



T.C.

ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI

Yüksek Lisans Tezi

Eren KAMBER

ALANYA

Ocak, 2019

T.C.
ALANYA ALAADDİN KEYKUBAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI

Yüksek Lisans Tezi

Eren KAMBER

İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

İşletme Mühendisliği Programı

Danışman




Dr. Öğr. Üyesi Gülin İdil SÖNMEZTÜRK BOLATAN

ALANYA

Ocak, 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Eren Kamber'in "Türkiye'de Endüstri 4.0 Farkındalığı" başlıklı tezi 14/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, İşletme Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

	Unvanı-Adı Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Dr. Öğr. Üyesi Gülin İdil S. BOLATAN	
Üye :	Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ	
Üye :	Dr. Öğr. Üyesi Didem SARI AY	


Dr. Öğr. Üyesi Işık ÇİÇEK
Enstitü Müdürü V.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.



Eren KAMBER

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR YAZISI

Yüksek lisans çalışmalarım ve tezimin hazırlanmasında büyük emeği geçen, çalışmalarımın her aşamasında bana yol gösteren, öğrenim sürem boyunca beni sürekli destekleyen ve yardımını esirgemeyen, bana her zaman güvenen, başarılı bir akademisyen olmam için beni her zaman gayretlendiren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Gülin İdil Sönmeztürk Bolatan'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca beni sürekli destekleyen, varlıklarını her an yanımda hissettiğim anneme, babama ve her koşulda yanımda duran, desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgilim eşim Tuğçe Kılınçay Kamber'e teşekkür ederim.

Eren KAMBER

Alanya, 2019

ÖZET

TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI

Eren KAMBER

İşletme Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Ocak, 2019 (118 Sayfa)

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gülin İdil SÖNMEZTÜRK BOLATAN

Literatürde Endüstri 4.0 olarak tanımlanan dördüncü endüstri devrimi ile birlikte, üretim sistemleri teknolojik gelişme ve ilerlemeleri hızlı bir şekilde içerisinde barındırmaya başlamaktadır. Üretimde internetin etkin kullanımı düşüncesiyle başlayan yeni devrim süreci bilgi, bilişim teknolojileri ve siber fiziksel sistemler (CPS), nesnelerin interneti (IoT), akıllı fabrikalar ve diğer Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim sistemlerine entegre edilmesiyle gerçekleştirilecektir. Gelişmiş ülkelerin öncülüğünde başlayan Endüstri 4.0'ın ülkelerin gelecek planlamalarında yer aldığı görülmekte, devlet sanayi işbirliğinde yeni sistemlere uygun düzenlemelerin ve uygulamaların başladığı görülmektedir. Ülkemizde ise devlet politikaları bazında benzer çalışmaların başladığı söylenebilmektedir. Bu çalışmalara ek olarak, sanayinin de Endüstri 4.0 uygulamaları için hazırlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında Türkiye üretim endüstrisinin mevcut teknolojik durumu ve Endüstri 4.0'a bakış açısı incelenmiştir. Ülke çapında üretim endüstrisinde çalışan 202 katılımcıya ulaşılarak, Endüstri 4.0 farkındalık anketi ile Endüstri 4.0'a bakış açısındaki sektörel farklılıklar belirlenmiş, Endüstri 4.0 bilgi seviyesine göre katılımcıların görüşleri alınmıştır. Hazırlanan anket paralelinde 13 hipotez oluşturulmuş, hipotezler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Sektörel bazda Endüstri 4.0'a bakış açısındaki farklılıklar bulunmuştur. Ayrıca, katılımcıların Endüstri 4.0 bilgi seviyelerine ve firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili çalışma yapılıp yapılmamasına göre Endüstri 4.0 farkındalıklarının değiştiği görülmüştür. Katılımcılar Endüstri 4.0'a geçişi gerekli görmüş, fakat yeni teknolojileri geçişte mevcut işletme bilgi, bilişim, teknolojik altyapılarının yeterli olmayacağını belirtmiştir.

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, dördüncü sanayi devrimi, siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, akıllı fabrikalar

ABSTRACT

INDUSTRY 4.0 AWARENESS IN TURKEY

Eren KAMBER

Department of Management Engineering

Alanya Alaaddin Keykubat University, Graduate School of Natural and Applied
Sciences,

January, 2019

Supervisor: Assistant Professor Gülin İdil SÖNMEZTÜRK BOLATAN

Production systems are beginning to include technological developments rapidly with the fourth industrial revolution, which is defined as Industry 4.0 in the literature. The new revolution beginning with using the Internet in production effectively will be realized by integrating information technologies and cyber physical systems (CPS), Internet of Things (IoT), intelligent factories and other Industry 4.0 components into the production systems. Industry 4.0, which started under the leadership of developed countries, is seen to be included in the future planning of the countries, and it is seen that the regulations and practices for new systems in the government industrial workforce have started. In our country, similar studies started on the basis of government policies. In addition to government studies, our industry needs to be prepared for Industry 4.0 applications. In this respect, Industry 4.0 perspective and the current technological level of Turkey's manufacturing industry was examined on the scope of work. With the Industry 4.0 awareness survey prepared by reaching 202 participants working in the production industry, the sectoral differences in the view of Industry 4.0 were determined, and the opinions of the participants were taken according to the Industry 4.0 knowledge level. 13 hypotheses were created in parallel with the prepared questionnaire and hypotheses were analyzed statistically. Differences in the point of view of Industry 4.0 were found on a sectoral basis. In addition, it was seen that Industry 4.0 awareness changes according to Industry 4.0 knowledge levels and whether there is a study about Industry 4.0 in their firms. Participants considered the transition to Industry 4.0, but stated that existing knowledge, information and technological infrastructures in the transition to new technologies would not be sufficient.

Keywords: Industry 4.0, fourth industrial revolution, cyber physical systems, internet of things, smart factories

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	i
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	ii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR YAZISI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	i
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iv
KISALTMALAR LİSTESİ	v
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR	5
2.1 Sanayi Devrimleri	5
2.1.1. Birinci Sanayi Devrimi (1760-1830)	5
2.1.2. İkinci Sanayi Devrimi (1840-1973)	6
2.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi (1974-2011).....	7
2.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi (2011- ...)	9
2.2. Endüstri 4.0 Gelişim Süreci	11
2.3. Endüstri 4.0 Nedir	14
2.4. Türkiye ve Endüstri 4.0.....	21
2.5. Endüstri 4.0 Devlet Politikaları ve Uygulamaları	23
2.6. Endüstri 4.0 Bileşenleri.....	28
2.6.1. Siber Fiziksel Sistemler	29
2.6.2. Nesnelerin İnterneti.....	32
2.6.3. Büyük Veri ve Bulut Sistemi	34
2.6.4. Akıllı Fabrikalar ve Akıllı Ürünler	35
2.6.5. Yatay ve Dikey Yazılım Entegrasyonu.....	40
2.6.6. Siber Güvenlik	40
2.6.7. Sensörler.....	42
2.6.8. 3-D Yazıcılar.....	43
2.6.9. Akıllı Robotlar	43
2.6.10. Zenginleştirilmiş (Artırılmış) Gerçeklik	44
2.7. Endüstri 4.0 Güçlü ve Zayıf Yanları	47

2.8. Türkiye Endüstri 4.0 Uygulaması için Öneriler	53
2.9. Endüstri 4.0 Model Çalışmaları ve Uygulama Örnekleri.....	55
2.10. Endüstri 4.0 Sorunları	59
3. TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI İLE İLGİLİ ALAN	
ARAŞTIRMASI	61
3.1. Araştırma Amacı	61
3.2. Araştırma Kapsamı.....	61
3.3 Araştırma Yöntemi.....	63
3.4 Hipotezler	64
3.5 Araştırmaya Katılanlara İlişkin Bulgular	65
4. TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI İLE İLGİLİ ALAN	
ARAŞTIRMASININ BULGULARI	67
4.1. Anket Cevaplarına İlişkin Bulgular	67
4.2. Güvenilirlik Analizi	72
4.2.1 Çalışma Kapsamında Yapılan Güvenilirlik Analizi.....	72
4.3. Test Edilen Hipotezlerin Değerlendirilmesi	73
5. SONUÇLAR.....	89
5.1. Araştırmanın Kısıtları ve Gelecekteki Çalışmalar İçin Öneriler.....	96
6. KAYNAKLAR	97
7. EKLER	102
EK-1: Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi	102
ÖZGEÇMİŞ	108

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1 Sanayi Devrimleri Tarihçesi	5
Tablo 2.2 Endüstri Devrimleri Tarihçesi	10
Tablo 2.3 Bölgelere Göre Dünya Nüfusu, 2017-2100	13
Tablo 2.4 Endüstri 4.0 Stratejik Yol Haritası.....	21
Tablo 2.5 Ülkelerin Yeni Sanayi Devrimi Stratejileri	24
Tablo 2.6 Endüstri 4.0 Kavramı Tarihsel Gelişimi	26
Tablo 2.7 BTYK'nın 2016/101 no.lu 'Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması' Kararı	27
Tablo 2.8 BTYK'nın 2016/101 no.lu 'Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması' Kararına İstinaden TÜBİTAK Tarafından Yapılan Çalışmalar	27
Tablo 2.9 Siber-Fiziksel Sistemlerin Tarihsel Gelişimi	30
Tablo 2.10 Siber-Fiziksel Sistemlerin Siber ve Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırması	31
Tablo 2.11 Makine ve İnsanların Siber Fiziksel Sistemle Etkileşimi	31
Tablo 2.12 Dört İşlemde Endüstri 4.0	42
Tablo 2.13 Endüstri 4.0'ın Geleceğe Dönük Beklentileri.....	49
Tablo 2.14 Türkiye Endüstri 4.0 SWOT Analizi	54
Tablo 3.1 Endüstri 4.0 Boyutları Çerçevesinde Araştırmanın Anket Soruları	62
Tablo 3.2 Araştırmaya Katılan Firmaların Sektörlerine Göre Gruplandırılması	65
Tablo 3.3 Araştırmaya Katılan Firmaların İşletme Çalışan Sayılarına Göre Gruplandırılması	65
Tablo 3.4 Anket Katılımcılarının Departmanlarına Göre Gruplandırılması	66
Tablo 4.1 Katılımcıların Anket Sorularına Vermiş Olduğu Cevaplar	69
Tablo 4.2 Çalışmaya Yönelik Güvenilirlik Analizi Sonuçları	73
Tablo 4.3 H ₁ İçin Varyansların Homojenliği Testi	74
Tablo 4.4 H ₁ İçin Varyans Analizi	74
Tablo 4.5 Sektörlerin Mevcut Endüstri 4.0 Bilgi Seviyelerine Göre Değerlendirilmeleri	75
Tablo 4.6 H ₂ İçin Varyansların Homojenliği Testi	75
Tablo 4.7 H ₂ İçin Varyans Analizi	75
Tablo 4.8 Sektörlerin Mevcut Bilişim Altyapılarının Endüstri 4.0'a Uygunluğunun Değerlendirilmesi.....	76
Tablo 4.9 H ₃ İçin Varyansların Homojenliği Testi	76
Tablo 4.10 H ₃ İçin Varyans Analizi	76
Tablo 4.11 Sektörlerin Ürün Veya Hizmetlerinin Müşteri İhtiyaçlarına Göre Özelleştirme Kabiliyetlerinin Değerlendirilmesi	77

Tablo 4.12 H ₄ İçin Varyansların Homojenliği Testi	77
Tablo 4.13 H ₄ İçin Varyans Analizi	77
Tablo 4.14 Sektörlerin Üretim ve Müşteri Verilerini Analiz Etme Sıklığının Değerlendirilmesi.....	78
Tablo 4.15 H ₅ İçin Varyansların Homojenliği Testi	78
Tablo 4.16 H ₅ İçin Varyans Analizi	78
Tablo 4.17 Sektörlerin Tasarım, Mühendislik ve Üretim Süreçlerinde Müşteri Verilerini Analiz Etme ve Değerlendirme Yoğunluğunun Değerlendirilmesi.....	79
Tablo 4.18 H ₆ İçin Varyansların Homojenliği Testi	79
Tablo 4.19 H ₆ İçin Varyans Analizi	79
Tablo 4.20 Sektörlerin Ürün ve Hizmet Tasarımından Üretime Kadar Olan Süreçte Teknoloji Kullanım Yoğunluğunun Değerlendirilmesi	80
Tablo 4.21 H ₇ İçin Varyansların Homojenliği Testi	80
Tablo 4.22 H ₇ İçin Varyans Analizi	81
Tablo 4.23 Sektörlerin Planlama, Üretim, Tahmin, Tedarik Zinciri Gibi Süreçlerde Bilgi Sistemleri Kullanımı Yoğunluğunun Değerlendirilmesi	81
Tablo 4.24 H ₈ İçin Varyansların Homojenliği Testi	81
Tablo 4.25 H ₈ İçin Varyans Analizi	82
Tablo 4.26 Sektörlerin Üretimden Ürün ve Hizmetin Müşteriye Teslimine Kadar Olan Süreçte Teknoloji Kullanım Yoğunluğunun Değerlendirilmesi	82
Tablo 4.27 H ₉ İçin Varyansların Homojenliği Testi	82
Tablo 4.28 H ₉ İçin Varyans Analizi	83
Tablo 4.29 Sektörlerin Mevcut Bilgi Sistemleri Altyapılarının Endüstri 4.0 İle Uyumluluğunun Değerlendirilmesi	83
Tablo 4.30 H ₁₀ İçin Varyansların Homojenliği Testi.....	83
Tablo 4.31 H ₁₀ İçin Varyans Analizi.....	84
Tablo 4.32 Sektörlerin Tedarikçileri ve Diğer Partnerleri İle Teknolojik Bağlantı Seviyeleri Derecelerinin Değerlendirilmesi.....	84
Tablo 4.33 H ₁₁ İçin Varyansların Homojenliği Testi.....	84
Tablo 4.34 H ₁₁ İçin Varyans Analizi.....	85
Tablo 4.35 Sektörlerin Mevcut Kabiliyetlerin ve Kaynakların Endüstri 4.0 İçin Yeterli Olup Olmamasının Değerlendirilmesi	85
Tablo 4.36 Firmaların Endüstri 4.0'a Bakış Açılarında Gerekli Olduğunu Düşünenler İle Düşünmeyenler Arasında Endüstri 4.0 Ve Benzeri Teknolojik Yaklaşımların Firmalarına Katkısı Olacağı Düşüncesindeki Farkı Ölçen t Testi	86
Tablo 4.37 Firmaların Endüstri 4.0'a Bakış Açılına Göre Endüstri 4.0 Ve Benzeri Teknolojik Yaklaşımların Firmalarına Katkısı Olup Olmayacağının Değerlendirilmesi	86

Tablo 4.38 Firmalarında Endüstri 4.0 İle İlgili Hiçbir Çalışma Yapmayanlar İle Yapanlar Arasında Tedarikçiler Ve Diğer Partnerler İle Kurulan Teknolojik Bağlantı Seviyesindeki Farkı Ölçen t Testi	87
Tablo 4.39 Firmaların Endüstri 4.0 İle İlgili Çalışma Yapma Seviyelerine Göre Tedarikçiler Ve Diğer Partnerler İle Kurulan Teknolojik Bağlantı Seviyelerinin Değerlendirilmesi.....	87
Tablo 4.40 Araştırma Hipotez Sonuçları	88



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Endüstri'nin Tarihsel Gelişimi	7
Şekil 2.2 Endüstri Devrimleri Tarihçesi	9
Şekil 2.3 Sanayi Devrimleri.....	11
Şekil 2.4 1991 ve 2011 Yılları Üretim Pazar Payları Karşılaştırılması.....	13
Şekil 2.5 Endüstri 4.0 Genel Şeması	15
Şekil 2.6 Endüstri 4.0'ın Genel Görünümü	16
Şekil 2.7 Dünya Çapında Üretim Maliyet Endeksi	22
Şekil 2.8 Yeni Sanayi Devriminin Firma Seviyesinde Sağlayacağı Öngörülen Kazanımlar	29
Şekil 2.9 Nesnelerin İnternetinin Gelişimi	33
Şekil 2.10 Endüstri 4.0 Ortamında Alt Yapı ve Ana Bileşenler.....	34
Şekil 2.11 Endüstri 4.0 Merkezinde Akıllı Fabrikalar.....	38
Şekil 2.12 Endüstri 4.0'ın Tetikleyici Unsurları.....	41
Şekil 2.13 Endüstri 4.0 Yenilikçi Teknolojileri.....	46
Şekil 2.14 Sektörlere Göre Endüstri 4.0 Ekonomik Etkileri	50
Şekil 2.15 Endüstri 4.0 Yatırımı Planlanan Alanlar İçin Stratejik Yatırım Önem Seviyeleri	51
Şekil 2.16 Endüstri 4.0 Potansiyel Kazanımları	56
Şekil 4.1 Endüstri 4.0'a Geçişte KOBİ'lerin Karşılacağı En Büyük Sorunlar.....	68

KISALTMALAR LİSTESİ

PLC	Programlanabilir mantıksal kontrol
CPS	Siber fiziksel sistemler
IoT	Nesnelerin interneti
Acatech	Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi
RFID	Radyo frekansı ile tanımlama teknolojisi
BTYK	Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
3-D	3 boyutlu
BMBF	Almanya Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı

1. GİRİŞ

Rauen 2012 yılında Endüstri 4.0'dan şu cümlelerle bahsetmektedir: “Uygulama adım adım başlayacağından, Endüstri 4.0 ortaya çıkarken değişim anlamında büyük bir patlama olmayacaktır. Değişim de adım adım olacak, fakat dönüp 10 yıl öncesine bakıldığında dünyanın önemli ölçüde değiştiği görülecektir.” (Hoffman ve Rüsç, 2017). Teknolojide gerçekleşen bu hızlı değişim sektörel bazda büyük etkiler yaratmaktadır. Teknolojik gelişmeler üretim sistemleriyle beraber ürünlere yansımaya başladıkça müşteri talepleri de bu doğrultuda değişim göstermektedir. Bütün bu süreç birlikte düşünüldüğünde teknoloji öncülüğünde klasik üretim anlayışındaki değişim kaçınılmazdır.

Günümüzde üretim sistemleri ve teknolojileri hızlı bir değişim içerisinde. Bu değişim, fiziksel değişimin yanı sıra klasik üretim anlayışlarının da değişmesine yol açmaktadır. Modern üretim sistemlerinin en önemli konusu teknoloji olmuştur ve bu hususta işletmelere, devletlere ve üretim politikaları yapıcılara mevcut üretim teknolojilerinin geliştirilmesi veya yenilenmesinde büyük roller düşmektedir.

Teknolojik ilerleme hızı da gittikçe artmaktadır. Güncel olarak dünyada 1.3 milyar kişi elektriği kullanamamakta, toplam dünya nüfusunun yüzde 17'si de Endüstri 2.0 teknolojilerini kullanmaktadır. Endüstri 3.0 için benzer şeyler söylenebilir. Dünyada internete erişemeyen nüfus büyük bir çoğunluktadır. Fakat, internetin yayılma hızı diğer teknolojilere göre bir hayli hızlıdır. Örnek vermek gerekirse, iplik makinesi 120 yıl sonra Avrupa dışına yayılabilmiş, internetin ise günümüz halini alması 15 yıl sürmüştür. İnternetin yayılma hızı dikkate alınınca Endüstri 4.0'ın yayılma hızının ne kadar fazla olabileceği benzer yaklaşımla tahmin edilmektedir (Kağnıcıoğlu ve Özdemir, 2017).

Geleneksel üretim sistemleri, uluslararası anlamda otomasyon, ölçek ekonomisi, tecrübeye dayalı bilgi gibi önemli artıları içinde barındırıyordu. Bu sistemler günümüzde önemini giderek kaybetmektedir. Çünkü üretim endüstrisi artık kişiselleşen müşteri taleplerini önem vermekte, bu durum müşterilerin de kişisel ürün taleplerinin artmasına yol açmaktadır. Değişen müşteri taleplerine paralel, yeni gelişen üretim teknolojilerini üretim sistemlerine monte etmek giderek önemli bir konu olmaktadır (Bartodziej, 2017).

İşçilik maliyetlerinin artması, yatırım geri dönme süresinin sürekli artması, nitelikli işgücünün sınırlı olması, ekosistemdeki bozulmalar, işgücünün üretim sektöründen hizmet sektörüne kayması gibi işgücüyle ilgili darboğazlar devam eden ikinci ve üçüncü endüstri devriminden farklı olarak yeni bir endüstriyel devrimi

tetiklemektedir. Gün geçtikte artan müşterilerin kişiselleşen talepleri de yeni endüstri devriminin oluşma sebeplerinden birisidir. Fordist üretim modeli seri üretimi, her makinenin bir işe odaklanmasını, tek tip kitlesel üretimleri desteklemektedir. Bu yaklaşım farklı ürün taleplerine yetersiz kalmaktadır. Farklı müşteri taleplerine cevap verebilmek için, üretim sistemindeki makinelerin fonksiyonlarının artırılması gerekmektedir. Farklı modlarda çalışabilen makineler ve hat değişim ya da kalibrasyon sürelerinin azalması sağlayan, üretimdeki değişikliklere anında uyum sağlayan esnek üretim sistemleri kurulması gerekmektedir (Yazıcı ve Düzkaya, 2016).

Tarihte gerçekleşen üç endüstriyel devrimi teknolojik gelişmeler tetiklemiştir. Su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin keşfi, iş bölümlenmesi ve seri üretime geçiş, yazılım ve programlanabilir mantıkla kontrol (PLC)'nin üretim sistemlerine girişi sırasıyla ilk üç sanayi devrimini tetiklemiştir. Günümüzde gerçekleşen yeni sanayi devrimini ise internet ve hızlı gelişimi tetiklemektedir. İnternet, insan ve makineler arası iletişimin kurulmasını sağlamaktadır (Brettel vd. 2014). İnternetin kullanımının yaygınlaşması her alanda dijitalleşmeyi sağlamaktadır. Dolayısıyla, üretim sistemleri de dijitalleşme sürecine girmektedir.

Dijitalleşme seçili sektörlerde değil, bütün sektörlerde kendini göstermektedir. İşletmelerin bulunduğu sektör fark etmeksizin yeni teknolojik gelişmeler ve sonrası oluşan dijitalleşme süreçlerinden kendilerini bağımsız düşünmeleri imkansızdır. Dijitalleşme işletmeler için bir seçim konusu değil, zamanla atılması zorunlu bir adım olacaktır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016).

2000'in üzerinde araştırma yapılan şirketlere göre, şirketlerin dijitalleşme seviyeleri hızla artmaktadır. Bu dönüşüm sürecinin sonunda, başarılı endüstriyel şirketlerin hepsinin dijital kurumlar olacağı söylenebilmektedir. Bu dijitallik; ürünlerin hem fiziksel hem sanal eşzamanlı görünebilmesi, inovatif hizmetler içermesi olacaktır. Aynı zamanda, dijitalleşmiş işletmeler müşteri ve tedarikçileriyle kurdukları ortak teknolojileri içeren dijital ekosistemlerinde birlikte uyum içerisinde çalışacaktır (Tupa vd. 2017).

Yeni endüstri devrimiyle bilgi ve iletişim teknolojileri ve kullanım alanları hızla gelişmektedir. Otomasyon, sensör bağlantıları, veri transferleri, üretim sistemleri teknolojilerinde yaşanan büyük gelişmeler bilgi ve iletişim teknolojilerine örneklerdir. Bütün bu gelişmeler ve teknolojide yaşanan değişiklikleri içinde barındıran düşünce ve yaklaşım ise Endüstri 4.0 olarak tanıtılmaktadır (Kağnıcıoğlu ve Özdemir, 2017).

Son yıllarda üretimde kullanılmaya başlayan yeni teknolojik sistemler, endüstriyel görünümü değiştirmektedir. Klasik endüstriyel sistemlerin ötesinde, akıllı fabrikalar ve akıllı makineler Endüstri 4.0 kavramını ortaya çıkarmaktadır. Endüstri 4.0 kavramı, ürün ve süreçleri etkileyen ve değiştiren, dijital ve fiziksel dünyayı üretimde entegre hale getirip akıllı ürünler üretilmesini sağlayan bir dizi teknolojik gelişmelerin bütünüdür. Endüstriyel görünümün değişmesi gibi, akıllı ürünlerle birlikte ürün talepleri de hızla değişmekte, daha fonksiyonel ve kapsamlı ürünler talep edilmeye başlanmaktadır (Nunes vd. 2017).

Endüstri 4.0'ın ortaya çıkış sebepleri teknolojik gelişmelerle sınırlı değildir. Gelişmiş ülkeler rekabet gücünü geliştirmekte olan ülkelere karşı kaybetmiş ve yaşlanan nüfuslarıyla birlikte sosyal harcamaların da artmasından dolayı yeni bir üretim stratejisi arayışı içinde olmuşlardır. Amerika ve Almanya'nın ilk fikirleri ortaya koymuş olduğu dördüncü endüstri devrimi, üretimi arttırmak için insan gücünden önce akıllı fabrikaların kurulması mantığını içermektedir. Böylece, akıllı fabrika kurulumlarıyla birlikte gelişmiş ülkeler kaybettikleri rekabet gücünü tekrar geri kazanabileceklerdir (Yazıcı ve Düzgaya, 2016).

Yeni gelişmekte olan teknolojiler eğitim sistemini de etkilemektedir. Sadece yeni üretim sistemleri mantığında iyi eğitim görmüş personeller bu teknolojileri kullanabileceğinden insan faktörü gelecek üretim sistemlerinde önemli bir rol almaktadır. Bu sebepten, işletmeler insan kaynakları yönetimine ve stratejilerine dikkat etmeli, işgücünün kalifiye olarak gelişimine odaklanmalıdır (Benesova ve Tupa, 2017). Çalışma kapsamında işletmelerin kalifiye işgücünü yetiştirmek için atmaları gereken adımlar anlatılacaktır.

Yeni teknolojilerle birlikte artan veri hacmi de bulut sistemine olan talepleri artırmaktadır. Bilgi teknolojileri açısından düşünecek olursak, bulut sistemini işletmelerde uygulayacak uzman personellere de ihtiyaç oluşacak, bulut sistem mühendisleri ve entegrasyonu sağlayan uzmanlar işletme kadrolarında çalışıyor olacaktır. Yani, bulut sistemine geçildikten sonra, bilgi işlem personel anlayışı değişecek ve daha kalifiye olmaları gerekecektir (Benesova ve Tupa, 2017).

Endüstri 4.0 ile birlikte, akıllı fabrikalar makine-insan-ürün ilişkisinin internet ile kurulduğu ve işlerin internet üzerinden yürüdüğü, hedef üretimlerin robotlar tarafından planlı, verimli şekilde gerçekleştirildiği yeni iş ortamları doğmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017). Çalışma kapsamında akıllı fabrikalar özellikleri ve sağlayacağı faydalar açısından incelenecektir.

