeyi, işletmelerin daha yüksek bir teknolojik ve örgütsel seviyeye etkin bir şekilde ulaşmasında tehdit oluşturabilecek engelleri ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışma kapsamında devlet kurumları, konsorsiyumlar veya işletmeler tarafından yürütülen birçok profesyonel rapor incelenmiştir. Bu belgelerden elde edilen uluslararası analizler sonucunda şirketlerin en çok Dördüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği zorluklarla ilgilendikleri saptanmıştır. Çalışma kapsamındaki birçok şirket Endüstri 4.0 kavramını rekabet edebilirlik açısından gelişme ve gelişme için büyük bir fırsat olarak kabul etse de uygulama için hazırlık durumlarının ülkeye, sektöre ve hatta bireysel bir şirkete bağlı olarak büyük ölçüde değiştiği ortaya konulmuştur.

Adamik (2019) çalışmasında Endüstri 4.0'ın gelişiminde rekabet avantajı yaratma sürecinin temel gereksinimlerini ortaya koymayı ve bu gereksinimlerin derecesini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla Endüstri 4.0'a özgü araçların geliştirme ve uygulama derecelerini belirlemiş ve bunların seçilen işletmelerin rekabet avantajları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapılan pilot araştırma sonucunda Polonya'da faaliyet gösteren şirketlerin, modern çözümlerin sunduğu olanaklardan faydalanma düzeyleri giderek artarken, Endüstri 4.0 gereklilikleri ile ilgili nispeten sınırlı bilgiye sahip oldukları ortaya konulmuştur. İşletmelerin sanallaştırma ve dijital dönüşüm alanlarında, bu çağa özgü araçları kullanmak

konusunda isteksiz oldukları ve sonuç olarak, Endüstri 4.0 döneminde rekabet avantajı yaratmaya ve rekabet etmeye henüz hazır olmadıkları ortaya konulmuştur.

Whysall vd. (2019) çalışmalarında Dördüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği iş ortamlarındaki dönüşümsel değişikliklerin, stratejik insan kaynakları yönetimi için büyük bir fırtına yarattığını; bu bağlamda yetenek yönetimi teorisi ve pratiğinin etkilerini keşfetmeye ihtiyaç duyulduğunu savunmuşlardır. Çalışmalarında Endüstri 4.0'ın getirdiği yeni teknolojilerin yetenek yönetimi açısından zorluklarını ortaya koymayı amaçlamışlardır. Bu amaçla yetenek yönetiminin her aşamasında karşılaşılan zorlukları keşfetmek için insan kaynakları yöneticileri ve üst düzey liderlerle işe alım, eğitim - gelişim, kariyer gelişimi, yetenek hareketliliği ve başarı planlaması konularını içeren mülakatlar yapmışlardır. Yapılan mülakatlar sonucunda Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojik değişimin hızı, çalışanların mevcut yetenekleri ile rollerinin hızla gelişen gereklilikleri arasında önemli bir fark yarattığı ve yetenek gelişimine daha etkili yaklaşımlar düşünmeye ihtiyaç olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca orta düzey yöneticilerin değişim yönetiminde önemli bir rol oynamalarına rağmen Endüstri 4.0 dönüşümü bağlamında göz ardı edilen kritik yetenek olduklarını saptamışlardır.

3.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Araştırmada son yıllarda dünyada gündem olan üretimde tam otomasyon ve dijitalleşmeyi ifade eden Endüstri 4.0 kavramı üzerinden, Zonguldak il ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmelerinin mevcut teknolojik durumları ve Endüstri 4.0'a bakış açıları incelenmiştir.

Çalışmanın amacı; Zonguldak il ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmelerinin Endüstri 4.0 farkındalığını ölçmek, Endüstri 4.0'a geçiş aşamasındaki eksik yönlerini belirlemek ve çözüm önerileri sunmaktır. Ayrıca çalışmanın hem alan yazına hem de ilgili alanda yapılacak çalışmalara katkı sağlaması beklenmektedir.

3.3. Araştırmanın Kapsamı

Araştırmanın kapsamını Zonguldak il ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmeleri oluşturmaktadır. Araştırma, kullanılan anket soruları yardımıyla

bu işletmelerin mevcut teknolojik seviyelerinin belirlenmesi, Endüstri 4.0 hakkındaki bilgi seviyelerinin ölçülmesi ve Endüstri 4.0'a uygunluklarının değerlendirilmesi üzerinedir.

Endüstri 4.0'a yönelik gelişmeler imalat sanayi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Endüstri 4.0 akıllı fabrikalar, akıllı ürünler, akıllı hizmetler, akıllı nesneler ve hizmetlerin interneti kavramlarına dayanmaktadır. Endüstri 4.0'a yönelik bu gelişmeler işletmelere bilgi ve iletişim altyapılarını kullanarak sürdürülebilir üretim gerçekleştirmek için büyük fırsatlar sunmaktadır. İmalat sanayisinde meydana gelecek bu dijital dönüşüm farklı imalat sektörlerini farklı oranlarda etkileyebilecektir. Ancak Endüstri 4.0'ın imalat sanayisinde kapsamlı değişimlere yol açarak daha verimli üretim süreçleri, yeni pazarlama ve iş modelleri yaratacağı düşünüldüğünde, tüm sektörlerin bu süreçten etkilenmeleri kaçınılmaz olacaktır. İşletmelerin varlıklarını ve rekabet güçlerini devam ettirebilmeleri için teknolojik yeniliklere ayak uydurmaları kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu sebeple araştırma kapsamına seramik, plastik, metal, demir-çelik, mobilya, yapı malzemeleri, makine, tekstil, orman ürünleri ve diğer olmak üzere on farklı sektör dâhil edilmiştir. Çalışma kapsamına belirlenen sektörlerde faaliyet gösteren altmış bir işletme dâhil edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan anket bu işletmelerde; genel müdür, müdür, yönetici, işletme sahibi ve mühendis pozisyonlarındaki kişiler ile yapılmıştır.

3.4. Araştırmanın Yöntemi

Araştırma anket yöntemi ile yapılmıştır. Araştırmada kullanılan anket Prof. Dr. Veysi İşler'in "Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi" çalışmasından faydalanılarak oluşturulmuştur (İşler, 2017). Anket yedi bölümden oluşmakta ve toplamda kırk bir soru bulunmaktadır. Anketin ilk bölümünde genel bilgilere ilişkin sorular yer almaktadır. İkinci bölümde Endüstri 4.0; üçüncü bölümde iş modeli, ürün ve hizmetler; dördüncü bölümde pazarlama ve müşteriye ulaşma; beşinci bölümde süreç yönetimi; altıncı bölümde bilgi sistemleri altyapısı ve yedinci bölümde genel değerlendirme ile ilgili sorular yer almaktadır. İşletmelere ilişkin genel bilgileri içeren ilk bölüm çoklu cevaplardan; diğer bölümler ise 5'li Likert ölçeğine göre verilen cevaplardan oluşmaktadır. Araştırmanın son bölümünde açık uçlu sorulardan oluşan cevaplar bulunmaktadır.

Araştırma kapsamında kullanılan anket ile işletmelerin “Endüstri 4.0” kavramını doğru algılayıp algılamadıkları ölçülmeye çalışılmıştır. Yeniliklerin doğru algılanması, teknolojik ilerlemeye ayak uydurmak, bu yenilikler karşısında doğru planlama ve stratejiler geliştirmek konularında önemli bir husustur. Öte yandan işletme yöneticilerinin Endüstri 4.0 kavram ve teknolojilerini ne derecede bildiği ve farkındalık düzeyleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunun yanında işletmelerin mevcut teknolojik donanım ve yazılım seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. İşletmelerin yeni teknolojik gelişmelere karşı duruşları ve teknolojik ilerleme çalışmalarının ne düzeyde olduğu saptanmaya çalışılmıştır.

Anket çalışması Çaycuma, Gökçebey ve Devrek ilçelerinde faaliyet gösteren işletmeler ile yüz yüze yapılmıştır. Covid-19 pandemi sürecinin başlaması ve ilçeler arası geçiş yasağının getirilmesi ile birlikte Zonguldak Merkez ilçe, Alaplı ve Ereğli ilçelerindeki işletmelerle internet üzerinden gerçekleştirilebilmiştir. İnternet üzerinden yapılan anketler docs.google.com üzerinden düzenlenmiş, işletmelere elektronik posta olarak iletilmiştir.

Anket uygulanacak işletmeler ticaret ve sanayi odası başkanları ve organize sanayi bölgesi müdürleri ile birebir görüşülerek belirlenmiştir. Toplamda yetmiş beş işletme belirlenmiş ancak işletmelerin bir kısmının ankete katılmak istememesi ve yapılan anketlerin bir kısmında eksikliklerin bulunması sebebiyle altmış bir anket analize dâhil edilebilmiştir. Anketler bu işletmelerde çalışan yönetici, genel müdür, firma sahibi, Ar-Ge ve üretim bölüm müdürleri, proje ve üretim mühendisleri tarafından cevaplanmıştır.

Anket çalışmasından elde edilen veriler ve araştırma hipotezleri IBM SPSS Statistics 22 programı ile analiz edilmiştir. İkili karşılaştırmalarda Bağımsız Örneklem T testi, sektörler arası karşılaştırmalarda ANOVA testi uygulanmıştır. Bu testlerin uygulanması araştırma kapsamında kurulan hipotezlere, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin yapısına göre seçilmiştir.

3.5. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırma için Zonguldak ili ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmeleri seçilmiştir. Araştırma evrenini oluşturan işletmeler en fazla Ereğli Organize Sanayi Bölgesi ve Çaycuma Organize Sanayi Bölgesi’nde kümelenmiştir.

Anketin uygulanabileceği işletmelerin listeleri Ereğli ve Çaycuma OSB müdürleri ile birebir görüşülerek oluşturulmuştur. Geriye kalan ilçelerde ve il merkezinde OSB bulunmamaktadır. Devrek, Çaycuma, Gökçebey ve Alaplı ilçelerinde anketin uygulanabileceği işletmelerin listesi yine ticaret ve sanayi odası müdürleri ile birebir görüşülerek oluşturulmuştur. Oluşturulan listeler sonucunda anket yapılabilecek yetmiş beş adet işletme belirlenmiş fakat bunlardan bir kısmı çalışmaya dâhil olmak istememiş ve ankete cevap vermemiştir. Gelen anketlerden bir kısmının eksik olması sebebiyle çalışma kapsamından çıkartılması sonucunda altmış bir anket analize dâhil edilebilmiştir.

3.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırma kapsamında belirlenen firmalarla yüz yüze ve çevrimiçi olarak yapılan anket çalışması öncesinde elde edilen bilgilerin sadece araştırma kapsamında kullanılacağı bildirilmiştir. Yine katılımcılara analiz sonuçlarında firma isimlerinin açıklanmayacağı belirtilmiştir. Çalışmanın en önemli kısıtı gerekli bilgilendirmenin yapılmış olmasına rağmen Organize Sanayi Bölgesi ve Ticaret Sanayi Odası müdürleri ile belirlenen listelerde yer alan firmaların bir kısmının anket uygulamasına katılmamış olmasıdır. Özellikle büyük ölçekli işletmelerde bu sorun ile çok sık karşılaşılmıştır. Firmalar sürekli aranmış olmalarına rağmen iş yoğunluğundan dolayı randevu alınamamıştır. Bu sorun firma büyüklüğü ile birlikte artış göstermiştir. Çalışmanın en önemli ikinci kısıtı ise Covid-19 pandemi sürecinin başlaması ile birlikte yüz yüze yöntemi ile başlatılan anket uygulamasının Zonguldak ilinde ilçeler arası geçiş yasağı getirilmesi sebebiyle çevrimiçi olarak devam ettirilmesidir. Devrek, Gökçebey ve Çaycuma ilçelerinde belirlenen firmalar tek tek gezilerek yüz yüze anket uygulaması yapılmıştır. Merkez, Ereğli ve Alaplı ilçelerindeki firmalara anketler çevrimiçi olarak uygulanmıştır. Yine aynı şekilde büyük ölçekli firmalardan çevrimiçi anketlere dönüş çok geç yapılmıştır. Ayrıca birçok firma çevrimiçi olarak gönderilen anketleri cevaplamamıştır. Çevrimiçi gelen anketlerin bir kısmı eksik veya hatalı doldurulduğundan analize dâhil edilememiştir. Bu sorun ile yüz yüze yapılan anketlerin hiç birinde karşılaşılmamıştır. Bir diğer kısıt ise ülkemizde Endüstri 4.0'ı tam anlamıyla uygulayanların çoğunlukla üst düzey firmalar olmasıdır. Türkiye mevcut durumda Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında yer almaktadır. Firmalar ile anket çalışması

gerçekleştirilirken soruların anlaşılmasına ve cevaplanmasına ilişkin zorluklar yaşanmıştır. Anket çalışmasının firmalarda tüm departmanlara uygulanıp departmanlar arası analiz de yapılması planlanırken gerekli bilgiye daha çok üst düzey yöneticilerin sahip olması sebebiyle çalışma sadece genel müdür, müdür, yönetici, firma sahibi ve mühendislerle gerçekleştirilebilmiştir.

3.7. Araştırma Hipotezleri

H₁: Endüstri 4.0 farkındalığı KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₂: İş modeli, ürün ve hizmet geliştirme yöntemleri KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₃: Pazarlama ve müşteriye ulaşma yöntemleri KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₄: Süreç yönetimi uygulamaları KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₅: Bilgi sistemleri altyapısı KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₆: Endüstri 4.0'a bakış sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₇: Endüstri 4.0'a yönelik yapılan çalışmalar sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₈: Endüstri 4.0'a geçiş için firmanın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₉: Ürün veya hizmetleri geliştirme yöntemleri sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₀: Firmanın ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₁: Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₂: Ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₃: Üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₄: Mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₅: Tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesi sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₆: Mevcut kabiliyet ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

3.8. Araştırmanın Bulguları

Çalışmanın bu bölümünde anket sonuçları, yapılan analiz ve hipotez testlerinin sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Öncelikle araştırmaya katılan firmaların sektörlerle ve firma çalışan sayısına göre gruplandırılması ile katılımcıların firmadaki görevlerine göre dağılımı tanımlayıcı istatistikler kullanılarak özetlenmiştir. Daha sonra araştırma kapsamında oluşturulan hipotezlere ilişkin analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

3.8.1. Araştırmaya Katılan Firmalara İlişkin Genel Bulgular

Tablo 3.1’de araştırma kapsamında anket çalışmasına katılan firmaların sektörlerle göre gruplandırılması gösterilmektedir. Tablo 3.1’e göre araştırmaya katılan firmaların 10’u makine, 8’i diğer (medikal malzeme, savunma sanayi, gıda, madencilik, kâğıt, enerji ve mermer), 7’si mobilya, 7’si plastik, 6’sı metal, 6’sı demir-çelik, 6’sı yapı malzemeleri, 4’ü seramik, 4’ü tekstil ve 3’ü orman ürünleri sektörlerinden oluşmaktadır. Toplam firma sayısı altmış birdir. En çok katılım %16,4’lük payla ilk sırada yer alan makine sektörü tarafından sağlanmıştır. İkinci sırada %11,5’lik katılım oranıyla plastik ve mobilya sektörü gelmektedir. Üçüncü sırada %9,8’lik katılım oranıyla metal, demir-çelik ve yapı malzemeleri sektörü gelmektedir. Dördüncü sırada %6,6’lık ve beşinci sırada %4,9’luk paylarla sırasıyla seramik ve orman ürünleri sektörleri yer almaktadır.

Tablo 3.1: Araştırmaya Katılan Firmaların Sektörlere Göre Gruplandırılması

Sektör	Adet	Yüzde
Makine	10	16,4
Diğer	8	13,1
Mobilya	7	11,5
Plastik	7	11,5
Demir-Çelik	6	9,8
Metal	6	9,8
Yapı Malzemeleri	6	9,8
Seramik	4	6,6
Tekstil	4	6,6
Orman Ürünleri	3	4,9
Toplam	61	100

Son olarak %13,1'lik katılım oranıyla diğer (medikal malzeme, savunma sanayi, gıda, kâğıt, enerji, mermer) sektörü yer almıştır. Tablo 3.2'de araştırmaya katılan firmaların firma çalışan sayısına göre gruplandırmaları yer almaktadır.

Tablo 3.2: Araştırmaya Katılan Firmaların Firma Çalışan Sayısına Göre Grupları

Çalışan Sayısına Göre Firma Büyüklüğü	Katılımcı Sayısı	Yüzde
KOBİ (1-249)	50	82
Büyük Ölçekli Firmalar	11	18
Toplam	61	100

Tablo 3.2'de araştırmaya katılan firmaların firma çalışan sayısına göre KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar olarak gruplandırılması görülmektedir. Küçük ve orta büyüklükte işletme (KOBİ): İkiyüzelli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden, mikro işletme, küçük işletme ve orta büyüklükteki işletme olarak sınıflandırılan ekonomik birimler veya girişimlerdir (KOSGEB, 2005: 2). Büyük ölçekli işletmeler ise ikiyüzelli ve üzeri yıllık çalışan istihdam eden

ekonomik birim veya girişimlerdir. Bu kapsamda araştırmaya dâhil edilen firmalar, firma çalışan sayısı üzerinden KOBİ ve büyük ölçekli firma olarak iki gruba ayrılmıştır. Tablo 3.2'ye göre Zonguldak il ve ilçelerinde faaliyet gösteren ve araştırmaya dâhil edilen işletmelerin %82'si KOBİ, %18'i büyük ölçekli firma niteliğindedir. Tablo 3.3'te katılımcıların firmadaki görevlerine göre dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 3.3: Katılımcıların Firmadaki Görevlerine Göre Dağılımı

Firmadaki Görev	Katılımcı Sayısı	Yüzde
Müdür	27	44,3
Yönetici	13	21,3
Mühendis	10	16,4
Genel Müdür	8	13,1
Firma Sahibi	3	4,9
Toplam	61	100

Araştırma kapsamında anket çalışması yapılan kişiler imalat sanayisinde faaliyet gösteren firmalarda genel müdür, müdür (Ar-Ge, üretim, planlama gibi bölüm müdürleri ile fabrika müdürleri), yönetici ve firma sahibi olarak seçilmiştir. Ancak bu görevlerdeki kişilerin katılımcı olamayacağı durumlarda anket çalışmasına firmadaki mühendisler (proje, ar-ge, yazılım, makine, elektrik-elektronik mühendisleri gibi) katılım sağlamıştır. Tablo 3.3'e göre Araştırmaya en fazla katılım sağlayan %44,3'lük oranla müdürlerdir. İkinci sırada %21,3 ile yönetici pozisyonundaki kişiler yer almaktadır. Üçüncü sırada %16,4'lik bir payla mühendisler, dördüncü sırada genel müdürler ve beşinci sırada firma sahipleri yer almaktadır.

3.8.2. Anket Cevaplarına İlişkin Genel Bulgular

Tablo 3.4'de anket soruları ve katılımcıların ankete verdikleri cevaplara ilişkin ortalama değerler gösterilmektedir.