Geleneksel işletmeler ve Endüstri 4.0 işletmeleri arasında farklılıklar vardır. Geleneksel işletmelerde yüksek kalitede ürün ya da hizmetler düşük maliyetle müşteriye sunulması hedeflidir. Ayrıca, işletmeler sürekli kar oranlarını ve saygınlığını artırmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, çeşitli veriler mevcut operasyonel durumları anlamak, hataları çözmek için kullanılmaktadır. Mevcut hatalar tespit edildikten sonra düzeltilmektedir. Aksi olarak Endüstri 4.0 işletmelerinde, mevcut verileri kullanmak ve yeni verileri biriktirmenin yanında sistem olası üretim hatalarını önlemek için tahminlerde bulunmakta, yönetime oluşabilecek hataları çözmesi için alarmlar yollamaktadır. Böylece, yönetim üretim hatlarının durumu hakkında daha bilgili olmakta, hata oluşmadan problemi çözebilmektedir. Endüstri 4.0 sistemi tam zamanında bakım ve üretim esnasında sıfır duraklamayı hedeflemektedir (Sung, 2017).

McKinsey'in 2015 yılında yaptığı araştırmaya göre firmalar yeni gelişmekte olan teknolojileri sürekli olarak bilememektedir. McKinsey üretimde lider 300 firma üzerinden bir araştırma yapmış, bu firmalardan yüzde 48'i Endüstri 4.0'a hazır olduklarını, yüzde 78 oranında katılımcı firmalar da bu yeni sürece hazırlık aşamasında olduklarını belirtmiştir (Sung, 2017). Endüstri 4.0'a geçişe gelişmiş ülkelerdeki lider firmaların oldukça olumlu baktığı bilinmekte, yeni teknolojilerin hızla üretim sistemlerine entegre edildiği de görülmektedir.

Gelecekte üretimi 'kişiselleştirilmiş üretim' anlayışı modelleyecektir. Müşteriler ürün tasarımının ilk aşamasından itibaren süreçlere dahil olacak, kendi taleplerine göre ürünlerin tasarlanmasını sağlayacak ve müşteri ürün taleplerini anında üretimde değerlendiren esnek üretim modellerinde üretimler gerçekleştirilecektir (Kabaklarlı, 2016). Kişiselleşmiş müşteri taleplerine Endüstri 4.0 uygulandığında işletmeler hızla cevap verebilecektir. Akıllı üretim sistemleri hızlı bir şekilde ürünlerin üretim şemasını ve proses sırasını hazırlayacaktır.

2. LİTERATÜR

2.1 Sanayi Devrimleri

Dördüncü sanayi devrimi bir diğer adıyla Endüstri 4.0'ın gelişimini anlamak için sanayi devrimlerini incelemek gerekmektedir.

Sanayi devriminin ilk çıkış yeri İngiltere'dir. Birinci sanayi devrimi İngiltere'den hemen sonra Batı Avrupa ülkeleri ve Amerika'ya yayılmıştır. Sanayi devrimleriyle birlikte üretimde birçok anlayış değişmiş, yeni kurallar uygulanmaya başlanmış, ülkelerin gelişmişlik düzeylerine sanayileşme seviyelerine bakıp karar verilmeye başlanmıştır. Sanayileşme, insan ihtiyaçlarına paralel doğanın dönüşümü olarak tanımlanabilmektedir (Aksoy, 2017).

Tablo 2.1 Sanayi Devrimleri Tarihçesi (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017)

Birinci Endüstri Devrimi (1760-1830)	Su ve buhar enerjisiyle çalışan makinelerin keşfi
İkinci Endüstri Devrimi (1840-1973)	Elektiriğin keşfi, iş bölümü ve seri üretim mantığının oluşması
Üçüncü Endüstri Devrimi (1974-2011)	Otomasyon sistemlerinin kurulması, bilgi teknolojilerinin gelişimi
Dördüncü Endüstri Devrimi (2011-...)	Siber fiziksel sistemler ve bilginin üretimde hızlı transferi

Tablo 2.1'de dört sanayi devriminin de gerçekleşme tarihleri ve sanayi devrimi kavramının ortaya çıkmasına sebep olan önemli olaylar görülmektedir. Üretim endüstrisinde önem arz eden dört endüstri devrimini alt başlıklar halinde incelemek üretimde gerçekleşen devrimlerin adım adım görülmesini sağlayacaktır.

2.1.1. Birinci Sanayi Devrimi (1760-1830)

Üretimde ilk sanayileşme olarak kabul edilen birinci sanayi devrimi, İngiltere'de ortaya çıkıp, su ve buhar enerjisiyle çalışan makinelerin üretimde kullanılmasıyla başlamıştır. İngiltere'den hemen sonra Avrupa ve daha sonra bütün dünyaya yayılan birinci sanayi devriminde, su ve buhar enerjisi kullanılarak yapılan makinelerde insan gücü yerine makine gücünün kullanılması sağlanmış, ilk kez fabrikalar açılmaya başlanmıştır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017). Klasik tarım toplumundan sanayi toplumuna

geçiş bu yıllarda başlamış, sanayi devrimiyle birlikte toplumda köklü değişiklikler gerçekleşmiştir. Üretimde insan gücü yerine makine kullanılmaya başlaması doğal olarak üretim kapasitelerini de arttırmıştır.

Tarihsel açıdan incelendiğinde, üretim sistemlerindeki söz konusu büyük değişimler toplumların yapısını da değiştirmiştir. İlk başta, avcı toplayıcı toplulukların kurulması, sonrasında hayvanların evcilleştirilmesi yerleşik hayata geçilmesini tetiklemiştir. Yerleşik hayata geçiş, ilk toplumsal dönüşümü ve şehirleşme ile devletleşmeyi başlatmıştır. Daha sonra, birinci endüstri devrimine kadar, tarıma dayalı uygarlıklar varlıklarını devam ettirmişlerdir. Birinci endüstri devrimiyle beraber, yeni sınıflar oluşmaya başlamıştır. Makineler üretim süreçlerine girmiş, fabrikalar açılmaya başlanmış, işçi sınıfı oluşmuş ve üretim süreçleriyle başlayan bu değişiklikler sonucu yeni bir toplum yapısı ortaya çıkmıştır. Bu dönüşüm büyük dönüşüm olarak adlandırılmış; teknolojik, iktisadi, sosyal ve kültürel değişimler ve toplumun sınıf yapısında değişimler meydana getirmiştir (Yazıcı ve Düzkaaya, 2016).

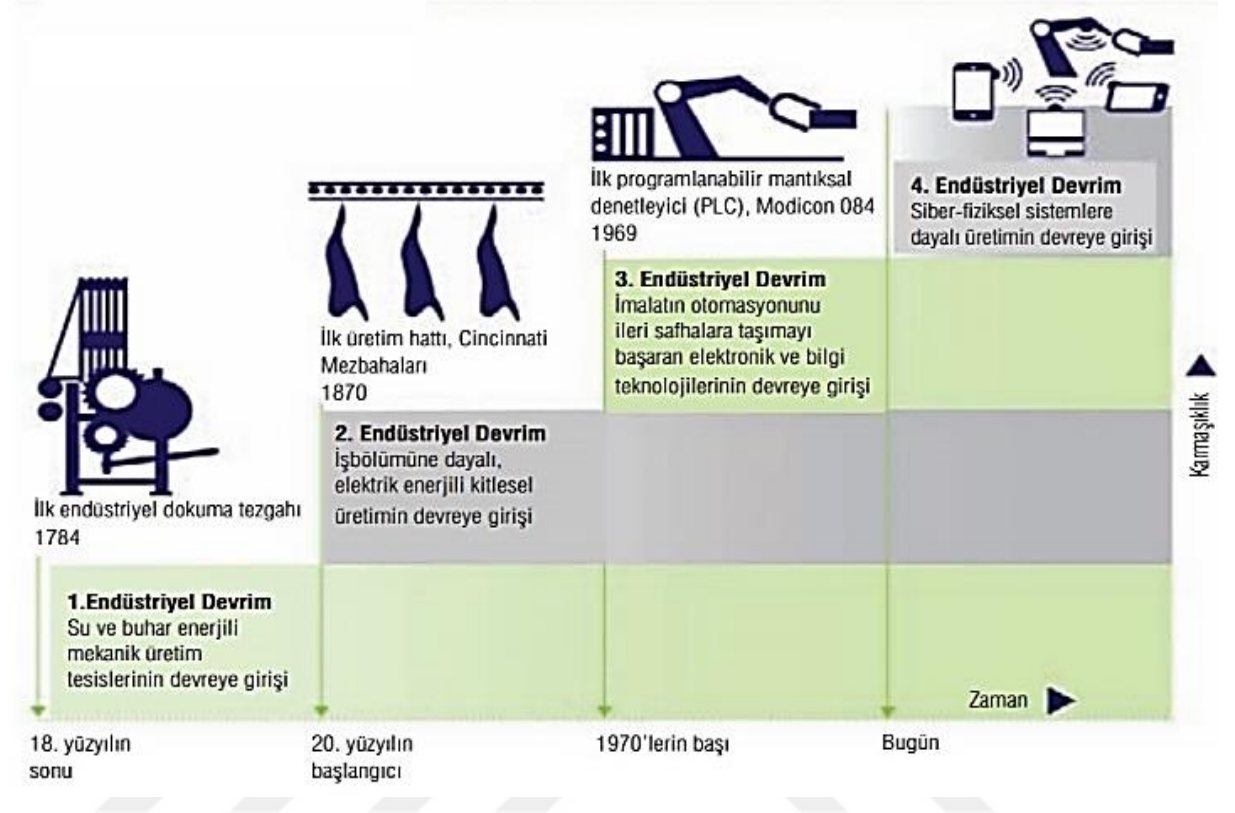
Birinci sanayi devriminde, sermaye sahibi girişimciler fabrikaların kurulması sürecini hızla başlatmış, yeni yaşam tarzının başlamasını sağlamışlardır. Yeni yaşam tarzı olarak adlandırılan değişimde, toplumsal ilişkiler hızla değişmiş, şehirleşme oranı artmış, sanayi işçileri ortaya çıkmıştır. Birinci endüstri devrimiyle birlikte büyük aileler yerlerini çekirdek ailelere bırakmış, iş giriş çıkış saatleri ve fabrika düzeniyle zaman kavramı toplumun ana konusu olmaya başlamış, kişilikler ön plana çıkmaya başlamıştır (Yazıcı ve Düzkaaya, 2016).

2.1.2. İkinci Sanayi Devrimi (1840-1973)

İkinci sanayi devrimi teknoloji devrimi olarak da adlandırılmaktadır. Hammadde ve enerji kaynakları bu devrimle değişmeye başlamıştır. Elektriğin keşfiyle buhar gücünün yerini alması üretim endüstrisini geliştirirken yeni sistemlerin oluşmasına ön ayak olmuştur.

Elektrikle birlikte üretimde montaj hatları kurulmuş, seri üretim hatları oluşturulmaya başlanmıştır. Henry Ford seri üretimi oluşturacak üretim bantları tipini otomobil fabrikasında uygulamaya başlayarak ikinci sanayi devriminin öncülerinden olmuştur. Otomotiv sektöründe başlayan seri üretim hatları, hızla diğer sektörlerle de yayılmıştır. 1960'lı yıllara kadar devam eden seri üretim Fordizm olarak adlandırılmıştır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017). Günümüzde sektör ve ülkelerin gelişmişlik seviyelerine göre daha az gelişmiş sanayiler ve ülkelerde ikinci sanayi devrimi kısmen devam etmektedir.

Üçüncü endüstri devrimine geçişle birlikte seri üretim mantığı sona ermemekte, birçok sektörde ülkemizde de halen seri üretim mantığına uygun üretim modelleri uygulanmaktadır.



Şekil 2.1 Endüstri'nin Tarihsel Gelişimi (Sayılıgan ve İşler, 2017)

Elektiriğin fabrikalarda buhar enerjisi yerine kullanımı, ham petrolün kömürün yerine enerji kaynağı olarak kullanımı ve seri üretim montaj hatları ikinci sanayi devriminin üretim sistemlerine getirdiği yenilikler olmuştur. Fordist seri üretim ve Taylor üretim teknikleri ile birlikte üretim hızlarının artmasıyla verimlilik artışları sağlanmıştır. Verimlilik artışı gelirlerin artmasını, gelir seviyesinin artışı ise orta sınıfın doğmasını sağlamıştır (Kabaklarlı, 2016).

Dönemin önemli enerji kaynakları keşifleri; 1828 Sir Henry Bessemer'in çeliği keşfi ve 1879 yılında Thomas Edison'un elektrik ampulünü keşfidir. Yine aynı dönemin önemli iletişimle ilgili buluşları, William Fothergill Coke ile Charles Wheatstone'nun telgraf sistemini bulması ve 1876 yılında Alexander Graham Bell'in telefonu icat etmesi olarak gösterilebilmektedir (Kabaklarlı, 2016).

2.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi (1974-2011)

Seri üretimler tek tip ürünlerin piyasaya sunulmasını sağlamaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısı itibariyle müşteri ürün taleplerinin değişmeye başlamasıyla seri üretim

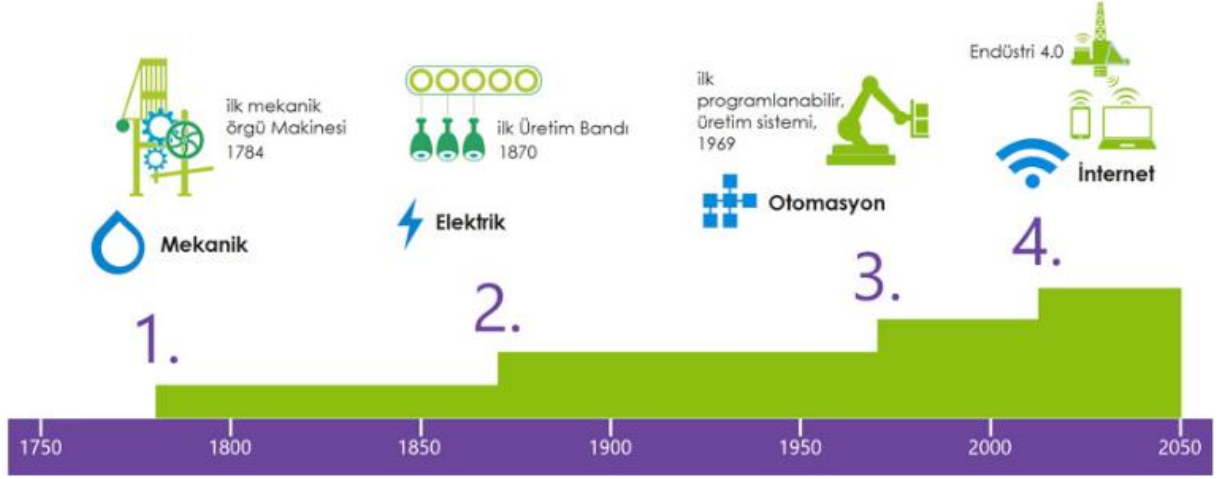
mantığı da değişime uğramıştır. Üretim hatlarında bilgisayarlar, otomasyon sistemleri, bilgi, iletişim teknolojileri kullanılmaya başladıkça seri üretimler yerine kişisel taleplere göre üretim modelleri oluşturulmaya başlanmıştır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017). Kişiselleşen müşteri talepleri üçüncü endüstri devrimini meydana getirmiştir. Gelişen teknolojiler ve bu teknolojilerin üretim sistemlerinde kullanılması ise bu süreci başlatan ana unsurdur.

1970’li yıllardan başlayarak üretim sistemlerinde elektronik ve bilgi teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır. Böylece, programlanabilir makineler ve otomasyonlar üretim sistemlerindeki yerini alarak 2000’li yıllara kadar bu trend devam etmiştir (Aksoy,2017).

Üretim ve bilgi teknolojilerine 1990 yılından itibaren internet etki etmeye başlayınca üretim endüstrileri hızla büyümeye başlamış, iletişim ve ulaşımda yaşanan büyük değişimlerle yerel firmalar hızla küreselleşmeye başlamıştır. Küreselleşme üretimi bir ileri seviyeye taşımıştır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017). Sonuçta, küreselleşme iletişim ve ulaşım teknolojilerinin gelişimiyle birlikte hızla başlamıştır.

Moore yasası bu döneme yol gösterici olarak damga vurmuştur. 1965 yılında Intel’in kurucularından Gordon Moore tarafından geliştirilen bu yasa, üçüncü sanayi devrimi için önemlidir. Bu yasaya göre, her iki yılda üretilen mikroçiplerin içinde yer alan transistörlerin sayısının iki katına çıkacağı, maliyetlerinin de hızla düşeceğini öngörülmüştür. Her yıl teknoloji maliyetlerinde yüzde 30 azalma olacağı belirtilmiştir. Makine sistemlerinde teknolojik entegrasyonun artmasıyla maliyetler düşecek, makinelerin hızı artacak ve problem çözme yetenekleri artacaktır. Bu duruma örnek olarak, 1970’lerde makine hafızalarında tutulan bilgiler kilobayt ile ölçülürken günümüzde gigabayt lar bilgileri tutmak için kullanılmaktadır (Kabaklarlı, 2016). Teknolojik gelişmeler üçüncü endüstri devrimini günümüzde yeni devrime, Endüstri 4.0’a taşımıştır. Birbirine zincir devam eden süreçte üretim teknolojileri hızla gelişmeye devam etmektedir.

Endüstri 4.0



Şekil 2.2 Endüstri Devrimleri Tarihçesi (Yazıcı ve Düzkaýa, 2016)

Üçüncü sanayi devrimi, bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişerek yaygınlaşmasıyla ortaya çıktığı, uydu ve kablosuz teknoloji ürünlerinin de temelini oluşturduğu düşünülmektedir. Güneş, rüzgâr, yeraltı ve hidrojen enerjileri, sıfır emisyonlu ulaşım, yeşil ekonomi, sanayiler arası yaygın ilişkiler, sanayinin ve ticaretin küreselleşmesi konuları bu dönemin önem arz eden konularını oluşturmaktadır (Özkurt, 2016).

2.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi (2011- ...)

Her endüstri devrimi, üretimde verimlilik artışı ve büyük bir ivmelenme sağlamıştır. Günümüze gelindiğinde, üretim sistemlerinde kullanılmaya başlayan Siber Fiziksel Sistemler ve Nesnelerin İnternetine dayalı üretimler yeni bir endüstri devrimine girilmesini sağlamıştır. Dördüncü sanayi devrimi çoğu kaynak tarafından Endüstri 4.0 olarak adlandırılmakta, üçüncü sanayi devriminden farklı olarak internetin üretim sistemlerinde kullanılmasıyla işgücü gerektirmeden makine ve makine sistemlerinin otomatik olarak üretimleri gerçekleştirdiği ve üretim süreçlerini yönettiği görülmektedir (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017).

Fırat 2017 yılında çalışmasında endüstri devrimleri tarihçesini önem arz eden konularıyla birlikte Tablo 2.2’de olduğu gibi açıklamaktadır.

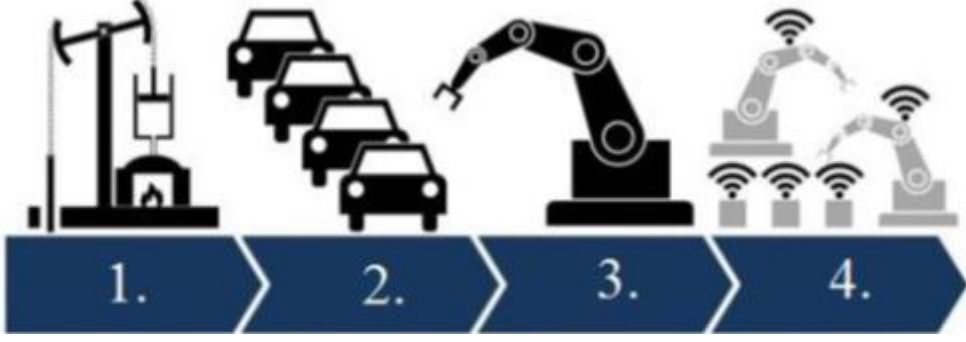
Tablo 2.2 Endüstri Devrimleri Tarihçesi (Fırat ve Fırat, 2017)

1. Sanayi Devrimi	İlk dokuma tezgahı – 1784
2. Sanayi Devrimi	Üretimde ilk montaj hattının kurulması - 1870
3. Sanayi Devrimi	Programlanabilir mantık sistemlerinin ortaya çıkışı - 1969
4. Sanayi Devrimi	Günümüzde Siber Fiziksel Sistemler ile fiziksel nesnelerin dijital ortama aktarılması

Klasik üretim sistemlerinde müşterilerin farklılaşan ürün taleplerini karşılamakta zorluk çekilmektedir. Dördüncü endüstri devrimiyle birlikte otomasyon sistemlerinin kurulmasıyla fabrika ve makineler müşteri taleplerine hızla cevap verebilmek için üretimi şekillendirmektedir (Alçın, 2016). Üçüncü endüstri devrimiyle başlayan üretimde kişiselleşen müşteri taleplerine cevap verebilme isteği internetin üretim sistemlerinde kullanılmasıyla birlikte dördüncü endüstri devrimi yani Endüstri 4.0 olarak bir üst seviyeye taşınmaktadır.

Birinci sanayi devrimden dördüncü sanayi devrimine giden yolculukta gerçekleşen önemli gelişmeler özetle aşağıdaki maddeler halinde sıralanmaktadır:

- Üretimde Mekanik Sistemlerin Kullanılması (18. Yüzyıl):1712 yılında buhar makinesinin icadı
- Elektriğin İcadı ve Seri Üretime Geçiş:(19. Yüzyıl) 1840 yılında telgraf ve 1880 yılında telefon icatları, 1920 yılında Taylorizm
- Üretim Sistemlerinde Otomasyon (20. Yüzyıl): 1971 yılında ilk mikro bilgisayar (Altair 8800), 1976 yılında Apple I (S. Jobs ve S. Wozniak)
- Otomasyon ve Sanal Gerçeklik (21. Yüzyıl): 1988 yılında AutoIDLab. (MIT), 2000 yılında nesnelerin interneti, 2010 yılında hücresel taşıma sistemi, 2020 yılında otonom etkileşim ve sanallaştırma (Fırat ve Fırat, 2017).



1- Su, buhar gücü 2- Seri üretim, montaj 3- Otomasyon 4- Siber Fiziksel Sistemler

Şekil 2.3 Sanayi Devrimleri (TÜBİTAK, 2016)

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi, TÜBİTAK 2016 yılında çalışmasında dört büyük endüstri devrimini önemli olaylarıyla tanımlamaktadır. Birinci endüstri devrimini su ve buhar gücü, ikinci endüstri devrimini seri üretim ve montaj hatları, üçüncü endüstri devrimini otomasyon ve dördüncü endüstri devrimini siber fiziksel sistemler ile özetlemiştir.

Üretim sistemlerinin değişen müşteri taleplerine hızlıca uyum sağladığı gibi, diğer üretim sistemleriyle de sürekli iletişim halinde olmaya başladığı görülmektedir. Bu iletişim günümüzde internetle sağlanmakta, üretimin her birimine internet etki etmeye başlamaktadır.

2.2. Endüstri 4.0 Gelişim Süreci

Endüstri 4.0'ın ortaya çıkışını tetikleyen bazı unsurlar vardır. Endüstri 3.0 sonrası internet ve teknolojiye üst düzey gelişmeler, yeni endüstri devrimine zemin hazırlamıştır. Teknolojik gelişmelerin yanı sıra, 1990'lardan itibaren dünyada üretim payının gelişmiş ülkelere kayması, nüfusun benzer şekilde gelişmekte olan ülkelere artması, maliyetlerin gelişmiş ülkelere artması gibi sebepler batılı gelişmiş ülkeleri üretimde yeni bir devrime gitmelerine yol açmıştır.

Üretim sektörü Avrupa'nın ekonomik büyümesinin ana sektörlerindedir. Avrupa'da büyümede ihracatın yüzde 75'i, bütün inovasyonların da yüzde 80'i endüstri kaynaklı büyümelerden olmaktadır. Fakat Avrupa'da mevcut büyüme iki farklı açıdan değerlendirilmektedir. Gelişmekte olan Doğu Avrupa ülkeleri ve Almanya endüstrisi sürekli büyüme içindeyken, İngiltere ve Fransa gibi gelişmiş Batı Avrupa ülke endüstrileri son 20 yıldır endüstrideki pazar paylarını sürekli kaybetmektedir. Toplamda, Avrupa endüstriyel pazarda son 20 yılda pazar payını yüzde 10 kaybetmişken, gelişmekte olan bütün dünya ülkeleri endüstriyel pazar paylarını günümüzde ikiye katlayarak yüzde

40'a çıkarmıştır. Almanya, endüstrideki pazar payının sürekli gelişmekte olan ülkelere kaydığını gördüğünden birkaç yıldır mevcut pazar payını korumak ve geliştirmek için stratejiler üretmeye çalışmış ve bu konuda endüstride öncü ülke olmuştur (Hoffman ve Rüşch, 2017). Avrupa'yı incelerken gelişmiş ülkeler açısından değerlendirilirse diğer gelişmiş dünya ülkeleri gibi son yıllarda gerçekleşen küreleşmeyle üretim pazar paylarının düştüğü açıkça görülmektedir.

1997 yılında Aron tarafından tanımı yapılmış olan üretim faktörlerinin seyyaliyeti olgusu, sermayedarların üretim maliyetlerini düşünerek daha düşük maliyetli ülkelere yatırımlarını yönlendirmeleri düşüncesidir. Bu olgu sayesinde, gelişmiş ülkelerin sermaye ve bilgi kaynağı gelişmekte olan ülkelere aktarılmış, buna karşı gelişmekte olan ülkeler de sahip oldukları hammadde ve işgücünü gelişmiş ülkelerin kullanımına sunmuştur. Üretim maliyetlerin düşürülmesi daha çok üretimi tetikleyerek kapitalizm düşüncesiyle küreselleşme başlamıştır. Brezilya, Arjantin, Türkiye, Hindistan, Endonezya, Tayvan, Tayland ve özellikle de Çin gibi gelişmekte olan ülkeler bu süreçte kazandıkları finansal gücü gelişmiş ülkelere öğrendikleri bilgilerle birleştirip endüstrileri geliştirmeye başlamıştır. Özellikle Çin, Hindistan ve Brezilya öncülüğündeki ülkeler bu gelişim fırsatıyla gelişmiş ülkelerle rekabet eder hatta onlara üstünlük kurar hale gelmiştir (Yazıcı ve Düzkaya, 2016).