Tablo 3.4: Anket Sorularına Verilen Cevapların Ortalamaları

Anket Soruları	Ortalama	5'li Likert Ölçeği
II. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 ile İLGİLİ SORULAR		
Endüstri4.0 konusundaki bilgi seviyeniz	3,07	1-Fikrim Yok 5-Profesyonel olarak ilgileniyorum
Firmanızın Endüstri 4.0'a bakışı nedir?	3,74	1-İhtiyaç Yok 2-Çok Gerekli
Firmanızda Endüstri4.0'a yönelik çalışmalar yapılıyor mu?	2,62	1-Hiçbir çalışma yok 2-Profesyonel olarak çalışılıyor
Endüstri4.0'a geçiş için firmanızın mevcut bilgi yeterliliği nedir?	2,39	1-Yetersiz 5-Gerekli bilgiye sahip
Firmanızın mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu nedir?	2,62	1-Çok zayıf 5-Çok güçlü
III. BÖLÜM: İŞ MODELİ, ÜRÜN ve HİZMETLER		
Ürün veya hizmetlerinizi geliştirme yönteminiz nedir?	3,66	1-Fiziksel Üretim 5-İleri teknoloji destekli üretim
Ürün veya hizmetlerinizi müşteriye ihtiyacına göre özelleştirme kabiliyetiniz nedir?	3,89	1-Standart toplu üretim 5-Müşteri tarafından özelleştirilebilir ürünler
Üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı nedir?	3,92	1-Veri toplama ve analizi gerçekleştirilmiyor 5-Düzenli olarak veri analizi gerçekleştiriliyor
Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı nedir?	3,08	1-Sadece firma kaynakları kullanılıyor 5-Dış kaynak kullanımı yoğun olarak gerçekleştiriliyor
IV. BÖLÜM: PAZARLAMA ve MÜŞTERİYE ULAŞMA		
Ürün ve hizmetlerin müşteriye tanıtılmasında kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir?	3,38	1-Geleneksel saha pazarlama yöntemleri 5-Çok kanallı fiziksel ve dijital yöntemler
Müşteri talepleri, yorumları, geri bildirimleri için kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir?	3,23	1-Geleneksel yöntemler (telefon, yüz yüze) 5-Dijital yöntemler (website, sosyal medya, forumlar vb.)
Fiyatlandırma politikasında izlenen yöntem çeşitliliği nedir?	3,72	1-Tüm ürün ve hizmetler için sabit fiyat 5-Müşteri potansiyeline, geçmişine ve anlık verilere göre fiyatlandırma
Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu nedir?	3,61	1-Veri analizi gerçekleştirilmiyor 5-Müşteri özellikleri değerlendirilerek düzenli olarak tasarım ve üretim değişikliği yapılıyor
V. BÖLÜM: SÜREÇ YÖNETİMİ		
Ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?	3,23	1-Manuel planlama ve tasarım, düşük otomasyon 5-Tam otomasyon ve bilişim sistemleri (ERP, MRP vb.)
Üretim planlama ve kontrolünde anlık analizler ile talebe göre esneklik kabiliyeti nedir?	3,31	1-Uzun vadeli planlamalar, çoklu üretim 5-Gerçek zamanlı veri toplama ve kısa vadeli plan değişiklikleri

Planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanımı nedir?	3,43	1-Manuel, tecrübeye dayalı operasyonlar 5-Operasyona özgü bilgi sistemi kullanımı
Üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?	3,18	1-Manuel operasyonlar 5- Entegre müşteri yönetimi, dağıtım, tedarik zinciri otomasyonu
Tüm süreçlerinizi değerlendirdiğinizde veriye ulaşma ve analiz etme kolaylığını nasıl değerlendiriyorsunuz?	3,25	1- Çok zor 2-Çok kolay
VI. BÖLÜM: BİLGİ SİSTEMLERİ ALTYAPISI		
Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu nedir?	2,80	1-Hiç uygun değil 2-Tamamen uygun
Üretim ve müşteri verilerinin toplanmasında ve analizinde kullanılan sistemlerin olgunluk seviyesi nedir?	2,92	1-Gerekli durumlarda manuel veri toplama ve analiz 2-Gerçek zamanlı analize olanak sağlayan entegre sistemler
Sosyal medya, mobil uygulamalar, veri analizi araçları, bulut tabanlı hizmetler gibi teknolojilerin kullanım yoğunluğu nedir?	2,85	1-Kullanılmıyor 2-Profesyonel olarak kullanılıyor
Mevcut bilgi sistemleri altyapısının ihtiyaçları karşılama seviyesi nedir?	3,00	1-Çok yetersiz 2-Çok yeterli
Tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?	2,89	1-Firma dışı entegrasyon yok 2-Tüm paydaşlarla tam entegrasyon
Dış paydaşlarınıza (tedarikçiler, partnerler, dağıtıcılar vb.) ulaşma ve yönetme kolaylığını nasıl değerlendiriyorsunuz?	3,20	1-Çok zor 2-Çok kolay
Mevcut veri toplama ve analiz etme kabiliyetlerinizi nasıl değerlendiriyorsunuz?	3,28	1-Çok yetersiz 2-İhtiyaçları tam olarak karşılıyor
VII. BÖLÜM: DEĞERLENDİRME		
Mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli mi? (üretim, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı vb.)	2,77	1-Sınırlı 2-Endüstri 4.0 için hazırız
Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?	3,92	1-Beklenen kazanımları sağlamayacaktır 2-Tüm beklentileri karşılayacaktır
Modelleme ve Simülasyon teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?	4,30	1-Hiç faydası olamayacaktır 2-Çok faydalı olacaktır
Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?	3,90	1-Hiç faydası olamayacaktır 2-Çok faydalı olacaktır
KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a geçişin gerekli görüyor musunuz?	3,98	1-Hiç gerek yok 2-Çok gerekli
KOBİ'ler Endüstri 4.0 gerekliliklerini sağlayabilirler mi?	3,23	1-Kesinlikle sağlayamaz 2-Kesinlikle sağlar
Endüstri 4.0'a uyum sağlanamaz ise KOBİ'lerin rekabet edebilirliği nasıl etkilenir?	3,59	1-Hiç etkilenmez 2-Rekabet edemez

Araştırma kapsamında kullanılan anketin ilk bölümünde firmalara ilişkin genel bilgiler yer almaktadır. İlk bölümdeki sorulara verilen cevaplar “Araştırmaya Katılan Firmalara İlişkin Genel Değerlendirme” başlığı altında incelenmiştir.

Anketin ikinci bölümünde Endüstri 4.0 ile ilgili sorular yer almaktadır. İkinci bölümü oluşturan Endüstri 4.0 ile ilgili sorulara bakıldığında 3,74 ile en yüksek ortalama “Firmanızın endüstri 4.0’a bakışı nedir?” sorusuna verilen cevaplara aittir. Bu durum Zonguldak il ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi işletmelerinin Endüstri 4.0’ı oldukça gerekli gördükleri anlamına gelmektedir. İlk bölüme ilişkin sorularda, ikinci sırada 3,07 ortalama ile “Endüstri 4.0 konusundaki bilgi seviyeniz” sorusuna verilen cevaplar yer almıştır. Yine buradan firmaların Endüstri 4.0 konusundaki bilgi seviyesinin iyi derecede olduğu çıkartılabilmektedir. “Firmanızda Endüstri 4.0’a yönelik çalışmalar yapılıyor mu? Endüstri 4.0’a geçiş için firmanızın mevcut bilgi yeterliliği nedir? Firmanızın mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu nedir?” sorularının cevaplarına ilişkin ortalama değerlere bakıldığında tümünün “2” civarında olduğu görülmektedir. Buradan firmalar her ne kadar Endüstri 4.0’ı gerekli görse ve hakkında genel bilgiye sahip olsalar da firmaların teknolojik altyapıları, Endüstri 4.0 çalışmaları ve mevcut bilgi yeterlilikleri yönünde eksiklikleri olduğu anlaşılmaktadır.

Üçüncü bölüm olan iş modeli, ürün ve hizmetlere ilişkin sorulara verilen cevapların ortalamalarına bakıldığında, en yüksek ortalama 3,92 ile “Üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı nedir?” sorusuna verilen cevaplara aittir. Bu durum göstermektedir ki firmalar büyük veri, bulut bilişim gibi teknolojileri kullanmakta ve yazılım boyutunda Endüstri 4.0’ın gereklerine kısmen uygun durumdadır. İkinci sırada 3,89’luk ortalama ile “Ürün veya hizmetlerinizi müşteriye ihtiyacına göre özelleştirme kabiliyetiniz nedir?” soruna verilen cevaplar yer almaktadır. Endüstri 4.0’ın en önemli bileşenlerinden birisi müşteri tarafından özelleştirilebilen ürünlerdir. Tasarımdan üretime kadar tüm süreçlerde müşteri firma ile birlikte karar verebilmektedir. Soruya verilen cevapların ortalamalarına bakıldığında, firmalar bu konuda iyi durumda görünmektedir. “Ürün veya hizmetlerinizi geliştirme yönteminiz nedir?” sorusunun cevabına ilişkin ortalama 3,66 olduğu görülmektedir. Buradan firmaların çoğunlukla ileri

teknoloji destekli üretim gerçekleştirdikleri anlaşılmaktadır. Yine “Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı nedir?” sorusuna veren cevapların 3,8’lik bir ortalamaya sahip olması, imalat sanayi firmalarının genel olarak yoğun dış kaynak kullandığını göstermektedir.

Dördüncü bölümü içeren “Pazarlama ve Müşteriye Ulaşma” başlığı altındaki sorulara verilen cevapların ortalamalarına bakıldığında, 3,72’lik ortalama ile ilk sırada “Fiyatlandırma politikasında izlenen yöntem çeşitliliği nedir?” sorusuna verilen cevaplar yer almaktadır. Cevapların ortalaması göstermektedir ki firmalar genellikle müşteri potansiyeline, geçmişine ve anlık verilere göre fiyatlandırma politikası izlemektedir. Dördüncü bölümdeki tüm sorulara verilen cevapların ortalamaları 3’ün üzerinde değerlerdir. Bu durum büyük çoğunlukla firmaların pazarlama ve müşteriye ulaşma yöntemlerinin başarılı olduğunu göstermektedir.

Beşinci bölüm “Süreç Yönetimi” başlığı altındaki sorulardan oluşmaktadır. Firmaların süreç yönetimine ilişkin sorulara verdiği cevapların ortalama değerlerine bakıldığında, tümünün 3’ün üzerinde olduğu görülmektedir. Buradan firmaların çoğunluğunun ERP, MRP gibi tam otomasyon ve bilişim sistemlerini kullandığını, gerçek zamanlı veri toplama ve kısa vadeli plan değişiklikleri yaptığını, tüm süreçlerini değerlendirdiklerinde veriye ulaşma ve analiz etme konularında problem yaşamadıklarını, tüm verilerin sensörler, IoT vb. bağlantılar ile otomatik olarak sistemlere aktarılmasında başarılı oldukları görülmektedir.

Altıncı bölüm bilgi sistemleri altyapısının mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla oluşturulan soruları kapsamaktadır. Bu bölümdeki sorulara verilen cevaplara ilişkin ortalama değerlere bakıldığında mevcut veri toplama, veri analiz etme, dış paydaşlara ulaşma - yönetme, mevcut bilgi sistemleri altyapısının ihtiyaçları karşılama konularında firmaların çoğunlukla sorun yaşamadığı ve başarılı olduğu söylenebilmektedir. Ancak yine cevaplara ilişkin ortalamalar değerlendirildiğinde mevcut bilgi sistemlerinin Endüstri 4.0 ile uyumluluğu, veri analizinde kullanılan yöntemlerin olgunluğu, tüm paydaşlarla tam entegre olma konularında ortalama “2” düzeylerinde kaldıkları görülmektedir.

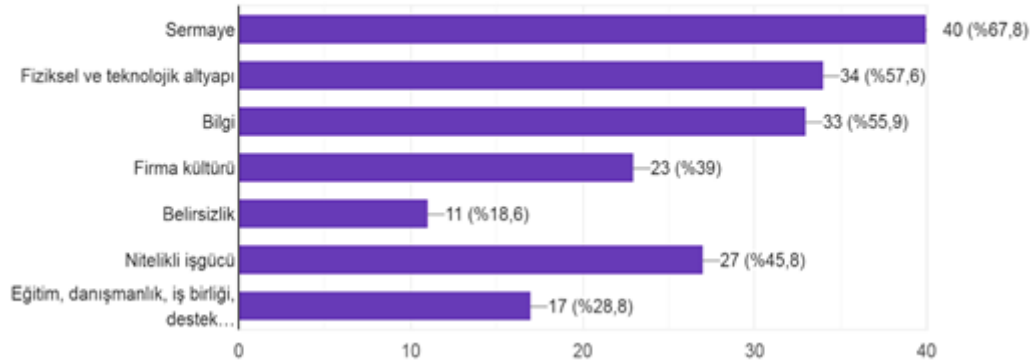
Yedinci bölüm olan “Değerlendirme” başlığı altındaki soruların büyük kısmı 5’li Likert ölçeğine göre oluşturulmuştur. Firmaların Endüstri 4.0 ve teknolojilerini değerlendirdiği son bölümdeki sorulara verilen cevaplara ilişkin ortalamalara bakıldığında, en yüksek ortalama 4,30 ile “Modelleme ve Simülasyon teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?” sorusuna ilişkin cevapların ortalaması olmuştur. Aynı şekilde “Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?” sorusuna ilişkin cevapların ortalamasının 3,92 ve “Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?” sorusunun cevaplarına ilişkin ortalamanın 3,90 gibi yüksek düzeylerde olduğu görülmektedir. Bu ortalamalar göstermektedir ki, Zonguldak il ve ilçelerinde faaliyet gösteren imalat sanayi firmalarının büyük bir çoğunluğu, Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojilerin firmalarına önemli derecede katkı sağlayacağını ve tüm beklentileri karşılayacağını düşünmektedir. Ayrıca firmaların modelleme ve simülasyon ile sanal gerçeklik ve arttırılmış gerçeklik sorularına verdiği cevapların ortalamalarından Endüstri 4.0 ve teknolojileri konularındaki bilgi düzeylerinin iyi olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan bölümün en yüksek ikinci ortalaması” KOBİ’lerin Endüstri 4.0’a geçişini gerekli görüyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplara ilişkin 3,98’lik ortalama olmuştur. Bu da göstermektedir ki araştırmaya katılan firmalar KOBİ kapsamındaki firmalar için Endüstri 4.0 ve teknolojilerini gerekli görmektedir. Ayrıca “Endüstri 4.0’a uyum sağlanamaz ise KOBİ’lerin rekabet edebilirliği nasıl etkilenir?” sorusuna ilişkin cevapların ortalaması 3,59’dur. Bu durumda firmaların büyük bir çoğunluğunun KOBİ’lerin gereklilikleri sağlayamadığı takdirde rekabet gücünü kaybedecekleri konusunda hemfikir oldukları görülmektedir.

Bölümün son kısmında çoktan seçmeli ve açık uçlu iki soru bulunmaktadır. İlk olarak katılımcılardan “Endüstri 4.0’a geçişte KOBİ’lerin karşılaçacakları en büyük 3 sorun nedir?” sorusuna sermaye, fiziksel ve teknolojik altyapı, bilgi, firma kültürü, belirsizlik, nitelikli işgücü, eğitim, danışmanlık, iş birliği ve destek yetersizlikleri şıklarından oluşan yedi adet sorundan kendilerine göre en önemli olan üç tanesini seçmeleri istenmiştir. Grafik 3.1’de verilen cevaplara ilişkin yüzde değerleri gösterilmektedir.

Grafik 3.1: Endüstri 4.0' Geçişte KOBİ'lerin Karşılaşacağı En Büyük 3 Sorun

Endüstri 4.0'a geçişte KOBİ'lerin karşılaşacakları en büyük 3 sorun nedir?

59 yanıt



Kaynak: Yazar tarafından anket uygulamasından elde edilen verilerden oluşturulmuştur.

Grafik 3.1'e bakıldığında, katılımcı 40 firma en büyük sorunu sermaye olarak belirlemiş ve sermaye sorunu %66,7 oranında bir payla ilk sırada yer almıştır. Yine katılımcı otuz dört firma ikinci en büyük sorunu fiziksel ve teknolojik altyapı olarak belirlemiş; fiziksel ve teknolojik altyapı sorunu %56,7 oranında bir payla ikinci sırada yer almıştır. Katılımcı firmalardan otuz üç tanesi en büyük sorunu "bilgi" olarak belirlemiş ve bilgi yetersizliği sorunu %55'lik bir payla üçüncü sırada yer almıştır. Şekil 3.1' de görüldüğü gibi firmalar için Endüstri 4.0'a geçişte en büyük sorun sermaye yani altyapı maliyetleridir. Endüstri 4.0'ın uygulanması için gerekli donanım ve yazılım altyapılarını oluşturmak firmalar için oldukça maliyetli bir süreç olacaktır. Siber fiziksel sistemlerin oluşturulması, tüm cihazların nesnelerin interneti ile birbirine bağlanması, büyük veri toplamak ve analiz etmek için gerekli altyapının oluşturulması ile nitelikli personelin istihdamı hem sermaye hem de teknik - teknolojik zorlukların başında gelmektedir. Ayrıca üretimde kullanılacak otonom robotlar ülke içinde üretilemediği, yurtdışından ithal edildiği takdirde ciddi bir maliyet gerektirecektir. Endüstri 4.0'a geçişte firmalara devlet sübvansiyonları ve düşük faizli banka kredileri sağlanması sermaye sorunu için bir çözüm yolu olacaktır. Ayrıca eğitim sisteminde teknik personel yetiştirmeye yönelik iyileştirme çalışmaları ile hem nitelikli iş gücü eksikliği kapanacak hem de gerekli teknik - teknolojik bilgi eksikliği giderilmiş olacaktır.

Yine bölümün son kısmında katılımcılara "Endüstri 4.0 sizin için ne ifade ediyor?" sorusu sorulmuş ve anahtar kelimeler kullanılarak sorunun cevaplanması istenmiştir. Katılımcılar cevaplarında en çok otomasyon daha sonra gelecek,

rekabet, gelişim, yapay zekâ, internet tabanlı üretim, siber fiziksel sistemler, bilgi ve anlık veri erişimi gibi anahtar kelimeleri kullanmışlardır. Buradan anlaşılacağı üzere, katılımcılar çoğunlukla Endüstri 4.0 ve beraberinde getirdiği teknolojiler hakkında bilgi sahibidir. Anket sorularına ilişkin cevapların ortalama değerleri de bunu destekler niteliktedir.

Özetle katılımcıların farkındalık ve bilgi seviyelerinin “iyi” düzeyde olmasına rağmen, mevcut teknolojik alt yapılarının Endüstri 4.0 ile uygunluğu ve bu konuda yapılan çalışmalar düşük düzeydedir. Anket sorularına ilişkin cevapların ortalamaları göstermektedir ki birçok firma yazılım konusunda iyi durumdayken donanım konusunda eksiklikler yaşamaktadır. Anket aşamasında görüşülen firmaların bir kısmı gerekli donanıma sahip olmakla birlikte (robot kolları gibi) bunları kullanacak nitelikli iş gücünden yoksun olduklarını belirtmiştir. Bu durum eğitim sisteminde teknik personel yetiştirmeye yönelik gerekli değişim ve dönüşümün yapılmasını, iş yerlerindeki çalışanlara Endüstri 4.0 ile ilgili eğitim programları hazırlanmasını gerektirmektedir.

3.8.3. Anket Güvenilirlik Analizi

Sosyal bilim araştırmalarında, ölçeklerin tutarlı ölçüm yapıp yapmadıkları ve ölçek maddeleri arasında tutarlılık olup olmadığı güvenilirlik analizi ile belirlenmektedir. Güvenilirlik; bir ölçüm aracının ne derece tutarlı ölçüm yaptığını göstermektedir (Gülbüz ve Şahin, 2017: 329).

Araştırmada kullanılan anketin güvenilirlik ölçümünde, sosyal bilimlerde en çok kullanılan iç tutarlılık güvenilirliği yöntemi kullanılmıştır. İç tutarlılık güvenilirliği, ölçüm aracında yer alan maddelerin kendi aralarında tutarlılık gösterip göstermediğini test etmek amacıyla kullanılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, bir ölçme aracının tek seferde yapılan ölçümle belirlenen kavramsal yapıyı tutarlı bir şekilde ölçüp ölçmediğini göstermektedir (Gülbüz ve Şahin, 2017: 329). İç tutarlılık analizleri farklı istatistiksel yöntemlerle yapılabilmektedir. Araştırmada kullanılan anketin iç tutarlılık güvenilirliği, bir ölçme aracında içsel tutarlılık hesaplanmasında kullanılan en yaygın ve en güçlü yöntem olan Cronbach alfa değeri ile hesaplanmıştır. Cronbach alfa (α) değeri ölçüm aracında maddelerin birbirleriyle tutarlı olup olmadığını ve maddelerin belirlenen kavramı ölçüp

ölçmediğini belirlemektedir (Gürbüz ve Şahin 2017: 157). Tablo 3.5’de Endüstri 4.0 Farkındalık anketine ait iç tutarlılık güvenilirliği Cronbach alfa değeri ile gösterilmektedir.

Tablo 3.5: Anket Güvenilirlik İstatistikleri

Cronbach Alpha Değeri	Standart Maddelere Dayalı Cronbach Alpha Değeri	Madde Sayısı
,929	,931	33

Tablo 3.5’de yer alan sonuçlara göre anketin güvenilirlik katsayısı 0,929’dur. Bu değerin en az 0,70 olması gerekir. Cronbach alfa değerinin gerekli şartı sağlaması ankette yer alan maddelerin belirlenen kavramla ilişkili olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda standart maddelere dayalı Cronbach alfa değeri 0,931’dir. Bu değere göre de maddelerin kendi aralarında ilişkili olduğu söylenebilmektedir. Ankette 5’li Likert ölçeğine göre oluşturulmuş toplam otuz üç soru bulunmaktadır. Cronbach alfa analizi sürekli değişken değerine sahip maddeler için kullanılmaktadır. Cronbach alfa değerinin hesaplanması korelasyona dayanmaktadır. Bu sebeple analiz söz konusu otuz üç soru için yapılmıştır. Tablo 3.6’da ölçüm aracına ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.6: Ölçüm Aracına İlişkin İstatistikler

Ortalama Değer	Varyans	Standart Sapma	Madde Sayısı
108,97	407,999	20,199	33

Tablo 3.6’da görüldüğü gibi ortalama değer “108,97”, varyans “407,999” ve standart sapma “20,199” olarak hesaplanmıştır. Ayrıca maddeler arası korelasyon ve maddeler ile toplam korelasyon değerleri arasındaki istatistiklere bakıldığında, her hangi bir maddenin silinmesi hâlinde ölçeğin güvenilirlik katsayısının 0,929 değerinden yüksek bir değer almadığı görülmektedir. Bu nedenle anketten madde çıkarmaya gerek yoktur.

Özetle Endüstri 4.0 farkındalık anketi güvenilirlik analizi Cronbach alfa (α) değeri hesaplanarak yapılmıştır. Güvenilirlik katsayısı 0,929’dur. Bu değer anketi oluşturan otuz üç maddenin iç tutarlılık güvenilirliğini göstermektedir. Ölçüm

aracındaki maddeler arasında iç tutarlık değeri kabul edilebilir değer olan 0,70'ten yüksektir.

3.8.4. Normallik Testleri

Anket verilerinin analizinde uygulanacak olan Bağımsız Örneklem T testi ve ANOVA testleri parametrik testlerdir. Bu testler uygulanmadan önce veri setinin normal dağılım gösterip göstermediğine bakılması gerekmektedir. Bağımsız örneklem T testi normallik testinin uygulanabilmesi için anket bölümlerinde yer alan başlıklara ait soruların ortalamaları alınarak, her bölüme ait tek bir değişken elde edilmiştir. Bunun sonucunda ikinci bölüme ait sorulara verilen cevaplardan elde edilen Endüstri_Ort, sırasıyla üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı ve yedinci bölümlere ait sorulara verilen cevaplardan elde edilen “İşModeli_Ort”, “Pazarlama_Ort”, “Süreç_Ort”, “Bilgi_Ort” ve “Değerlendirme_Ort” şeklinde toplam altı değişken oluşturulmuştur. Ayrıca katılımcı firmalar KOBİ (yıllık 250'den az çalışan istihdam eden) ve büyük ölçekli firmalar (yıllık 250'den fazla çalışan istihdam eden) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Tablo 3.7'de bağımsız örneklem T testi analizi için veri setine ilişkin normallik testi sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 3.7'e bakıldığında büyük ölçekli firmaların (250+) Kolomogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testlerinin her ikisinde de “p” anlamlılık düzeyi değerleri 0,05'ten büyüktür ($p > 0.05$). Bu durumda büyük ölçekli firmalara ilişkin verilerin normal dağılım gösterdiği söylenebilmektedir. Ancak KOBİ (1-249) kapsamındaki firmalara ilişkin normallik sonuçlarına bakıldığında, İşModeli_Ort, Pazarlama_Ort ve Değerlendirme_Ort sonuçlarının “p” anlamlılık düzeyi olan 0,05'ten daha küçük değerler aldığı görülmektedir ($p < 0,05$). KOBİ kapsamındaki firmalara ilişkin veriler normal dağılım şartını sağlayamamıştır. Bu sebeple ikincil normallik kontrol testleri olan Skewness (çarpıklık) ve Kurtosis (basıklık) değerlerine bakılmıştır. Büyük ölçekli ve KOBİ kapsamındaki firmalara ilişkin tüm çarpıklık ve basıklık değerleri -2 ile +2 aralığındadır. Bu değerler tolerans değerleri olarak kabul edilmektedir. Bu sonuçlara göre çarpıklık ve basıklık değerleri tolerans dâhilindedir ve normal dağılım olduğu kabul edilir (George ve Mallery, 2016:113).

Tablo 3.7: Bağımsız Örneklem T Testi İçin Veri Setine İlişkin Normallik Testi Sonuçları

		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
FirmaCalisanSayı		İstatistik	df	p	İstatistik	df	p
Endüstri_Ort	KOBİ (1-249)	,140	50	,016	,970	50	,236
	Büyük Ölçekli (250+)	,169	11	,200	,928	11	,386
İşModeli_Ort	KOBİ (1-249)	,178	50	,000	,922	50	,003
	Büyük Ölçekli (250+)	,235	11	,091	,868	11	,072
Pazarlama_Ort	KOBİ (1-249)	,133	50	,027	,948	50	,028
	Büyük Ölçekli (250+)	,140	11	,200	,932	11	,436
Süreç_Ort	KOBİ (1-249)	,108	50	,200	,970	50	,229
	Büyük Ölçekli (250+)	,206	11	,200	,936	11	,480
Bilgi_Ort	KOBİ (1-249)	,134	50	,025	,965	50	,147
	Büyük Ölçekli (250+)	,166	11	,200	,939	11	,513
Değerlendirme_Ort	KOBİ (1-249)	,145	50	,010	,954	50	,048
	Büyük Ölçekli (250+)	,151	11	,200	,962	11	,792

Ayrıca Fisher’in çarpıklık katsayısı olan Skewness değerini bulmak için çarpıklık katsayısı çarpıklık değerinin standart hatasına bölünmüştür. Elde edilen değer standart z değerleri ile kıyaslandığında %5 anlamlılık düzeyine göre -1,96 ile +1,96 değerleri arasındadır. Bu sonuca göre çarpıklığın olmadığı ve normale yakın dağılımın olduğu kabul edilir (Kalaycı: 2010:56). Diğer biz analiz yöntemi olan ANOVA normallik testlerinin uygulanabilmesi için yine anket bölümlerinde yer alan başlıklara ait soruların ortalamaları alınarak her bölüme ait tek bir değişken elde edilmiştir. Bunun sonucunda ikinci bölüme ait sorulara verilen cevaplardan elde edilen Endüstri_Ort, sırasıyla üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı ve yedinci bölümlere ait sorulara verilen cevaplardan elde edilen “İşModeli_Ort”, “Pazarlama_Ort”, “Süreç_Ort”, “Bilgi_Ort” ve “Değerlendirme_Ort” şeklinde toplam altı değişken oluşturulmuştur. Ayrıca katılımcı firmalar firma faaliyet alanı sorusuna verdikleri cevaplara göre sektörlere ayrılmış; seramik, plastik, metal, demir-çelik, mobilya, yapı malzemeleri, makine, tekstil, orman ürünleri ve diğer olmak üzere toplam on sektör belirlenmiştir. Belirlenen on sektörden elde edilen cevapların normallik dağılımına bakıldığında Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk testlerinde tüm sektörlere ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,05’in üzerinde

değerler almıştır ($p>0,05$). Bu durumda farklı sektörlerde faaliyet gösteren firmaların sorulara verdikleri cevaplardan elde edilen verilerin normal dağılım gösterdiği söylenebilmektedir. Araştırma kapsamında yer alan değişkenlerin dağılımlarının biçimlerini ortaya çıkarmak, değişkenlerin yapısının anlaşılması açısından önemlidir. Normallik kontrollerinde geçerli olan ve ilk sırada uygulanan Kolmogorov-Simirnov ve Shapiro-Wilk testleridir. Ancak dağılımların biçimleri çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) hesaplamalarıyla da ortaya konulabilmektedir (Gürbüz ve Şahin, 2017: 212).

3.8.5. Araştırma Hipotezlerinin Değerlendirilmesi

Araştırmaya ilişkin veriler ve araştırma hipotezleri IBM SPSS Statistics 22 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırma hipotezlerinin değerlendirilmesi iki grubun karşılaştırılmasında bağımsız örneklem T testi ve ikiden fazla grubun karşılaştırılmasında ANOVA testi uygulanarak yapılmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan anket sorularından $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8, H_9, H_{10}, H_{11}, H_{12}, H_{13}, H_{14}, H_{15}, H_{16}$ olmak üzere toplamda on altı adet test edilecek hipotez oluşturulmuştur.

Bağımsız örneklem T testi; iki ayrı örneklemin belirli bir değişkene ait ortalamalarının karşılaştırılmasını içermektedir. Birbirinden bağımsız iki örneklemin aynı değişkene ilişkin ortalamaları karşılaştırılarak, ortalamalar arasındaki farkın belirli bir anlamlılık oranında önemli olup olmadığı ortaya konulmaktadır (Gürbüz ve Şahin, 2017: 230). Yukarıda belirtilen H_1, H_2, H_3, H_4, H_5 hipotezlerinin test edilmesinde bağımsız örneklem T testi kullanılmıştır. Katılımcıların anketin ilk bölümünde belirttikleri firma büyüklüklerine göre “KOBİ kapsamındaki firmalar” ve “büyük ölçekli firmalar” olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Bu iki grubun Endüstri 4.0 farkındalığı, iş modeli ürün ve hizmetler, pazarlama, müşteriye ulaşma, süreç yönetimi ve bilgi sistemleri altyapılarının arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı incelenmiştir.

ANOVA testi ise grup ortalamaları ve bunlara bağlı olan işlemleri analiz etmek için kullanılmaktadır. ANOVA testi ikiden fazla grubun ortalamalarının birbirine eşit olup olmadığını sınamak için yapılmaktadır. ANOVA testinde bağımsız değişkenler genellikle “faktör” olarak adlandırılmaktadır. ANOVA testinin uygulandığı modellerde bir veya birden fazla faktör söz konusu olabilmektedir. Eğer bir faktör varsa bu analiz tek yönlü ANOVA (varyans)

analizidir. Tek yönlü ANOVA analizinin amacı, tek bir değişkene ilişkin ikiden fazla grubun ortalamalarının karşılaştırılarak belirli bir anlamlılık oranında farkın olup olmadığını test etmektedir (Gürbüz ve Şahin, 2017: 236). Yukarıda belirtilen H₆, H₇, H₈, H₉, H₁₀, H₁₁, H₁₂, H₁₃, H₁₄, H₁₅, H₁₆, H₁₇ hipotezlerinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır. Katılımcıların anketin birinci bölümünde belirttikleri firma faaliyet alanları sektörlere göre ayrılmış; seramik, plastik, metal, demir-çelik, mobilya, yapı malzemeleri, makine, tekstil, orman ürünleri ve diğer olmak üzere toplamda on sektör belirlenmiştir. Tek yönlü ANOVA testi ile anket sorularına ilişkin cevapların belirlenen sektörler arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir.

Hipotezler belirlenen sıralama dâhilinde incelenmiştir.

H₁: Endüstri 4.0 farkındalığı KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁ hipotezinin test edilmesinde bağımsız örneklem T testi kullanılmıştır. Katılımcıların anketin ilk bölümünde firma büyüklüğü sorusuna verdiği cevaplara göre KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken Endüstri 4.0 farkındalığı, bağımsız değişken ise firma büyüklüğü olarak belirlenmiştir. Tablo 3.8’de katılımcı firmaların oluşturduğu örnekleme ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.8: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örnekleme İlişkin İstatistikler

	Firma Çalışan Sayı	Örneklem Büyüklüğü	Ortalama	Standart Sapma
Endüstri_Ort	KOBİ (1-249)	50	2,8000	,91071
Endüstri_Ort	Büyük Ölçekli (250+)	11	3,2909	,90050

Tablo 3.8 incelendiğinde katılımcı firmalardan oluşan örneklem sayısının altmış bir olduğu görülmektedir. Bunlardan elli tanesi KOBİ ve on bir tanesi büyük ölçekli firma kapsamındadır. KOBİ kapsamındaki firmaların vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalama değer 2,8000; büyük ölçekli firmalara ait değerin ise 3,2909 olduğu görülmektedir. İki grubun aldıkları ortalama değerler arasında fark olduğu söylenebilmektedir. Ancak bu farkın anlamlı bir fark olup olmadığı Bağımsız örneklem T testi sonuçlarına göre değerlendirilecektir. Tablo 3.9.’da bağımsız örneklem T testine ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.9: Bağımsız Örneklem T Testine İlişkin İstatistikler

Faktörler		F	p1	t	df	p2	Ortalama Farkı
Endüstri_Ort	Eşit varyans varsayımında	,004	,952	-1,622	59	,110	-,49091
Endüstri_Ort	Eşit olmayan varyans varsayımında			-1,634	14,853	,123	-,49091

Tablo 3.9’da ilk olarak Levene testi sonuçlarına bakılır. Levene testi sonuçlarına göre “p1” anlamlılık değeri 0.05’ten daha yüksek bir değer almıştır (0,952>0.05). Bu durumda Levene testi sonuçlarına göre varyans eşitliği sağlanmıştır. Varyans eşitliğinin sağlandığı durumlarda “eşit varyans sayımında” satırındaki “p2” değeri dikkate alınır. Bağımsız örneklem T testine ilişkin ilk satırda yer alan “p2” değerine bakıldığında 0,05’ten daha yüksek bir değer olduğu görülmektedir (0,110>0.05). Elde edilen bulgulara göre, KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmaların Endüstri 4.0 farkındalığı arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($t_{(59)} = -1,622$; $p > 0.05$). Bağımsız örneklem T testine göre H_1 hipotezi reddedilir. Özetle katılımcı firmaların Endüstri 4.0 farkındalığı firma büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

H_2 : İş modeli, ürün ve hizmet geliştirme yöntemleri KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H_2 hipotezinin test edilmesinde bağımsız örneklem T testi kullanılmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken iş modeli, ürün ve hizmet geliştirme yöntemleri, bağımsız değişken firma büyüklüğü olarak belirlenmiştir. Tablo 3.10’ da katılımcı firmaların oluşturduğu örnekleme ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.10: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örnekleme İlişkin İstatistikler

	Firma Çalışan Sayı	Örneklem Büyüklüğü	Ortalama	Standart Sapma
İşModeli_Ort	KOBİ (1-249)	50	3,6750	,77797
İşModeli_Ort	Büyük Ölçekli (250+)	11	3,4545	,70550

Tablo 3.10’a bakıldığında katılımcı firmalardan oluşan örneklem sayısının altmış bir olduğu görülmektedir. Bunlardan elli tanesi KOBİ ve on bir tanesi büyük ölçekli firma kapsamındadır. KOBİ kapsamındaki firmaların vermiş oldukları

cevaplara ilişkin ortalama değerin 3,6750; büyük ölçekli firmalara ait değerin ise 3,4545 olduğu görülmektedir. İki grubun aldıkları ortalama değerler arasında büyük bir fark yoktur. Bu farkın anlamlı bir fark olup olmadığı bağımsız örneklem T testi sonuçlarına göre değerlendirilecektir. Tablo 3.11’de bağımsız örneklem T testine ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.11: Bağımsız Örneklem T Testine ilişkin istatistikler

Faktörler		F	p1	t	df	p2	Ortalama Farkı
İşModeli_ Ort	Eşit varyans varsayımında	,012	,914	,864	59	,391	,22045
İşModeli_ Ort	Eşit olmayan varyans varsayımında			,921	15,835	,371	,22045

Tablo 3.11’de görüldüğü gibi Levene testi sonuçlarına göre “p1” anlamlılık değeri 0.05’ten daha yüksek bir değer almıştır ($0,914 > 0.05$). Bu durumda Levene testi sonuçlarına göre varyans eşitliği sağlanmıştır. Bağımsız örneklem T testine ilişkin ilk satırda yer alan “p2” değerine bakıldığında 0,05’ten daha yüksek bir değer olduğu görülmektedir ($0,391 > 0.05$). Elde edilen bulgulara göre, KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmaların iş modeli, ürün ve hizmet geliştirme yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. ($t_{(59)} = 0,864$; $p > 0.05$). Bağımsız örneklem T testine göre H_2 hipotezi reddedilir. Özetle katılımcı firmaların iş modeli, ürün ve hizmet geliştirme yöntemleri firma büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

H_3 : Pazarlama ve müşteriye ulaşma yöntemleri KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H_3 hipotezinin test edilmesinde KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar olmak üzere iki grubun karşılaştırılması yapıldığından yine Bağımsız örneklem T testi kullanılmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken pazarlama ve müşteriye ulaşma yöntemleri, bağımsız değişken ise firma büyüklüğü olarak belirlenmiştir. Tablo 3.12’de katılımcı firmaların oluşturduğu örnekleme ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.12: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örneklem İlişkin İstatistikler

	FirmaCalisanSayı	Örneklem Büyükülüğü	Ortalama	Standart Sapma
Pazarlama_Ort	KOBİ (1-249)	50	3,4300	,88214
Pazarlama_Ort	Büyük Ölçekli (250+)	11	3,7273	,69331

Tablo 3.12’ye bakıldığında katılımcı firmalardan oluşan örneklem sayısının altmış bir olduğu görülmektedir. Bu firmalardan elli tanesi KOBİ ve on bir tanesi büyük ölçekli firma kapsamındadır. KOBİ kapsamındaki firmaların vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalama değer 3,4300 ve büyük ölçekli firmalara ait ortalama değer 3,7273’tür. İki grubun aldıkları ortalama değerler arasında büyük bir fark yoktur. Bu farkın anlamlı bir fark olup olmadığı bağımsız örneklem T testi sonuçlarına göre değerlendirilecektir. Tablo 3.13’de bağımsız örneklem T testine ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.13: Bağımsız Örneklem T Testine İlişkin İstatistikler