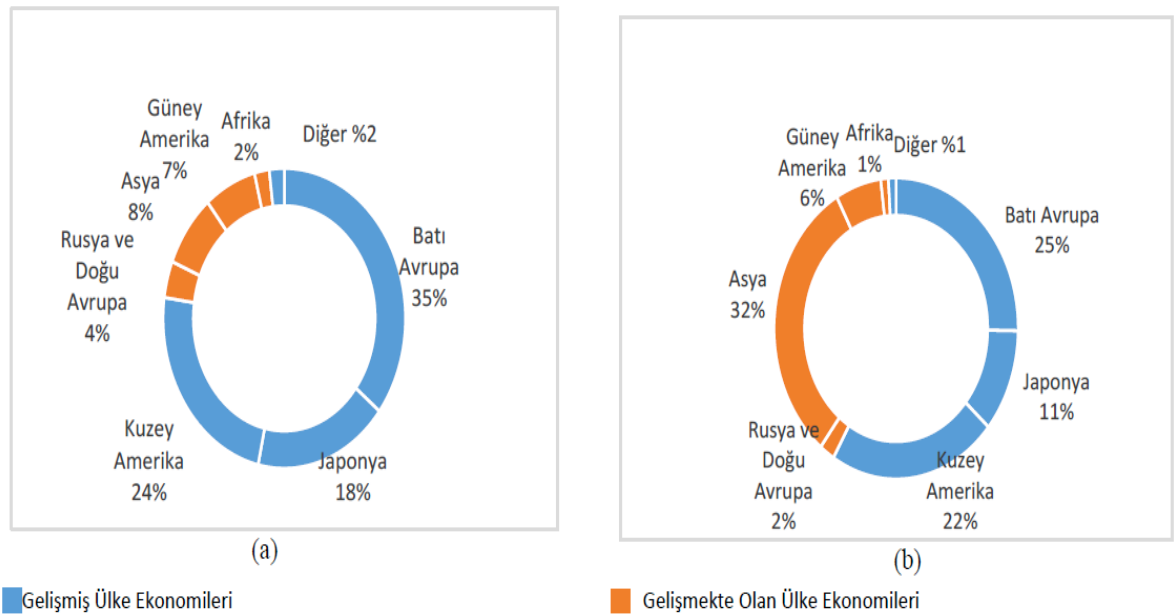
Gelişmişlik seviyesi kadar, ülkelerin nüfus oranları da son yıllarda dünyada üretim oranlarında değişikliklerin olmasına sebep olmaktadır. Çin ve Hindistan ülke nüfuslarının dünya ortalamasının çok üstünde olması, işgücü maliyetlerinin de düşük olmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan Almanya ve gelişmiş Avrupa ülkeleri yaşanan nüfuslarıyla gelişmekte olan ülkelerle rekabet edememekte, buna çözüm olarak beden gücünün yerine yüksek teknoloji içeren otomasyon sistemlerini yaygınlaştırmaya çalışmaktadır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017). Yüksek teknolojiyi üretim sistemlerinde kullanma olgusu Endüstri 4.0'a geçiş için önemli bir adımdır.

Son yıllardaki gelişmekte olan ülkelerin nüfuslarındaki artış, gelecekte de aynı paralelde artışın devam edeceğini düşündürmektedir. Tablo 2.3'te görüldüğü gibi, Avrupa'nın dünya nüfusundaki payı 2017-2100 yılları arası düşmeye devam edecektir. Demografik değişimler düşünüldüğünde beden gücü yerine teknolojiye dayalı üretim sistemlerine geçiş Avrupa için giderek daha önemli bir unsur haline gelmektedir.

Tablo 2.3 Bölgelere Göre Dünya Nüfusu, 2017-2100 (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017)

	Dünya (milyar)	Afrika (milyar)	Asya (milyar)	Avrupa (milyar)	K.Amerika (milyar)	Okyanusya (milyar)	Türkiye (milyon)
2017	7,6	1,3	4,5	0,7	0,4	0,04	80,7
2030	8,6	1,7	4,9	0,7	0,4	0,04	88,4
2050	9,8	2,5	5,3	0,7	0,4	0,1	95,6
2100	11,2	4,5	4,8	0,6	0,5	0,1	95,8

Gelişmiş ülkelerin üretimdeki genel pazar paylarının düşüşü Şekil 2.4'te görülmektedir. 1991 yılında gelişmekte olan ülkelerin global üretimdeki payı yüzde 21 iken gelişmiş ülkelerin (Batı Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya) üretimdeki dominantlığı toplamda yüzde 77 oranıyla açıkça görülmektedir. 2011 yılına gelindiğinde ise değişim grafikte net olarak görülmektedir. Gelişmekte olan ülkeler dünya genelinde payını 20 yıl içerisinde ikiye katlayarak yüzde 41'e çıkarmayı başarmıştır. Bahsedilen 20 yıl zarfında, Çin'de üretim hacmi yüzde 39, Brezilya'da üretim hacmi yüzde 23 artarken; üretim hacimlerinde Almanya'da yüzde 5, Fransa'da yüzde 20, Birleşik Krallık'ta yüzde 29 düşüş yaşanmıştır. Gelişmiş ülkeler global anlamda üretimdeki kaybettikleri paylarını geri kazanmak için, yüksek teknoloji, bilgi, üretim altyapılarını kullanarak yeni bir endüstriyel dönüşüme girmeye başlamışlardır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016).



Şekil 2.4 1991 ve 2011 Yılları Üretim Pazar Payları Karşılaştırılması (Yazıcı ve Düzkaya, 2016)

Bütün bu gelişmeler gelişmiş ülkelerin üretim endüstrisinde kaybettikleri pazar paylarını geri kazanmaları için yeni bir akıma girmeleri gerektiğini göstermektedir. Bu trend günümüzde Endüstri 4.0'dır. Kagermann vd. (2012)'ne göre, Almanya gibi endüstrisi güçlü ülkeler Endüstri 4.0 uygulamalarını başarılı şekilde uygulayabileceklerini düşünmektedir. Çünkü, otomasyon sistemlerine geçiş, sensöre bağlı üretim bilgi sistemlerinin kurulması, kendi kendini yönetebilen üretim sistemlerinin kurulması ve verimli şekilde çalıştırılması gibi Endüstri 4.0 uzmanlık konularının endüstrisi güçlü olmayan ülkelere uygulanması kolay olmayacaktır (Hoffman ve Rüşch, 2017).

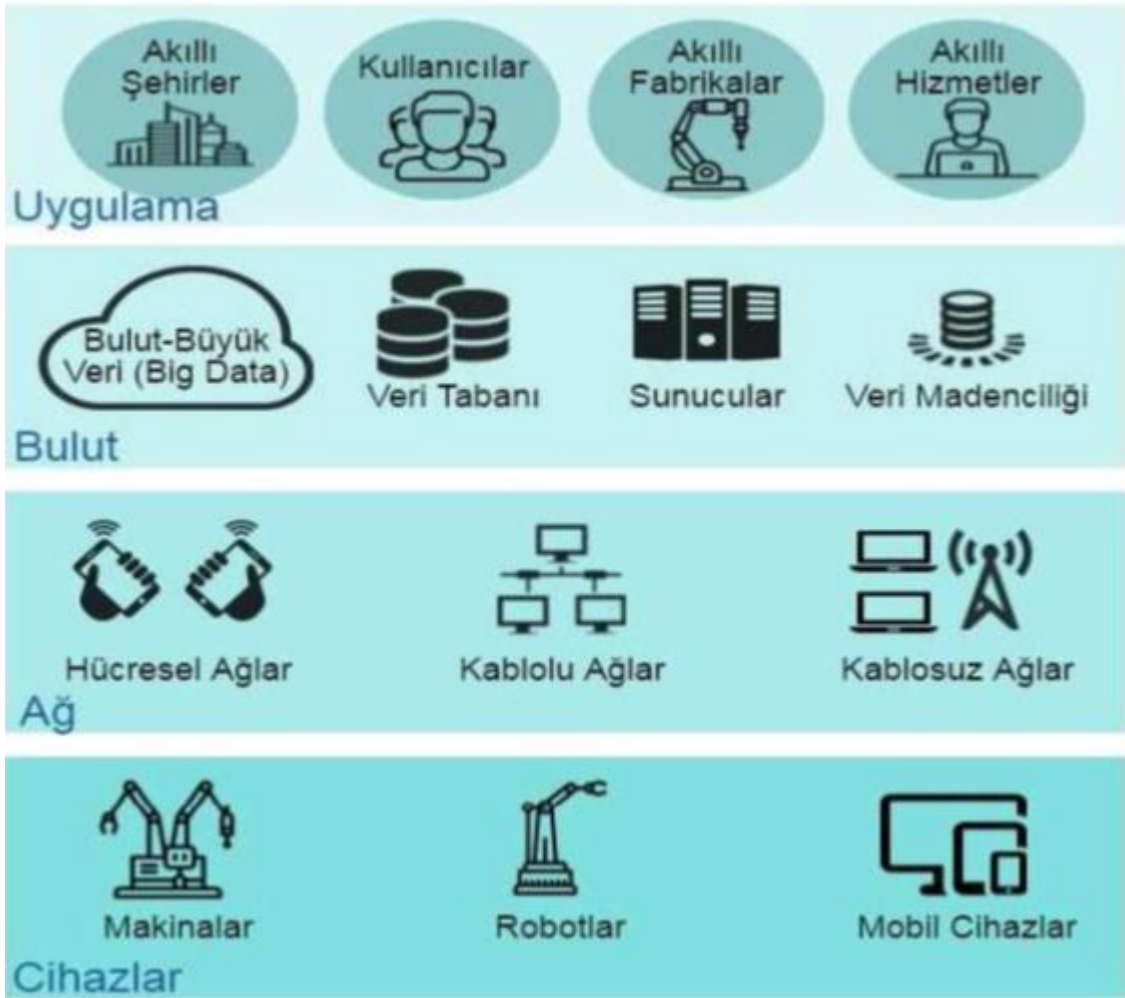
2.3. Endüstri 4.0 Nedir

Adını ilk kez 2011 yılında Almanya'daki Hannover Fuarı'nda duyuran Endüstri 4.0, bu tarihten itibaren dünya çapında akademisyenler, uygulayıcılar, politikacılar ve hükümet yetkilileri tarafından sürekli dikkate alınan bir konu olmuştur. Kagermann (2013), Endüstri 4.0 kavramını üretim teknolojilerinde otomasyon ve veri transferine yönelik yeni bir trend olarak tanımlamaktadır. Endüstri 4.0 kavramını oluşturan bileşenler olarak ise Siber fiziksel sistemler (Cyber Physical Systems - CPS), nesnelerin interneti (The Internet of Things – IoT), bulut (cloud) sistemleri ile akıllı fabrika (Smart Factory) kavramlarından bahsedilmektedir. Sistemi kısaca özetlemek gerekirse; kurulan akıllı fabrikalarda oluşturulan siber fiziksel sistemler yardımıyla gerçek nesnelerin dijital kopyası sanal dünyada oluşturulmaktadır. Nesnelerin internetiyle de ürünler birbiriyle ve insanlarla iletişim içinde ve koordineli olmaktadır. Böylece, oluşturulan siber fiziksel sistemde üretim ve süreç takibi internet kullanılarak yapılmış olacaktır (Sung, 2017).



Şekil 2.5 Endüstri 4.0 Genel Şeması (Özkurt, 2016)

2011’de Almanya Hannover Fuarı’nda sorulan “Günümüzde bütün bilgisayarlar neredeyse birbiriyle bağlantı halinde olabiliyorken, fabrika üretim ortamındaki makineler ve makine sistemleri birbiriyle ve ürettikleri ürünlerle neden bağlantı içinde olmasın?” sorusu basit ve Endüstri 4.0’ın mantığını açıklamaktadır. Ayrıca, bu sistemlerde üretilen ürünlerin sürekli internete bağlı olmasıyla konum bilgilerine sürekli ulaşılabilir, konumlarını içeren çevreler incelenebilecek, ürün kapasite ve kabiliyetleri doğrultusunda çevre şartlarına tepki gösterebilecek, yine internet aracılığıyla diğer cihazlarla iletişim kurabilecektir (Kağncıoğlu ve Özdemir, 2017). İnternet ve üretim konseptiyle ortaya çıkan Endüstri 4.0, üretimdeki makinelerin her yönden bilgi sistemleri ve üretim süreçleriyle birbirleriyle bağlantılı olması olarak tanımlanabilmektedir (Tupa vd. 2017). Endüstri 4.0 en geniş kapsamlı endüstriyel devrim olarak görülmektedir. Çünkü ekonomik konulardan başlayarak sosyal ve çevresel konuları da içererek gündelik yaşantımıza etki eden her konuyu etki alanına almaktadır (Garbie, 2016).



Şekil 2.6 Endüstri 4.0'ın Genel Görünümü (Alçın, 2016)

Şekil 2.6'da Endüstri 4.0'ın genel şeması verilmiştir. Dört kısma bölünen operasyon, üretim işlemlerinin gerçekleştiği bütün cihazlar ve makineler, cihazlarla sistemin bağlantısının kurulduğu ağ sistemleri, sistem uygulanırken kaydedilen bütün verilerin bulunduğu bulut sistemi ve uygulamayı yapan kullanıcı ve akıllı sistemlerdir.

Dördüncü Endüstri Devrimi ya da sıkça kullanılan adı Endüstri 4.0; dijital üretim, internet iletişimi, bilgisayar ve otomasyon teknolojileri gibi konuları kucaklayan karmaşık bir sistemdir. Endüstri 4.0; akademisyenler ve işletmeler tarafından sıkça tartışılan yeni bir üretim sistemi olarak, akıllı fabrikaları, makineleri, sistemleri, ürün ve süreçleri internet üzerinden entegre eden, Siber Fiziksel Sistemler yardımıyla fiziksel ve sanal dünyaya eşzamanlı veri sunan bir sistemdir (Nunes vd. 2017). Endüstri 4.0, klasik üretim süreçlerinde olan işletmelerdeki üretimin her aşamasının internet ve bilgi iletişim teknolojisiyle kapsamlı olarak birleşmesi olarak da tanımlanabilmektedir (Bortoloni vd. 2017).

Başta internet kullanımını olmak üzere makinelerin birbiriyle iletişime geçtiği, akıllı makineleri kendini ve diğer makine ya da makine sistemlerini kontrol etmesi şeklinde tanımlanan dördüncü endüstri devrimi akıllı üretim kavramından yola çıkmaktadır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016). Endüstri 4.0 kavramı, üretimle ilgili her birimin birbiriyle iletişim kurmasına, bu iletişimin gerçek zamanlı olmasına, kurulan bağlantıyla oluşturulan veriler ve bilgilerin optimum karar vermeyi sağlamasına dayanmaktadır (Sayılğan ve İşler, 2017). Bir başka tanımlamayla Endüstri 4.0, insanların ve nesnelerin herhangi bir iletişim teknolojisi ya da hizmetiyle her an her platformda birbiriyle bağlantı içinde olmasıdır (Wagner vd. 2017).

Endüstri 4.0 konusunda Almanya tarafından 2011 yılında “Endüstri 4.0 Manifestosu” Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi (Acatech) tarafından yayınlanmıştır. Bu manifestoya göre, Endüstri 4.0’ın genel karakteristiği, değişken müşteri taleplerine hızlı cevap verilebilmesi için dijital ve akıllı üretim sistemleriyle insan, makine, ürünler arası eş zamanlı sanal ve gerçek bağlantı, iletişimin kurulmasıdır (Fırat ve Fırat, 2017). Endüstri 4.0, akıllı cihazların kullanımıyla akıllı ürün ve süreçlerin oluşturulması, böylece geleneksel üretim sistemlerinden akıllı fabrikalara dönüşümün sağlanması olarak da tanımlanabilmektedir (Pereira ve Romero, 2017). Glas ve Kleeman, 2016 yılında çalışmalarında farklı olarak Endüstri 4.0’ı endüstriyel üretim sistemlerini, ürünlerin kendi üretim süreçlerini kontrol edeceği sisteme dönüştüren bir süreç olarak tanımlamaktadır.

Acatech 2013 yılında Endüstri 4.0 için “Endüstriyel süreçlerde, üretim ve lojistik faaliyetlerinin siber fiziksel sistemlerle nesnelerin ve hizmetlerin interneti kullanımı ile teknik açıdan entegre edilmesidir.” tanımlamasını yapmaktadır (Bartodziej, 2017).

Endüstri 4.0 uygulamasının akıllı üretim sistemlerinde gelişimi ve kullanımı için, aşağıdaki 6 madde rehberlik edecektir:

- Birlikte çalışabilirlik: Sistem, insan ve üretimle ilgili bilgilerin birbiriyle koordineli ve iletişim halinde olduğu siber fiziksel sistemlerde, sanal alemde gerçek bilgilerinin makineler, süreçler ve insanlar arasında transfer edilmesi sağlanmaktadır. Zaman ve çalışma ortamı engelleri de sanal ofis ve uzaktan erişim sayesinde ortadan kalkmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017).
- Gerçek zamanlı yetkinlik: Hızlı veri kullanımı ve işlenmesi ve gerçek zamanlı karar verme yeteneğinin olması gerekmektedir.
- Sanallaştırma: Akıllı fabrikalarının oluşturulması, bütün süreçlerin sensörler yardımıyla uzaktan ya da ekran başından takip edilmesini sağlamaktadır.

- Kişiselleştirme: Siber fiziksel sistemler gerçek zamanlı karar verme mekanizmalarını oluşturmaktadır. Bunun yanında siber fiziksel sistemlerde makineler sadece üretim komutlarını almamakta, üretimle ilgili kritik kararların alınmasını da sağlamaktadır. Böylece, üretimle ilgili kritik kararlar tek elden verilmemekte, makineler ve sistemler de bu sürece destek olmaktadır.
- Hizmet Oryantasyonu: Nesnelerin interneti konseptiyle uyumlu yazılım programları kullanılmaktadır.
- Modülerlik: Müşterilerin değişik ürün taleplerine göre üretim proseslerinin değiştirilebilmesi için, sistem yazılımının makinelere özelliklerini analiz edip farklı görevleri kolaylıkla verebilmesi gerekmektedir (Santos vd. 2017).

Endüstri 4.0 genel uygulama mantığı şöyledir; market rafından alınan bir ürün, içerdiği barkod ve mikroçipler sayesinde raftan eksildiği bilgisini gerekli kısımlara bildirecektir. Tedarik zincirinde bağlantılı bütün birimler (tedarikçi, lojistik firmaları, üretimci) eksilen ürüne göre alması gereken aksiyonu sistemsal olarak alacak, insan kontrolü veya işlemi olmadan bu süreç kendiliğinden sürebilecektir (Kağncıoğlu ve Özdemir, 2017). Yani, üretim ve üretim destekleyen bütün sistemler koordineli şekilde Endüstri 4.0 sürecinde bulunacak, bilgi alış verişi aksamadan sürececek, üretim faaliyetleri verimli şekilde insan faktörü olmadan devam edebilecektir.

Endüstri 4.0 ilk uygulama örneği Endüstri 4.0 fikrini ilk ortaya atan ülke olan Almanya'da yapılmıştır. Teorik öncülüğünün yanı sıra uygulama olarak da Almanya Endüstri 4.0'da öncü ülke olarak görülmektedir. Almanya'da Siemens'in de içlerinde bulunduğu sektörel öncü 20 üretici ve araştırmacı firma ile Alman Yapay Zeka Araştırma Merkezi liderliğinde Kaiserslautern şehrinde ilk uygulama için küçük çaplı bir akıllı fabrika kurulmuş, burada Endüstri 4.0 sisteminin nasıl işleyeceğinin test edildiği ortak bir çalışma yapılmıştır. Makine ve ürünlerin birbiriyle kuracağı iletişiminin ve bilgi akışının nasıl olacağı sabun şişeleri örneğiyle gösterilmiştir. Sabun şişelerin üzerine RFID etiketleri yapıştırılmış, bu etiketlerin içine şişenin rengi, boyu, hacmi ile ilgili bilgiler aktarılmıştır. Ayrıca, bu etiketlere akıllı makineler taşıyacakları bilgiler de girilmiştir. Yani, şişeler tanımlanan bilgilerine göre akıllı makinelerde farklı işlemler görmektedir. Bu uygulamada, renk özelliği RFID etiketlerine ayırt edici bilgi olarak tanımlanmış, şişeler renklerine göre farklı sabunlarla doldurulmuştur. Dijital ortamda RFID etiketi sayesinde bilgiler iletilmiş ve üretim işlemi komutlarla kendiliğinden devam etmiştir.

(Aksoy, 2017). Uygulama siber fiziksel sistemlerin çalışma prensiplerini ve hangi mantıkla çalıştığını göstermektedir.

Endüstri 4.0'ın uygulamalarının artmasıyla birlikte üretim sistemlerindeki olası değişimler ve müşterilere yansımaları maddeler halinde şu şekilde sıralanmaktadır:

- Yüksek teknolojili üretim sistemlerine geçişle makinelerin değişen ürün ya da süreç taleplerinde değişikliklere hızlıca uyum göstermesi sağlanacak, robotların da çalışma kapasitesinde verim düşüklüğüne sebep olmayacaktır.
- Üretimde yüksek teknoloji ile kaynak tasarrufu sağlanacak, böylelikle verimliliğin artması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi olasılığı yükselecektir.
- Üretim sistemlerinin daha komplike bir hal almasıyla kurulacak otomasyon sistemleri üretimdeki işgören sayısını düşürecek, fakat yüksek teknolojiyi verimli kullanabilmek için işgörenlerin daha vasıflı, yüksek eğitilmiş olmalarını zorunlu kılacaktır.
- Yeni sistemlerle nesnelere arası iletişim sağlandığından veri alışverişi bir hayli fazla olacak, oluşacak büyük verileri işleyebilmek için süper bilgisayarlar ve akıllı sistemler yapılacaktır. On yıl içerisinde insan beyninin işlem gücüne denk bilgisayarların yapılması bu süreçte planlanmaktadır.
- Üç boyutlu yazıcıların üretim süreçlerinde kullanılması yaygınlaşacak, üretim süreleri bu sayede kısalmaktadır.
- Bütün sistem zincirsel olarak daha verimli çalışacağından bu durum müşteri memnuniyetine olumlu yansımaktadır. İnternetin üretim endüstrisinde kullanılmasıyla yeni iş kolları oluşacaktır (Can ve Kıymaz, 2016).

Endüstri 4.0 ile hedeflenenler; ürün ya da hizmetleri geliştirmek, nihai ürünün üretim süreçlerinde tedarik zinciri mantığında hammaddeden üretime ve son tüketiciye ulaşana kadar olan süreçlerde insan, makine, bilgi sistemlerini birbirine entegre etmek, üretim karar verme süreçlerini makinelerin otonom yapmasını sağlamak, müşterinin değişken taleplerini ve ek isteklerini üretimde makinelerin esnekliğiyle sistemsel olarak çözmektir (Yazıcı ve Düzgaya, 2016).

Endüstri 4.0, otomasyon sistemlerini kişisel ve esnek kitlesel üretim teknolojileriyle bir ileri seviyeye taşımaktadır. Yani, müşteri taleplerine göre yapılacak üretimler makine sistemleri tarafından bağımsız ya da insanların koordinesiyle üretilebilecektir. Ayrıca, makineler insansız çalışabildiği gibi verileri toplayıp, analiz edip, ürün ve üretim süreçleriyle ilgili tavsiyelerde de bulunabilecektir (Sung, 2017).

Endüstri 4.0 uygulandıktan sonra işletmeler ilgili maddeler doğrultusunda deęiŖecektir:

- Nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerin kullanılmasıyla fonksiyonel ve akıllı ürünler üretilecektir.
- Kitlesele tek tip üretim yerine müşteriye özel üretimlerin gerçekleştirilebilmesi sağlanacaktır.
- Fabrika ve akıllı ürünle gerçek zamanlı bilgi ve veri transferi gerçekleştirilecektir.
- Hammadde ve kaynak kullanımları optimize edildiğinden, verimliliğin artması ve alternatif enerji kaynaklarının kullanılması sağlanacaktır.
- Akıllı sistemlerin, makinelerin, robotların üretimde daha önemli rolleri olacaktır.
- Vasıfsız işgücü gerekliliği azalacaktır.
- Üretim hata paylarının sıfıra yakın düşmesi sağlanacaktır.
- İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının gelişmesi dikkate alınacaktır.
- Çalışma saatlerinin esnemesi, mesai kavramının deęiŖmesi sağlanacaktır.
- 3 boyutlu yazıcılarla bireyselleşen müşteri talepleri basit üretim süreçleriyle fabrika dışında gerçekleştirilebilecektir.
- Uyum sağlayan firmalarla küresel pazarlar büyüyecektir.
- Fiziksel nesnelerin sanal dünyayla eşleşmesiyle üretim ve tüketim süreçleri sanal dünyayla ilişkilendirilecektir (Yazıcı ve Düzkaaya, 2016).

İnsan kaynakları politikalarının Endüstri 4.0'ın işletmede uygulanmasıyla kökten deęiŖeceği düşünülmektedir. Üretimde vasıfsız işgörenler yerini yüksek teknolojiyi kullanabilen, sistemsele çalışabilen yüksek vasıflı işgörenler alacaktır. Dördüncü endüstri devriminin getirdiği yeni bilgi ve üretim teknolojileri daha vasıflı işgücüne ihtiyacı arttıracaktır. Vasıflı işgücünü oluşturmak için; üniversiteler eğitim programlarını yeni teknolojik altyapılara uygun yenilemeli, bilişim teknolojileri, inovasyon, girişimcilik programlarını arttırmalıdır. Ayrıca Ar-Ge konusunda da üniversiteler uzmanlaşmalı, özel sektörle işbirliğinde yeni teknoloji stratejileri oluşturması gerekmektedir (Yazıcı ve Düzkaaya, 2016).

İşçilerin mevcut pozisyonlarını korumak için Endüstri 4.0 sistemine adaptasyonu önemlidir. Sisteme dahil olan işçiler sistem için gerekli yeni süreç bilgilerini öğrenmeleri gerekmektedir. Diğerlerine göre rutin veya basit olan bazı iş gruplarında da işçi ihtiyacı yeni sistemle azalacağından ilerleyen süreçte işsizliğin artacağı düşünülmektedir. Fakat, yeni sistemin oluşturacağı yeni iş grupları da olacağından işsizliğin artacağı ya da

azalacağı hakkında yorum yapmak için daha erkendir (Sung, 2017). İstihdam politikaları açısından düşünülürse Endüstri 4.0 uygulamalarının yaygınlaşmasıyla, vasıflı işgörene olan ihtiyaç artacağı, vasıfsız işgörene olan ihtiyaç gittikçe azalacağı rahatlıkla söylenebilmektedir.