Faktörler		F	p1	t	df	p2	Ortalama Farkı
Pazarlama_Ort	Eşit varyans varsayımında	,217	,643	-1,046	59	,300	-,29727
Pazarlama_Ort	Eşit olmayan varyans varsayımında			-1,221	17,927	,238	-,29727

Tablo 3.13’de görüldüğü gibi Levene’s testi sonuçlarına göre “p1” anlamlılık değeri 0.05’ten daha yüksek bir değer almıştır (0,643>0.05). Bu durumda Levene testi sonuçlarına göre varyans eşitliği sağlanmıştır. Bağımsız örneklem T testine ilişkin ilk satırda yer alan “p2” değerine bakıldığında 0,05’ten daha yüksek bir değer olduğu görülmektedir (0,300>0.05). Elde edilen bulgulara göre, KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli pazarlama ve müşteriye ulaşma yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. ($t_{(59)} = -1,046$; $p>0.05$). Bağımsız örneklem T testine göre H_3 hipotezi reddedilir. Özetle katılımcı firmaların pazarlama ve müşteriye ulaşma yöntemleri firma büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

H₄: Süreç yönetimi uygulamaları KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₄ hipotezinin test edilmesinde yine iki farklı grup karşılaştırılacağı için bağımsız örneklem T testi uygulanmıştır. Hipotezin bağımlı değişkeni süreç yönetimi uygulamaları bağımsız değişkeni ise firma büyüklükleri olarak belirlenmiştir. Tablo 3.14’de katılımcı firmaların oluşturduğu örnekleme ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.14: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örnekleme İlişkin İstatistikler

	FirmaCalısanSayı	Örneklem Büüklüğü	Ortalama	Standart Sapma
Süreç_Ort	KOBİ (1-249)	50	3,1400	,90874
Süreç_Ort	Büyük Ölçekli (250+)	11	3,6818	,86427

Tablo 3.14’e bakıldığında katılımcı firmalardan oluşan örneklem sayısının altmış bir olduğu görülmektedir. Bu firmalardan elli tanesi KOBİ ve on bir tanesi büyük ölçekli firma kapsamındadır. KOBİ kapsamındaki firmaların vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalama değer 3,1400 ve büyük ölçekli firmalara ait ortalama değer 3,6818’dir. İki grubun aldıkları ortalama değerler arasında büyük bir fark olmadığı görülmektedir. Ancak bu farkın anlamlı bir fark olup olmadığı bağımsız örneklem T testi sonuçlarına göre değerlendirilecektir. Tablo 3.15’de bağımsız örneklem T testine ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.15: Bağımsız Örneklem T Testine İlişkin İstatistikler

Faktörler		F	p1	t	df	p2	Ortalama Farkı
Süreç_Ort	Eşit varyans varsayımında	,019	,891	-1,805	59	,076	-,54182
Süreç_Ort	Eşit olmayan varyans varsayımında			-1,865	15,272	,082	-,54182

Tablo 3.15’de görüldüğü gibi Levene testi sonuçlarına göre “p1” anlamlılık değeri 0.05’ten daha yüksek bir değer almıştır (0,891>0.05). Bu durumda Levene testi sonuçlarına göre varyans eşitliği sağlanmıştır. Bağımsız örneklem T testine ilişkin ilk satırda yer alan “p2” değerine bakıldığında 0,05’ten daha yüksek bir değer olduğu görülmektedir (0,076>0.05). Elde edilen bulgulara göre, KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmaların süreç yönetimi uygulamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. ($t_{(59)} = -1,805$; $p > 0.05$). Bağımsız örneklem T testine göre H_4 hipotezi reddedilir. Özetle katılımcı firmaların süreç yönetimi uygulamaları firma büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

H_5 : Bilgi sistemleri altyapısı KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H_5 hipotezinin test edilmesinde yine iki grup karşılaştırılacağından bağımsız örneklem T testi uygulanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken bilgi sistemleri altyapısı, bağımsız değişken ise firma büyüklüğü olarak belirlenmiştir. Tablo 3.16’da katılımcı firmaların oluşturduğu örnekleme ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.16: Katılımcı Firmaların Oluşturduğu Örnekleme İlişkin İstatistikler

	Firma Çalışan Sayı	Örneklem Büyüklüğü	Ortalama	Standart Sapma
Bilgi_Ort	KOBİ (1-249)	50	2,9457	,76789
Bilgi_Ort	Büyük Ölçekli (250+)	11	3,1948	,77794

Tablo 3.16’ya bakıldığında katılımcı firmalardan oluşan örneklem sayısının altmış bir olduğu görülmektedir. Bu firmalardan elli tanesi KOBİ ve on bir tanesi büyük ölçekli firma kapsamındadır. KOBİ kapsamındaki firmaların vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalama değer 2,4957 ve büyük ölçekli firmalara ait ortalama değer 3,1948’dir. İki grubun aldıkları ortalama değerler arasında fark olduğu görülmektedir. Ancak bu farkın anlamlı bir fark olup olmadığı bağımsız örneklem T testi sonuçlarına göre değerlendirilecektir. Tablo 3.17’de bağımsız örneklem T testine ilişkin istatistikler yer almaktadır.

Tablo 3.17: Bağımsız Örneklem T Testine İlişkin İstatistikler

Faktörler		F	p1	t	df	p2	Ortalama Farkı
Bilgi_Ort	Eşit varyans varsayımında	,029	,866	-,972	59	,335	-,24909
Bilgi_Ort	Eşit olmayan varyans varsayımında			-,964	14,610	,351	-,24909

Tablo 3.17’de görüldüğü gibi Levene testi sonuçlarına göre “p1” anlamlılık değeri 0.05’ten daha yüksek bir değer almıştır ($0,866 > 0.05$). Bu durumda Levene testi sonuçlarına göre varyans eşitliği sağlanmıştır. Bağımsız örneklem T testine ilişkin ilk satırda yer alan “p2” değerine bakıldığında 0,05’ten daha yüksek bir değer olduğu görülmektedir ($0,335 > 0.05$). Elde edilen bulgulara göre, KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmaların bilgi sistemleri alt yapısı arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. ($t_{(59)} = -0,972$; $p > 0.05$). Bağımsız örneklem T testine göre H_5 hipotezi reddedilir. Özetle katılımcı firmaların bilgi sistemleri altyapısı firma büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

H_6 : Endüstri 4.0’a bakış sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H_6 hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez kapsamında katılımcıların anketin birinci bölümünde belirttikleri firma faaliyet alanları sektörler göre ayrılmış ve seramik, plastik, metal, demir-çelik, mobilya, yapı malzemeleri, makine, tekstil, orman ürünleri ve diğer olmak üzere toplamda on sektör belirlenmiştir. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen bu on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken Endüstri 4.0’a bakış, bağımsız değişken ise sektörler olarak belirlenmiştir. ANOVA testinin uygulanabilmesi için veri setinin normal dağılım göstermesi ve varyans homojenliğinin sağlanması şartı bulunmaktadır. Normal dağılım olup olmadığı “Normallik Testleri” başlığı altında incelenmiş ve veri setinin normal dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bir diğer şart olan varyans homojenliği için Levene varyans eşitliği testinin sonuçlarına bakılmaktadır. Levene varyans eşitliği

testine ilişkin “p” değeri 0,163’dür. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir ($p>0,05$). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.18’de ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.18: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	15,816	9	1,757	1,401	,213
Gruplar İçi	63,987	51	1,255		
Toplam	79,803	60			

Tabloya 3.18’e bakıldığında ANOVA testine ilişkin “p” anlamlılık değerinin 0,213 olduğu görülmektedir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05’ten daha büyük bir değerdir ($p>0,05$). Bu durumda firmaların faaliyet gösterdikleri sektörlerle göre Endüstri 4.0’a bakış açılarındaki bir farklılık bulunmaktadır. H_0 hipotezi reddedilir. Tablo 3.19’da belirlenen sektörlerle göre katılımcıların “Firmanızın Endüstri 4.0” bakışı nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.19: Sektörlerin Endüstri 4.0’ a Bakışlarına Göre Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	4,00	1,414
Plastik	7	4,43	1,134
Metal	6	3,00	1,673
Demir-Çelik	6	4,33	,816
Mobilya	7	3,43	,787
Yapı Malzemeleri	6	3,00	1,265
Diğer	8	4,13	,641
Makine	10	3,80	1,033
Tekstil	4	3,75	,500
Orman Ürünleri	3	3,00	2,000
Toplam	61	3,74	1,153

Tablo 3.19’a bakıldığında, sektörlere ilişkin ortalama değerlerin arasında çok büyük farklar olmaması ANOVA testi sonucunu desteklemektedir. Özetle belirlenen tüm sektörlerde faaliyet gösteren firmalar Endüstri 4.0 teknolojilerini firmaları için aynı seviyede gerekli görmektedir.

H₇: Endüstri 4.0’a yönelik yapılan çalışmalar sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₇ hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken Endüstri 4.0’a yönelik yapılan çalışmalar, bağımsız değişken ise sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” değeri 0,228’dir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir ($p > 0,05$). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.20’de ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.20: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	18,805	9	2,089	1,411	,208
Gruplar İçi	75,523	51	1,481		
Toplam	94,328	60			

Tablo 3.20’ye bakıldığında ANOVA testine ilişkin “p” anlamlılık değerinin 0,208 olduğu görülmektedir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05’ten daha büyük bir değerdir ($p > 0,05$). Bu durumda Endüstri 4.0’a yönelik yapılan çalışmalar belirlenen sektörler arasında bir farklılık göstermemektedir. H₇ hipotezi reddedilir. Tablo 3.21’de belirlenen sektörlerle göre katılımcıların “Firmanızda Endüstri 4.0’a yönelik çalışmalar yapılıyor mu?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.21: Sektörlerin Endüstri 4.0’a Yönelik Çalışmalarına Göre Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	3,75	,500
Plastik	7	3,57	1,134
Metal	6	2,50	1,378
Demir-Çelik	6	2,17	1,169
Mobilya	7	3,00	1,000
Yapı Malzemeleri	6	2,00	1,265
Diğer	8	2,38	1,188
Makine	10	2,30	1,252
Tekstil	4	2,75	1,500
Orman Ürünleri	3	2,00	1,732
Toplam	61	2,62	1,254

Tablo 3.21’e bakıldığında, sektörlerle ilişkin ortalama değerlerin arasında çok büyük farklar olmaması ANOVA testi sonucunu desteklemektedir. Özetle belirlenen tüm sektörlerde faaliyet gösteren firmaların Endüstri 4.0’a yönelik çalışmalarında bir farklılık bulunmaktadır.

H₈: Endüstri 4.0’a geçiş için mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₈ hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken Endüstri 4.0’a geçiş için mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği, bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” değer 0,208’dir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir ($p > 0,05$). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.22’de ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.22: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	26,403	9	2,934	2,869	,008
Gruplar İçi	52,155	51	1,023		
Toplam	78,557	60			

Tablo 3.22’de yer alan ANOVA testi sonucuna göre; “p” değeri olan $0,008 < 0,05$ olduğundan, belirlenen on sektörden en az biri diğerlerinden anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir. Gruplar arası varyans değeri olan 2,934 değeri, grup içi varyans değeri olan 1,023 değerinden büyüktür. Bu durum, grupların kendi içlerinde bir bütünleşme, gruplar arasında ise bir ayrışma olduğunu göstermektedir.

Cohen (1988:283)’in eta kare etki büyüklüğü katsayısı hesaplandığında $n^2 = 26,403/78,557 = 0,336$ değerini almaktadır. 0,14 üzerindeki değerler büyük etki yarattığından elde edilen 0,336 değerine göre “faaliyet gösterilen sektörün” “Endüstri 4,0’a geçiş için firmanın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği” değişkenine yüksek düzeyli bir etkisi vardır. Bu durumda hangi grup ortalamalarının genel ortalamaya göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etki ettiği araştırılır. Bu amaçla Post-Hoc test uygulanır. Hangi Post-Hoc testinin uygulanacağı, gruplara ilişkin örneklem sayısının eşit olup olmamasına ve varyans eşitliği olup olmamasına göre belirlenir. Levene varyans eşitliği testine göre varyanslar homojendir. Örneklem dâhilindeki KOBİ kapsamındaki firma sayısı elli, büyük ölçekli firma sayısı ise onbirdir. Örneklem sayısının farklı olduğu durumlarda uygulanabilecek Post-Hoc testler Benferroni, Sidak ve Gabriel Testleridir. Çoklu karşılaştırma Benferroni testi sonuçlarına göre; tekstil ve orman ürünleri sektörlerinin grup ortalamaları genel ortalamaya göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etkide bulunmuştur. Farklı sektörlerde faaliyet gösteriyor olmanın Endüstri 4.0 bilgi seviyesi üzerindeki etkisi yüksek düzeydedir ($F(9,51) = 2,869$, $p = 0,008$, $r = 0,336$). H_0 hipotezi kabul edilir. Tablo 3.23’de belirlenen sektörlere göre katılımcıların “Endüstri 4.0 için firmanızın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.23: Sektörlerin Endüstri 4.0’a Geçiş İçin Mevcut Bilgi Seviyelerinin Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	3,00	,816
Plastik	7	3,57	,976
Metal	6	2,17	1,169
Demir-Çelik	6	2,50	1,225
Mobilya	7	2,86	,900
Yapı Malzemeleri	6	2,00	,894
Diğer	8	2,00	1,069
Makine	10	2,50	1,179
Tekstil	4	1,25	,500
Orman Ürünleri	3	1,00	,000
Toplam	61	2,39	1,144

Tablo 3.23’e bakıldığında, tekstil ve orman ürünleri sektörlerine ilişkin ortalama değerlerin diğer sektörlerin ortalamalarından farklılaştığı görülmektedir. Bu durum ANOVA ve Benfeeroni testlerinin sonuçlarını desteklemektedir. Özetle, tekstil ve orman ürünleri sektörlerinde faaliyet gösteren firmalar, Endüstri 4.0’a geçiş için mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği konusunda diğer sektörlerden ayrılarak farklılık göstermektedir.

H₉: Ürün veya hizmetleri geliştirme yöntemleri sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₉ Hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken; ürün veya hizmetleri geliştirme yöntemi, bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,262’dir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir ($p > 0,05$). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.24’de ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.24: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	13,385	9	1,487	1,448	,193
Gruplar İçi	52,386	51	1,027		
Toplam	65,770	60			

Tablo 3.24’e bakıldığında ANOVA testine ilişkin “p” anlamlılık değerinin 0,193 olduğu görülmektedir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05’ten daha büyük bir değerdir ($p > 0,05$). Bu durum farklı sektörlerde faaliyet gösteren firmaların ürün veya hizmetlerini geliştirme yöntemleri arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. H_0 hipotezi reddedilir. Tablo 3.25’ de belirlenen sektörlerle göre katılımcıların “Ürün veya hizmetlerinizi geliştirme yönteminiz nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.25: Sektörlerin Ürün veya Hizmetlerini Geliştirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	3,75	1,258
Plastik	7	3,71	,951
Metal	6	3,50	,837
Demir-Çelik	6	4,00	1,265
Mobilya	7	4,14	,690
Yapı Malzemeleri	6	2,83	1,472
Diğer	8	3,50	1,069
Makine	10	4,20	,632
Tekstil	4	2,75	1,258
Orman Ürünleri	3	3,33	,577
Toplam	61	3,66	1,047

Tablo 3.25’e bakıldığında, sektörlerle ilişkin ortalama değerlerin arasında çok büyük farklar olmaması ANOVA testi sonucunu desteklemektedir. Özetle; belirlenen tüm sektörlerde ürün veya hizmetleri geliştirme yöntemleri ileri teknoloji desteklidir.

H_{10} : Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₀ hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken, ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı; bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,143’dür. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir (p>0,05). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.26’da ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.26: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	51,454	9	5,717	5,487	,000
Gruplar İçi	53,136	51	1,042		
Toplam	104,590	60			

Tablo 3.26’da yer alan ANOVA testi sonucuna göre; “p” değeri olan 0,000<0,05 olduğundan, belirlenen on sektörden en az biri diğerlerinden anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir. Gruplar arası varyans değeri olan 5,717 değeri, grup içi varyans değeri olan 1,042 değerinden büyüktür. Bu durum, grupların kendi içlerinde bir bütünleşme, gruplar arasında ise bir ayrışma olduğunu göstermektedir.

Cohen (1988:283)’in eta kare etki büyüklüğü katsayısı hesaplandığında $\eta^2 = 51,454/104,590 = 0,491$ değerini almaktadır. 0,14 üzerindeki değerler büyük etki yarattığından elde edilen 0,491 değerine göre faaliyet gösterilen sektörün, “ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı” isimli değişkene yüksek düzeyli bir etkisi vardır. Hangi grup ortalamalarının genel ortalamaya göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etki ettiğini ortaya koymak amacıyla Post-Hoc testlerden Sidak testi uygulanmıştır. Çoklu karşılaştırma Sidak testi sonuçlarına göre; metal, tekstil ve orman ürünleri sektörlerinin grup ortalamaları genel ortalamaya göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etkide bulunmuştur. Farklı sektörlerde faaliyet gösteriyor olmanın ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı üzerindeki etkisi yüksek düzeydedir ($F(9,51) = 5,487$, $p = 0,000$, $r = 0,491$).

H₁₀ hipotezi kabul edilir. Tablo 3.27’de belirlenen sektörlerle göre katılımcıların “Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynakların kullanım oranı nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.27: Sektörlerin Ürün ve Hizmet Geliştirme Sürecinde Firma Dışı Kaynak Kullanım Oranlarının Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	4,00	,000
Plastik	7	4,29	1,113
Metal	6	1,50	,837
Demir-Çelik	6	3,50	1,049
Mobilya	7	3,86	,900
Yapı Malzemeleri	6	3,33	1,033
Diğer	8	2,75	1,389
Makine	10	3,20	,789
Tekstil	4	1,75	1,500
Orman Ürünleri	3	1,33	,577
Toplam	61	3,08	1,320

Tablo 3.27’ye bakıldığında; metal, tekstil ve orman ürünleri sektörlerine ilişkin ortalama değerlerin diğer sektörlerin ortalamalarından farklılaştığı görülmektedir. Bu durum ANOVA ve Sidak testlerinin sonuçlarını desteklemektedir. Özetle; makine, tekstil ve orman ürünleri sektörlerinde faaliyet gösteren firmalar, ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanma konusunda diğer sektörlerden ayrılarak farklılık göstermektedir.

H₁₁: Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme değerlendirme yoğunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₁ Hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken; tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme değerlendirme yoğunluğu, bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene

testine ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,448’dir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir ($p>0,05$). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.28’de ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.28: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	24,175	9	2,686	2,954	,007
Gruplar İçi	46,382	51	,909		
Toplam	70,557	60			

Tablo 3.28’de yer alan ANOVA testi sonucuna göre; “p” değeri olan $0,007<0,05$ olduğundan, belirlenen on sektörden en az biri diğerlerinden anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir. Gruplar arası varyans değeri olan 2,686 değeri, grup içi varyans değeri olan 0,909 değerinden büyüktür. Bu durum, grupların kendi içlerinde bir bütünleşme, gruplar arasında ise bir ayrışma olduğunu göstermektedir.

Cohen (1988:283)’in eta kare etki büyüklüğü katsayısı hesaplandığında $n^2 = 24,175/70,557 = 0,342$ değerini almaktadır. 0,14 üzerindeki değerler büyük etki yarattığından elde edilen 0,342 değerine göre faaliyet gösterilen sektörün, “tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme değerlendirme yoğunluğu” değişkenine yüksek düzeyli bir etkisi vardır. Bu durumda hangi grup ortalamalarının genel ortalama göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etki ettiği araştırmak amacıyla Post-Hoc testlerden Gabriel testi uygulanmıştır. Gabriel testi sonuçlarına göre; ikili karşılaştırmalarda tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu orman ürünleri sektörü ile makine sektörü arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Bu iki sektöre ilişkin grup ortalamaları farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etkide bulunmuştur. Farklı sektörlerde faaliyet gösteriyor olmanın ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı üzerindeki etkisi yüksek düzeydedir ($F(9,51) = 2,954$, $p = 0,007$, $r = 0,342$). H_{11} hipotezi kabul edilir. Tablo 3.29’da belirlenen sektörler göre katılımcıların “tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme

değerlendirme yoğunluğu nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.29: Sektörlerin Tasarım, Mühendislik ve Üretim Süreçlerinde Müşteri Verilerini Analiz Etme Ve Değerlendirme Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	4,00	,816
Plastik	7	4,14	,690
Metal	6	4,17	,983
Demir-Çelik	6	3,17	,753
Mobilya	7	4,00	,816
Yapı Malzemeleri	6	3,67	,816
Diğer	8	2,88	1,246
Makine	10	4,10	,876
Tekstil	4	2,75	,957
Orman Ürünleri	3	2,00	1,732
Toplam	61	3,61	1,084

Tablo 3.29’a bakıldığında, orman ürünleri sektörüne ilişkin ortalama değer diğer sektörlerin ortalamalarından farklılaştığı görülmektedir. Bu durum ANOVA ve Gabriel testlerinin sonuçlarını desteklemektedir. Özetle, müşteri özellikleri değerlendirilerek düzenli olarak tasarım ve üretim değişikliği yapma uygulamalarında sektörler arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır.

H₁₂: Ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₂ Hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen 10 sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken; ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu, bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,317’dir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir (p>0,05). Levene testi sonuçlarına göre varyans

homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.30’ da ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.30: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	35,800	9	3,978	5,203	,000
Gruplar İçi	38,987	51	,764		
Toplam	74,787	60			

Tablo 3.30’da yer alan ANOVA testi sonucuna göre; “p” değeri olan $0,000 < 0,05$ olduğundan, belirlenen on sektörden en az biri diğerlerinden anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir. Gruplar arası varyans değeri olan 3,978 değeri, grup içi varyans değeri olan 0,764 değerinden büyüktür. Bu durum, grupların kendi içlerinde bir bütünleşme, gruplar arasında ise bir ayrışma olduğunu göstermektedir.

Cohen (1988:283)’in eta kare etki büyüklüğü katsayısı hesaplandığında $n^2 = 35,800/74,787 = 0,478$ değerini almaktadır. 0,14 üzerindeki değerler büyük etki yarattığından elde edilen 0,478 değerine göre faaliyet gösterilen sektörün, “ürün ve hizmet tasarımı”ndan üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu” değişkenine yüksek düzeyli bir etkisi vardır. Hangi grup ortalamalarının genel ortalamaya göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla ettiğini ortaya koymak amacıyla Post-Hoc testlerden Benferroni testi uygulanmıştır. Benferroni testi sonuçlarına göre; ikili karşılaştırmalarda ürün ve hizmet tasarımı”ndan üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu seramik sektörü ile diğer, tekstil ve orman ürünleri sektörleri arasında, tekstil sektörü ile seramik, plastik, metal, mobilya sektörleri arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Bu sektörlerle ilişkin grup ortalamaları farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etkide bulunmuştur. Farklı sektörlerde faaliyet gösteriyor olmanın ürün ve hizmet tasarımı”ndan üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu üzerindeki etkisi yüksek düzeydedir ($F(9,51) = 5,203$ p = 0,000, r = 0,478). H_{12} hipotezi kabul edilir. Tablo 3.31’de belirlenen sektörlerle göre katılımcıların “Ürün ve hizmet tasarımı”ndan üretime kadar olan süreçte teknoloji

kullanım yoğunluğu nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.31: Sektörlerin Ürün Ve Hizmet Tasarımından Üretime Kadar Olan Süreçte Teknoloji Kullanım Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	4,75	,500
Plastik	7	3,71	,951
Metal	6	3,50	,548
Demir-Çelik	6	3,33	,816
Mobilya	7	4,00	,577
Yapı Malzemeleri	6	3,17	,983
Diğer	8	2,38	,916
Makine	10	3,20	,919
Tekstil	4	1,50	1,000
Orman Ürünleri	3	2,33	1,528
Toplam	61	3,23	1,116

Tablo 3.31’e bakıldığında, seramik, diğer, tekstil ve orman ürünleri sektörlerine ilişkin ortalama değerlerin diğer sektörlerden farklılaştığı görülmektedir. Bu durum ANOVA ve Benferroni testlerinin sonuçlarını desteklemektedir. Özetle, tam otomasyon ve bilişim sistemleri (ERP, MRP vb.) uygulamalarında sektörler arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır.

H₁₃: Üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₃ hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken; üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti, bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,436’dır. Bu

değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir ($p>0,05$). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.32’de ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.32: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	27,398	9	3,044	2,955	,007
Gruplar İçi	52,537	51	1,030		
Toplam	79,934	60			

Tablo 3.32’de yer alan ANOVA testi sonucuna göre; “p” değeri olan $0,007<0,05$ olduğundan, belirlenen on sektörden en az biri diğerlerinden anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir. Gruplar arası varyans değeri olan 3,044 değeri, grup içi varyans değeri olan 1,030 değerinden büyüktür. Bu durum, grupların kendi içlerinde bir bütünleşme, gruplar arasında ise bir ayrışma olduğunu göstermektedir.

Cohen (1988:283)’in Eta Kare Etki Büyüklüğü katsayısı hesaplandığında $n^2 = 27,398/79,934 = 0,342$ değerini almaktadır. 0,14 üzerindeki değerler büyük etki yarattığından elde edilen 0,342 değerine göre faaliyet gösterilen sektörün, “üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti” değişkenine yüksek düzeyli bir etkisi vardır. Hangi grup ortalamalarının genel ortalamaya göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla ettiğini ortaya koymak amacıyla Post-Hoc testlerden Sidak testi uygulanmıştır. Sidak testi sonuçlarına göre; ikili karşılaştırmalarda üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti tekstil sektörü ile seramik ve metal sektörleri arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Bu sektörlerle ilişkin grup ortalamaları farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etkide bulunmuştur. Farklı sektörlerde faaliyet gösteriyor olmanın üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti üzerindeki etkisi yüksek düzeydedir ($F(9,51) = 2,955, p = 0,007, r = 0,342$). H_{13} hipotezi kabul edilir. Tablo 3.33’de belirlenen sektörlerle göre katılımcıların “Üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.33: Sektörlerin Üretim Sisteminden Anlık Veri Toplama Kabiliyetlerinin Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	4,25	,957
Plastik	7	3,43	,976
Metal	6	3,67	,516
Demir-Çelik	6	3,00	1,265
Mobilya	7	3,43	,535
Yapı Malzemeleri	6	3,17	1,169
Diğer	8	2,38	1,061
Makine	10	2,90	1,287
Tekstil	4	1,25	,500
Orman Ürünleri	3	2,67	1,155
Toplam	61	3,03	1,154

Tablo 3.33'e bakıldığında, seramik ve tekstil sektörlerine ilişkin ortalama değerlerin diğer sektörlerden farklılaştığı görülmektedir. Bu durum ANOVA ve Sidak testlerinin sonuçlarını desteklemektedir. Özetle, üretim sistemlerinin bilgi sistemleri ile bağlantısında sektörler arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır.

H₁₄: Mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₄ hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken; mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu, bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,390'dır. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir (p>0,05). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.34'de ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.34: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	25,908	9	2,879	2,732	,011
Gruplar İçi	53,731	51	1,054		
Toplam	79,639	60			

Tablo 3.34’de yer alan ANOVA Testi sonucuna göre; “p” değeri olan $0,011 < 0,05$ olduğundan, belirlenen on sektörden en az biri diğerlerinden anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir. Gruplar arası varyans değeri olan 2,879 değeri, grup içi varyans değeri olan 1,054 değerinden büyüktür. Bu durum, grupların kendi içlerinde bir bütünleşme, gruplar arasında ise bir ayrışma olduğunu göstermektedir.

Cohen (1988:283)’in eta kare etki büyüklüğü katsayısı hesaplandığında $n^2 = 25,908/79,639 = 0,338$ değerini almaktadır. 0,14 üzerindeki değerler büyük etki yarattığından elde edilen 0,338 değerine göre faaliyet gösterilen sektörün, “mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu” değişkenine yüksek düzeyli bir etkisi vardır. Hangi grup ortalamalarının genel ortalamaya göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla ettiğini ortaya koymak amacıyla Post-Hoc testlerden Gabriel testi uygulanmıştır. Gabriel testi sonuçlarına göre; ikili karşılaştırmalarda mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu tekstil sektörü ile seramik sektörü arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Bu iki sektöre ilişkin grup ortalamaları farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etkide bulunmuştur. Farklı sektörlerde faaliyet gösteriyor olmanın mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu üzerindeki etkisi yüksek düzeydedir ($F(9,51) = 2,732$, $p = 0,011$, $r = 0,338$). H_{14} hipotezi kabul edilir. Tablo 3.35’de belirlenen sektörlerle göre katılımcıların “Mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.35: Sektörlerin Mevcut Bilgi Sistemleri Alt Yapısının Endüstri 4.0 İle Uyumluluğunun Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	4,25	,500
Plastik	7	3,00	1,528
Metal	6	3,33	1,211
Demir-Çelik	6	2,50	,837
Mobilya	7	3,57	,787
Yapı Malzemeleri	6	2,33	1,033
Diğer	8	2,50	1,069
Makine	10	2,70	,949
Tekstil	4	1,50	,577
Orman Ürünleri	3	2,00	1,000
Toplam	61	2,80	1,152

Tablo 3.35'e bakıldığında, seramik ve tekstil sektörlerine ilişkin ortalama değerlerin diğer sektörlerden farklılaştığı görülmektedir. Bu durum ANOVA ve Gabriel testlerinin sonuçlarını desteklemektedir. Özetle, mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₅: Tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesi sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₅ Hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen 10 sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken; tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesi, bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,908'dir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir ($p > 0,05$). Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.36' da ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.36: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	23,555	9	2,617	2,744	,011
Gruplar İçi	48,642	51	,954		
Toplam	72,197	60			

Tablo 3.36’da yer alan ANOVA testi sonucuna göre; “p” anlamlılık değeri olan $0,011 < 0,05$ olduğundan, belirlenen on sektörden en az biri diğerlerinden anlamlı ölçüde farklılık göstermektedir. Gruplar arası varyans değeri olan 2,617 değeri, grup içi varyans değeri olan 0,954 değerinden büyüktür. Bu durum, grupların kendi içlerinde bir bütünleşme, gruplar arasında ise bir ayrışma olduğunu göstermektedir.

Cohen (1988:283)’in eta kare etki büyüklüğü katsayısı hesaplandığında $n^2 = 23,555/72,197 = 0,326$ değerini almaktadır. 0,14 üzerindeki değerler büyük etki yarattığından elde edilen 0,326 değerine göre “faaliyet gösterilen sektörün” “tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesi” değişkenine yüksek düzeyli bir etkisi vardır. Hangi grup ortalamalarının genel ortalamaya göre daha fazla farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla ettiğini ortaya koymak amacıyla Post-Hoc testlerden Benferroni testi uygulanmıştır. Benferroni testi sonuçlarına göre; ikili karşılaştırmalarda tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesi tekstil sektörü ile makine - metal sektörleri arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Bu sektörlerle ilişkin grup ortalamaları farklılaşarak F değerinin oluşumuna daha fazla etkide bulunmuştur. Farklı sektörlerde faaliyet gösteriyor olmanın tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesi üzerindeki etkisi yüksek düzeydedir ($F(9,51) = 2,744$, $p = 0,011$, $r = 0,326$). H_{15} hipotezi kabul edilir. Tablo 3.37’de belirlenen sektörlerle göre katılımcıların “Tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesi nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.37: Sektörlerin Tedarikçiler ve Diğer Partnerler ile Teknolojik Bağlantı Seviyelerinin Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	2,75	,957
Plastik	7	3,00	1,155
Metal	6	3,83	1,169
Demir-Çelik	6	3,17	,753
Mobilya	7	3,00	,816
Yapı Malzemeleri	6	2,83	1,169
Diğer	8	2,63	,916
Makine	10	3,30	,949
Tekstil	4	1,25	,500
Orman Ürünleri	3	1,67	1,155
Toplam	61	2,89	1,097

Tablo 3.37'ye bakıldığında, tekstil ve orman ürünleri sektörlerine ilişkin ortalama değerlerin diğer sektörlerden farklılaştığı görülmektedir. Bu durum ANOVA ve Benferroni testlerinin sonuçlarını desteklemektedir. Özetle, tüm paydaşlarla tam entegrasyon sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₆: Mevcut kabiliyet ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

H₁₆ hipotezinin test edilmesinde tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Hipotez, katılımcıların anket sorusuna vermiş oldukları cevapların belirlenen on sektör arasında anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Hipoteze ilişkin bağımlı değişken; mevcut kabiliyet ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterliliği, bağımsız değişken ise firmaların faaliyet gösterdikleri sektörler olarak belirlenmiştir. Levene testine ilişkin “p” anlamlılık değeri 0,214’tür. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05 değerinden daha büyük bir değerdir (p>0,05). Bu durum varyansların homojen olduğunu göstermektedir. Levene testi sonuçlarına göre varyans homojenliği şartı sağlanmıştır. Tablo 3.38’de ANOVA testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.38: ANOVA Testine İlişkin Sonuçlar

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F	p
Gruplar Arası	13,235	9	1,471	1,646	,127
Gruplar İçi	45,552	51	,893		
Toplam	58,787	60			

Tablo 3.38’e bakıldığında ANOVA testine ilişkin “p” anlamlılık değerinin 0,127 olduğu görülmektedir. Bu değer anlamlılık düzeyi olan 0,05’ten daha büyük bir değerdir ($p > 0,05$). Bu durum farklı sektörlerde faaliyet gösteren firmaların mevcut kabiliyet ve kaynaklarının Endüstri 4.0 için yeterliliği arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. H_{16} hipotezi reddedilir. Tablo 3.39’da belirlenen sektörlere göre katılımcıların “Mevcut kabiliyet ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli mi?” sorusuna vermiş oldukları cevaplara ilişkin ortalamalar yer almaktadır.

Tablo 3.39: Sektörlerin Mevcut Kabiliyet ve Kaynakların Endüstri 4.0 İçin Yeterliliğinin Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama	Standart Sapma
Seramik	4	3,75	,500
Plastik	7	3,29	1,254
Metal	6	3,17	,983
Demir-Çelik	6	2,67	1,033
Mobilya	7	2,86	,378
Yapı Malzemeleri	6	2,33	1,033
Diğer	8	2,50	,756
Makine	10	2,80	1,229
Tekstil	4	2,25	,500
Orman Ürünleri	3	1,67	,577
Toplam	61	2,77	,990

Tablo 3.39’a bakıldığında orman ürünleri sektörüne ilişkin ortalama diğer sektörlerin ortalamalarından farklı görünmektedir. Ancak ANOVA testi sonuçlarına göre bu fark anlamlı bulunmamıştır. Özetle; mevcut kabiliyet ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

Çalışma kapsamında 16 adet hipotez oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre hipotezlerin red ya da kabul durumları tablo 3.40’da gösterilmektedir.

Tablo 3.40: Çalışma Hipotezlerinin Kabul/Red Durumları

Hipotez	Kabul/Red
H ₁ : Endüstri 4.0 farkındalığı KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red
H ₂ : İş modeli, ürün ve hizmet geliştirme yöntemleri KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red
H ₃ : Pazarlama ve müşteriye ulaşma yöntemleri KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red
H ₄ : Süreç yönetimi uygulamaları KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red
H ₅ : Bilgi sistemleri altyapısı KOBİ kapsamındaki firmalar ve büyük ölçekli firmalar arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red
H ₆ : Endüstri 4.0’a bakış sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red
H ₇ : Endüstri 4.0’a yönelik yapılan çalışmalar sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red
H ₈ : Endüstri 4.0’a geçiş için firmanın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Kabul
H ₉ : Ürün veya hizmetleri geliştirme yöntemleri sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red
H ₁₀ : Firmanın ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Kabul
H ₁₁ : Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Kabul
H ₁₂ : Ürün ve hizmet tasarımı üretim kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Kabul
H ₁₃ : Üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Kabul
H ₁₄ : Mevcut bilgi sistemleri alt yapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Kabul
H ₁₅ : Tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesi sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Kabul
H ₁₆ : Mevcut kabiliyet ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.	Red

SONUÇ

“Endüstri 4.0” kavramı ilk olarak 2011 yılında Almanya’da düzenlenen Hannover Fuarı’nda ortaya atılmış ve kısa zamanda tüm dünyada önemli bir yankı uyandırmıştır. Başını gelişmiş sanayiye sahip ülkelerin çektiği bu yeni teknolojik devrimin yavaş yavaş tüm ülke sanayilerini etkisi altına alması kaçınılmaz hâle gelmiştir. Türkiye’de bu konuda gerekli çalışmaları başlatmış TÜBİTAK ve Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın ortak çalışmalarında Endüstri 4.0 için atılması gereken adımlar belirlenmiştir. Ayrıca Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısında bu konuya ilişkin önemli kararlar alınmıştır. Bu kararlar, yapay zekâ, siber fiziksel sistemler, robot teknolojileri, sensör, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim ve siber güvenlik alanlarında yeterliliklerin artırılmasını hedefleyen Ar-Ge çalışmalarına hız verilmesini kapsamaktadır.

Endüstri 4.0 olarak adlandırılan süreç, üretim ve tüketim ilişkilerini kökten değiştirecek bir yapı içermekle birlikte bir yanda tüketicinin değişen ihtiyaçlarına anlık olarak cevap veren üretim sistemlerini, diğer yanda ise sürekli iletişim ve koordinasyon hâlindeki otomasyon sistemlerini tanımlamaktadır. Endüstrilerde yaşanan bu dijital dönüşümün işletmeler üzerindeki etkisi gün geçtikçe artmaktadır. Otomasyona dayalı üretimin giderek arttığı, karanlık fabrikaların yaygınlaştığı, tüm cihazların birbiri ile bağlantı hâle getirilerek siber fiziksel ortamların yaratıldığı bir dönemde, işletmelerin bu dönüşüme uygun stratejiler geliştirmeleri varlıklarını devam ettirmeleri ve rekabet güçlerini korumaları açılarından hayati önem taşımaktadır. Buradan hareketle, araştırmada Dördüncü Sanayi Devrimi’nin (Endüstri 4.0) ortaya çıkışı, gelişimi ve mevcut etkileri belirlenmiştir. Endüstri 4.0’ın getirdiği yenilikler ve teknolojik ilerleme alan yazın ile ortaya konulduktan sonra Zonguldak İmalat Sanayisinde faaliyet gösteren işletmelerin bu yenilik ve teknolojik ilerlemeye karşı tutum ve farkındalığı ölçülmüştür. Daha sonra işletmelerin teknolojik ilerlemenin hangi aşamasında oldukları işletmelerde yapılan “Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi” ile ortaya konulmuştur.