Tablo 2.4 Endüstri 4.0 Stratejik Yol Haritası (Santos vd. 2017)

		2011 Yılı Öncesi				2011 Yılı Sonrası			
		Referans 1	Referans 2	Referans 3	Referans 4	Referans 5	Referans 6	Referans 7	Referans 8
Teknolojiler	Gömülü Sistemler	x	x	x	x	x	x	x	x
	Siber Fiziksel Sistemler			x			x	x	x
	Nesnelerin İnterneti		x	x	x	x	x	x	x
	Sensörler	x	x	x	x	x	x	x	x
	Bulut Teknolojisi			x		x	x	x	x
	Ajan Bazlı Modelleme			x				x	x
	Robotik Sistemler	x	x	x	x	x		x	x
	Ekleme Üretim					x			x
Tasarım İlkeleri	Bağlantılı Olmak		x	x	x	x	x	x	x
	Gerçeklik	x	x	x	x	x	x	x	x
	Eş Zamanlı Analiz ve Karar Verme	x	x	x	x	x	x	x	x
	Merkezi Olmamak			x	x	x	x	x	x
	Hizmet Oryantasyonu	x	x	x	x	x	x	x	x
	Modülerite	x	x	x	x	x	x	x	x

Tablo 2.4'te belirli işletmelere yapılan araştırmalara göre kullanılan üretim teknolojileri ve ürün tasarım prensipleri incelenmiştir. 2011 öncesinde uygulanmayan ya da çok az firma tarafından uygulanan Siber Fiziksel Sistemler, Bulut teknolojisi ve Simülasyon modelleme sistemlerinin Endüstri 4.0 kavramının endüstride kabul görmesiyle 2011 sonrasında daha sık uygulandığını görülmektedir. Ayrıca, işletme içi birimler arası bağlantının 2011 sonrası arttığı, akıllı fabrikalar ve akıllı sistemlerle karar verme süreçlerinin birimler içinde dağıtıldığı da sistem dizayn prensiplerinde görülmektedir.

2.4. Türkiye ve Endüstri 4.0

Ülkemiz düşük üretim endeksinde olmasının faydasını 20 yıllık süreçte sanayileşme anlamında yaşamıştır. Fakat, dördüncü sanayi devrimiyle gelişmiş

teknolojilerin üretimde öncü olması diğer gelişmekte olan ülkeler gibi dezavantajımıza olan bir durumdur. Endüstri 4.0'a sonradan dahil olmanın yerine öncü ülkelerden biri olabilmek için sanayi, devlet, bilim dünyası birlikte çalışıp yeni üretim stratejileri geliştirilmesi gerekmektedir.

Endüstri 4.0 ile üretim maliyetleri düşme eğilimindedir. Ucuz işçiliğe sahip olduğu için son yıllarda üretimde öne çıkmakta olan Uzakdoğu Asya ülkeleri ve gelişmekte olan ülkeler rekabet şanslarını kaybedecek, Endüstri 4.0 ile atılım yapmayı düşünen Almanya, Amerika, Japonya gibi gelişmiş ülkeler üretimde tekrardan rekabet avantajı sağlayacaktır (Alçın, 2016). Gelişmiş ülkelerin rekabette üstünlük sağlaması, ülkemizin de dahil olduğu gelişmekte olan ülkeler için olumsuz bir durumdur. Teknolojik gelişmelerin sonucu olarak rekabet üstünlüğünün gelişmiş ülkelere geçmesi beklenmektedir. Şekil 2.7'de ülkemizin ve diğer dünya ülkelerinin üretim maliyet endekslerine göre kıyaslanması görülmektedir.



Şekil 2.7 Dünya Çapında Üretim Maliyet Endeksi (Yazıcı ve Düzkaya, 2016)

Şekil 2.7'de görüldüğü gibi, ülkemizin üretim maliyet endeksi gelişmekte olan ülkelere göre yüksektir. Üretim pazar paylarının artırılması için, gelişmekte olan ülkelerle düşük maliyet rekabetine girmenin yerine, kalifiye işgücüne ve teknolojik gelişmelere önem verilmesi, dolayısıyla Endüstri 4.0 bileşenlerine yönelik yatırımların yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Türkiye'nin üretim sektörü daha detaylı incelenmesi gerekirse, ağırlıklı orta veya düşük seviyede teknoloji kullanıldığı görülmektedir. Yüksek katma değerli ürünler çok az üretilmekte, bu duruma paralel ekonomik büyümede olumsuzluklar yaşanmaktadır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016). İhracat rakamlarına bakıldığında da benzer durum

görülmektedir. Türkiye'nin ihracatı içinde yüksek teknoloji ürün gruplarının payı yüzde 3'tür. Bu oran diğer gelişen ülkelere kıyasla oldukça düşüktür (Kabaklı, 2016). Gelişmekte olan ülkelerin ihracatında yüksek katma değerli ürünlerin oranı %15-45 aralığında değiştiği görülmektedir (Yazıcı ve Düzgaya, 2016).

Ülke olarak, Endüstri 4.0'a teknolojik altyapı ve uygulanışı olarak hazır değiliz. Fakat konunun tartışıldığı ve kavramlarının anlaşılmasına çalışıldığı zaman dilimindeyiz. Türkiye Endüstri devrimlerinde 2 ve 3 arasında olduğu, Endüstri 3'e tam olarak entegre olamadığı, bu yüzden Endüstri 4.0'a geçişte sıkıntılar olabileceği belirtilmektedir (Öztürk ve Koç, 2017).

Türkiye'de ikinci endüstri devrimi üretim sistemleri ve düşük ya da orta katma değerli ürünlerin üretilmesi, orta gelir tuzağı olarak adlandırılan ekonomik bir sürece girilmesine sebep olmaktadır. Orta gelir grubundan kurtularak yüksek gelir grubuna girilmesi için, üretimde yapılması gereken hamle yüksek katma değerli ürünler üretmeyi strateji olarak belirlemektir. Bu doğrultuda, ürün ve hizmet kalitesinin artırılması, devlet ve özel sektörün bu konuda yatırımlarının artırılması, Ar-Ge ve inovasyon ile bütün hedeflerin yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesi gerekmektedir (Yazıcı ve Düzgaya, 2016).

Türkiye olarak gelişmiş ülkelerin öncüsü olduğu yeni sanayi devrimine geç kalınmamalıdır. Endüstri 4.0'a uygun politikalar geliştirilmeli, eğitim, sanayi ve devlet kurumlarının bu sürece geçişte ortak hareket etmeleri gerekmektedir.

2.5. Endüstri 4.0 Devlet Politikaları ve Uygulamaları

Endüstri 4.0'ın öncü ülkesi olarak Almanya, daha sonra gelişmiş Avrupa ülkeleri, Amerika, Japonya gibi üstün sanayiye sahip ülkeleri gelmektedir. Bu ülkelerin üst düzey endüstriyel işletmelerinin ortak fikri yeni teknolojilerinin mevcut üretim sistemlerine entegre edilmesi gerekliliğidir.

Tablo 2.5 Ülkelerin Yeni Sanayi Devrimi Stratejileri (TÜBİTAK, 2016)

Ülke	İşletmeler /Çalışmalar
Amerika	Akıllı İmalat Koalisyonu Akıllı İmalat Açık Platformu
Avrupa Birliği	Kamu- Özel Sektör Ortaklıkları Geleceğin Fabrikaları Kaynak ve Enerji Verimliliği ile Sürdürülebilir Proses Endüstriler
Almanya	Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomi Endüstri 4.0 Vizyonu 2025 Endüstri 4.0 Uygulama Stratejisi
Japonya	Toplum 5.0 Akıllı Üretim Sistemleri Yeni İmalat Sistemleri
İngiltere	Katma Değerli İmalat Girişimi 7 Adet Uzmanlaşmış Merkez
Fransa	Geleceğin Endüstrileri Girişimi

Tablo 2.5’te, konu ile ilgili yapılan gelişmiş ülkelerin çalışmaları bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, Endüstri 4.0 hükümet politikaları ve stratejilerini örneklendirmek gerekirse:

- Amerika’da 2011’den itibaren devlet ulusal seviyede konuyla ilgili ‘Geliştirilmiş Endüstri Ortaklığı (Advanced Manufacturing Partnership)’ adı altında birçok tartışma, tavsiye ve uygulama için adımlar atılmış, gelecek nesil üretim sistemleri ve teknolojilerine üretim endüstrisinin hazırlanması için çalışılmıştır.
- Almanya, 2012’de ‘Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 (High-Tech Strategy 2020)’ aksiyon planına geçmiş, milyarlarca Euro’luk kaynağı önemli yüksek teknolojileri geliştirmek için ayırmıştır. Bu bağlamda, 10 gelecek projesinden biri olan ‘Industrie 4.0’ Almanya’nın bu konuda ne derece hırslı olduğunu göstermektedir.
- Fransa 2013 yılında Endüstri 4.0 stratejisini ‘La Nouvelle France Industrielle’ adında ortaya koymuştur. Bu kuruluşta 34 sektör bazlı öncü girişimci firmalar Fransa’nın sanayi politikası öncüleri olmuştur.

- İngiltere, 2013 yılında sanayi kuruluşları için geçerli 2050 yılına kadar politikaları sürecek olan ‘Üretimin Geleceği (Future of Manufacturing)’ adlı uzun dönemli bir çalışma hazırlamıştır. Benzer olarak, gelecek yıllarda üretim endüstrisindeki yeni teknoloji ve sistemlere karşı sektörü hazırlamayı amaçlamışlardır.
- Avrupa Komisyonu 2014 yılında ‘Geleceğin Fabrikaları (Factories of the Future)’ adı altında yeni bir kontrat (Public-Private Partnership) hazırlamıştır. Horizon 2020 programının içinde bu kontratla 2020 yılına kadarki geçecek 7 yıllık sürede 80 milyar Euro’luk üretim endüstrisine yeni teknoloji ve sistemler yatırım desteği sağlamayı amaçlamaktadır.
- Güney Kore, 2014’de ‘Üretim 3.0’da Inovasyon (Innovation in Manufacturing 3.0)’ programını açıklayarak Kore üretim endüstrisinin yeniden sıçrama yapmasını sağlayacak olan dört sürükleyici stratejiyi sunmuştur.
- Çin hükümeti, 2015 yılında hazırladığı ‘Internet Plus’ stratejisinin içinde ‘Çin’de Üretilmiştir 2025 (Made in China 2025)’ konusunu işlemiştir. Bu konuda üretim endüstrisinin bilgi, iletişim ve üretim teknolojisinin hızla gelişmesi için atılması gereken 10 önemli adım anlatılmıştır.
- Japonya, 2015 yılında 5. Bilim ve Teknoloji Ana Planı (5 th Science and Technology Basic Plan) nı yürürlüğe koyarak, bu plana katılan firmaların ‘Süper Akıllı Toplum (Super Smart Society)’ stratejisine uygun olarak dünyada lider üretim teknolojilerine sahip olmaları için gerekli maddi desteklerin verilmesini hedeflemektedir.
- Singapur, 2016 yılında Araştırma, Inovasyon ve Kurum 2020 Planı (Research, Innovation and Enterprise- RIE 2020 Plan) doğrultusunda ilgili işletmelere 19 milyar dolar yardımda bulunmayı taahhüt etmiştir. Plan doğrultusunda, üretim ve mühendislik firmalarına yapılması gereken 8 anahtar endüstriyel işlem anlatılmıştır.
- Firmalar incelendiğinde, 2014 yılında Endüstri 4.0 ile ilgili olarak, AT&T, Cisco, General Electric, IBM ve Intel firmaları ‘Endüstriyel İnternet Konsorsiyum (Industrial Internet Concoortium)’ unu kurmuştur. Bu firmalar endüstriyel internet ile ilgili öncelikleri, takip edilmesi gereken teknolojileri ve atılması gereken adımları birlikte kararlaştırmak için bu kuruluşu kurmuşlardır. Ayrıca, Siemens, Hitachi, Bosch, Panasonic, Honeywell, Mitsubishi Electric, ABB, Schneider Electric ve Emerson Electric firmaları da nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemleri uygulamalarını içeren yatırımlara çoktan başlamıştır (Liao vd. 2017).

İlgili konu Almanya özelinde incelenecek olursa, Endüstri 4.0 kavramının ilk ortaya çıkışı, yol haritası, kavramı geliştirmek adına yapılan başlangıç çalışmaları Tablo 2.6’da görülmektedir.

Tablo 2.6 Endüstri 4.0 Kavramı Tarihsel Gelişimi (Özkurt, 2016)

Yıl	Endüstri 4.0 Gelişim Süreci
2010	Almanya BMBF gelecek ileri teknoloji olanaklarını belirlemek için bilim birliğini kurdu.
2011	Endüstri 4.0 kavramından ilk kez bahsedildi. Tanıtım ve reklam faaliyetleri yürütüldü.
2012	Bilim birliği Hannover Fuarı’nda Endüstri 4.0 ile ilgili rapor sundu. Hükümet destekli ilk akıllı makine üretildi.
2013	BMBF “Alman imalat sanayinin geleceğini koruma” konulu Endüstri 4.0 stratejik uygulama yönergelerini içeren rapor yayınladı. Alman Eğitim ve Araştırma Bakanlığı tarafından Endüstri 4.0 araştırmaları devam etti. Hannover Fuarı’nda ilk akıllı makine yenilenmiş tasarımı tanıtıldı.
2014	3 endüstriyel kuruluş Endüstri 4.0 platformunu oluşturdu. Hannover Fuarı’nda en yeni tasarım akıllı Endüstri 4.0 makinesi tanıtıldı.

Devletlerin Endüstri 4.0’ın teknolojik olarak geliştirilmesi ve uygulanırlığı arttırması için özel sektörü desteklemesi gerekmektedir. Bu konuda yapılan Ar-Ge çalışmaları gelişmiş ülkelerde hızla sürmektedir. Almanya ve Finlandiya gibi gelişmiş Avrupa ülkelerinin 2020 yılının sonuna kadar Endüstri 4.0 uygulamaları için 140 milyar Euro’luk eğitim desteği vereceği beklenmektedir (Yazıcı ve Düzgaya, 2016).

Dünyadaki gelişmelerin yanı sıra, ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalara bakılacak olursa; 2016 Şubat ayında Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu’nun (BTYK) 29. Toplantısı’nda bu konuya ilişkin karar alınmıştır. Tablo 2.7’de alınan kararların içerikleri gösterilmektedir.

Tablo 2.7 BTYK'nın 2016/101 no.lu 'Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması' Kararı (TÜBİTAK, 2016)

Kurum	Akıllı Üretim Sistemlerine Geçiş İçin Yapılan Çalışmalar	Açıklama
Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Yürütme, Uygulama ve İzleme Modeli	Ülke şartlarına uygun olarak yürütme, uygulama ve izleme modelinin eğitim, işgücü ve sektörel politikalarını da içerecek şekilde hazırlanması, geliştirilmesi
TÜBİTAK	Hedef Odaklı Ar-Ge Çalışmaları	Siber fiziksel sistemler, yapay zeka, sensör, robot, nesnelerin interneti, büyük veri, siber güvenlik, bulut sistemleri gibi öncü Endüstri 4.0 bileşen teknolojilerinde yetkinlik kazanmak adına Ar-Ge çalışmalarının hazırlanması, mevcut çalışmalarının artırılması
Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Teşvik ve Destek Mekanizmaları	Öncü Endüstri 4.0 bileşenleri ve teknolojilerinin milli firmalar tarafından üretilmesinin sağlanması, pilot üretimleri gerçekleştirilmesi, gerekli teşviklerin işletmelere sunulması

Alınan kararlar doğrultusunda, çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tarih sıralamasına göre Tablo 2.8'de çalışmaların detayları anlatılmaktadır:

Tablo 2.8 BTYK'nın 2016/101 no.lu 'Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması' Kararına İstinaden TÜBİTAK Tarafından Yapılan Çalışmalar (TÜBİTAK, 2016)

Çalışma Tarihi	Çalışma Adımı	Yapılan Çalışma	Açıklama
Nisan-Mayıs 2016	Kavram Çalışması	Akıllı üretim sistemlerinde yer alan anahtar teknolojilerin içerikleri	Uluslararası ve ulusal raporların incelenmesi, akıllı üretim sistemlerine ait tanım ve kavramların belirlenmesi, gerekli teknoloji grupları ve kapsamlarının belirlenmesi
Haziran 2016	Mevcut Durum Analizi	Akıllı üretim sistemlerinde yer alan anahtar teknolojilerin anketi	TÜBİTAK ilgili teknolojilerle ilgilenen 1000 firmaya anket uygulanmış ve sonuçlarını kapsamlı şekilde analiz etmiştir
24-25 Haziran 2016	Paydaşlarla Önceliklendirme Çalışması-1	Akıllı üretim sistemlerinde yer alan anahtar teknolojilerin çalışmayı	Dünya yüksek teknoloji seviyesinin yakalanması, üzerine çıkılması için gereken teknoloji kapsamlı ulusal stratejik hedefler, kritik ürün ve teknolojilerin belirlenmesi, Ar-Ge konu ve sektör uygulamaların seçilmesi
3-4 Kasım 2016	Paydaşlarla Önceliklendirme Çalışması-2	Akıllı üretim sistemleri odak grup çalışması	Stratejik hedefler, kritik ürün ve teknolojiler, Ar-ge konuları tekrardan incelenmiş, teknolojik olgunluk derecesi, yetkinlik, millileşmenin katma değerleri ve ticarileşme ihtimalleri değerlendirilmiştir

Ülkemizde TÜBİTAK başta olmak üzere devlet politikalarında da yavaş yavaş Endüstri 4.0'dan bahsedilip yol haritaları belirlense de, gerçek anlamda yeni endüstri devrimini bilincinde olunması gerekmektedir. Yeni teknoloji yatırımları oldukça pahalı ve uygulanması yüksek bilgi beceri gerektirmektedir. Yatırım maliyetleri ve eğitim sistemindeki yeni teknolojilere uyumlu değişimler devlet politikalarında olmalı, üretim endüstrisi maddi olarak Endüstri 4.0'a uyumlu eğitim ve yatırım maliyetleri için desteklenmelidir.

2.6. Endüstri 4.0 Bileşenleri

Üretimde dijitalleşme, üretim simülasyonun sanal alemde oluşturulması ve her nesnenin internetle birbiriyle iletişim haline geçmesiyle başlamaktadır. Üretim dijitalleştikçe toplanan veri miktarı artacak, verilerin güvenliği ve saklama alanı işletmeler için önemli konulardan biri olacaktır. Nesnelerin birbiriyle bağlantıya geçmesi en yaygın olarak sensör, RFID, barkod sistemleriyle olacaktır. Daha sonra dijitalleşen fabrikalarda ileri teknoloji uygulamaları robotik sistemler ve ileri otomasyon sistemleriyle sağlanacaktır.

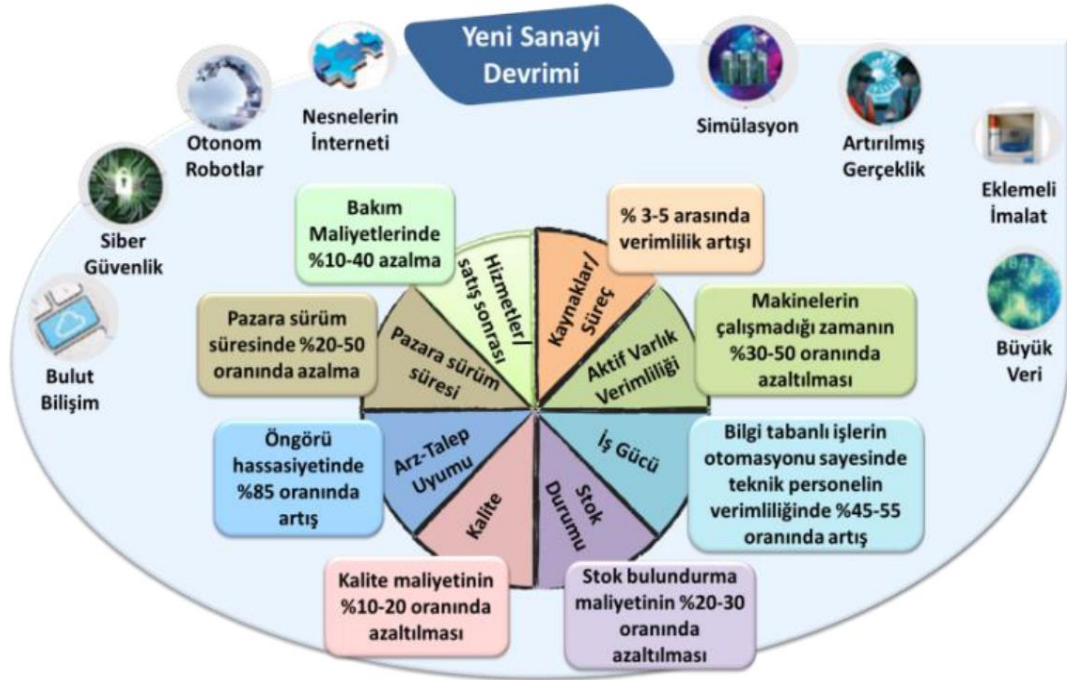
Aksoy (2017) çalışmasında Endüstri 4.0 öncü teknolojilerinden bahsetmektedir. Bu doğrultuda, Endüstri 4.0 bileşenleri ya da alt boyutlarını oluşturan bu öncü teknolojiler; dijitalleşme, büyük veri ve bulut bilişim sistemleri ile siber güvenlik, etkileşim, nesnelerin interneti ile sensör teknolojileri, geleceğin fabrikaları, eklemeli imalat, ileri robotik sistemler, otomasyon ve kontrol sistemleri olarak görülmektedir.

Endüstri 4.0 uygulanması için sadece yeni teknolojilere odaklanmak yeterli değildir. Yeni teknolojilerin uygulanırken işletmeye nasıl entegre edileceği ve sistemle nasıl uyum içinde çalışacağına da odaklanmak gerekmektedir. Bu entegrasyon 3 seviyede olur; siber fiziksel sistemler seviyesi, veri altyapısının büyük veri sistemine hazır olması, hizmetlerin büyük veri sistemine hazır olmasıdır (Santos vd. 2017).

Acatech Endüstri 4.0 forumu raporuna göre (acatech, 2013), yeni teknoloji farklılıkları şu şekildedir:

- Depolama sistemleri ve makinelerin iletişiminin artması
- Akıllı ürünlerin konumlarına anında ulaşılabilmesi
- Akıllı fabrikaların ürünlere göre uyum içinde sistemler kurması, kaynakları etkin kullanması
- Büyük verinin kullanılması
- Yeni sistemde çalışanların düşünülüp onlara uygun sosyal altyapıların kurulması

- İş ve yaşam dengesinin daha uyumlu oluşturulması
- Müşterilerin farklı taleplerine cevap verilebilmesi
- Akıllı yazılımlarla sorunların hızlı çözülmesi, anında mühendislik uygulanması (Alçın, 2016).



Şekil 2.8 Yeni Sanayi Devriminin Firma Seviyesinde Sağlayacağı Öngörülen Kazanımlar (TÜBİTAK, 2016)

Şekil 2.8’de görüldüğü gibi, dördüncü sanayi devrimi (Endüstri 4.0) bulut teknolojisi, siber güvenlik sistemleri, robotik sistemler, nesnelerin interneti, simülasyon, artırılmış gerçeklik, eklemeli imalat, büyük veri gibi temel konuları işlemektedir. Sistemin genel sonuçları olarak; ürünün pazara sürüm süresini düşürmekte, makine bakım maliyetlerini düşürmekte, işletme verimliliğini arttırmakta, makinelerin çalışma oranlarını arttırmakta, bilgi teknoloji verimliliğini arttırmakta, işletmelerin az stok bulundurmasını ve stok maliyetlerini düşürmelerini sağlamakta, kalite maliyetlerini otomasyon süreçlerinin aktif olmasıyla düşürmekte ve sistemsel öngörüü arttırmaktadır.

Araştırma kapsamında, Endüstri 4.0 için önem arz eden teknolojik bileşenler maddeler halinde ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.6.1. Siber Fiziksel Sistemler

Endüstri 4.0 uygulamalarının temel bileşenlerinden biri olan siber fiziksel sistemler, sensörler yardımıyla nesnelerin fiziksel hareketlerini siber sisteme internet

aracılığıyla taşıyan sistemdir (Alçın, 2016). Siber fiziksel sistemler tanımdan da anlaşıldığı üzere fiziksel aktiviteleri sanal olarak oluşturmaktadır. Üretim sistemlerinde düşünülürse siber fiziksel sistemlerde üretimin bütün aktiviteleri sanal aleme aktarılmaktadır.

Siber kavramı ilk kez 1940’larda bilgisayar, enformasyon teknolojileri süreçlerinde yer almıştır. Sibel fiziksel sistem (CPS) kavramı ilk kez 2006 yılında Lee tarafından kullanılmıştır. Bradley ve Atkins’in (2015) siber fiziksel sistem kavramı öncesi ve gelişimine ilişkin yaptığı tarihçe Tablo 2.9’da görülmektedir.

Tablo 2.9 Siber-Fiziksel Sistemlerin Tarihsel Gelişimi (Alçın, 2016)

Tarih	Olay
1932	Kontrol sistemleri ile alakalı frekans teknikleri Nuquist tarafından oluşturulmuştur.
1940-1945	Örneklenmiş Veri Sistemleri Teorisi oluşturulmuştur.
1945	İlk olarak amplifikatör tasarlanmıştır.
1946	İlk taşınabilir hücresel telefon yapılmıştır.
1946	İlk bilgisayar (ENIAC) tasarlanmıştır.
1950	Root Locus metodu geliştirilmiştir.
1954	Dijital Kontrol Sistemleri oluşturulmuştur.
1969	ARPANET (internetin ilk versiyonu) ortaya çıkmıştır.
1973	Gerçek zamanlı işletme sistemleri oluşturulmuştur.
1973	Optimal, adaptif, non-lineer kontrol sistemleri ve stokastik sistemler oluşturulmuştur.
1990	Hibrit sistemler meydana getirilmiştir.
1997	IEEE 802.11 Wifi standardı oluşturulmuştur.
2000	Ağ önceliği sistemi (Qos) başlatılmıştır.
2006	Siber fiziksel sistemler (CPS) olgusu ilk kez ortaya çıkmıştır.