Araştırma kapsamında oluşturulan H₁, H₂, H₃, H₄ ve H₅ hipotezleri firma büyüklüğüne göre Endüstri 4,0 farkındalığı, iş modeli, ürün - hizmet geliştirme yöntemleri, pazarlama - müşteriye ulaşma stratejileri, süreç yönetimi uygulamaları ve bilgi sistemleri altyapılarının farklılık gösterip göstermediğini ortaya koymak

amacıyla tasarlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre KOBİ kapsamındaki firmaların Endüstri 4.0 farkındalığı, iş modeli, ürün - hizmet geliştirme yöntemleri, pazarlama - müşteriye ulaşma stratejileri, süreç yönetimi uygulamaları ve bilgi sistemleri altyapıları büyük ölçekli firmalarla karşılaştırıldığında olumsuz bir farklılık bulunamamıştır. Yüz yüze yapılan anket çalışmalarında KOBİ kapsamındaki firmaların yönetici ve çalışanlarının Endüstri 4.0 teknolojileri konusunda ilgili ve bilgi sahibi oldukları gözlemlenmiştir. Bu firmaların bir kısmında gerekli yazılım altyapısı sağlanmış; bir kısmında ise üretimde kullanılacak robot kolları gibi donanım altyapısının mevcut olduğu saptanmıştır. Ancak firmalar teknik eleman ve nitelikli iş gücü yokluğu gibi sebeplerden dolayı bu teknolojileri kullanamamaktadır. Buradan yola çıkarak KOBİ'lerin Endüstri 4.0' a geçişlerinde gerekli teşvik ve desteğin sağlanması, KOBİ'lerin gerekli teknolojik gelişimlerini sağlayabilmesi için çalışmalarının desteklenmesi kalkınma planları kapsamına alınmalıdır. Ayrıca teknik bilgiye sahip nitelikli iş gücü yetiştirme konusunda eğitim sisteminde gerekli iyileştirme ve düzenlemeler yapılmalıdır. Büyük ölçekli firmalarda ise gerekli yazılım altyapısı (ERP, MRP vb.) çoğunlukla mevcut durumdadır. Üretimden ürün ve hizmetlerin müşteriye ulaşmasına kadar olan süreçte teknoloji kullanımı yoğunluğu iyi seviyededir. Ancak bu teknolojilerin Endüstri 4.0 ile uyumlu hâle getirilmesi için büyük ölçekli firmalarında teşvik ve devlet yardımlarına ihtiyaçları bulunmaktadır.

H₆, H₇, H₈, H₉, H₁₀, H₁₁, H₁₂, H₁₃, H₁₄, H₁₅ ve H₁₆ hipotezleri belirlenen sektörlerin Endüstri 4.0' a bakış açılarını, mevcut yetenek ve kabiliyetlerini, mevcut teknolojik durumlarını, kullandıkları teknolojilerin Endüstri 4.0 ile uygunluğunu belirlemek amacıyla tasarlanmıştır. Hipotezlere ilişkin yapılan analizler neticesinde reddedilen hipotez testi sonuçlarına göre elde edilen bulgular şu şekildedir: Endüstri 4.0'a bakış açısı sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Endüstri 4.0'a yönelik çalışmalar sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Ürün ve hizmetleri geliştirme yöntemleri sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Mevcut kabiliyet ve kaynaklarının Endüstri 4.0 için yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Sonuç olarak belirlenen tüm sektörler Endüstri 4.0'ı gerekli görmekte ve Endüstri 4.0' a geçiş için çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca tüm sektörler ürün ve hizmetlerini geliştirme yöntemi olarak ileri teknoloji destekli üretim yapmaktadır ve mevcut kabiliyet ve

kaynakların Endüstri 4.0 için yeterliliği konusunda sektörler arasında bir farklılık bulunmamaktadır.

Kabul edilen hipotez testi sonuçlarına göre elde edilen diğer bulgular şu şekildedir: Endüstri 4.0'a geçiş için bilgi seviyesinin yeterliliği sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Tasarımdan üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir. Tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyesi sektörler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir.

Ampirik bulgular değerlendirildiğinde, sektörlerin Endüstri 4.0'a geçişlerinin sağlanması ve bu yönde gerekli çalışmaları yürütebilmeleri açısından mevcut bilgi seviyesinin yeterli düzeye getirilmesi gerekmektedir. Sektörler genel olarak Endüstri 4.0 hakkında bilgi sahibi olsa da bu bilgi düzeyi firmalar düzeyinde verilecek teknoloji eğitimleri, Endüstri 4.0 ile yeni teknolojilerin firma içinde tanıtılmasını sağlayacak seminerler, tüm departman ve çalışanlara uygulanacak eğitim programları ile yükseltilmelidir. Çalışmanın "Endüstri 4.0'ın Dezavantajları" bölümünde ele alınan sermaye ihtiyacı ve yüksek maliyetler Endüstri 4.0'a geçişte sektörlerin ve firmaların önündeki başlıca engeldir. Sektörler bazında bakıldığında ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynak kullanım oranı eşit değildir. Bu konuda firmalara gerekli imkânların sağlanması, stratejik iş birlikleri ile ortaklıkların kurulması ve gerekli devlet teşviklerinin sağlanması bu engellerin aşılmasında faydalı olacaktır.

Çalışmada sektörler arasında teknoloji kullanım yoğunluğu, üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti, tedarikçiler ve diğer partnerler ile olan teknolojik bağlantı seviyesinin farklılık gösterdiğine ilişkin bulgular elde edilmiştir. Bu noktada üniversite ve sanayi kuruluşları iş birliğinin tam olarak sağlanması firmaların yeni teknolojilere entegre olması ve daha kolay uygulama olanağı

bulması konularında faydalı olacaktır. Araştırma kurumları, üniversiteler ve sanayi kuruluşlarının iş birliği içerisinde araştırma-geliştirme ve yenilikçilik çalışmalarını sürdürdükleri teknoparkların sayılarının artırılması gerekmektedir. Bu yapıların aralarında bilgi ve teknoloji alışverişi gerçekleştirmeleri ile akademik, sosyal ve teknolojik yapılar bütünleşecektir. Böylece üniversite ve sanayi kuruluşları işbirliğinin tam olarak sağlanması ile firma ve sektörlerin gerekli bilgi seviyesine ulaşmalarında ve Endüstri 4.0'a yönelik belirlenen eksikliklerini gidermelerinde önemli bir adım atılmış olacaktır. Öte yandan gerekli teknolojik altyapının sağlanması ile birlikte bu yenilikleri uygulayabilecek teknik bilgiye sahip nitelikli iş gücünün istihdamı firmaların önündeki bir diğer önemli engeldir. Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojileri hayata geçirmek ve uygulayabilmek için farklı alanlarda doğacak nitelikli iş gücü ihtiyacının teknik ve meslek liseleri ile üniversitelerin bağlı olduğu Milli Eğitim Bakanlığı ve Yüksek Öğretim Kurumu tarafından eğitim sisteminde yapılacak değişimle sağlanması mümkündür. Eğitim sisteminde yeni teknolojilerin kullanımına ve kalifiye teknik eleman yetiştirilmesine yönelik değişim ve dönüşümün sağlanması çeşitli alanlarda ortaya çıkacak (veri madenciliği, veri güvenliği uzmanı, robot koordinatörlüğü vb.) nitelikli iş gücü gereksinimini karşılamada faydalı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Adamik, Anna (2019); "Creating a Competitive Advantage in the Age of Industry 4.0," *Management Issues*, Cilt 17, Sayı 82, s. 13-31.
- Adolph, Siri, Michael Tisch ve Joachim Metternich (2014); "Challenges and Approaches to Competency Development for Future Production," *Journal of International Scientific Publications*, Cilt 12, Sayı 1, s. 1001-1010.
- Agostini, Lara ve Roberto Filippini (2019); "Organizational and Managerial Challenges in the Path Towards Industry 4.0," *European Journal of Innovation Management*, Cilt 22, Sayı 23, s. 406-421.
- Akhilesh, K.B ve Dietmar Möller (2019); *Smart Technologies Scope and Applications*, Springer, 1st edition, Singapore.
- Alamri, Atif, Wasai Shabad Ansari, Mohammad Mehedi Hassan, M. Shamim, Hossain, Abdulhameed Alelaiwi ve M. Anvar Hossain, (2013); "A Survey on Sensor Cloud: Architecture, Applications, and Approaches," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Cilt 9, Sayı 7, s. 1-24.
- Alçın, Sinan (2016); "Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0," *Journal of Life Economics*, Cilt 3, Sayı 2, s.19-30.
- Allen, Robert Carson (2006); "The British Industrial Revolution in Global Perspective: How Commerce Created The Industrial Revolution and Modern Economic Growth," *Nuffield Üniversitesi, Oxford*, s. 1-40.
- Alvan, Arzu (2008); "An Analysis of the Growth of the Turkish Manufacturing Industry," *Turkish Studies*, Cilt 9, Sayı 1, s. 147-165.
- Andrzej, Magruk (2016); "Uncertainty in the Sphere of The Industry 4.0 - Potential Areas to Research," *Business, Management and Education*, Cilt 14, Sayı 2, s. 275-291.
- Andrew, Lawrence Russell (2007); "*Industrial Legislatures: Consensus Standardization in the Second and Third Industrial Revolutions*," Doctor of Philosophy Dissertation, Johns Hopkins University, Amerika.
- Autor, David H. ve David Dorn (2013); "The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market," *The American Economic Review*, Cilt 103, Sayı 5, s. 1553-1597.
- Aydın, Erdal (2018); "Endüstri 4.0 Sürecinde Sermaye Yoğunluğu ve Ar-Ge Harcamalarının İmalat Sanayi Katma Değeri Üzerindeki Etkileri: Panel Veri Analizi," *Journal of Management and Economics Research*, Cilt 16, Sayı 1, s. 303-314.

- Azuma, Ronald, Yohan Baillot, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier ve Blair Macintyre (2001); "Recent Advances in Augmented Reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Cilt 21, Sayı 6, s. 34-47.
- BAKKA (2010); *Batı Karadeniz Bölgesi (Zonguldak-Karabük-Bartın) Bölge Planı 2010-2013*, <http://bakkakutuphane.org/upload/dokumandosya/baty-karadeniz-bolgesi-2010---2013-bolge-plany-13022015145030.pdf>, (Erişim Tarihi: 08.06.2020).
- Balasingham, Kajanth (2016); "Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies," Master Thesis, Twente University, Hollanda.
- Bartodziej, Christoph Jan (2016); "Technologies and Functions of the Concept Industry 4.0," *The Concept Industry 4.0*, s. 27-50, Springer, Wiesbaden.
- Basl, Josef (2017); "Pilot Study of Readiness of Czech Companies to Implement The Principles of Industry 4.0," *Management and Production Engineering Review*, Cilt 8, Sayı 2, s. 3-8.
- Beechler, Schon ve Ian C. Woodward, (2009); "The Global War for Talent," *Journal of International Management*, Cilt 15, Sayı 3, s. 273-285.
- Blanchet, Max, Thomas Rinn, Georg Von Thaden ve Georges De Thieulloy (2014); *Industry 4.0: The New Industrial Revolution - How Europe Will Succeed*, Roland Berger Strategy Consultants (GMBH) Münih, Almanya.
- Blinder, Alan S. (2006); "Offshoring: The Next Industrial Revolution?," *Foreign Affairs*, Cilt 85, Sayı 2, s. 113-128.
- Bocken, Nancy M. P, Samuel W. Short, Rana Padmakshi ve Steve Evans (2014); "A Literature and Practice Review to Develop Sustainable Business Model Archetypes," *Journal of Cleaner Production*, Cilt 65, Sayı 1, s. 42-56.
- Botta, Alessio, Walter de Donato, Valerio Persico ve Antonio Pescape (2016); "Integration of Cloud Computing and Internet of Things: A Survey," *Future Generation Computer Systems*, Cilt 56, Sayı 1, s. 1-56.
- Boyd, Danah ve Kate Crawford (2012); "Critical Questions for Big Data: Provocations for a Cultural, Technological, and Scholarly Phenomenon," *Information, Communication & Society*, Cilt 15, Sayı 5, s. 662-679.
- Branke, Juergen, Suzanne Farid ve Nilay Shah (2016); "Industry 4.0: A Vision for Personalized Medicine Supply Chains?," *Cell and Gene Therapy Insights*, Cilt 2, Sayı 2, s. 263-270.
- Brettel, Malte, Niklas Friederichsen, M. Keller ve N Rosenberg (2014); "How Virtualization, Decentralization and Network Building Change The Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective," *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, Cilt 8, Sayı 1, s. 37-44.

- Bulut, Ela ve Taner Akçacı (2017); “Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi,” *ASSAM International Refereed Journal*, Cilt 4, Sayı 7, s. 50-72.
- Burmeister, Christian, Dirk Lüttgens ve Frank T. Piller (2016); “Business Model İnnovation for Industrie 4.0: Why the Industrial Internet Mandates a New Perspective on Innovation,” *Die Unternehmung - Swiss Journal of Business Research and Practice*, Cilt 70, Sayı 2, s. 124–152.
- Burton, Hill Clemency (2014); “What Does a Conductor Actually Do?,” *BBC*, <http://www.bbc.com/culture/story/20141029-what-do-conductors-actually-do>, (Erişim Tarihi; 17.12.2019).
- Cachay, Antonio J. ve Eberhard Abele (2012); “Developing Competencies for Continuous Improvement Processes on the Shop Floor Through Learning Factories - Conceptual Design and Empirical Validation,” *Procedia CIRP*, Cilt 3, Sayı 1, s. 638-643.
- Chen, Min, Shiven Mao ve Yunha Liu (2014); “Big Data: A Survey,” *Mobile Networks and Applications*, Cilt 19, Sayı 2, s. 171-209.
- Chertow, Marian R. (2007); “Uncovering Industrial Symbiosis,” *Journal of Industrial Ecology*, Cilt 11, Sayı 1, s. 11-30.
- Cohen, Jacob (1988); *Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd edition, Lawrence Erlbaum Associates Publisher, America.
- Cordes, Frank ve Nigel Stacey (2017); “Is UK Industry Ready for The Fourth Industrial Revolution?,” *The Boston Consulting Group* s.1-18.
- Çeliktaş, Melih Soner, Görkem Sonlu, Serkan Özgel ve Yusuf Atalay (2015); “Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası,” *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Mühendis ve Makine Dergisi*, Cilt 56, Sayı 662, s. 24-34.
- Deane, Philips (1979); *The First Industrial Revolution*, Cambridge Üniversitesi Yayınları, İngiltere.
- Deloitte (2015); *Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential Technologies*, The Creative Studio at Deloitte, İsviçre.
- Deloitte (2016); *Global Manufacturing Competitiveness Index*, Deloitte Touche Tohmatsu Limited, The Creative Studio at Deloitte, London.
- Dilberoglu, Uğur M, Bahar Gharehpapagh, Ulaş Yaman ve Melik Dolen (2017); “The Role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0,” *Procedia Manufacturing*, Cilt 11, Sayı 2, s. 545-554.
- Dombrowski, Uwe ve Tobias Wagner (2014); “Mental Strain as Field of Action in The 4th Industrial Revolution,” *Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, Cilt 17, s. 100-105.

- DPT (2003); *İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması*, (The Research on the Rank of Socio-Economic Development Level of the Provinces), DPT Yayınları No. 2671.
- Drath, Rainer ve Alexander Horch (2014); “Industrie 4.0: Hit or Hype?,” *IEEE Industrial Electronics Magazine*, Cilt 8, Sayı 2, s. 56-58.
- EBSO (2019); *2018 Yılında Dünya Ve Türkiye Ekonomisi & 2019 Yılından Beklentiler*, http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/2018-yilinda-dunya-ve-turkiye-ekonomisi-&-2019-yilindan-beklentiler_16845052.pdf, (Erişim Tarihi: 18.01.2020).
- Edsforth, Ronald William (1982); “*A Second Industrial Revolution: The Transformation of Class, Culture, and Society in Twentieth-Century*,” Doctor of Philosophy Dissertation, Michigan State University, Michigan.
- Elia, V., M.G. Gnani ve A. Lanzilotto (2016); “Evaluating the Application of Augmented Reality Devices in Manufacturing from a Process Point of View: An AHP Based Model,” *Expert Systems with Applications*, Cilt 63, Sayı 1, s. 187-197.
- Erol, Selim, Andreas Jäger, Philipp Hold, Karl Ott ve Wilfried Sihm (2016); “Tangible Industry 4.0: A Scenario Based Approach to Learning for the Future of Production,” *Procedia CIRP*, Cilt 54, Sayı 1, s. 13-18.
- Ersoy, Ali Rıza (2017); “Endüstri 4.0 Sürecinde Neredeyiz?,” *Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu*, <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-surecinde-neredeyiz/>, (Erişim Tarihi: 18.11.2019).
- Esmailian, Behzad, Sara Behdad ve Ben Wang (2016); “The Evolution and Future of Manufacturing: A review,” *Journal of Manufacturing Systems*, Cilt 39, Sayı 1, s. 79-100.
- European Commission (2015); *Factories of the Future*, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/factories-future>, (Erişim Tarihi: 11.06.2019).
- Evangelos, Kostamos, Nikolaos D. Tselikas ve Anthony Boucouvalas (2011); “Integrating RFIDs and Smart Objects into a Unified Internet of Things Architecture,” *Advances in Internet of Things*, Cilt 1, Sayı 1, s. 5-12.
- Evans, Dave (2011); “The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything,” *Cisco Internet Business Solutions Group, White Paper*, s. 4-11.
- Evans, Peter C ve Marco Annunziata (2012); “Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines,” *General Elektrik Raporu, Imagination at Work*, s. 3-37.
- Export.gov (2019); *Turkey Advanced Manufacturing*, <https://www.export.gov/article?id=Turkey-Advanced-Manufacturing>, (Erişim Tarihi: 19.01.2020).

- Fletcher, S. R ve P. Webb, (2017); “Industrial Robot Ethics: The Challenges of Closer Human Collaboration in Future Manufacturing Systems,” *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*, Cilt 84, s. 159-169, Springer.
- Frey, Carl Benedikt ve Michael A. Osborne (2013); “The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?,” *Technological Forecasting and Social Change*, Cilt 114, Sayı 1, s. 254-280.
- Gabriel, Magdalena ve Ernstve Pessl (2016); “Industry 4.0 and Sustainability Impacts: Critical Discussion of Sustainability Aspects with a Special Focus on Future of Work and Ecological Consequences,” *International Journal of Engineering*, Cilt 14, Sayı 2, s. 131-136.
- George, Darren ve Paul Mallery (2016); *IBM SPSS Statistics 23 Step by Step: A Simple Guide and Reference*, 14th Edition, Routledge Publisher, New York.
- Ghobakhloo, Morteza (2018); "The Future of Manufacturing Industry: A Strategic Roadmap Toward Industry 4.0," *Journal of Manufacturing Technology Management*, Cilt 29, Sayı 6, s. 910-936.
- Gilchrist, Alasdair (2016); *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Springer, Heidelberg.
- Giusto, Daniel, Antonio Iera, Giacomo Morabito ve Luigi Atzori (2010); *The Internet of Things*, Springer, Heidelberg.
- Glova, Jozef, Tomas Sabol ve Viliam Vajda (2014); “Business Models for the Internet of Things Environment,” *Procedia Economics and Finance*, Cilt 15, Sayı 1, s. 1122–1129.
- Gürbüz, Sait ve Faruk Şahin (2017); *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri Felsefe – Yöntem – Analiz*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Grant Thornton (2017); *India's Readiness For Industry 4.0 - A Focus on Automotive Sector*, Grant Thornton India, No: AAA-7677 New Delhi.
- Gubbi, Jayavardhana, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic, Marimuthu Palaniswami (2013); “Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions,” *Future Generation Computer Systems*, Cilt 29, Sayı 7, s. 1645–1660.
- He, Wu ve Lida Xu (2015); “A State of the Art Survey of Cloud Manufacturing,” *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Cilt 28, Sayı 3, s. 239-250.
- Hermann, Mario, Tobias Pentek ve Boris Otto (2016); “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios,” 49th Hawaii International Conference on System

Sciences (HICSS), *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, s. 3928-3937.

Hernandez, Xavier Ferras, Albert Armisen-Morell, Anna Sabata-Alberich, Elisenda Tarrats-Pons ve Nuria Arimany-Serrat (2018); "The New Manufacturing: In Search of The Origins of The Next Generation Manufacturing Start-Ups," *International Journal of Innovation and Technology Management*, Cilt 16, Sayı 2, s. 1-31.

Hill, Christopher (1969); *Reformation to Industrial Revolution*, Penguin Publisher, Londra.

Hobsbawm, Eric j. (1972); *Industry and Empire: From 1750 to the Present Day*, Penguin Publisher, Cilt 3, Londra.

Hofmann, Erik ve Marco Rüşch, (2017); "Industry 4.0 and the Current Status as well as Future Prospects on Logistics," *Computers in Industry*, Cilt 89, Sayı 1, s. 23-34.

Hozdić, Elvis (2015); "Smart Factory for Industry 4.0: A Review," *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, Cilt 7, Sayı 1, s. 28-35.

Hu, Han, Yonggang Wen, Tat-Seng Chua ve Xuelong Li (2014); "Toward Scalable Systems for Big Data Analytics: A Technology Tutorial," *IEEE Access*, Cilt 2, Sayı 1, s. 652-687.

IMF (2019); *World Economic Outlook*, International Monetary Fund, Publication Services, No: LCC HC10.W79, Washington.

Industrial Internet Consortium (2018); *Manufacturing & Smart Factory*, <https://www.iiconsortium.org/vertical-markets/manufacturing.htm> (Erişim Tarihi: 10.09.2019).

International Federation of Robotics (2017); *1.7 Million New Robots to Transform the World'S Factories By 2020*, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/ifr-forecast-1.7-million-new-robots-to-transform-the-worlds-factories-by-20>, (Erişim Tarihi: 01.12.2019).

Iyer, Anandi (2018); "Moving from Industry 2.0 to Industry 4.0: A Case Study from India in Leapfrogging, Smart Manufacturing," 15th Global Sustainable Production Conference, *Procedia Manufacturing*, Cilt 21, Sayı 1, s. 663-670.

İşler, Veysi (2017): *Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi*, <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdXZ0JFgBP8gUebLtMH1B5FYXs2gxvKTm04NpdEtLZ-IOL3mA/viewform?c=0&w=1> (Erişim tarihi: 20.05.2019).

Jänicke, Martin ve Klaus Jacob, (2009); "A Third Industrial Revolution? Solutions to the Crisis of Resource-Intensive Growth," *FFU Report, Forthcoming*, s. 1-29.

- Jazdi, Nasser (2014); “Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0,” *IEEE International Automation, Quality and Testing Robotics Conference*, s. 1-4.
- Jeschke, Sabina, Christian Brecher, Tobias Meisen, Denis Özdemir ve Tim Eschert (2017); “Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems,” *Springer Series in Wireless Technology*, s. 3-19, Springer, Heidelberg.
- Kagermann, Henning (2014); “Change Through Digitization - Value Creation in the Age of Industry 4.0,” *Management of Permanent Change*, s. 23-45, Springer, Wiesbaden.
- Kagermann, Henning, Johannes Helbig ve Wolfalng Wahlster (2013); “Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0,” *Industry 4.0 Working Group Final Report*, Forschungsunion, Almany.
- Kalaycı, Şeref (2010); *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kalkınma Bakanlığı (2014); *Onuncu Kalkınma Planı, İmalat Sanayide Dönüşüm*, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No: KB 2913 Ankara.
- Kergroach, Sandrine (2017); “Industry 4.0: New Challenges and Opportunities for the Labour Market,” *Foresight and STI Governance*, Cilt 11, Sayı 4, s. 6–8.
- Khan, Ateeq ve Klaus Turowski, (2016); “A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Cilt 450, s. 15–26. Springer.
- Kılıç, Sabiha ve Reha Metin Alkan (2018); “Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri,” *Journal of Research in Entrepreneurship Innovation and Marketing*, Cilt 2, Sayı 3, s. 29-49.
- Kiel, Daniel, Julian M. Müller, Christian Arnold ve Kai-Ingo Voigt (2017); “Sustainable Industrial Value Creation: Benefits And Challenges Of Industry 4.0,” *International Journal of Innovation Management*, Cilt 21, Sayı 8, s. 15-34.
- Kocian, J., Tutsch, M., Ozana, S. and Koziorek, J. (2012); “Application of Modeling and Simulation Techniques for Technology Units in Industrial Control,” *Frontiers in Computer Education*, s. 491-499, Springer, Heidelberg.
- Kocsi, Balázs ve Judit Oláh (2017); “Potential Connections of Unique Manufacturing and Industry 4.0,” *LogForum, Scientific Journal of Logistics*, Cilt 13, Sayı 4, s. 389-400.
- KOSGEB (2005); *Küçük Ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Tanımı, Nitelikleri Ve Sınıflandırılması Hakkında Yönetmelik*, https://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/Mevzuat/KOBİ%CC%87%E2%80%99lerin_Tan

%C4%B1m%C4%B1,_Nitelikleri_ve_S%C4%B1n%C4%B1fland%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1_Hakk%C4%B1nda_Yo%CC%88netmeli k.pdf, (Erişim Tarihi:12.06.2020).

- Kroh, Michael (2016); “A Socio Economic Context of the Fourth Industrial Revolution,” *Education and Science without Borders*, Cilt 14, Sayı 7, s. 10-13.
- Lasi, Heiner, Peter Fettke, Hans Georg Kemper, Thomas Feld ve Michael Hoffmann (2014); “Industry 4.0,” *Business & Information Systems Engineering*, Cilt 6, Sayı 4, s. 239–242.
- LaValle, Steve, Eric Lesser, Rebecca Shockley, Michael S. Hopkins ve Nina Kruschwitz (2011); “Big Data, Analytics and the Path From Insights to Value,” *MIT Sloan Management Review*, Cilt 52, Sayı 2, s. 21-32.
- Lee, Edward A. (2008); “Cyber Physical Systems: Design Challenges,” *11th IEEE International Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC)*, s. 363-369.
- Lee, Jay, Hung-An Kao ve Shanhu Yang (2014); “Service Innovation and Smart Analytics for Industrie 4.0 and Big Data Environment,” *Procedia CIRP*, Cilt 16, Sayı 1, s. 3-8.
- Leloglu, Engin (2017); “A Review of Security Concerns in Internet of Things,” *Journal of Computer and Communications*, Cilt 5, Sayı 1, s. 121-136.
- Levinson, Chelsea (2018); “Definition of the Manufacturing Industry,” *BizFluent Marketing*, <https://bizfluent.com/facts-6853113-definition-manufacturing-industry.html>, (Erişim Tarihi: 10.01.2020).
- Li, Bo-Hou, Bao-cun Hou, Wen-Tao Yu, Xiao-Bing Lu ve Chun-Wei Yang (2017); “Applications of Artificial Intelligence in Intelligent Manufacturing: A Review,” *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, Cilt 18, Sayı 1, s. 86-96, Springer, Wiesbaden.
- Lieder, Michael ve Rashid, Amir (2016); “Towards Circular Economy Implementation: A Comprehensive Review in Context of Manufacturing Industry,” *Journal of Cleaner Production*, Cilt 115, Sayı 1, s. 36-51.
- Liu, Sylvia Xihui (2016); “Innovation Design: Made in China 2025,” *Design Management Review*, Cilt 27, Sayı 1, s. 52-58.
- Lobo, Almada Francisco (2015); “The Industry 4.0 Revolution and the Future of Manufacturing Execution Systems (MES),” *Critical Manufacturing*, Cilt 3, Sayı 4, s. 16-21.
- Lu, Yang (2017); “Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues,” *Journal of Industrial Information Integration*, Cilt 6, Sayı 1, s. 1-10.

- Manyika, James, Michael Chui, Brad Brown, Jacques Bughin, Richard Dobbs, Charles Roxburgh ve Angela Hung Byers (2011); “Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity,” *McKinsey and Company*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>, (Erişim Tarihi: 20.11.2017).
- McKinsey&Company (2012); *Manufacturing the Future: The Next Era of Global Growth and Innovation*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-future-of-manufacturing#>, (Erişim Tarihi: 14.01.2020).
- McKinsey&Company (2015); “*Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector*,” McKinsey Digital, New York City.
- Mell, Peter ve Timothy Grance (2009); “The NIST Definition of Cloud Computing,” *National Institute of Standards and Technology*, Cilt 53, Sayı 6, s. 1-7.
- Miorandi, Daniele, Sabrina Sicari, Francesco De Pellegrini ve Imrich Chlamtac (2012); “Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges,” *Ad Hoc Networks*, Cilt 10, Sayı 7, s. 1497-1516.
- Mohamed, Mamad (2018); “Challenges and Benefits of Industry 4.0: An Overview,” *International Journal of Supply and Operations Management*, Cilt 5, Sayı 3, s. 256-265.
- Morrar, Rabeh, Husam Arman ve Saeed Mousa (2017); “The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective,” *Technology Innovation Management Review*, Cilt 7, Sayı 11, s. 12-20.
- National Science Foundation (2016); *Science and Engineering Indicators* <http://nsf.gov>, (Erişim Tarihi: 14.01.2020).
- Nayak, Naresh Ganesh, Frank Dürr ve Kurt Rothermel (2015); “Software-Defined Environment for Reconfigurable Manufacturing Systems,” *In Internet of Things 5th International Conference on the IEEE*, s. 122-129.
- Nicholas, G. Carr (2013); “It Doesn’t Matter,” *Harvard Business Review*, <https://hbr.org/2003/05/it-doesnt-matter>, (Erişim Tarihi: 7.12.2019).
- Nicoletti, Bernardo (2017); “The Future: Procurement 4.0,” *Agile Procurement*, s. 189-30 Springer, Wiesbaden.
- Oliveira, Tiago, Thomas Manoj ve Mariana Espadanal (2014); “Assessing the Determinants of Cloud Computing Adoption: An Analysis of the Manufacturing and Services Sectors,” *Information & Management*, Cilt 51, Sayı 5, s. 497-510.
- Öztemel, Ercan ve Samet Gürsev (2018); “Literature Review of Industry 4.0 and Related Technologies,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, Springer, Wiesbaden.

- Paelke, Volker (2014); "Augmented Reality in the Smart Factory: Supporting Workers in an Industry 4.0. Environment," *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation*, s. 1-4.
- Pascall, Tom (2017); "Innovation and Industry 4.0," *Disruption*, <https://disruptionhub.com/innovation-industry-4-0/>, (Erişim Tarihi: 11.06.2019).
- Pereira, Ana C. ve Fernando Romero (2017); "A Review of the Meanings and the Implications of the Industry 4.0 Concept," *Procedia Manufacturing*, Cilt 13, Sayı 1, s. 1206-1214.
- Poovendran, Radha (2010); "Cyber-Physical Systems: Close Encounters Between Two Parallel Worlds," *Proceedings of the IEEE*, Cilt 98, Sayı 8, s. 1363-1367.
- Porter, Michael E. ve James E. Heppelmann (2015); "How Smart, Connected Products are Transforming Competition," *Harvard Business Review*, <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>, (Erişim Tarihi: 5.11.2017).
- Posada, Jorge, Carlos Toro, İñigo Barandiaran, David Oyarzun, Didier Stricker, Raffaele de Amicis ve Ivan Vallarino (2015); "Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Cilt 35, Sayı 2, s. 26-40.
- Pwc (2016); *Industry 4.0: Building The Digital Enterprise*, <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>, (Erişim Tarihi: 08.09.2019).
- PwC (2016); *Industry 4.0: Hype or Reality? The Current State of Play in Flemish Manufacturing*, [https://www.flandersmake.be/sites/default/files/Industry%204.0%20-%20hype%20or%20reality%20-%2024-03-17%20\(002\).pdf](https://www.flandersmake.be/sites/default/files/Industry%204.0%20-%20hype%20or%20reality%20-%2024-03-17%20(002).pdf), (Erişim Tarihi: 10.09.2019).
- Ramanathan, Krishnan (2015); "Industry 4.0: Implications for the Asia Pasific Manufacturing Industry," *SMT Magazine* s. 24-29.
- Rennung, Frank, Caius Tudor Luminosu ve Anca Draghici (2016); "Service Provision in the Framework of Industry 4.0," 13th International Symposium in Management, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Cilt 221, s. 372-377.
- Rifkin, Jeremy (2012); "The Third Industrial Revolution: How the Internet, Green Electricity, and 3-D Printing are Ushering in a Sustainable Era of Distributed Capitalism," *The World Financial Review*, https://pdfs.semanticscholar.org/06c8/37f9d789aaaf17efda9ba7b5955b20ce0b0c.pdf?_ga=2.56620011.1196046767.1598994693-2112237245.1598994693, (Erişim Tarihi: 01.09.2019).

- Rifkin, Jeremy (2016); "The 2016 World Economic Forum Misfires with its Fourth Industrial Revolution," *Theme The Economist*, <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/information-technology/article/21967057/the-2016-world-economic-forum-misfires-with-its-fourth-industrial-revolution-theme>, (Erişim Tarihi: 10.01.2020).
- Roblek, Vasja, Maja Meşko ve Alojz Krapeş (2016); "A Complex View of Industry 4.0," *SAGE Open*, Cilt 6, Sayı 2, s. 1-11.
- Rodič, Blaz (2017); "Industry 4.0 and the New Simulation Modelling Paradigm," *Organizacija*, Cilt 50, Sayı 3, s. 193-207.
- Rodionova, Irina, Olga Shuvalova ve Tatiana Kokuytseva (2017); "The Balance of Power in The World Manufacturing Industry," *10th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business*, s. 1500-1513, Rome, Italy.
- Romero, David, Peter Bernus, Ovidiu Noran, Johan Stahre ve Åsa Fast-Berglund (2016); "The Operator 4.0: Human Cyber Physical Systems & Adaptive Automation Towards Human Automation Symbiosis Work Systems," *International Conference on Advances in Production Management Systems: Initiatives for a Sustainable World*, s. 677-686, Springer, Wiesbaden.
- Rostow, Walt Whitman (1970); "Sanayi Devrimi Nasıl Başladı?," *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakóltesi Mecmuası*, (Çev.: Dr. Cengiz Arın), Cilt 30, Sayı 1-4, s. 255-278
- Rüßmann, Michael, Markus Lorenz, Philip Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel ve Michael Harnisch, (2015); "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries," *Boston Consulting Group*. <https://www.zvw.de/media.media.72e472fb-1698-4a15-8858-344351c8902f.original.pdf>, (Erişim Tarihi, 27.10.2019).
- Sadeghi, Ahmad Reza, Christian Wachsmann ve Michael Waidner (2016); "Security and Privacy Challenges in Industrial Internet of Things," *Proceedings of the 52nd Annual Design Automation Conference*.
- Sanders, Adam, Chola Elangewaran ve Jens Peter Wulfsberg (2016); "Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing," *Journal of Industrial Engineering and Management*, Cilt 9, Sayı 3, s. 811-833.
- Saurabh, Vaidya, Prashant Ambad ve Santosh Bhosle (2018); Industry 4.0 - A Glimpse," *Procedia Manufacturing*, Cilt 20, Sayı 1, s. 233-238.
- Sazia, Parvin, Farookh Khadeer Hussain, Omar Khadeer Hussain, Thandar Thein ve Jong Sou Park (2013); "Multicyber Framework for Availability Enhancement of Cyber Physical Systems," *Computing*, Cilt 95, Sayı 10-11, s. 927-948.

- Schaltegger, Stefan ve Marcus Wagner (2011); "Sustainable Entrepreneurship and Sustainability Innovation: Categories and Interactions," *Business Strategy and the Environment*, Cilt 20, Sayı 4, s. 222-237.
- Schlund, Sebastian ve Ferdinand Baaij (2018); "Describing the Technological Scope of Industry 4.0 – A Review of Survey Publications," *LogForum Scientific Journal of Logistics*, Cilt 14, Sayı 3, s. 341-353.
- Schmidt, Rainer, Michael MöhringRalf, Christian Härting, Christopher Reichstein, Pascal Neumaier, Philip Jozinović (2015); "Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results," *International Conference on Business Information Systems*, Springer, Wiesbaden.
- Schneider, Paul (2018); "Managerial Challenges of Industry 4.0: An Empirically Backed Research Agenda for a Nascent Field," *Review of Managerial Science*, Cilt 12, Sayı 3, s. 803-848.
- Schuh, Günther, Christina Reuter, Annika Hauptvogel and Christian Dölle (2014); "Hypotheses for a Theory of Production in the Context of Industrie 4.0," *Advances in Production Technology*, s. 11-23, Springer.
- Schuh, Günther, Thomas Gartzten, Timon Rodenhauser, Alexander Marks (2015); "Promoting Work-Based Learning Through Industry 4.0," *Procedia CIRP* Cilt 32, Sayı 1, s. 82-87.
- Schuh, Günther, Till Potente, Cathrin Wesch-Potente, Anja Ruth Weber ve Jan Philip Prote (2014); "Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0," *Procedia CIRP*, Cilt 19, s. 51-56.
- Schulte, Mark Alexander (2016); "Digital Transformation in the Manufacturing Industry, Industry 4.0: From Vision to Reality," *IDC White Paper*, No: EMEA41898616, Frankfurt.
- Schwab, Klaus (2016); The Fourth Industrial Revolution, *World Economic Forum* Cologny, Geneva.
- Senvar, Ozlem ve Erkut Akkartal (2018); "An Overview to Industry 4.0," *International Journal of Information, Business and Management*, Cilt 10, Sayı 4, s. 50-57.
- Shamim, Sagib, Shuang Cang, Hongnian Yu, Yun Li (2016); "Management Approaches for Industry 4.0: A Human Resource Management Perspective," *IEEE Congress on Evolutionary Computation*, s. 5309-5316.
- Shamim, Sagib, Shuang Cang, Hongnian Yu ve Yun Li (2017); "Examining the Feasibilities of Industry 4.0 for the Hospitality Sector with the Lens of Management Practice," *Energies*, Cilt 10, Sayı 4, s. 499.
- Ślusarczyk, Beata (2018); "Industry 4.0 - Are We Ready?," *Polish Journal of Management Studies*, Cilt 17, Sayı 1, s. 232-248.