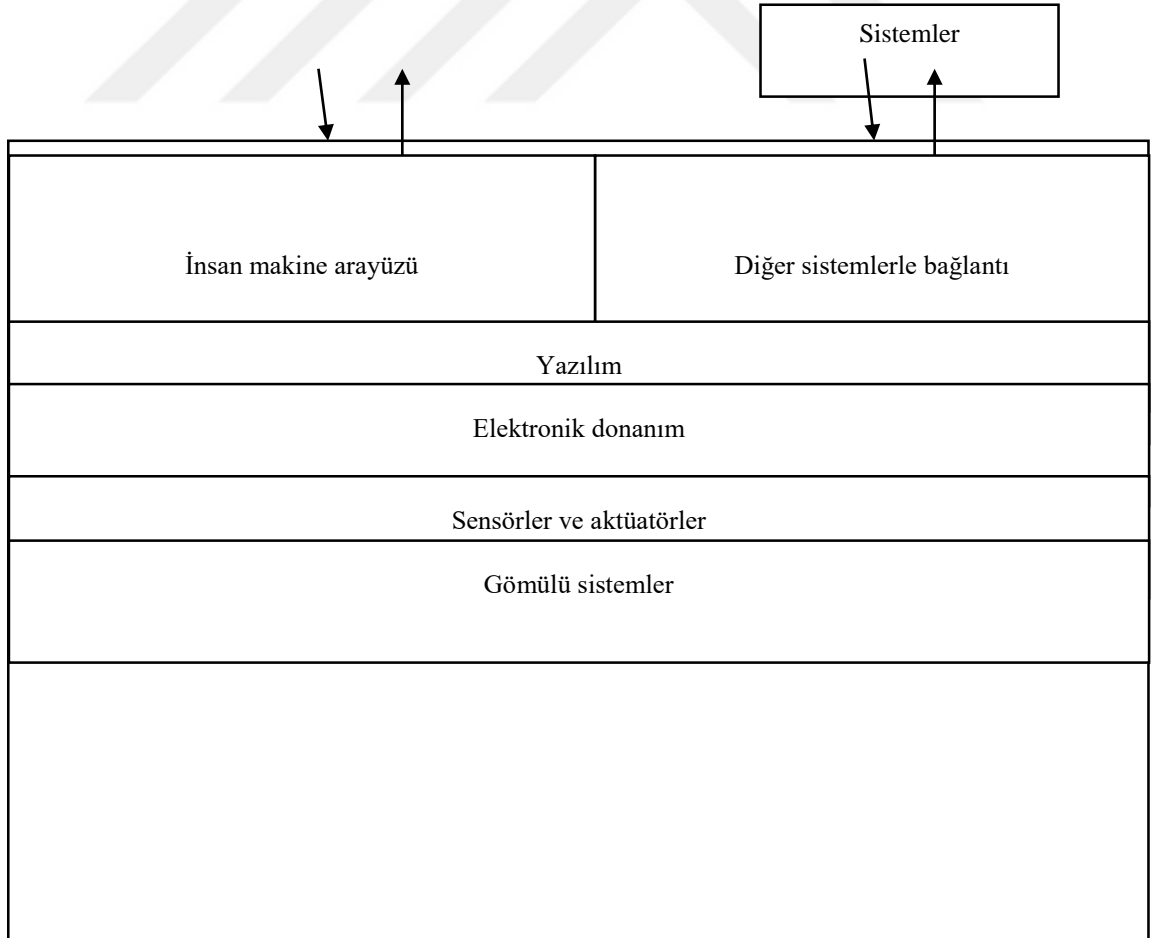
Siber fiziksel sistemi tanımlarken, siber ve fiziksel terimlerini ayırt etmek gerekmektedir. Nesnelerin fiziksel boyutta ve siber boyutta farklı değerlendirilme boyutları vardır. Siber ve fiziksel terimlerinin belirlenen kriterlere göre karşılaştırılması Tablo 2.10’da gösterilmektedir.

Tablo 2.10 Siber-Fiziksel Sistemlerin Siber ve Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırması (Alçın, 2016)

	Siber	Fiziksel
Uygun düzenin sağlanması yöntemi	Seri	Gerçek Zamanlı
Konu senkronizasyonu	Senkronize	Asenkron
Zaman özellikleri	Kopuk	Devamlı
Yapı	Bilgisayar sistemleri	Fiziksel kanunlar

Fiziksel dünyayla sanal dünyayı birbirine entegre eden siber fiziksel sistemler, fiziksel üretimlerin bilgisayar ortamında modellenmesi ve üretim süreçlerinin sanal ortamda da görülebilmesidir (Hermann vd. 2016). Siber Fiziksel Sistem uygulandığında üretim sisteminde önemli bir rol oynayacaktır. Çünkü, siber fiziksel sistem sayesinde üretimin her seviyesi (akıllı ürünler, makineler, fabrikalar) birbirine bağlanacaktır (Pereira ve Romero, 2017).

Tablo 2.11 Makine ve İnsanların Siber Fiziksel Sistemle Etkileşimi (Brettel vd. 2014)



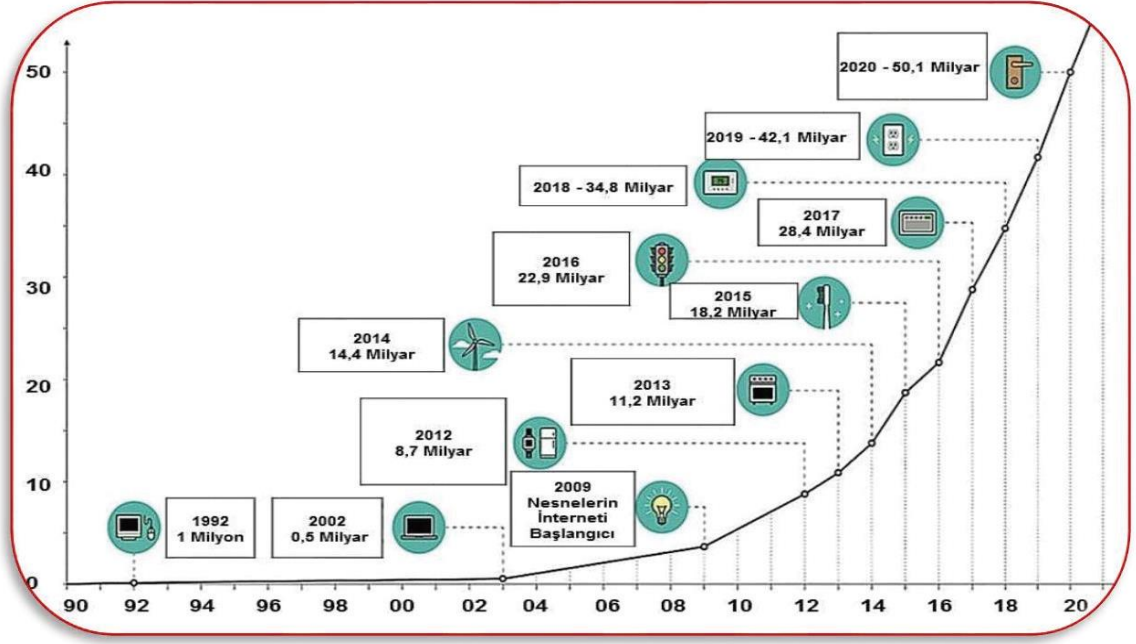
İnsan-makine sistemleriyle etkileşim işletme içi ve işletme dışı (tedarikçi ve müşteriler) olarak gerçekleştiği Tablo 2.11’de gösterilmektedir. Siber Fiziksel Sistem insan-makine etkileşiminin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

2.6.2. Nesnelerin İnterneti

Endüstri 4.0 ana bileşenlerinden sayılan nesnelerin interneti (IoT) kavramı ilk kez 2011 yılında Kopetz tarafından kullanılmış, işletmedeki farklı birim ve kaynaklardan gelen verilerin bir merkezde toplanıp yönetilmesi olarak tanımlanmıştır. Nesnelerin internetiyle birlikte üretim süreçleri kontrolü ve yönetimi internet kullanımıyla hızlanmakta, verilerin yönetimini başka bağlantıya gerek duymadan hızlandırılması sağlanmaktadır. Büyük veri sisteminden yararlanıp alınan verinin siber fiziksel sistemde kullanılmasında etkili rol oynamaktadır (Alçın, 2016).

Spath vd. (2013), internetle beraber sosyal medya, sosyal ağlar ve web 2.0 teknolojilerindeki yeni gelişmelerin internetle beraber evimize kadar girdiği gibi aynı zamanda üretim sistemlerinde de nesnelerin interneti ile yerini alacağını iddia etmiştir (Bartodziej, 2017). İnternet artık günlük yaşantımızı etkilediği gibi üretim sistemlerinin de köklü değişimlere girmesine yol açmaktadır.

Günümüzde henüz gelişmekte olan nesnelerin interneti; farklı teknolojiler ve yaklaşımların birbirleriyle iletişim kurmasını, fiziksel nesnelerin internetle birbirine bağlanmasını sağlamaktadır (Pereira ve Romero, 2017). Acatech (2014) nesnelerin internetini şöyle tanımlamıştır; veri ve hizmetler, lojistik ve iş süreçleriyle gelecek üretimini değiştirecektir. Nesnelerin internetinin gelişimi gelecek yıllarda makine öğrenimi (machine learning), gömülü sistemler (embedded systems), wireless bağlantıları teknolojilerinin internet bağlantılı üretim uygulamalarıyla entegre edilmesiyle olacaktır (Morrar vd. 2017).



Şekil 2.9 Nesnelerin İnternetinin Gelişimi (EBSO,2015)

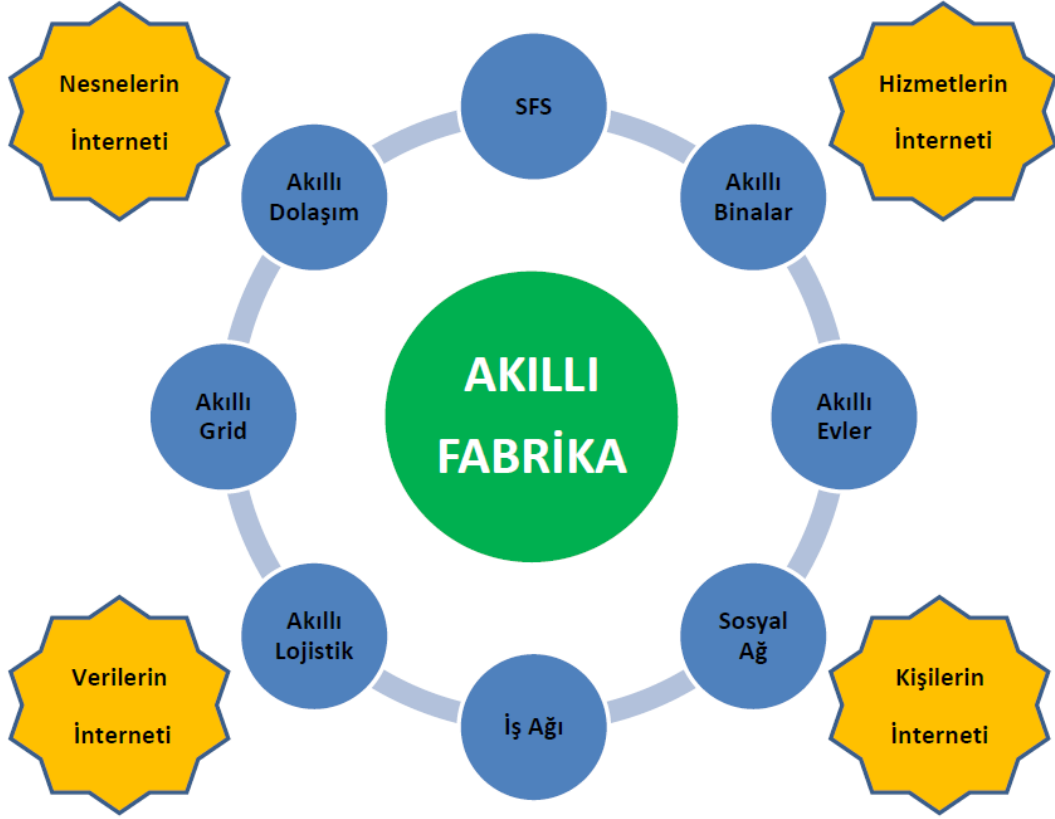
İnternete bağlı nesnelerin sayısı Şekil 2.9’da görüldüğü gibi, günümüzde geçmiş yıllara oranlara hızla artmaktadır. Bu artış hızı üretim endüstrisinin imalat anlayışının sürekli değişmesine ve güncellenmesine yol açmaktadır.

Nesnelerin interneti; üretimdeki bütün nesne ve objelerin RFID, sensör, işletim sistemi, cep telefonu gibi iletişim cihazlarıyla birbiriyle iletişim içinde olmalarını, aynı süreçlerde ortak üretim hedefleri için reaksiyon göstermelerini sağlamaktadır (Hermann vd. 2016). Nesnelere takip edebilmek, birbiriyle iletişim içinde tutabilmek için çipler de önemli bir teknolojidir. Giderek ucuzlayan ve küçülen yeni nesil çipler kullanımda kolaylıklar sağlamakta, hangi ürün ya da nesneye takıldıysa o üründe izlenirliği oluşturmaktadır (Aksoy, 2017). Endüstri 4.0’da sensör ve çipler yardımıyla üretim sürecindeki bütün nesnelere birbirine bağlantıya geçebilmektedir.

Genelleme yapılacak olursa, nesnelerin interneti; fiziksel objelerin her gün birbirine internetle bağlanması, insan, makine, bilgi sistemlerinin bu sistemde üretimsel mantıkla birbiriyle iletişime geçmesi ve akıllı fabrika uygulaması mantığına geçmesi olarak tanımlanabilmektedir. Ayrıca, “Fiziksel nesnelerin bilgi teknolojileriyle internet ağında entegre olduğu ve iş süreçlerinde aktif katılımcı olduğu bir dünya” olarak farklı bir tanımlama da yapılmaktadır (Pereira ve Romero, 2017).

Nesnelerin interneti, akıllı fabrikalar, akıllı ürünler ve akıllı servis uygulamalarının temelini oluşturduğu için Endüstri 4.0 için önemli bir adımdır (Alçın,

2016). İnternet bilgisayarları birbiriyle bağlamakla kalmayıp artık günümüzde fabrikaları, ürünleri, üretim sistemlerini birbiriyle iletişime geçirebilmektedir.



Şekil 2.10 Endüstri 4.0 Ortamında Alt Yapı ve Ana Bileşenler (Fırat ve Fırat, 2017)

Üretim sistemleri gibi günlük yaşantımızda da Şekil 2.10'da gösterilen nesnelerin interneti ve verilerin interneti, kişilerin internetin, hizmetlerin interneti gibi benzer teknolojilerin de kullanımının yaygınlaşmasıyla akıllı binalar, akıllı uygulamalar, akıllı evler, gelişmiş iş ağları hayatımıza girecek, her alanda dijitalleşme hızla gerçekleşecektir.

2.6.3. Büyük Veri ve Bulut Sistemi

Endüstri 4.0 uygulanması için gerekli araçların hepsinin birbiriyle bağlantısı olması gerekmektedir. İnternetle bağlantısı kurulan araçlar, birçok veri transferi gerçekleştireceği için büyük sunuculara ihtiyaç duymaktadır. Sunucu (server) ihtiyacına paralel sistemin kurulup uygulama ve kontrollerinin yapılabilmesi için büyük veriye (big data) ihtiyaç duyulmaktadır (Alçın, 2016).

Çok büyük miktarlarda bilgi ve veri akışı çeşitli işlem noktalarından aynı anda seri şekilde olacağından, oluşacak büyük veri (big data) ve süreçlerinin yönetimi problemi ortaya çıkmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017).

Geniş ölçekte verileri analiz etmek oluşan fikir olan büyük veri, gelişen teknolojilerle beraber giderek daha önemli bir konu olarak araştırmalarda yer almaktadır. Bilgisayar ve enformasyon sistemlerindeki ilerlemeler, toplanan veri miktarlarının gittikçe büyümesi buna rağmen depolanabilmesini sağlamaktadır. Akıllı sistemlerde siber fiziksel sistem ve nesnelerin interneti kullanımlarıyla birlikte oluşturulup aynı sistemde depolanan bilgisayar verileri de fiziksel sistemlere aktarılabilmektedir (Alçın, 2016).

Büyük verinin kullanımıyla karlılığı arttırmaya yönelik yeni ürün, hizmet ve stratejilerin gelişimi için müşterilerle daha sık iletişim kurulacak, böylece organizasyonlar için yeni değerler yaratılıp rekabet avantajı sağlanacaktır (Santos vd. 2017).

Büyük veri analitiği kaynaklarda 6C başlığında Endüstri 4.0 ve Siber-Fiziksel Sistem çevre birimleriyle sınıflandırılabilir (Lee, Bagheri, Behrad; Kao, Hung-An, 2014). Bu sınıflandırma şu şekildedir:

- Bağlantı (Connection); sensör ve ağlar.
- Bulut (Cloud); bilişim ve istenilen veri.
- Siber (Cyber); model ve bellek.
- İçerik (Content); anlam ve bağlam.
- Topluluk (Community); paylaşım ve işbirliği.
- Uyarılma (Customization); kişileştirme ve değerlendirme (Özkurt, 2016).

İşletmeler, müşterilerinin akıllı ürün taleplerine karşı sistemsel sorunlar yaşamaktadır. Akıllı ürün üretim mantığında ilk sırada, üretimin her sürecinde elde edilecek büyük verilerin sistemde depolanması, birimler arasında alış verişi işlemleri gelmektedir. Büyük verileri üretim sisteminde birimler arası aktarmada, elde edilen verileri değerlendirip üretim süreçlerinde karar verme mekanizmalarında kullanma konusunda işletmeler henüz hazır değildir. Dördüncü endüstri devrimiyle Siber fiziksel sistemler işletmelere kurulduğunda internet üzerinden iletişim daha hızlı olacak, birimler arası bağlantı tam anlamda kurulmuş olacaktır. Bulut sistemiyle de büyük veri depolanma ve yönetimi konusunda sorunlar çözülecektir. Ayrıca, üretim sistemlerinin verimliliği artacak, üretim kalitesi artacak, esnek üretim sistemleri kurulacak, verimlilik analizleri işletmelerin rekabet gücünü arttıracaktır (Sayılğan ve İşler, 2017).

2.6.4. Akıllı Fabrikalar ve Akıllı Ürünler

Endüstri 4.0 (Dördüncü Endüstri Devrimi) üretimde yeni bir trend olarak yeni üretim teknolojilerinin entegrasyonu, akıllı otonom sistemlerin kurulması ve akıllı

fabrikaların entegre ürün hizmetleriyle birleştirilmesi olarak tanımlanmıştır (Santos vd. 2017). Bu tanıma benzer birçok Endüstri 4.0 tanımlamalarında sıkça akıllı fabrikalardan bahsedilmektedir.

Son yıllarda, global ekonomi ve müşteri beklentileri hızla değişmektedir. Çok işlevli ürünlere taleplerin artması ve son teknolojik gelişmelerin ortaya çıkmasıyla daha işlevsel ve akıllı ürünler piyasaya sunulmaya başlanmıştır (Nunes vd. 2017). PWC dergisinde 2013 yılında yayınlanan bir makaleye göre, Almanya’da işletmelerin %50’si Endüstri 4.0 planlamaları yaparken, %20 oranda işletme ise Endüstri 4.0 stratejisine uygun akıllı fabrikalara geçiş yapmıştır (Alçın, 2016). Akıllı fabrikalar Endüstri 4.0’ın önemli bileşenlerindedir. Üretim tesislerinin hızlı şekilde dijitalleşmesi sonucu akıllı fabrikalara geçiş süreci başlamıştır. Böylelikle, akıllı fabrikalarda artık akıllı ürünler üretilmeye başlanmıştır.

Akıllı fabrikalarda, IoT ve CPS konseptlerini gösteren akıllı cihazlar ve akıllı ürünler bulunmaktadır. Akıllı cihazlar, onboard işleme, veri depolama, iletişim teknolojisi, sensörler ve aktüatörlere sahiptir. Akıllı ürünler kendilerini tanımlayabilmekte, durumlarını, tarihçelerini ve yaklaşan süreçlerini tanımlayabilmektedir (Mehami vd. 2018).

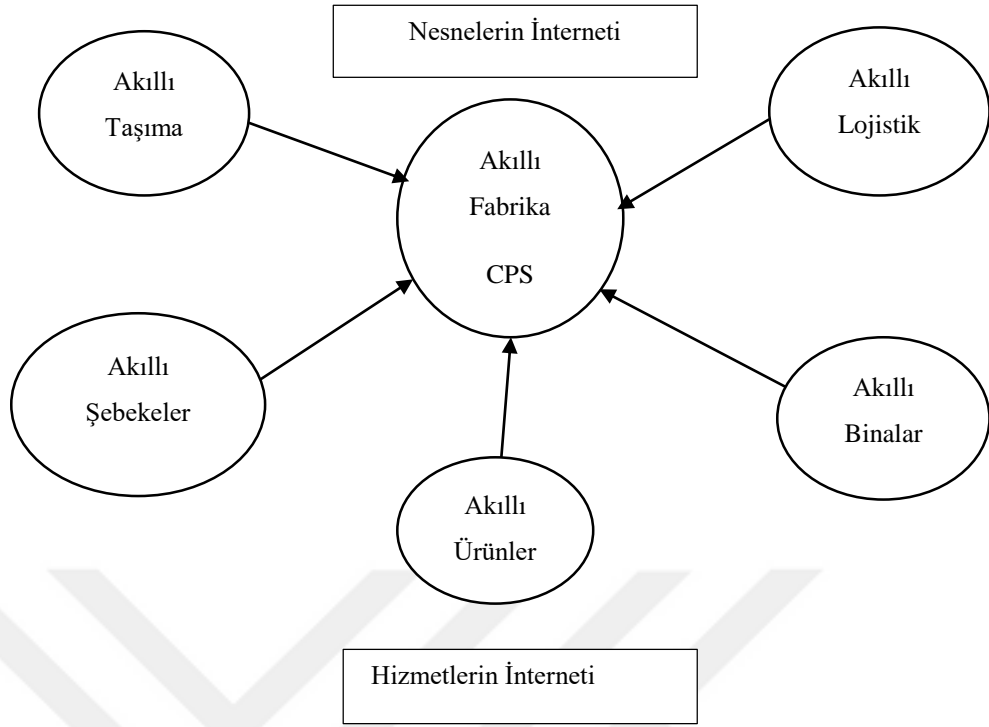
Akıllı fabrikalar, endüstride dördüncü sanayi devriminde doğmuş yeni bir paradigma olarak, gerçek zamanlı etkin ve doğru mühendislik kararlarının verilebilmesi için gerekli bilgi ve iletişim teknolojilerin toplanarak var olan üretim teknolojileriyle birleştirilmesi olarak tanımlanabilmektedir (Kocsi ve Olah, 2017). Üretim teknolojilerinde tam olarak dijitalleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan akıllı fabrikalar; üretim sistemleri ve ürünlerin daha zeki, yani müşteriye en iyi ürün ya da hizmeti sunmak için tedarik zincirine entegrasyonda ürün ve üretim sistemlerinin çok yönlü, yüksek verimli ve ergonomik olmasını sağlamaktadır (Schönsleben vd. 2017). Son yıllarda hızla artmakta olan kişisel müşteri talepleri kurulacak olan akıllı fabrikalarda hızla karşılanabilecek, taleplere göre ürünlerde oluşacak tasarımsal değişimler hızla gerçekleştirilecektir.

Akıllı fabrikalar, dijitalleşme, yeni teknolojilere entegre olma, esnek üretim sistemleri ve akıllı çözümlerinin fabrikalarda kullanılmaya başlaması sonucu oluşmuş, yeni endüstri devrimini simgeleyen anahtar öğelerden biridir (Pereira ve Romero, 2017). Üretim içeriği akıllı fabrikalarda sistemsal olarak bilinmekte, makine ve insanlar üretim hedefleri doğrultusunda otomatik yönlendirilmektedir (Hermann vd. 2016).

Akıllı fabrikalar, sürekli değişen müşteri beklentilerine hızlı şekilde cevap verebilmek ve gerekli değişikliklere uyum sağlayabilmek için oluşmuş üretim ilkelerine dayanan bir çözümdür. Akıllı fabrikalar kurulduğunda üretimde yaşanan karmaşıklıklar çözülmekte ve üretim verimliliği artmaktadır. Akıllı fabrika çevresi ve kapsamı işletmenin insan kaynakları, makine ve akıllı ürünlerle arasındaki bağlantıyla oluşmaktadır (Nunes vd. 2017).

Bilgi ve iletişim teknolojisindeki gelişmelerle birlikte akıllanan makineler ve sistemler, akıllı fabrikaları oluşturmaktadır. Akıllı fabrikalar sayesinde; üretim için gereken malzeme seçimi zincirleme tedarik edilme süreleri kısaltmakta ve süreç basitleşmektedir. Bunun yanında, esnek çok fonksiyonlu makineler ve 3D yazıcılar yardımıyla kişisel üretimler gerçekleşmekte, seri üretim mantığından farklı olarak makineler çok fonksiyonlu olduğundan birden çok işlemleri yapabilmekte, talep edilen ürün eşzamanlı olarak üretim programına alınabilmekte, stok seviyesi azalıp stokta bekleme süreleri de azalacağından stok maliyeti azalmakta ve enerji harcamaları optimum seviyelerde olacağından enerji verimliliği de artmaktadır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016). Akıllı fabrikalarla birlikte anlatıldığı üzere müşteri talepleri hızla karşılandığı gibi işletmelere verimlilik ve maliyet avantajı da gözle görülür olarak sağlanmaktadır.

Akıllı fabrikaların sağlayacağı avantajları sıralamak gerekirse; maaş oranında düşüş, işe devamsızlıkta azalma, işgören verimliliğinde artış sağladığı gibi yemek, ulaşım, sağlık giderleri, işten çıkanlar için tazminatlar, toplu sözleşme gibi hem maliyet hem de işletmeye sorun teşkil eden konuları ortadan otomatik olarak kaldırmaktadır. Akıllı fabrikalarda binalardaki ısınma, aydınlatma gibi enerji konularından da tasarruflar sağlanmakta ve CO₂ emisyon salınımları da azalmaktadır. Diğer açıdan, iş kaza oranı yüksek ülkemiz için de iş sağlığı ve güvenliği konularında olumlu yansımaları olacaktır (Fırat ve Fırat, 2017).



Şekil 2.11 Endüstri 4.0 Merkezinde Akıllı Fabrikalar (Bartodziej, 2017)

Siber fiziksel sistemlerin nesnelerin ve hizmetlerin interneti ile kullanımı geleneksel sistemlerden akıllı sistemlere geçişi sağlamaktadır. Akıllı fabrikaların yanı sıra, akıllı binalar, akıllı lojistik, akıllı ürünler, akıllı şebekeler ve akıllı taşıma ile Endüstri 4.0'ın üretim endüstrisinin yanı sıra gündelik yaşamımızda da kolaylaştıracağı alanlar olacağı Şekil 2.11'de gösterilmektedir.

Endüstri 4.0 ile birlikte Avrupa Endüstrisinin uzun vadeli fabrika ilişkileri dört ana başlıkta değişecektir:

- Fabrika ve Doğa: Kullanılan kaynaklardaki gelişmeler üretim sistemlerinde verimlilik ve sürdürülebilirliği arttıracaktır.
- Fabrika ve Yerel Halklar: Coğrafik yakınlık ve ortak değerlerin artmasıyla, müşterilerin ürün dizaynında üretim süreçlerindeki talepleri birbirine benzeyecektir.
- Fabrika ve Değer Zincirleri: Üretim süreçlerinde ortak hareketle aynı değer zincirlerine sahip olmakla, kitlesel müşteri talepleri karşılanabilecektir.
- Fabrika ve İnsanlar: İnsan odaklı arayüzler ve geliştirilmiş çalışma koşulları sağlanacaktır.

Sonuç olarak, Endüstri 4.0 ile üretim proseslerinin ve tedarik zincirlerinin dijitalleştirilmesi, makine, insan ve ürünler arası iletişimin oluşturulması hedeflenmektedir. Böylelikle, oluşturulan sanal sistemde gerçek zamanlı ürün ve üretim

sistemi bilgilerine ulaşım sağlanacak, iş akışları ve değer zincirleri takip edilip sistemin performansı arttırılacaktır. Endüstri 4.0 sayesinde, Avrupa endüstrisinde 2030 yılında yeni sistemin uygulanmasıyla sanayide %15’le %20 arası ekstra büyüme tahmin edilmektedir (Santos vd. 2017).

Endüstri 4.0’a odaklanmak için akıllı ürün, prosedürler ve süreçler oluşturmak, daha da ötesinde akıllı fabrikalar kurmak gerekmektedir. Akıllı fabrikada, insan faktörleri, makineler ve bilgi gibi diğer kaynaklar birbirleriyle internet üzerinden bağlantı kurmaktadır. Akıllı ürünler nasıl üretileceğinin detaylarını bilmekte ve üretim süreçlerinin etkin kullanılmasını desteklemektedir (Motyl vd. 2017).

Akıllı ürünler sistemin aktif parçalarından biridir. Kendi üretim süreçlerini veritabanları sayesinde görüntüleyebilen akıllı ürünler, üretim için gerekli kaynakların kullanım ve üretim sürecinin kendi kendine kontrol edilmesini de sağlamaktadır. Ayrıca, akıllı ürünler son kullanıcılarına da ürün yaşam eğrileri hakkında da bilgi sunmaktadır. Akıllı ürünler fiziksel ve sanal dünyayla bağlantı içinde olduklarından siber fiziksel sistemler içinde değerlendirilebilmektedir (Pereira ve Romero, 2017).

Akıllı ürünler yüksek miktarda veri depolayabilmekte, kendi kendine üretim süreçlerini devam ettirebilmekte ve bulunduğu endüstriyel sistemle iletişim kurabilmektedir. Depoladıkları veriler doğrultusunda çevresiyle insan komutu olmadan iletişime geçebilmektedir. Bu yüzden siber fiziksel sistemlerle bağlantılı olmaktadır. Sonuç olarak, Endüstri 4.0 uygulamaya başlayan işletmeler kendi gereksinimleri ve pazar gereksinimlerini düşünerek akıllı ürünleri tasarlaması ve piyasaya sunması gerekmektedir (Nunes vd. 2017).

Akıllı ürünler üretim çizelgelerini bilmektedir. Üretim süreçleri boyunca işlem sırasına göre önceki ve sonraki işlem göreceği istasyonu bilmekte, işlem sırasına göre kendisini yönlendirebilmekte, işlem göreceği makine ve makine sistemlerine hangi işlemlerden geçeceği komutunu verebilmekte, taşıyıcı sistemlere varış noktaları için komut verebilmektedir (Hermann vd. 2016).

Akıllı ürünler, hangi alt montaj parçaları ve hammaddelerden oluştuğunu hafızasında tutmaktadır. Böylece, ürün yaşam eğrisinde ürünün durumu hakkında bilgi alınabilmektedir. Akıllı ürünlerin ana özellikleri; hesaplama yetenekleri, verileri hafızalarında tutmaları, çevreleriyle olan bağlantı ve ilişkileridir (Nunes vd. 2017).

Mülhhauser’e (2007) göre, akıllı ürünün depoladığı bilgiler 3 kategoriye ayrılmaktadır: Birincisi, ürünün kendiyile alakalı bilgilerdir. İkincisi, ürünün çevresiyle ilgili bilgilerdir. Üçüncü olarak ise kullanıcıyla ilgili bilgilerdir. Birinci sınıf bilgiler,

ürünün karakteristiği, özellikleri, tarihçesini içermektedir. İkinci sınıf bilgiler, akıllı ürünün çevresiyle kurduğu ilişkiler ve bu ilişkilerinin içerik ve amaçlarını içermektedir. Son olarak, üçüncü sınıf bilgiler ise, ürünün yaşam ömrü boyunca kullanıcıya lazım olan, ürün bakım zamanı, ürün teknik bilgileri gibi bilgilerdir (Nunes vd. 2017).

Akıllı ürün üretilmesi için işletmelerde organizasyon yapılarında köklü değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Bu süreçte, ürün geliştirme, pazarlama, üretim, lojistik, satış sonrası hizmetler ve güvenlik konuları işletme içinde yeniden tasarlanmaktadır (Nunes vd. 2017).

2.6.5. Yatay ve Dikey Yazılım Entegrasyonu

Kagermann (2013) Endüstri 4.0 paradigmasını üç boyutta değerlendirmektedir:

- Değer yaratma ağları arasında yatay yazılım entegrasyon,
- Ürün yaşam döngüsünde baştan sona mühendislik (end-to-end engineering),
- İmalat sistemlerinde bağlantı ve dikey yazılım entegrasyon (Pereira ve Romero, 2017).

Dikey yazılım entegrasyon, üretim hatları, fabrikalar ve üretim sistemlerinin birbirleriyle olan iletişimlerini ve dijitalleşmelerini içermektedir. Yatay entegrasyon, işletme içi bölümler ve işletmeler arası bağlantı ve dijitalleşmeleri içermektedir. Ürün yaşam döngüsünde baştan sona mühendislik ise akıllı ürünlerin yaşam döngüsünün bütün aşamalarının bağlantıları ve dijitalleşmelerini içermektedir (Alçın, 2016). Yatay ve dikey yazılım entegrasyonu gerçek zamanlı veri paylaşımını sağlamakta, kaynak çeşitliliğiyle üretkenliği arttırmakta, tutarlı iş planları ve doğru planlama yapılmasını sağlamaktadır (Salkın vd. 2018).

Üretim ve otomasyon sistemlerinde dikey yazılım entegrasyonu, çeşitli bilgi teknolojileri sistemleriyle işletim sistemleri, sensörler, kontrol sistemleriyle entegrasyonudur. Yatay yazılım entegrasyonu ise, çeşitli bilgi teknolojileri sistemleri yardımı ile işletmenin üretim ve iş planı akışlarında malzeme, enerji, üretim bilgilerinin internet bağlantısıyla diğer departman ve şirketlerle pazarlama, lojistik, üretim alanlarını kapsayarak entegre edilmesidir (Kagermann vd. 2013).

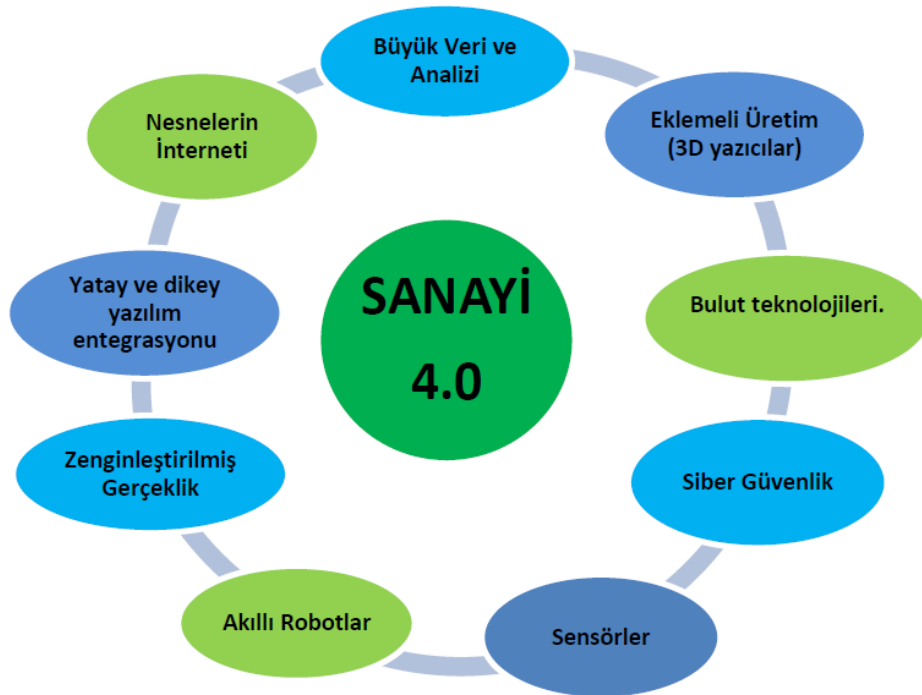
2.6.6. Siber Güvenlik

İşletmelerin üretimdeki verilerini internet ortamında paylaşımına açık hale getirmesinden sonra, verilerin güvenliğini sağlaması önem arz eden bir konu olmaktadır. Almanya 2015 yılında Siber Güvenlik Raporu yayınlanmıştır. Bu rapora göre,

işletmelerin yüzde 90'ı siber saldırıya uğradığını, sadece yüzde 60'ı siber saldırılara karşı hazırlıklı olduklarını söylemiştir (Öztürk ve Koç, 2017). Gelişmelerin yanı sıra, bilgi teknolojileri işletmelere yeni potansiyel riskler oluşturabilmektedir. Siber saldırı, kötü amaçlı yazılım, virüs içerikli yazılım, veri kaybı, bilgiye erişim sorunları oluşabilecek yeni endüstriyel risklere örneklerdir (Tupa vd. 2017).

Huxtablea ve Schaefera (2016) çalışmalarında üretim endüstrisine odaklanmış, işletmelerin internetle bağlantılı ürünleri üretimi sırasında dikkat etmesi gereken unsurları aşağıda olduğu gibi maddelerle sıralamıştır:

- İşletmelerin siber güvenlik stratejilerine önem vermesi
- Siber saldırıları önlemek için risk yönetiminin oluşturulması
- Siber tehditlerin izlenmesini ve algılanmasını sağlayan yazılım ve donanım işletmeler tarafınca sağlanması
- Siber saldırılar sonrası hasarın sınırlandırılması ve daha fazla siber saldırının önlenmesi için siber olay tepkisinin verilmesi
- Gerçekleşecek saldırı olasılığını sınırlamak için işletmede gerekli eğitimlerinin verilmesi
- Siber güvenlik paketlerinin satın alınmasıdır (Lezzi vd. 2018).



Şekil 2.12 Endüstri 4.0'ın Tetikleyici Unsurları (Fırat ve Fırat, 2017)

Kısaca, siber güvenlik Endüstri 4.0 uygulamalarında önem arz eden bir konudur. Üretimde önem seviyesi yüksek olan fazla miktarda veriyi depolayıp paydaşlar arasında iletişime açmak ve aynı zamanda kötü niyetli yazılımlardan, veri hırsızlığı, dolandırıcılığından korumak siber güvenlik ile sağlanacaktır.

2.6.7. Sensörler

Endüstri 4.0 uygulamaları, eşzamanlı üretim bağlantısı, ihtiyaç olunan üretim bilgilerinin bilgi teknolojisinden hızlı alınması, sensörler ve elektronik kontrol sistemleriyle kayıp ve firenin büyük anlamda bitmesi, üretim zamanlarının kısılması gibi durumları sağlamaktadır (Alçın, 2016). Sensörler üretimde nesnelere birbirine bağlanmasını sağlayan en önemli araçlardan birisidir. Üretim sistemlerinde uygulaması kolay olan sensörler ürünlere, makinelere, üretim sistemlerine kolaylıkla uygulanabilmektedir. Üretim sahasında tam zamanlı veri akışı da sensörler yardımıyla sağlanmaktadır.

Sensörler artık kolaylıkla bulunabilmekte ve geçmişe göre ucuzdur, internete erişim de gittikçe kolaylaşmaktadır. İnternet kullanarak, sensörler sayesinde gerçek zamanlı olarak üretim sistemlerine, makinelerine, araçlarına, işçi ve müşterilere, nihai ürünlere ulaşılabilmekte ve bağlantı kurulabilmektedir (Bortoloni vd. 2017).

Tablo 2.12 Dört İşlemde Endüstri 4.0 (Sener ve Elevli, 2017)

Sensör	Üretim verilerinin toplanmasını sağlayan algılayıcılar
Veri	Sensörlerden elde edilenleri depolamak ve kullanıma uygun hale getirme işlemi
Bilgi	Yapay zeka ve akıllı sistemler ile toplanan verilerin bilgiye çevrilmesi, karar verilmesi işlemi
İşlem	Alınan kararların ilgili makine ve makine sistemlerine uygulanması işlemi

Tablo 2.12’de Endüstri 4.0’ın genel işleyişi de basitçe anlatılmaktadır. Sensörler fabrikadaki bütün makine ve üretimle ilgili diğer araç gereçlere bağlanmakta, böylece üretimden veri akışı sağlamaktadır. Üretimden gelen her türlü veri sistemde depolanmakta, ilgili birimler tarafından veriler incelenip değerlendirilerek üretim için gerekli bilgi haline dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm Endüstri 4.0’da yapay zekayla gerçekleştirilebilmektedir. Oluşturulan bilgiler doğrultusunda üretim, bakım, üretim planlama, kalite kontrol gibi işlemlerden hangilerinin yapılması kararı alındıysa o işlemler otomatik olarak gerçekleştirilmektedir.

2.6.8. 3-D Yazıcılar

3-D yazıcı teknolojisi 1984'te uygulanmaya başlayan bir teknolojidir, fakat 2006'ya kadar prototip oluşturma dışında fazla bir alanda uygulanmamış, ilgi görmemiştir. 2006 itibari ile 3-D baskı ile üretimde yaygın kullanılmaya başlanmıştır. 3-D teknolojisini işletmelerin stoklu üretim yapmasını sağlamakta, bu sayede stok maliyetlerinin düşürülmesini sağlamaktadır. Bilgisayarda kayıtlı üretim planı ile istenildiği zaman 3-D teknolojisine istenildiği kadar üretim hızlıca gerçekleştirilebilecektir (EBSO,2015). Şüphesiz ki yeni baskı teknolojileri malzeme kullanım oranlarında azalmayı 3-D yazıcıları kullanılarak üretim gerçekleştirirken fire oranlarının düşürülmesiyle sağlayacaktır (Salkın vd. 2018). 3-D yazıcılar en basit tanımıyla kişiselleşen müşteri taleplerine hızlı cevap verebilmek için fabrika dışında veya üretim hatları dışında da üretimlerin gerçekleştirilmesini sağlayan üretim teknolojileridir.

Endüstri 4.0, imalat sektöründe dijitalleşmenin bir sonraki aşaması olarak söylenebilmektedir. Bu aşamada dikkat edilmesi ya da işletmelerin değişmesi gereken 4 konu vardır: depolanan veri, verilerin analiz ve hesabı, verilerle ilgili internete bağlantıda hızlı artış; iş zekası ve analitik kabiliyetlerinde artış; insan makine iletişimde yeni modeller (yeni arayüzler ve sanal gerçeklik sistemleri); 3-D yazıcılar ve gelişmiş robotik sistemlerle dijital verileri fiziksel nesnelere dönüştürme faaliyetlerindeki artıştır (Sung, 2017). Bahsedildiği üzere 3-D yazıcılar özel siparişler için üretim süresinin kısalmasını sağlamakta ve imalat sürecini basitleştirmektedir.

Akıllı üretim sistemlerinde üretimin her aşamasının fiziksel ve sanal ortamda eşzamanlı entegre edilmesiyle üretim dijitalleşmiş olmaktadır. Yani; yapay zeka, 3 boyutlu yazıcılar, robotik, biyolojik, nano ve uzay teknolojilerindeki ilerlemelerle üretim akışında nesnelere diğer nesnelere internet bağlantısıyla iletişim içinde olduğu sistemler akıllı üretim sistemleridir (Aksoy, 2017). 3-D yazıcılar istenilen özel üretimleri internet bağlantısı aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Üretim sisteminde mevcut olan ürünlerin üretim şemaları ve teknik çizimleri 3-D yazıcılara sistem üzerinden aktarılmaktadır. Bu şekilde üretim süreci ve teknik bilgilerine vakıf olunmaktadır.

2.6.9. Akıllı Robotlar

Endüstri 4.0'ın genel yaklaşımı üretim sistemlerinde otomasyonların yaygınlaştırılmasıdır. Otomasyon sistemlerinde sıkça kullanılan robotlar, üretimde sık tekrarlanan, hassas, verimlilik gerektiren işlerde görev almakta, yeni teknolojilere geçtikçe kullanım oranları artmaya devam etmektedir.

Akıllı robotlar ve robotik sistemler üretim sistemlerinin tasarım, üretim, montaj aşamalarında oldukça kullanışlı olmaktadır (Salkın vd. 2018). Bazı ağır işlerde insan yerine robotların kullanımı yüksek sıcaklık, ağır yük, zehirli gazlar gibi tehlike oluşturabilecek iş durumlarından insanların uzak durmasını, iş güvenliği riskinin de azalmasını sağlamaktadır (Aksoy, 2017). Mevcut üretim teknolojileri geliştikçe ve robotlar üretim sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlandıkça insan gücü gerektiren çoğu üretim süreçlerinde robotların kullanıldıkları görülmektedir. Özellikle tekrar miktarı yüksek olan işlerde robotlar daha çok tercih edilmektedir.

Günümüzde Çin ve Japonya'da robotik sistemlerin kullanımı yaygındır. Fakat, gelecek üretim sistemlerinde günümüz robotik sistemleri yerine ileri derecede robotik sistemler kullanımı yer alacaktır (Alçın, 2016).

Çin'de ilk akıllı fabrikaya geçiş bir cep telefonu modülü üreten firmada gerçekleşmiştir. Robotların üretim sistemlerinde kullanılmasıyla işçi sayısı 650'den 60'a düşürülmüş, hasarlı son ürün oranı da yüzde 25'lerden yüzde 5'lere kadar düşürülmüştür (Aksoy, 2017). Örnekte bahsedilmese de hatalı ürün sayılarında ve işçi maliyetlerindeki ciddi düşüşler işletmeye maliyet avantajı kazandırmıştır. Sağlanan avantajlarla satış rakamları aşağıya çekilip satış ve üretim miktarı ve üretim kapasitesi arttırabilmekte, ek yatırımlar yapılabilmektedir.

Robot sistemlerinin genel karakteristikleri şu şekildedir:

- Ethernet veya Wi-fi sayesinde internet bağlantısıyla hızlı veri transferi yapılabilmektedir.
- Mevcut makine iletişim sistemlerine kolay entegrasyonu sağlanabilmektedir.
- Parça konumlandırma işleminin optik ve görsel yapılması sağlanabilmektedir.
- Entegre robot kontrol sistemi oluşturulabilmektedir.
- İşletmede hafızaya ve vakaya dayalı öğrenme mekanizmaları kurulabilmektedir (Salkın vd. 2018).

2.6.10. Zenginleştirilmiş (Artırılmış) Gerçeklik

1962 yılında Morton Helig tarafından geliştirilen Sensorama adlı cihazla başlayan sanal gerçeklik uygulamaları günümüzde en yaygın bilinen Google Glass projesine kadar gelişime devam etmiştir (Siemens). Sanal gerçeklik, fiziksel dünyayla bilgisayar ortamını (animasyonlar, kodlar, görüntüler) biraraya getiren, kullanıcılara sezgisel deneyimler sağlatan bir teknolojidir. Gerçek dünyadaki görüntüleri sanal dünyaya aktararak gerçek ve sanal görüntülerin eşzamanlı oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu sanal gerçeklik, ses,

video ya da görüntüyle sağlanabilmektedir. Amacı, kullanıcıların sanal dünyada yaşadığı tecrübelerle gerçek dünyadaki algı ve etkileşimini arttırmaktır (Nunes vd. 2017).

Günümüzde, artırılmış gerçeklik görüntüleme teknolojisi genel olarak video oyun, turizm gibi sektörlerde uygulansa da akıllı fabrika kavramının ortaya çıkışıyla birlikte kalite yönetim sistemleri, montaj hattı planlama, lojistik faaliyetleri ve tedarik zinciri aksiyonlarında da sıkça kullanılmaya başlanmıştır (Salkın vd. 2018). Simülasyon çalışmalarının önemi üretim endüstrisinde gittikçe artmaya devam etmektedir.

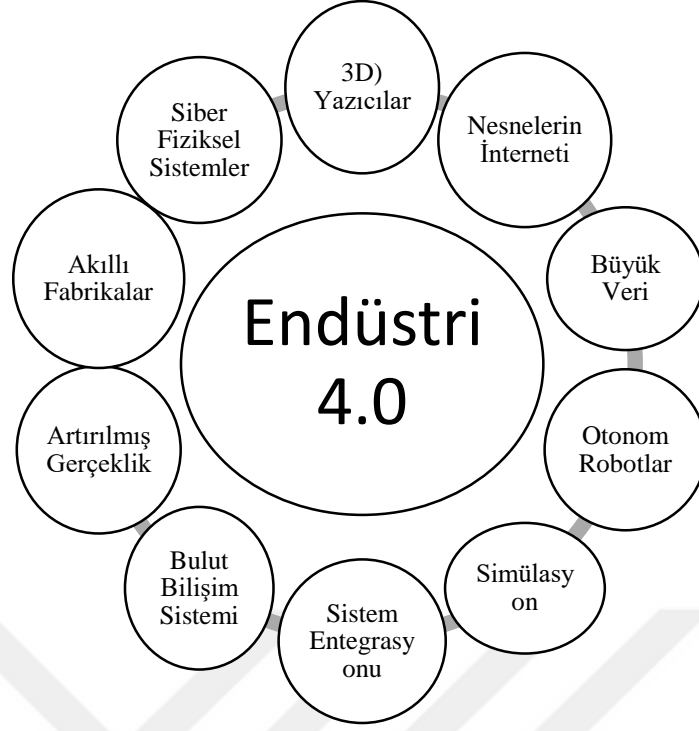
Endüstri 4.0, gerçek zamanlı üretim verilerini sanal aleme aktarmayı amaçlamaktadır. Böylece, üretim operasyonlarının karmaşıklığının önlenmesi, verimliliğin artırılması, uzun vadede maliyetlerinin azaltılması sağlanmaya çalışılmaktadır (Santos vd. 2017). Gerçek zamanlı verilerin sanal aleme aktarımı artırılmış gerçeklik teknolojileriyle sağlanmaktadır.

Çalışmada maddelerle anlatılan 10 adet Endüstri 4.0 bileşenlerinden farklı olarak, diğer uygulanan Endüstri 4.0 teknolojileri; giyilebilen teknolojiler (akıllı saatlar, gözlükler, eldivenler), sanal gerçeklik uygulamaları, otonom araçlar (drone lar), veri analiz programları örnekler arasında gösterilebilmektedir (Hoffman ve Rüsçh, 2017). Çalışma kapsamında üretim endüstrisini yakından ilgilendiren ve üretim süreçlerine direkt etki eden Endüstri 4.0 bileşenleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Literatürde farklı sınıflandırmalar yapılmış, Endüstri 4.0 bileşenleri farklı maddelerde yorumlanmıştır. Bunlardan birkaçı aşağıda listelenmiştir:

2017 yılında yapılan bir çalışmada Gabaçlı ve Uzunöz'e göre Şekil 2.13'te de görüleceği üzere Endüstri 4.0'ın yenilikçi teknolojileri literatüre göre şöyle sıralanabilmektedir:

- Üç Boyutlu (3D) Yazıcılar,
- Nesnelerin İnterneti,
- Büyük Veri,
- Otonom Robotlar,
- Simülasyon,
- Sistem Entegrasyonu,
- Bulut Bilişim Sistemi,
- Artırılmış Gerçeklik,
- Akıllı Fabrikalar,
- Siber Fiziksel Sistemler



Şekil 2.13 Endüstri 4.0 Yenilikçi Teknolojileri (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017)

Selek (2015) çalışmasında Endüstri 4.0'ın temel teknolojik bileşenlerini aşağıdaki gibi sınıflamıştır; akıllı robotlar, simülasyon, yatay/dikey yazılım entegrasyonu, nesnelerin interneti (donanıma entegre sensörler ağı), siber güvenlik, bulut, eklemeli üretim (örneğin 3D baskı), zenginleştirilmiş gerçeklik ve büyük veri ve analizi Endüstri 4.0 temel bileşenleridir.

Kağnıcıoğlu ve Özdemir'e göre (2017) Endüstri 4.0 teknolojik bileşenleri aşağıdaki gibi maddelenmiştir:

1. Akıllı robotlar
2. Simülasyon
3. Yatay/dikey yazılım entegrasyonu
4. Nesnelerin interneti
5. Yapay zeka
6. Siber güvenlik
7. Bulut
8. Eklemeli üretim
9. Artırılmış gerçeklik
10. Büyük veri analizi
11. Akıllı fabrikalar
12. Siber fiziksel sistemler (Kağnıcıoğlu ve Özdemir, 2017).

2.7. Endüstri 4.0 Güçlü ve Zayıf Yanları

Endüstri devrimlerinin tarihçesi ve dördüncü endüstri devrimi yani Endüstri 4.0'ın ortaya çıkış nedenlerine çalışmada ayrıntılı olarak değinilmiştir. Ayrıca, literatürdeki Endüstri 4.0 tanımlamalarından ve tanımlamalardan yola çıkarak oluşturulan Endüstri 4.0 bileşenleri ve önemli teknolojilerinden de çalışma kapsamında bahsedilmiştir. Endüstri 4.0'ın önemi üretim endüstrisi için büyüktür, bu bağlamda üretim endüstrisine sağlayacağı avantaj ve dezavantajlardan da bahsetmek gerekmektedir.

İnsan, makine ve sistemlerin birbirine internet ve bilgi teknolojisiyle entegre olduğu Endüstri 4.0 ile sadece kendi üretim tesisi değil, bütün sistemler birbirine bağlanarak ortak bilgi sistemleri kurulmaktadır. Endüstri 4.0 ile artık işletmeler arası dijital bağlantılardan bahsedilmektedir.