- Smit, Jan, Stephan Kreutzer, Carolin Moeller ve Malin Carlberg (2016); “Policy Department A: Economic and Scientific Policy, İndustry 4.0,” European Parliament, *Study for the ITRE Committee*, European Union.
- Stancioiu, Alin (2017); “The Fourth Industrial Revolution Industry 4.0,” *Fiability & Durability*, Cilt 1, Sayı 1, s.74-78.
- State Planning Organization (2001); *Long-Term Strategy and Eight Five-Year Development Plan 2001–2005*, <http://ekutup.dpt.gov.tr/plan/viii/plan8i.pdf> (Erişim Tarihi: 03.02.2020).
- Stock, Tim ve Guenther Seliger (2016); “Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0,” *Procedia CIRP*, Cilt 40, Sayı 1, s. 536-541.
- Strategy& (2015); *Industrie 4.0: Opportunities and challenges of the industrial Internet*, <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2015/industrial-internet.html>, (Erişim Tarihi: 11.12.2019).
- Sung, Tae Kyung (2017); “Industry 4.0: A Korea Perspective,” *Technological Forecasting&Social Change*, Cilt 132, Sayı 1, s. 40-45.
- Sutthiphisal, Dhanoos (2004); “*The Geography of Invention in High and Low Technology Industries: Evidence from the Second Industrial Revolution*,” Doctor of Philosophy Dissertation, University of California, Los Angles.
- Szalavetz, Andrea (2018); “Industry 4.0 and Capability Development in Manufacturing Subsidiaries,” *Technological Forecasting & Social Change*, Cilt 145, Sayı 1, s. 1-12.
- Şenses, Fikret ve Erol Taymaz (2003); “Unutulan Bir Toplumsal Amaç: Sanayileşme Ne Oluyor? Ne Olmalı?,” *ERC Working Papers in Economics*, Cilt 3, Sayı 1, s. 1-23.
- Şişbot, Sedat (2016); “Sanayi Devrimi ile Teknik Elemana İhtiyaç Duyulacak,” *TOBB Ekonomik Forum*, http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016_027.pdf, (Erişim Tarihi: 06.12.2019).
- Şuman, N. (2017); “Akıllı Üretim Çağı: Endüstri 4.0,” *Fortune*, <https://www.fortuneturkey.com/akilli-uretim-cagi-endustri-40-42841>, (Erişim Tarihi: 07.12.2019).
- Taghizadeh, Kaveh ve Gençer Keser (2015); “Dördüncü Sanayi Devrimi: Yarının Fabrikaları Neye Benziyor?,” *KPMG International*, s. 1-3. <https://home.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2016/08/tr-sanayi-4.PDF>, (Erişim Tarihi: 01.12.2019).
- Tao, Fei ve Qinglin Qi (2017); “New IT Driven Service-Oriented Smart Manufacturing: Framework and Characteristics,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, Cilt 49, Sayı 1, s. 1-11.

- Tay, Shu Ing, A. H. Nor Aziati, Lee Te Chuan, Ahmad Nur Aizat Ahmad (2018); “An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives,” *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, Cilt 10, Sayı 14, s. 1379-1387.
- T.C. Zonguldak Valiliği; (<http://www.zonguldak.gov.tr/organize-sanayi-tesisleri>). (Erişim Tarihi: 07.06.2020).
- Ten, Chee Wooi, Govindarasu Manimaran ve Chen Ching Liu (2010); “Cybersecurity for Critical Infrastructures: Attack and Defense Modeling,” *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, Cilt 40, Sayı 4, s. 853-865.
- Tezgel, Osman (2010); “*Çağdaş Fabrika Sisteminin Doğuşu ve Günümüze Kadar Geçirdiği Evreler*,” Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Ankara.
- Thomson, Allan (1973); *The Dynamics of Industrial Revolution*, Publisher Edward Arnold, London.
- Tjahjono, Beny, C Esplugues, E Ares ve Gerardo Pelaez (2017); “What Does Industry 4.0 Mean to Supply Chain?,” *Procedia Manufacturing*, Cilt 13, Sayı 1, s. 1175-1182.
- TÜİK Merkezi Dağıtım Sistemi (2018); <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=88&locale=tr/>, (Erişim Tarihi: 17.01.2020).
- Türkiye İstatistik Kurumu (2018); <http://tuik.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 17.01.2020).
- Türkmen, Yılmaz Sibel (2018); “Industry 4.0 and Turkey: A Financial Perspective”, *Strategic Design and Innovative Thinking in Business Operations*, s. 273-291, Springer.
- TÜSİAD (2005); *Türkiye’de Bölgesel Gelişme Politikaları: Sektör, Bölge Yığınlaşmaları*, Tüsiad Büyüme Stratejileri Dizisi No: 4, İstanbul.
- TUSİAD (2016); “*Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı*,” <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8867-tu-rkiye-deki-dijital-degis-ime-ceo-bakis-i-raporu> (Erişim Tarihi: 12.10.2019).
- TÜSİAD ve BCG; (2016); *Industry 4.0 in Turkey as an Imperative For Global Competitiveness: An Emerging Market Perspective*, Turkish Industry and Business Association, , Publication Number: TÜSİAD-T/2016-03/576, İstanbul.
- UNIDO (2019); *World Manufacturing Production, Statistics for Quarter I, 2019*, https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-06/World_manufacturing_production_2019_q1.pdf, (Erişim Tarihi: 14.01.2020).

- Wan, Jiafu, Hu Cai ve Keliang Zhou (2015); “Industrie 4.0: Enabling Technologies,” *Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things*, s. 135-140.
- Wang, Lihui, Martin Törngren ve Mauro Onori (2015); “Current Status and Advancement of Cyber-Physical Systems in Manufacturing,” *Journal of Manufacturing Systems*, Cilt 37, Sayı 2, s. 517-527.
- Wang, Shiyong, Di Li, Jiafu Wan ve Chunhua Zhang (2016); “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Cilt 12, Sayı 1, s.1-10.
- Wang, Xiao, Lingxi Li, YongYuan, PeijunYe ve Fei-Yue Wang (2016); “ACP - Based Social Computing and Parallel Intelligence: Societies 5.0 and Beyond,” *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, Cilt 1, Sayı 4, s. 377-393.
- West, Darrell M. ve Christian Lansang (2018); “Global Manufacturing Scorecard: How the US Compares to 18 Other Nations,” *Brookings*, <https://www.brookings.edu/research/global-manufacturing-scorecard-how-the-us-compares-to-18-other-nations/>, (Erişim Tarihi: 14.01.2020).
- Whysall, Zara, Mike Owtram ve Simon Brittain (2019); “The New Talent Management Challenges of Industry 4.0,” *Journal of Management Development*, Cilt 38, Sayı 3, s. 20-45.
- Witkowski, Krzysztof (2017); “Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 - Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management,” *Procedia Engineering*, Cilt 182, Sayı 1, s.763–769.
- World Economic Forum (2012); *The Future of The Manufacturing Industry, Future of Economic Progress*, <https://www.weforum.org/agenda/2012/02/manufacturing-for-growth/>, (Erişim Tarihi: 10.01.2020).
- World Economic Forum (2016); *The Global Information Technology Report 2016*, http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf (Erişim Tarihi: 12.11.2019).
- World Economic Forum (2018); *The Global Competitiveness Report 2018*, <https://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2018/>, (Erişim Tarihi: 18.01.2020).
- Vaidya, Saurabh, Prashant Ambad ve Santosh Bhosle (2018); “Industry 4.0 - A Glimpse,” *Procedia Manufacturing*, Cilt 20, Sayı 1, s. 233-238.
- Yazıcı, Edinç ve Hıdır Düzkaya (2016); “Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır mı?,” *Journal of Education and Humanities: Theory and Practice*, Cilt 7, Sayı 13, s. 49-88.

- Yılmaz, Fatih (2016); “Türkiye’de Endüstri 4.0,” *Endüstri 40*. <https://www.endustri40.com/turkiyede-endustri-4-0/>, (Erişim Tarihi: Erişim: 19.12.2019).
- Yın, Shen ve Okyay Kaynak (2015); “Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends,” *Proceedings of the IEEE*, Cilt 103, Sayı 2, s. 143-146.
- Yükseler, Zafer (2016); “Türkiye İmalat Sanayi Sektörü (Kısa Vadeli İş İstatistikleri, Sektörel Gelişmeler ve Teknoloji Düzeyi),” *Central Bank of the Republic of Turkey*, Technical Report.
- Zezulka, Frantisek, Petr Marcon, Ivo Vesely ve Ondrej Sajdl (2016); “Industry 4.0 – An Introduction in the Phenomenon,” *IFAC- PapersOnLine* Cilt 49, Sayı 25, s. 8-12.
- Zhang, Qi, Lu Cheng ve Raouf Boutaba (2010); “Cloud Computing: State of the Art and Research Challenges,” *Journal Of Internet Services and Applications*, Cilt 1, Sayı 1, s. 7-18.
- Zhang, Xianhui, William A. Peek, Bohdan Pikas ve Tenpao Lee (2016); “The Transformation and Upgrading of The Chinese Manufacturing Industry: Based on German Industry 4.0,” *Journal of Applied Business and Economics*, Cilt 18, Sayı 5, s. 97-105.
- Zhou, Keliang, Taigang Liu ve Lifeng Zhou (2015); “Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges,” *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, s. 2147-2152.
- Zonguldak Ticaret ve Sanayi Odası (2014); *Zonguldak 2014 İktisadi Durum Raporu* <https://www.ztso.org.tr/wp-content/uploads/delightful-downloads/2014/11/2014durum-1.pdf>, (Erişim Tarihi: 07.06.2020).
- Zuehlke, Detlef (2010); “Smartfactory - Towards a Factory of Things,” *Annual Reviews in Control*, Cilt 34, Sayı 1, s. 129-138.

EKLER

EK 1: Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi

Değerli katılımcı, bu anket Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans programı İmalat Sanayii'nde Faaliyet Gösteren İşletmelerin Endüstri 4,0 Farkındalığı, Zonguldak İli Örneği adlı Tez çalışmasında kullanılmak üzere yapılmaktadır. Son yıllarda ortaya çıkan Endüstri 4.0 diğer bir deyişle Dördüncü Sanayi Devrimi kavramı üzerine işletmelerin mevcut durumlarını ve yaklaşımlarını tespit etmek üzere hazırlanmıştır. Toplanan verilerin gizliliği korunacak ve veriler sadece araştırmacı tarafından yürütülen tez çalışmasında kullanılacaktır. Katılımınız için teşekkürler.

Araştırmacı:

Hale ARSLANALP

Danışman:

Dr. Öğr. Üyesi Ferdi KESİKOĞLU

I.BÖLÜM: GENEL BİLGİLER

Firma Faaliyet Alanı:

Firma Çalışan Sayısı:

☐ 1-9

☐ 10-49

☐ 50-250

☐ 250+

Firmadaki Göreviniz:

II. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 İLE İLGİLİ SORULAR

Endüstri 4.0 konusundaki bilgi seviyeniz?

Fikrim yok	1	2	3	4	5	Profesyonel olarak ilgileniyorum
------------	---	---	---	---	---	----------------------------------

Endüstri 4.0. platformlarına üye misiniz? (Formlar, Topluluklar vb.)

☐ Evet

☐ Hayır

Firmanızın Endüstri 4.0'a bakışı nedir?

İhtiyaç yok	1	2	3	4	5	Çok gerekli
-------------	---	---	---	---	---	-------------

Firmanızda Endüstri 4.0'a yönelik çalışmalar yapılıyor mu?

Hiçbir çalışma yok	1	2	3	4	5	Profesyonel olarak çalışılıyor
--------------------	---	---	---	---	---	--------------------------------

Endüstri 4.0'a geçiş için firmanızın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği nedir?

Yetersiz	1	2	3	4	5	Gerekli bilgiye sahip
----------	---	---	---	---	---	-----------------------

Firmanızın mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu nedir?

Çok zayıf	1	2	3	4	5	Çok güçlü
-----------	---	---	---	---	---	-----------

III. BÖLÜM: İŞ MODELİ, ÜRÜN ve HİZMETLER

Ürün veya hizmetlerinizi geliştirme yönteminiz nedir?

Fiziksel üretim	1	2	3	4	5	İleri teknoloji destekli üretim
-----------------	---	---	---	---	---	---------------------------------

Ürün veya hizmetlerinizi müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirme kabiliyetiniz nedir?

Standart toplu üretim	1	2	3	4	5	Müşteri tarafından özelleştirilebilir ürünler
-----------------------	---	---	---	---	---	---

Üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı nedir?

Veri toplama ve analizi gerçekleştirilmiyor	1	2	3	4	5	Düzenli olarak veri analizi gerçekleştiriliyor
---	---	---	---	---	---	--

Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynakların kullanım oranı nedir?

Sadece firma kaynakları kullanılıyor	1	2	3	4	5	Dış kaynak kullanımı yoğun olarak gerçekleştiriliyor
--------------------------------------	---	---	---	---	---	--

IV. BÖLÜM: PAZARLAMA ve MÜŞTERİYE ULAŞMA

Ürün ve hizmetlerin müşteriye tanıtılmasında kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir?

Geleneksel saha pazarlama yöntemleri	1	2	3	4	5	Çok kanallı fiziksel ve dijital yöntemler
--------------------------------------	---	---	---	---	---	---

Müşteri talepleri, yorumları, geri bildirimleri için kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir?

Geleneksel yöntemler (telefon, yüz yüze)	1	2	3	4	5	Dijital yöntemler (website, sosyal medya, forumlar vb.)
--	---	---	---	---	---	---

Fiyatlandırma politikasında izlenen yöntem çeşitliliği nedir?

Tüm ürün ve hizmetler için sabit fiyat	1	2	3	4	5	Müşteri potansiyeline, geçmişine ve anlık verilere göre fiyatlandırma
--	---	---	---	---	---	---

Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu nedir?

Veri analizi gerçekleştirilmiyor	1	2	3	4	5	Müşteri özellikleri değerlendirilerek düzenli olarak tasarım ve üretim değişikliği yapılıyor
----------------------------------	---	---	---	---	---	--

V. BÖLÜM: SÜREÇ YÖNETİMİ

Ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?

Manuel planlama ve tasarım, düşük otomasyon	1	2	3	4	5	Tam otomasyon ve bilişim sistemleri (ERP, MRP vb.)
---	---	---	---	---	---	--

Üretim planlama ve kontrolünde anlık analizler ile talebe göre esneklik kabiliyeti nedir?

Uzun vadeli planlamalar, çoklu üretim	1	2	3	4	5	Gerçek zamanlı veri toplama ve kısa vadeli plan değişiklikleri
---------------------------------------	---	---	---	---	---	--

Planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanımı nedir?

Manuel, tecrübeye dayalı operasyonlar	1	2	3	4	5	Operasyona özgü bilgi sistemi kullanımı
---------------------------------------	---	---	---	---	---	---

Üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti nedir?

Üretim sistemlerinin bilgi sistemleri ile bağlantısı yoktur	1	2	3	4	5	Tüm veriler otomatik olarak sistemlere aktarılmaktadır (sensörler, IoT bağlantıları vb.)
---	---	---	---	---	---	--

Üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?

Manuel operasyonlar	1	2	3	4	5	Entegre müşteri yönetimi, dağıtım, tedarik zinciri otomasyonu
---------------------	---	---	---	---	---	---

Tüm süreçlerinizi değerlendirdiğinizde veriye ulaşma ve analiz etme kolaylığını nasıl değerlendiriyorsunuz?

Çok zor	1	2	3	4	5	Çok kolay
---------	---	---	---	---	---	-----------

VI. BÖLÜM: BİLGİ SİSTEMLERİ ALTYAPISI

Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu nedir?

Hiç uygun değil	1	2	3	4	5	Tamamen uygun
-----------------	---	---	---	---	---	---------------

Üretim ve müşteri verilerinin toplanmasında ve analizinde kullanılan sistemlerin olgunluk seviyesi nedir?

Gerekli durumlarda manuel veri toplama ve analiz	1	2	3	4	5	Gerçek zamanlı analize olanak sağlayan entegre sistemler
--	---	---	---	---	---	--

Sosyal medya, mobil uygulamalar, veri analizi araçları, bulut tabanlı hizmetler gibi teknolojilerin kullanım yoğunluğu nedir?

Kullanılmıyor	1	2	3	4	5	Profesyonel olarak kullanılıyor
---------------	---	---	---	---	---	---------------------------------

Mevcut bilgi sistemleri altyapısının ihtiyaçları karşılama seviyesi nedir?

Çok yetersiz	1	2	3	4	5	Çok yeterli
--------------	---	---	---	---	---	-------------

Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?

Firma dışı entegrasyon yok	1	2	3	4	5	Tüm paydaşlarla tam entegrasyon
----------------------------	---	---	---	---	---	---------------------------------

Dış paydaşlarınıza (tedarikçiler, partnerler, dağıtıcılar vb.) ulaşma ve yönetme kolaylığını nasıl değerlendiriyorsunuz?

Çok zor	1	2	3	4	5	Çok kolay
---------	---	---	---	---	---	-----------

Mevcut veri toplama ve analiz etme kabiliyetlerinizi nasıl değerlendiriyorsunuz?

Çok yetersiz	1	2	3	4	5	İhtiyaçları tam olarak karşılıyor
--------------	---	---	---	---	---	-----------------------------------

VII. BÖLÜM: DEĞERLENDİRME

Mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli mi? (üretim, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı vb.)

Sınırlı	1	2	3	4	5	Endüstri 4.0 için hazırız
---------	---	---	---	---	---	---------------------------

Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?

Beklenen kazanımları sağlamayacaktır	1	2	3	4	5	Tüm beklentileri karşılayacaktır
--------------------------------------	---	---	---	---	---	----------------------------------

Modelleme ve Simülasyon teknolojilerini daha önce kullandınız mı?

☐ Evet

☐ Hayır

Modelleme ve Simülasyon teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?

Hiç faydası olmayacaktır	1	2	3	4	5	Çok faydalı olacaktır
--------------------------	---	---	---	---	---	-----------------------

Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik teknolojilerini daha önce kullandınız mı?

☐ Evet

☐ Hayır

Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?

Hiç faydası olmayacaktır	1	2	3	4	5	Çok faydalı olacaktır
--------------------------	---	---	---	---	---	-----------------------

KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a geçişin gerekli görüyor musunuz?

Hiç gerek yok	1	2	3	4	5	Çok gerekli
---------------	---	---	---	---	---	-------------

KOBİ'ler Endüstri 4.0 gerekliliklerini sağlayabilirler mi?

Kesinlikle sağlayamaz	1	2	3	4	5	Kesinlikle sağlar
-----------------------	---	---	---	---	---	-------------------

Endüstri 4.0'a uyum sağlanamaz ise KOBİ'lerin rekabet edebilirliği nasıl etkilenir?

Hiç etkilemez	1	2	3	4	5	Rekabet edemez
---------------	---	---	---	---	---	----------------

Endüstri 4.0'a geçişte KOBİ'lerin karşılaşacakları en büyük 3 sorun nedir?

- ☐ Sermaye
- ☐ Fiziksel ve teknolojik altyapı
- ☐ Bilgi
- ☐ Firma kültürü
- ☐ Belirsizlik
- ☐ Nitelikli işgücü
- ☐ Eğitim, danışmanlık, iş birliği, destek yetersizlikleri

Endüstri 4.0 sizin için ne ifade ediyor? (Anahtar kelimeler)

ÖZ GEÇMİŞ

1989 yılında İstanbul'un Üsküdar ilçesinde dünyaya geldim. Lise öğrenimimi 2007 yılında Sarkuydan Lisesi'nde tamamladım. 2013 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniveristesi Devrek Meslek Yüksekokulu Yerel Yönetimler bölümünden okul birinciliği ile mezun oldum. Aynı yıl girdiğim Dikey Geçiş Sınavı ile Kocaeli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi bölümünü kazandım. 2017 yılında Kocaeli Üniversite'sinden fakülte ikinciliği ile mezun oldum. Ardından aynı yıl Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yüksek Lisans Programını kazandım.