Endüstri 4.0'ın önemi ve işletmelere sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi maddelerle özetlenebilmektedir:

- Endüstri 4.0 sayesinde üretimde otomasyon sayısı artar, müşteri talepleri daha fazla seri üretimlerde uygulanır, üretim kalitesi artar, üretim süreçleri yerleşir, inovasyon süreçleri daha hızlı olur ve daha az kaynak kullanımıyla üretimler gerçekleşir.
- Esnek üretim sistemleri ve özgürlükçü yeni sistem uygulamaları gerçekleşir.
- Müşterilerin tamamen kişisel seçeceği ürünler kurulan otomasyon sistemleri sayesinde yüksek maliyetlerle üretilmek yerine minimum maliyetlere çekilir.
- Veri, bilgi iletişimi hızlanır ve 3 boyutlu teknolojilerin sağladığı avantajla ürünler müşteriye daha yakın merkezlerde üretilebilir, lojistik operasyonları da böylelikle hızlanır.
- Enerji verimliliği artar, kaynak israfı azalır (Öztürk ve Koç, 2017).

Üretim işletmelerinde sağlanacak avantajlar şu şekilde de incelenebilmektedir: Endüstri 4.0 ülkelerin üretim stratejilerini bir hayli değiştiriyorken, işletmelerde de köklü değişikliklere yol açmaktadır. Yeni sistemle işletmede koruma, kalite, stok maliyetlerinin azaltılması, ürünlerin hızlı üretilmesi, makine performanslarının artması, teknik ekibin daha etkin çalışması gibi faydalar sağlanmaktadır. Bütün bu faydalar işletmenin verimliliğini ve uluslararası rekabet gücünü arttıracaktır (TÜBİTAK, 2016). Endüstri 4.0 yüksek teknolojilerine uygun kurulacak olan yeni alt yapılarla üretim sistemlerinde şeffaflık artacak, sistemleri uzaktan kontrol etmek daha kolay olacaktır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017).

Endüstri 4.0'ın uygulanmasıyla işletmelere sağlayacağı avantajlar kadar müşterilere sağlayacağı avantajlardan da bahsetmek gerekmektedir. Müşteriler tedarik zinciri mantığından düşünülürse sistemin önemli parçalarındandır. Endüstri 4.0 müşterilere birçok avantaj sağlamaktadır. Öncelikle, müşterilerin tedarik zincirinin her kısmıyla iletişimi dijitalleşen sistemde daha kolay olacaktır. Entegre teknolojik sistemler ve otomasyonlar yardımıyla ürünlerde müşteri gereksinimleri ve ek istekleri anında sisteme iletip uygun çözüm üretilecektir. Müşteri talepleri hızlı şekilde karşılanmış olacaktır. Son olarak, akıllı ürünlerin müşterilere sunduğu açık üretim ve ürün bilgileri ürün hakkında daha doğru kullanım bilgileri sağlayacak ve ürünün yaşam döngüsü takibi anlamında önemli olacaktır (Pereira ve Romero, 2017).

Endüstri 4.0 şüphesiz üretim endüstrisi için gelecek yılların en önemli konularından birisidir. Schmitt (2015) Endüstri 4.0'ın neden önemli olduğunu ve bilgi teknolojileri, pazarlama ve satış süreçlerinde devrim niteliğinde olduğunu 5 maddeyle açıklamıştır:

- Endüstri 4.0 işletmelerin yeni iş trendlerine uyum sağlamaları konusunda yükünü hafifletecektir. Pazardaki ani talep artışları, kısa ömürlü ürünler, kompleks ürün yapıları, ülke sınırlarını aşmış tedarik zincirleri işletmelerin zorlanacağına düşünüldüğü trendlerdir.
- Endüstri 4.0 ile işletmeler daha inovatif olacak ve böylece üretkenlik artacaktır. Dijital ve akıllı sistemlerle yeni teknolojilerin üretim sistemlerinde kullanımıyla üretim sistemlerinde yerini alan internet inovasyon hızını arttıracak, yeni iş modelleri daha hızlı şekilde üretim sistemlerinde kullanılacaktır.
- Yeni sistemle müşteriler üretimin merkezine yerleştirilmektedir. Ürünlerin kişiselleştirme dijital sistemlerle mümkün kılınacak, ürün tasarımlarında müşteri talepleri daha ön planda olacaktır.
- İnsan faktörü Endüstri 4.0 ile üretimin merkezine gelmektedir. Otomasyon sistemlerinde ihtiyacın olduğu durumda işçiler devreye girecek, karmaşık işleri çözmek için insan gücüne daha çok ihtiyaç duyulacaktır.
- İşletme için önem arz eden enerji, hammadde ve özkaynaklar gibi üretim dışı konularda önemli tasarruflar sağlanacaktır. Çevre şartları, sosyal ve ekonomik sorunlar modern teknolojilerin kullanımıyla akıllı sistemlerde daha hızlı çözülebilecek, yaratıcı çözümler getirilecektir (Morrar vd. 2017).

Endüstri 4.0'ın işletmelere sağlayacağı ana faydalar EBSO'nun 2015 yılında yaptığı çalışmaya göre üretkenlik, ciroda artış, yatırım, istihdam başlıkları altında maddelenmektedir.

Üretkenlik: Endüstri 4.0'a işletmelerin uyum ve geçiş süreci yaklaşık 5-10 yıl olacağı, uygulamalarla birlikte üretim maliyetlerinin hammadde hariç yüzde 15-25 oranında düşeceği, hammadde maliyeti de eklenirse yüzde 5-8 oranında düşeceği tahmin edilmektedir. Maliyetlerdeki düşüş üretim miktarlarının artmasını sağlayacaktır. Almanya'da üretim endüstrisinde Endüstri 4.0 ile 90-150 milyar Euro'luk üretimden kaynaklı ekonomik etki beklenmektedir (EBSO,2015).

Ülkemize bakıldığında, Endüstri 4.0 başarılı bir şekilde uygulanacak olursa verimlilikte yüzde 5-15 civarı artış, bu artışında yıllık yaklaşık 50 milyar TL'lik bir kazanç sağlayacağı düşünülmektedir. Endüstri 4.0'ın başarılı şekilde uygulanması, ülkemize küresel büyümede daha fazla pay sahibi olma şansını da sunacaktır. Küresel büyümeyle sanayi üretiminde yaklaşık yüzde 3 ekstra üretim yapılacaktır, bu üretim GSYİH'sında yüzde 1'lik büyüme, toplamda ülke genelinde ise 150-200 milyar TL seviyesinde ek kazanç sağlayacaktır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016). Tablo 2.13'te Endüstri 4.0'ın uygulanmasıyla geleceğe dönük gerçekleşmesi muhtemel teknolojik ve ekonomik gelişmeler gösterilmektedir.

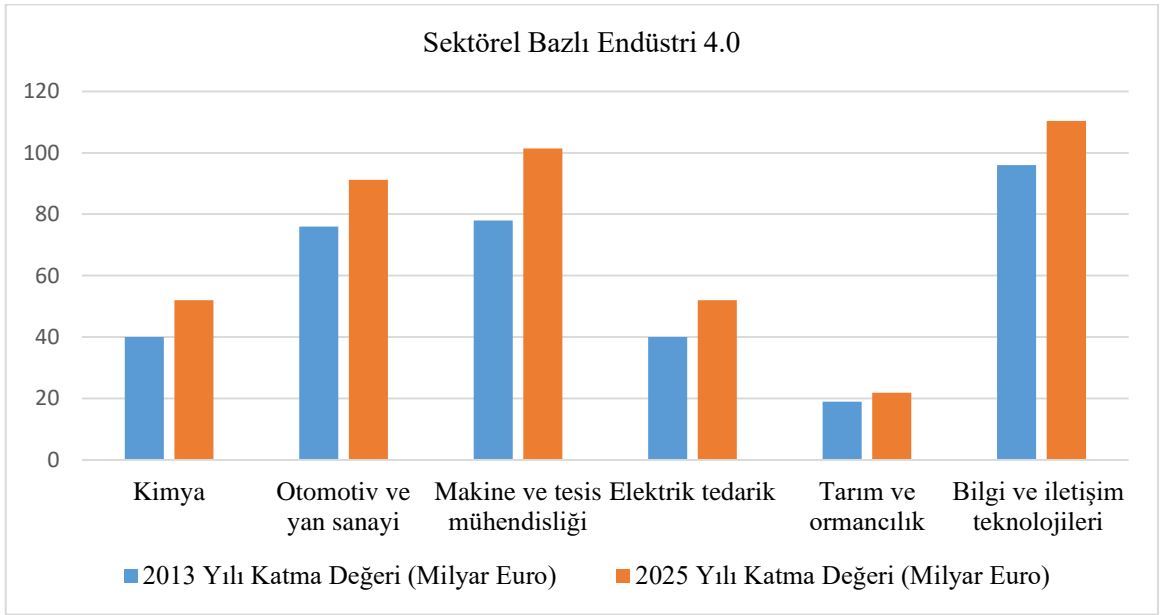
Tablo 2.13 Endüstri 4.0'ın Geleceğe Dönük Beklentileri (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017)

2018	Endüstride yaklaşık 3 milyon robot kullanılacaktır.
	Birbirine entegre cihaz sayısı 13 milyar adetten 29 milyar adete çıkacaktır.
2020	Nesnelerin interneti pazarı 656 milyar dolardan 1.7 trilyon dolara çıkacaktır.
2025	Robotların endüstriye ekonomik faydası 0.6-1.2 trilyon dolar arasında olacaktır.
	Endüstrinin gelişimi yüzde 15-25 arasında otomasyon gelişim süreciyle ilişkili olacaktır.
2030	Dijitalleşmenin verimlilik, gelirler dağılımı ve çevre koşullarına etkisi büyük oranda olacaktır.
	Uluslararası ticaretin yaklaşık yarısı hacminde akıllı nesnelere kullanılacaktır.

Endüstri 4.0 teknolojileri uygulandıktan sonra 5 yıl süresinde üretimde verimliliğin yüzde 18 oranında artması beklenmektedir (Yazıcı ve Düzkaya, 2016). Bu

hedef doğrultusunda üretimde teknolojiyi arttırmak için iletişim teknolojilerindeki gelişmeler sürdürülmelidir. 2020'li yıllara gelindiğinde internete bağlı çalışan cihaz sayısının 50 milyar adeti geçmesi tahmin edilmektedir (Ege, 2014).

Bauer vd. 2014 yılında Endüstri 4.0'ın oluşturacağı pozitif ivmeyi sektörel açıdan incelemiştir. Şekil 2.14'te 2013 yılı sektörel katma değer verileri ile Endüstri 4.0'ın uygulanmasıyla birlikte 2025 yılında gerçekleşmesi beklenen katma değeri karşılaştırılmıştır. Kimya, otomotiv ve yan sanayi, makine ve tesis mühendisliği, elektrik tedarik, tarım ve ormancılık, bilgi ve iletişim teknolojileri grafikte incelenen sektörlerdir. 2013-2025 yılları değerlendirildiğinde Endüstri 4.0'ın incelenen 6 sektörde uygulanmasıyla toplam yüzde 23'lük katma değer artışından bahsedilebilmektedir.



Şekil 2.14 Sektörlere Göre Endüstri 4.0 Ekonomik Etkileri (Bartodziej, 2017)

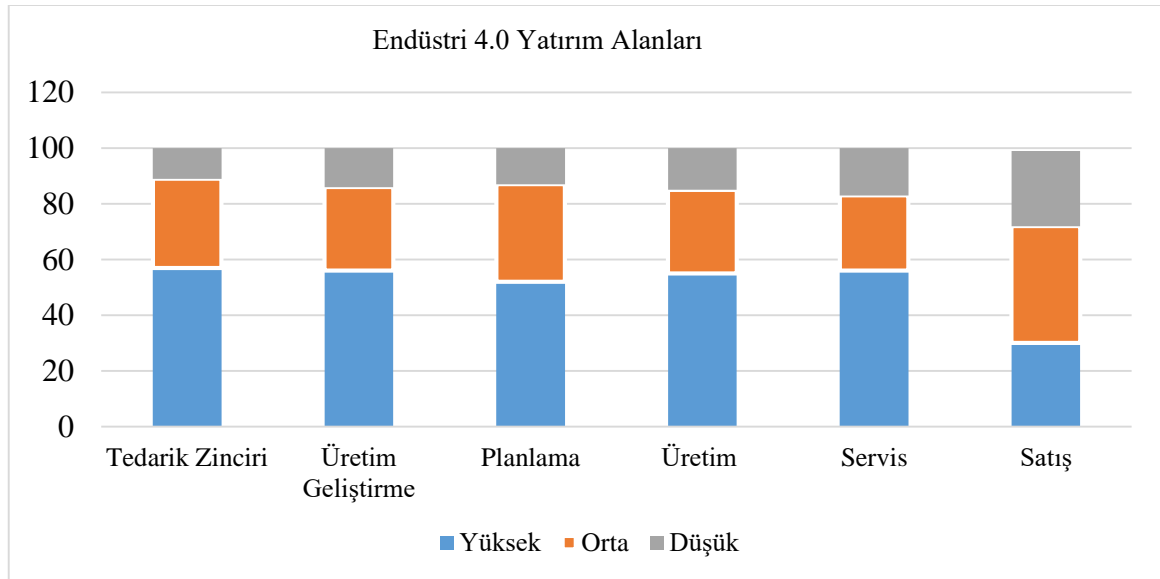
Ciroda artış: Endüstri 4.0'ın işletmelere sunacağı yüksek teknoloji ile üretimde işlevsellik arttıracak, müşterilerin artan kişisel ürün talepleri yeni sistemlerde karşılanacaktır. Yani, cirolar da kişisel ürün taleplerinden doğacak ek satışlarla artmış olacaktır. Almanya'da yapılan çalışmalar yıllık yaklaşık 30 milyar dolara denk gelen GSYİH'nın yüzde 1 oranında artacağını göstermektedir (EBSO, 2015).

Diğer tahminlere göre, Endüstri 4.0'ın uygulanmasıyla satışlarda global anlamda yüzde 2-3 artış olacaktır. Almanya Endüstri 4.0'ın öncüsü olarak 30 milyar Euro, Avrupa genelinde ise 100 milyar Euro yıllık satış gelirlerinde artış olması tahmin edilmektedir (Yazıcı ve Düzkaya, 2016).

Yatırım: Endüstri 4.0'a uyum sağlamak, yüksek teknolojilerini işletmeye uygulamak için işletmeler cironun yüzde 1-1,5'ini işletmeye yatırım olarak kullanması gerekmektedir.

Yine Almanya örneği verilecek olursa, gelecek 10 yılda 250 milyar Euro'luk üretimde yeni teknoloji yatırımları beklenmektedir (EBSO, 2015).

PricewaterhouseCoopers (PWC) firması 2014 yılında 235 Alman firmasıyla gelecek Endüstri 4.0 yatırımlarıyla ilgili çalışma yapmıştır. Sonuçlara göre, firmalar gelecek 5 yıl içinde yıllık gelirlerinin ortalama yüzde 3,3'ünü Endüstri 4.0 çalışmaları ve iyileştirmeleri için harcayacağını belirtmiştir (Bartodziej, 2017). Şekil 2.15'te yatırımların hangi alanlara yapılacağı (tedarik zinciri, ürün geliştirme, planlama, üretim, hizmetler, satış) ve yatırımların hangi önem seviyesinde (yüksek, orta, düşük önem seviyesi) yapılacağı gösterilmiştir.



Şekil 2.15 Endüstri 4.0 Yatırımı Planlanan Alanlar İçin Stratejik Yatırım Önem Seviyeleri (Bartodziej, 2017)

İstihdam: Birçok sanayi kolunda, şimdilerde gözde olan meslek ve uzmanlıklar, 5-10 yıl önce mevcut olduğu görülmektedir. Değişimin hızını daha iyi anlaşılması için, bu konuda yapılan yaygın bir araştırma tahminine bakılacak olunursa; şimdi ilkokula yeni başlayan çocukların %65'inin eğitimlerini tamamladıklarında bugün iş tanımları olmayan yeni iş gruplarında çalışmaya başlayacakları tahmin edilmektedir (Fırat ve Fırat, 2017).

Birçok kaynak ve araştırmacı Endüstri 4.0'ın istihdama olumsuz katkı yapacağını düşünürken, üretim sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileriyle yüzde 6-10 arasında istihdam artışı bekleyen uzmanlar da bulunmaktadır. Düşük vasıflı işler yeni sanayi devrimiyle azalacağı, fakat özellikle mekanik, mühendislik ve bilgi teknolojilerinde yeni iş kolları oluşacağı ve bu durumun istihdamı arttıracacağı düşünülmektedir (EBSO, 2015).

Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde işgücü oranında azalma olacağı korkusu yaygındır. Endüstri 1.0'a geçişte de benzer korkular yaşanmıştır. Makinelerin insanların işini elinden

alacağı, yüksek oranda işsiz kalınacağı yaygın olarak düşünülmüştür. Oysa ki, emek yoğun işlerde işçi sayısı azalmasına rağmen buhar enerjisinin yaygınlaşmasıyla yeni iş kolları doğmuş (örneğin, demiryolu sanayisi), istihdam bu yeni iş kollarında sağlanmıştır. Geçmiş örneklerden yola çıkılarak, Endüstri 3.0'dan 4.0'a geçişte de istihdam açısından benzer durum olacağı, yeni teknolojilerle birlikte yeni istihdam ve iş kolları oluşacağı söylenebilmektedir (Aksoy, 2017).

Weber'in 2016 yılında yaptığı çalışmasında 2030 yılı olası Endüstri 4.0'ın istihdama etkisini incelemiştir. 2030'da, mevcut 490.000 meslek grubunun artık olmayacağını, 430.000 yeni meslek grubunun da ortaya çıkacağını tahmin etmektedir. Sonuç olarak, Weber Endüstri 4.0'ın istihdama büyük bir olumsuz etkisi olmayacağı düşüncesindedir (Kabaklarlı, 2016).

Bir başka görüşe göre, yeni teknolojiler firmaların rekabet gücünü arttıracak, verimliliklerini arttıracak, böylece maliyetler düşecek ve ürün satış fiyatları düşürülebilecektir. Satış fiyatlarının düşmesi satış hacmini arttıracak, ürüne olan talep artacağından üretim de artacaktır. Yani, Endüstri 4.0'ın işletmede uygulanmasıyla ilk başta üretimde işgören sayısında azalma olsa bile Endüstri 4.0 sonuçta satışları arttıracığından üretimde çıkan işçiler yerine orta ve uzun vadede yeni işçi istihdamı olacaktır (Kabaklarlı, 2016).

Dördüncü sanayi devriminin iş dünyasında etkileri görülmeye başladıkça, iş tanımlarında değişiklikler, çalışanların seçeceği iş kolları üzerinde köklü değişiklikler olacaktır. Gerçekleşen endüstriyel dönüşümle, yeni önemli işler oluşacak, bazı işlerde işten çıkarmalar olacak, işçilerin verimliliği genel olarak artacak, yeni iş grupları için yeni iş becerileri ortaya çıkacaktır (Fırat ve Fırat, 2017).

Yeni endüstri devrimi istihdamı olumsuz etkileyecek fikrini savunan görüşe göre ise; son 10-15 yılda bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler ve yeni inovasyonlar robotik sistemlerden daha gelişmiş otomasyon sistemlerine geçişi sağlamakta, istihdamda ise yeterli artış ivmesini sağlamamaktadır. Güçlü inovasyon teknolojileri sadece üretim, satış sistemlerinde değil; finansal, eğitim, ilaç sektörlerinde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yeni teknolojilerin kullanımı yeni iş kolları oluşmasını sağlasa da yeni iş kollarından daha çok eski işlerin yok olmasına yol açmaktadır. Bu durum son yıllarda Amerika'da gelir düzeyi artışında durgunluğa sebep olmaktadır (Akaev ve Rudskoi, 2017).

Endüstri 4.0'ın uygulanmasının olumlu yanlarının yanında, işletmelere olumsuz yansımaları da olacaktır. Dijitalleşen üretim süreçlerinin ekonomik etkilerini belirlemek

ve değerlendirmek önemlidir. Değişimler işletmede önemli zorluklara yol açmaktadır. İşletmelerin Endüstri 4.0 uygularken karşılaşılabileceği zorluklar şunlardır:

- Bilgi teknolojileri güvenlik sorunları
- Makine-Makine sistemlerinde güvenilirlik ve istikrar
- Üretim süreçlerinin entegrasyonun korunması
- Üretimin gecikmesine veya durmasına yol açabilecek bilgi teknolojisi kaynaklı sistemsel duraksamaların önlenmesi, bilgi akışının kesilmemesi
- Ürün know-how bilgilerinin korunması
- Endüstri 4.0 süreçlerinin aksamaması için işletme ola rak yeterli yetenek ve beceriye sahip olunması
- Bilgi işlem departmanının üretim süreçlerine gereksiz fazladan dahil oluşları
- Sistemsel değişikliklerle işletme çalışanlarının rolleri değişince olabilecek genel isteksizlik
- Yeni sistemle birçok iş artık otomasyon ve bilgi işlem süreçleriyle yapılacağından özellikle düşük eğitim seviyesi gerektiren iş gruplarında azalmalar (Sung, 2017).

Endüstri 4.0 üretimde online bağlantıları mümkün kılacağından veri güvenliği ve siber hırsızlık önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretimden kaçırılacak bilgiler işletmeleri zor durumlara sokabileceğinden işletme bilgi güvenliği konusunun ciddiye alınması gerekmektedir (Sung, 2017).

2014 yılında, “veri dolandırıcılığı / hırsızlığı” ve “büyük çaplı siber saldırı” riskleri geliştirilen risk matrisine dahil edilmiştir. 2017 yılında aynı matriste sadece “veri dolandırıcılığı / hırsızlığı” riski bulunsa da “büyük çaplı siber saldırı” riski gelecek 10 yılda olası riskler sıralamasında altıncı sırada olmuştur (Fırat ve Fırat, 2017).

2.8. Türkiye Endüstri 4.0 Uygulaması için Öneriler

Türkiye üretim endüstrisi için mevcut teknolojik durum ve atılması gereken adımlar çalışma kapsamında literatürde hazırlanmış olan Tablo 2.14’te yer alan SWOT analizi paralelinde yorumlanmaktadır.

Tablo 2.14 Türkiye Endüstri 4.0 SWOT Analizi (Sayılğan ve İşler, 2017)

Endüstri 4.0 SWOT Analizi	
Güçlü	Zayıf
<ul style="list-style-type: none">-Genç nüfus oranı-İç pazarın taleplere açık olması-Dış pazarlara ulaşmanın kolaylığı-Yurtiçi pazarlara ulaşımında kolaylık-Çoklu kültürlü olmak-Yeni teknolojiler uyumlu olmak-Mühendislik eğitimi ve çeşitliliği-Sektör sayısının çok olması	<ul style="list-style-type: none">-İç pazarın yeterince büyük olmaması-Proje finansman ihtiyacının olması-Mevcut teknolojiyi geliştirememesi-Sektörel regülasyon ve standardizasyon sorunları-İş hukuku-Vasıflı işgören sorunu-Akademik yapının yetersizliği-Bürokrasi sorunları-Ortak hareket planı
Fırsat	Tehdit
<ul style="list-style-type: none">-Büyüme potansiyeli-Yatırıma olan istek-Yatırım teşvikleri-Teknokent ve ARGE merkezlerinin sayısının artması-20.000'e yakın bilişim firması ile sektörlere olumlu etkisi-İlk yatırım oranının düşük olması-Büyük çaplı projelerin var olması-Yabancı aktörlerin çok olması-Yazılım geliştirme isteği ve becerisi	<ul style="list-style-type: none">-Yabancı üretici firmaların pazara tehdit oluşturması-İhale kanunundaki yasal eksiklikler-Sektörlerde kamu kuruluşlarının üretici olarak bulunması-Bürokrasinin üretimde yenilikte engel olması-İstihdamı artırma çabaları-Akademik eğitimin yeni teknolojilere olan yetersizliği-Karlılığın yüksek olmaması-Kamu kuruluşlarının özel sektörle rakabet ediyor olması-Hukuksal eksiklik ve problemler

Türkiye’de Endüstri 4.0 için mevcut üretim endüstrisi düşünülerek hazırlanmış SWOT analizi Tablo 2.14’te görülmektedir. Ülke olarak birçok alanda olduğu gibi en güçlü silahlarımızdan biri genç nüfus oranımızdır. Yeni gelişmekte olan Endüstri 4.0 teknolojilerine ve oluşacak yeni meslek kollarına genç nüfusumuz hızlıca adapte edilebilecektir. Eğitim sistemimiz bu konuda yeterli desteği verecek potansiyeldedir. Türkiye’de yaklaşık olarak her sektörde faaliyet gösteren iç ve dış pazar aktörleri bulunduğu için uygun sektörlerde Endüstri 4.0’a geçiş rahatlıkla gerçekleştirilebilecektir. Belirlenen yüksek teknolojiye adaptasyonu yüksek olacak bazı üretim sektörlerinde öncü olarak Endüstri 4.0 uygulamaları başlatılabilecektir. Ayrıca, ülkemizin bulunduğu coğrafi konum sayesinde Endüstri 4.0’ın uygulanmasıyla hızlıca ihracat gelişecek, dış pazarlarla

yeni geliştirilen katma değerleri yüksek teknolojik ürünlerle birlikte hızlı iletişim kurulabilecektir.

Avantajların yanında birçok dezavantajlar da endüstrimizde bulunmaktadır. Öncelikle, analizde de görüldüğü gibi, bürokratik engellerin üreticilerin önünden kaldırılması gerekmektedir. Gerekli yasal düzenlemeler yeni teknolojileri uygulamaya yönelik teşvik edici şekilde yapılmalıdır. Yeni teknolojiler ve sistemler pahalı olacağından sanayi kuruluşları yeni yatırımlar yapmakta zorlanacaktır. Bu hususta devlet sanayi işbirliği ve teşviklerin artırılması gerekmektedir. Akademik eksiklikler de üzerinde çalışılması gereken bir konudur. Endüstri 4.0 bileşenleri yüksek teknolojik altyapı içermektedir. Yüksek teknolojiyi verimli kullanabilmek için vasıflı işgücüne ihtiyaç olacaktır. Meslek okullarının ve üniversitelerin yeni teknolojik sistemlerin öğrenimine uygun eğitimde yeni programlar oluşturmaları teşvik edilmeli, ders içeriklerinin de bu doğrultuda güncellenmeleri gereklidir.

Devletin üretim teknolojilerini geliştirmek ve yeni stratejiler oluşturmak adına sağladığı destekler (Teknokentler, Ar-ge merkezleri) fırsat olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca, yabancı firmaların sanayimizde çokluğu da bir avantajdır. Çünkü, yabancı firmalar yüksek teknolojiyi üretim endüstrisinde öncü olarak uygulacaktır ve yerel güçlü işletmelere örnek olacaktır. Yabancı firmaların Endüstri 4.0 dönüşümlerinde öncü olmaları sağlanabilir bir durumdur.

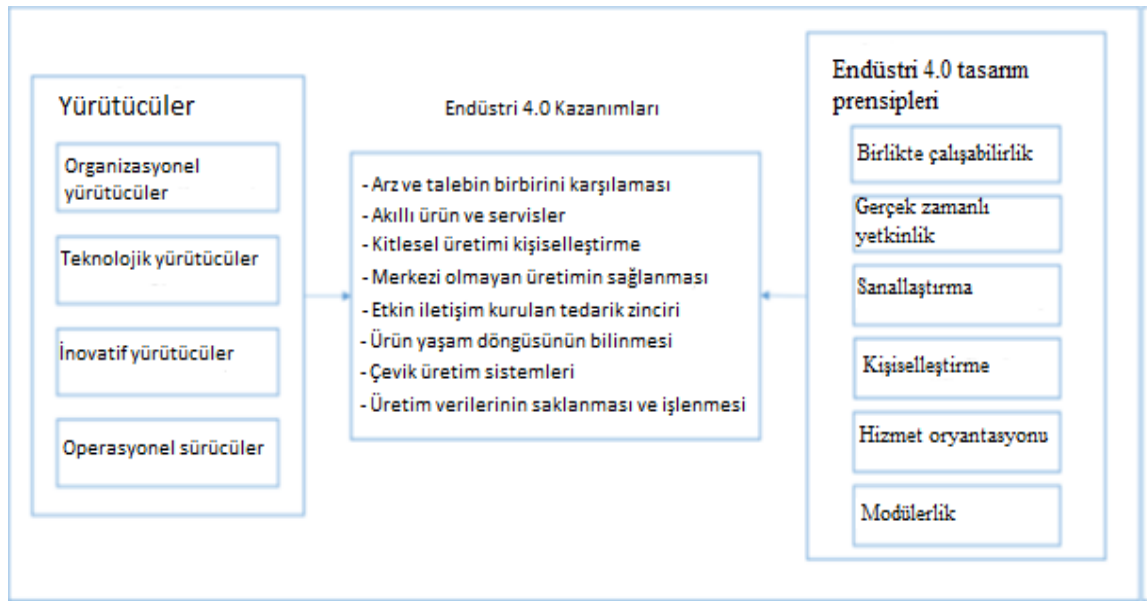
Gelişmiş ülkelerin bilgi ve bilişim teknolojilerindeki üstünlükleri, yüksek eğitimli işgücü oranları karşımıza tehdit olarak çıkan konulardır. Yüksek teknolojiye gelişmiş ülkelerle rekabet etmek zorlu bir süreç olacaktır. Eksiklerde de belirtildiği üzere, gerekli yasal düzenlemelerle işletmeler Endüstri 4.0 teknolojilerine geçiş için cesaretlendirilmelidir. Eğitim sisteminde bilgi teknolojileri, Ar-ge, yeni meslek grupları eğitimleri ağırlık kazanmalıdır. Hukuksal sorunlar da işletmeler önünde sorun olabilir, yeni teknoloji altyapılarının kurulması hususunda alınması gereken yasal izinler ve takip edilecek hukuki işlemler ile ilgili işletmeler desteklenmelidir.

2.9. Endüstri 4.0 Model Çalışmaları ve Uygulama Örnekleri

Santos vd. (2017) çalışmasında bir hiyerarşi oluşturmuş, bu hiyerarşi uygulandığında gerçekleşme olasılığı yüksek kazanımları göstermiştir. Şekil 2.18'de görüldüğü gibi, Endüstri 4.0 uygulamasını işletmede uygulayacak yürütücüler; organizasyonel, teknolojik, inovatif ve operasyonel yürütücüler olmak üzere dört kısma ayrılmaktadır. Bu süreçte, organizasyonel yürütücüler Endüstri 4.0 ile gerçekleşecek olan

yeni iş formları ve işbirliklerini koordine edecektir. Teknolojik yöneticiler birçok teknolojik değişim sürecinde işletmede teknolojik uyumluluk sağlayacaktır. İnovatif yöneticiler yeni iş modelleri ve geniş inovasyon ağlarına işletmenin adaptasyonunu sağlayacaktır. Operasyonel sürücüler ise Endüstri 4.0 ile rekabette önde kalabilmek için sürekli olarak işletme organizasyon yapısındaki gerekli değişim ve gelişmeleri gerçekleştirecektir.

Dört ana yöneticinin görevini yerine getirmesi ve literatürde bahsedildiği üzere Endüstri 4.0 tasarım prensiplerinin uygulanmasıyla birlikte (birlikte çalışabilirlik, gerçek zamanlı yetkinlik, sanallaştırma, kişiselleştirme, hizmet oryantasyonu, modülerlik) gerçekleşmesi muhtemel Endüstri 4.0 kazanımları Şekil 2.16'daki gibi olacaktır.



Şekil 2.16 Endüstri 4.0 Potansiyel Kazanımları (Santos vd. 2017)

Mrugalska ve Wyrwicka, 2017 yılında yalın üretim ve Endüstri 4.0 arasında literatürde yer alan ortak noktalarından bahsedip ilişki kurmuşlardır. Yalın üretimde, müşteri memnuniyetini sağlamak için kişiselleşmiş ürünler kitlesele olarak istenilen kalitede, katma değer yaratmayan işlerin üretim sürecinden çıkarılmasıyla üretilmektedir. Karmaşık ürünlerin ve tedarik zincirlerin başarılı şekilde gerçekleşmesinde yalın üretim prensipleri önem oluşturmaktadır. İşletmede siber fiziksel sistemler ile bilgi teknolojileri entegrasyonun sağlanması ve üretim süreçlerinde uygulanmasıyla yalın üretimde bu başarı yakalanacağından, siber fiziksel sistemler düşünülerek bu süreçte Endüstri 4.0'dan bahsedilmektedir. Akıllı ürün, akıllı fabrika, artırılmış gerçeklik prensipleri ise yalın üretim prensiplerine benzemektedir. Kısaca, bu iki yaklaşımın birbirini desteklediği söylenebilmektedir.

Trappey vd. 2017 yılında çalışmasında Endüstri 4.0 standart yapısını temel standartlar ve anahtar teknolojiler olarak ikiye ayırmaktadır. Yapılanmaya göre temel standartlar; temel konular, güvenlik, yönetim konuları, keşifler ve değerlendirmesi, güvenilirlik olarak sınıflandırılmaktadır. Endüstri 4.0 anahtar teknolojileri ise; nesnelerin interneti, akıllı fabrikalar, akıllı servis, endüstriyel yazılımlar ve büyük veri, akıllı cihazlar şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Felice vd. 2017 yılında çalışmasında İtalya'da demiryolu sektöründe bulunan işletmede depolama faaliyetlerinde uygulanan Endüstri 4.0 çalışmasını anlatmıştır. Belirli uygulama adımları sonucunda işletmenin yazılım, bilişim ve elektronik olarak tedarik zinciriyle entegrasyonu tam olarak sağlanmış, çalışma sonunda uygulamadan sağlanan faydalar incelenmiştir. Sonuçta, Endüstri 4.0 uygulamasının yapılmış olduğu işletmede satın alınan ya da tamir edilen parçalarda yüzde 41 oranında azalma görülmüştür. Maddi olarak ise günlük olarak 9.600 Euro, projenin kapsamıyla birlikte yıllık 576.000 Euro kar elde edilmiştir. İşletmenin bahsedilen toplam karı elde ederken gerçekleştirmiş olduğu Endüstri 4.0 adımları; satın alma süreçlerinde gerçek zamanlı bilgiyi ve kendini otomatik yönetebilen entegre sistemleri kullanması ve dijitalleşen yeni sistemde işgücü kullanımının minimuma inmesidir. Böylece, çalışan kaynaklı sorunlar minimuma inmiş, depolama verimliliği artmış, malzeme kayıpları da azalmıştır. Satın alma emirleri dijital ortamda işgücüne ihtiyaç olmadan kendi kendine karar veren ve uygulanan bir sistemde gerçekleşmiştir.

Üretkenlik, çeşitli Endüstri 4.0 etkileriyle de artabilmektedir. Miranda vd. (2017) çalışmasında bakım tahmini programlarında gelişmiş analitikler kullanarak, üretim şirketlerinin fabrikalarında makine arızalarını önleyebildiğini ve üretim kesinti süresini tahmini olarak yüzde 50 oranında azaltabildiğini belirtmiştir. Böylece, üretimin yüzde 20 oranında artacağı düşünülmektedir.

Endüstri 4.0'ın karakteristik özelliklerinden birisi kitlesel üretimin yerine kişiselleşen müşteri taleplerine göre kişisel üretim mantığına işletmeleri hazırlamasıdır. İşletmelerin kişiselleşen müşteri taleplerini karşılamak adına yaptıkları çalışmalar giderek çoğalmaktadır. Örnek verecek olursak, Coca Cola kitlesel üretim gerçekleştiriyorken her ülkede farklı olarak en sık kullanılan isimleri kutuların üzerine yazarak ürünlerde kişiselleştirme gerçekleştirmiştir. Bir başka uygulama örneği de, otomotiv firmaları müşterilerinden siparişlerini alırken kişiye özel renk, jant, direksiyon gibi farklı alternatifler sunmakta, müşterilerin taleplerini olabildiğince karşılamaktadır. Kişisel müşteri taleplerini karşılamak için Endüstri 4.0 ile akıllı sistemler kullanılmalıdır.

Böylece, dijitalleşen üretim hatlarında birbirine entegre otomasyon sistemleri ve yeni teknolojilerle kişisel üretimler hızla gerçekleştirilecektir (Özsoylu, 2017).

Akıllı ürünler ile müşterilerin ürünler üzerindeki kalite beklentisi değişmeye başlamıştır. Uygulama örneği olarak, Endüstri 4.0 bilgi teknolojileri danışmanlığı yapmakta olan Atos firması dünyada beyaz eşya sektörü pazar liderlerinden birinde gerçekleşen Home Connect projesine danışman firma olarak katılmıştır. Proje kapsamında çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, buzdolabı, fırın gibi beyaz eşyalara sensörler yardımıyla uzaktan izleme opsiyonu eklenmiştir. Sensörler beyaz eşyalarla ilgili gerekli bilgileri (enerji tüketimi, su tüketimi, makinenin tuz ihtiyacı, malzeme ihtiyacı vb.) tüketicilere cep telefonu veya tablet bilgisayarlar üzerinden iletmekte, tüketicilerin de gerekli gördükleri işlemleri yapmalarını sağlamaktadır. Eve gelmeden önce fırını açıp ısıtmak, çamaşır makinesini çalıştırmak gibi özellikler böylelikle tüketicilere sunulmuştur. Sensörler yardımıyla nesnelerin interneti uygulamasının tüketiciler üzerinde etkileri bu örnekte görülmektedir (Topal, 2017).

Endüstri 4.0 uygulamalarına başka bir örneği incelenirse; Bosch firmasının gerçekleştirdiği nesnelerin interneti ile kurulan akıllı fabrika uygulaması test aşamasındadır. Bosch firması Endüstri 4.0 uygulamaları içeren birçok proje gerçekleştirmektedir. Firma üretim sistemlerinde ürün, makine ve makine sistemlerinin birbirine entegre, iletişim içinde olması için çalışmalarını sürdürmektedir. Hamburg'daki Bosch Rexroth fabrikasındaki pilot uygulamada, ürün, ürünü üreten makine ve işgörenin aynı dili konuşması hedeflenmektedir. RFID teknolojisinin yardımıyla üretim hatlarında her akıllı ürün kendi üretim akışına göre farklı işlemlere girebilmektedir. Ürünlerin farklı montaj şemaları aynı üretim hatlarında gerçekleştirilmekte, her üretim hattında sabit işlemler yapmak yerine montajı yapılacak ürüne göre hatlar üzerinde işlemler sistemsel olarak işgücüne ihtiyaç duymadan değişebilmektedir. İşgörenler de üretimdeki bu kompleks süreci bilgisayarlar üzerinden takip edebilmektedir. Akıllı ürünler, akıllı fabrikalarda üretim hatlarını ve iş akışını makine ve işgörenle entegre olarak kendi kendine karar vererek oluşturabilmektedir (Aydın, 2018).

Kanada'da hidroelektrik enerji üretim ve iletim altyapı sektörünün en büyük firması, 2011'de bulunduğu ağ üzerinde 2 milyon sayacı akıllı sayaçlara dönüştürmüştür. Bu ağ üzerinde oluşan günlük 678 milyon parça veri, 6 aylık depolanacak şekilde danışman firma yardımıyla büyük veri kullanımı ile saklanmıştır. Kaydedilen veriler sayesinde üretim miktarları, hat yoğunlukları, arızaların gerçekleştiği noktalar bilgisayar başından takip edilebilmekte, geçmiş verilerden yararlanarak bakım planları

yapılabilmektedir. Verilerin doğru yorumlanmasıyla arıza olmadan önce müdahale edilebilmekte, bakım ve yatırım planları optimum şekilde yapılabilmektedir (Ünal, 2017).

Akıllı ürünler verileri analiz edip tüketicilere yol gösterebilmektedir. Otomotiv sektöründe bu hususta örnek projeler gerçekleştirilmektedir. Almanya'da faaliyet gösteren şanzıman üreticisi bir firma, sürücülere yakıt ekonomisi sağlamaları için vites değiştirme zamanını bildiren dijital bir çözüm geliştirmiştir. Sistemin genel işleyişinde; sürücülerin genel davranışları, tork, sıcaklık, devir, vites aktarma verimlilikleri kurulan akıllı sistem üzerinden hesaplanmakta, optimum vites değiştirme zamanı hesaplamalar sonucunda sürücülere uyarı olarak bildirilmektedir (Ünal, 2017).

2.10. Endüstri 4.0 Sorunları

İşletmelere sağlayacağı büyük faydaların yanı sıra, Endüstri 4.0'ın uygulanmasıyla işletmeler bazı sorunlarla da karşılaşabilmektedir. Vaidya vd. 2018 yılında çalışmalarında klasik üretim endüstrisine Endüstri 4.0'ın uygulanmasıyla oluşabilecek zorlukları şu şekilde sıralamıştır:

- Akıllı Karar Verme ve Anlaşma Mekanizması: Akıllı üretim sistemlerinde, kendiliğinden organize olmuş sistemlerin kilit faktörleri olarak daha fazla özerklik ve sosyal yeteneklere ihtiyaç duyulurken, günümüzün sisteminde 3C, yani hesaplama (computing), iletişim (communication) ve kontrol (control) yetenekleri ile sistemlerde özerklik yoktur (Wang vd. 2016).
- Yüksek Hızlı Endüstriyel Kablosuz Ağlar (IWN) Protokolleri: Günümüzde kullanılan IWN ağı, yoğun iletişim ve yüksek hacimli veri aktarımı için yeterli bant genişliği sağlayamamaktadır. Üretim sisteminin ve ağ yapısının karmaşıklığı da bu duruma eklenince Endüstri 4.0 uygulamasında kilit rol oynayan iletişim ve büyük veri paylaşımı mevcut ağ sisteminde zorluk yaratmaktadır (Wang vd. 2016). Yüksek veriyi işleyebilmek ve hızlı şekilde analiz edebilmek için mevcut internet hatlarının hızları ve kapasiteleri arttırılmalıdır.
- Üretimdeki Spesifik Büyük Veri ve Analitiği: Üretim sisteminden kaydedilen verilerin yüksek kalitesini ve bütünlüğünü sağlamak zorlu bir süreçtir. Verilerin ek açıklamaları çok çeşitlidir ve gelişmiş veri analizleri için farklı veri depoları ile farklı veri depolarını birleştirmek gittikçe artan bir sorundur. Endüstri 4.0 ile veriler yüksek miktarda kaydedilirken yeterli saklama alanı sorununun yanında verilerin çeşitliliği de artacağından farklı üretim verilerini gruplara ayırarak kaydetmek gerekecektir.

- Sistem Modelleme ve Analizi: Sistem modellemesinde, dinamik denklemleri azaltmak ve uygun kontrol modelini sonuçlandırmak için, sistemler kendi kendini organize eden üretim sistemi olarak modellenmelidir. Araştırmalar hala karmaşık sistemler için devam etmektedir.
- Siber Güvenlik: Verilerin paylaşımı üretimde internetin aktif kullanımı ile birlikte üretim bilgilerinin korunması ve güvenli şekilde paylaşılması önemli bir konu olmaktadır. Endüstri 4.0 ile gelen standart iletişim protokollerinin artan bağlantı hızı ve kullanımı sayesinde, kritik endüstriyel sistemleri, üretim hatlarını ve sistem verilerini siber güvenlik tehditlerinden koruma ihtiyacı önemli ölçüde artmaktadır.
- Modüler ve Esnek Fiziksel Eserler: Bir ürünü işlerken, işleme veya test için gerekli ekipmanlar gruplandırılmalı ve dağıtılmış karar verme için birlikte çalışılmalıdır. Dolayısıyla, üretim rotalarını dinamik olarak yeniden yapılandırabilen modüler ve akıllı taşıma ünitesinin yaratılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemlerin kurulumu için işletmelere yüksek bilgi düzeyinin sağlanması gerekmektedir.
- Yatırım Konuları: Yatırım konusu, üretimde yeni teknoloji tabanlı girişimlerin çoğu için genel bir konudur. KOBİ'lerin Endüstri 4.0'ı uygulaması için Endüstri 4.0'ın tüm bileşenlerinin uygulanması ve genel olarak bir endüstri için büyük miktarda yatırım gerekmektedir (Vaidya vd. 2018). Büyük maliyetleri karşılamak işletmelerin tek başına finanse edebileceği bir husus değildir. Devlet sanayi politikaları doğrultusunda teknoloji yatırım teşviklerinin işletmelere sağlanması Endüstri 4.0 için önemli bir konudur.

Ahrens ve Spöttl'e (2015) göre, sektörlerde çalışacak kalifiye işçilerin Endüstri 4.0 için gerekli niteliklerde olması için beş parametre önemlidir. Bu parametreler; kapsamlı Endüstri 4.0 entegrasyonu ve bilgi şeffaflığı, üretim sistemlerinde otomasyonların artması, üretimde nesnelerin kendi karar mekanizmalarının olması, dijital iletişim ve etkileşimli yönetim fonksiyonlarının kurulması ve işgücünün esnek olarak kullanılmasıdır (Onar vd. 2018). Gerekli parametrelerin sağlanması işletmeler için önemli çalışma konuları olmaktadır.

3. TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI İLE İLGİLİ ALAN ARAŞTIRMASI

3.1. Araştırma Amacı

Endüstri 4.0 ve üretimde dijitalleşme kavramına göre ülkemizin üretim endüstrisindeki işletmelerin mevcut durumları ve Endüstri 4.0’a olan bakış açıları çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Ülkemizde henüz başlangıç seviyesinde olarak değerlendirilebilecek olan Endüstri 4.0 kavramının öncelikle iyi anlaşılması ve doğru stratejilerin kurulması gerekmektedir. Sanayi, devlet işbirliğinin yanı sıra eğitim sisteminde de yeni üretim sistemlerine uygun düzenlemelerin yapılması önemlidir. Bu doğrultuda, araştırma kapsamında kullanılan anket soruları ve anket sorularına paralel olarak oluşturulan hipotezler yardımıyla, üretim sanayinin Endüstri 4.0 konusundaki eksikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Teorik olarak Endüstri 4.0 ve bileşenlerinin çalışanlar tarafından hangi seviyede bilindiği önemli bir konu olduğu için Endüstri 4.0 kavramının bilinirliği araştırma kapsamında ölçülmüştür. Ayrıca, anketle birlikte teorik bilginin yanı sıra Endüstri 4.0’ın farkındalık analizi yapılmıştır. Üretim sanayi olarak Endüstri 4.0 teknolojik bileşenlerinin farkındalık seviyesinin hangi aşamada olduğu incelenmiştir. Farkındalık seviyelerine göre Endüstri 4.0’a geçiş öncesi sanayi kuruluşlarının eksik yönleri belirlenmiş, gerekli teknoloji, altyapı ve eğitim yatırımlarıyla birlikte devlet politikaları nezdinde atılması gereken adımlar yapılan çalışmada çözüm önerisi olarak sunulmuştur. Kısaca, çalışmanın asıl amacı Türkiye sanayi işletmelerinin Endüstri 4.0 farkındalıklarını ölçmektir.

3.2. Araştırma Kapsamı

Üretim sektöründe Endüstri 4.0 farkındalığının ölçülmesi için Veysi İşler’in gerçekleştirmiş olduğu “Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi” çalışmasından faydalanılmıştır (İşler, 2017). Bu çalışma kapsamında bir anket oluşturulmuştur. Araştırmanın kapsamı anket soruları yardımıyla üretim endüstrisi ve bu endüstride uygulanan üretim teknoloji bileşenlerinin seviyesinin belirlenmesi ve işletmelerin Endüstri 4.0’a uygunluklarının ölçülmesi üzerinedir. İşletmelerin Endüstri 4.0 genel bilgi seviyeleri, kullanılan iş modeli, ürün ve hizmetlerin teknolojik seviyeleri, pazarlama ve müşteriye ulaşma kabiliyetleri, süreç yönetimleri, bilgi sistemleri altyapıları ve Endüstri 4.0’ı genel değerlendirme seviyeleri araştırmanın alt konularıdır. Bu konular kapsamında sektörler için genel

teknolojik altyapı seviyeleri belirlenecek, Endüstri 4.0 genel bilgi ve farkındalık seviyeleri ölçülecek, çalışanların Endüstri 4.0 hakkında bireysel ve işletmelerine dair yorumları değerlendirilecektir.

Teknoloji kullanım oranı sektörel olarak değişim gösterse de işletmeleri küresel rekabette öne çıkaran en önemli unsurlardan birisi teknolojik altyapılarıdır. Rakip işletmelerle rekabet edebilmek için yeni üretim teknolojilerine entegre olunması bu hususta önem arz etmektedir. Üretimde üstün teknolojinin kullanımı sonucu ortaya çıkan Endüstri 4.0 kavramı, bu sebeple bütün sanayi kollarını yakından ilgilendiren bir endüstriyel devrimdir. Endüstriyel üretimin gerçekleştiği her sektörde Endüstri 4.0 uygulanabileceğinden çalışmada sektör ayrımı yapılmamıştır. Sektörler ve işletmeler yapılan anket çalışması doğrultusunda incelenmiş, Endüstri 4.0 bilgi seviyeleri ve yeni endüstri devrimine ne kadar hazır oldukları belirlenmeye çalışılmıştır.

Araştırma anket sorularının Endüstri 4.0 teknolojik bileşenleri, alt boyutları ve Endüstri 4.0 farkındalığı ile ilişkisi Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Endüstri 4.0 Boyutları Çerçevesinde Araştırmanın Anket Soruları

Endüstri 4.0 Farkındalık	<p>Endüstri 4.0 konusunda bilgi seviyeniz?</p> <p>Firmanızın Endüstri 4.0'a bakışı nedir?</p> <p>Firmanızda Endüstri 4.0'a yönelik çalışmalar yapıyor mu?</p> <p>Endüstri 4.0'a geçiş için firmanızın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği nedir?</p> <p>Mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli mi? (üretim, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı vb.)</p> <p>Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?</p> <p>KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a geçişini gerekli görüyor musunuz?</p> <p>KOBİ'ler Endüstri 4.0 gerekliliklerini sağlayabilirler mi?</p> <p>Endüstri 4.0'a uyum sağlanamaz ise KOBİ'lerin rekabet edebilirliği nasıl etkilenir?</p>
Akıllı Fabrikalar	<p>Ürün veya hizmetlerinizi geliştirme yönteminiz nedir?</p> <p>Ürün veya hizmetlerinizi müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirme kabiliyetiniz nedir?</p> <p>Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu nedir?</p> <p>Ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?</p> <p>Üretim planlama ve kontrolünde anlık analizler ile talebe göre esneklik kabiliyeti nedir?</p> <p>Planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanımı nedir?</p> <p>Üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?</p> <p>Mevcut bilgi sistemleri altyapısının ihtiyaçları karşılama seviyesi nedir?</p>

Tablo 3.1 Endüstri 4.0 Boyutları Çerçevesinde Araştırmanın Anket Soruları (Devam)

Siber Fiziksel Sistemler	Firmanızda mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu nedir? Üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı nedir? Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynakların kullanım oranı nedir? Ürün ve hizmetlerin müşteriye tanıtılmasında kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir? Müşteri talepleri, yorumları, geri bildirimleri için kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir? Üretim ve müşteri verilerinin toplanmasında ve analizinde kullanılan sistemlerin uygunluk seviyesi nedir? Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir? Dış paydaşlarınıza (tedarikçiler, partnerler, dağıtıcılar vb.) ulaşma ve yönetme kolaylığını nasıl değerlendiriyorsunuz?
Nesnelerin İnterneti	Tüm süreçlerinizi değerlendirdiğinizde veriye ulaşma ve analiz etme kolaylığını nasıl değerlendiriyorsunuz? Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu nedir?
Büyük Veri ve Bulut	Üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti nedir? Sosyal medya, mobil uygulamalar, veri analizi araçları, bulut tabanlı hizmetler gibi teknolojilerin kullanım yoğunluğu nedir? Mevcut veri toplama ve analiz etme kabiliyetlerinizi nasıl değerlendiriyorsunuz?
Artırılmış Gerçeklik	Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?
Simülasyon	Modelleme ve Simülasyon teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?

3.3 Araştırma Yöntemi

Araştırma modeline dayanarak belirli hipotezler oluşturulmuş ve Endüstri 4.0 kavramında sektörel ve bilgi seviyesi düzeyindeki farklılıklar araştırılmıştır. Anket soruları Türkiye’de faaliyet gösteren üretim firmalarına mail ile gönderilmiştir. Bu firmalarda çalışan üst düzey yöneticiler ve üretim, üretim planlama, kalite, ar-ge, pazarlama departmanlarında çalışanlar ve yöneticiler araştırma anketini cevaplamıştır. Toplamda 41 sorudan oluşan anket; genel bilgiler, Endüstri 4.0, iş modeli, ürün ve hizmetler, pazarlama, müşteriye ulaşma, süreç yönetimi, bilgi sistemleri altyapısı ve değerlendirme olmak üzere 7 alt başlıktan oluşmaktadır. Firmalardan araştırma anket çalışmasına 202 adet geri dönüş sağlanmıştır. Katılımcılara işletmeleriyle ilgili genel bilgilerin sorulduğu ilk başlıkta çoklu cevaplar alınmış, diğer başlıklarda ise genelde sorulara 5’li likert ölçeğine göre cevaplar alınmıştır. Kurulan hipotezlerin anlamlılık düzeyleri SPSS 22 veri analizi programı ile incelenmiştir. Sonuçta, sektörel farklılıklar ve katılımcıların Endüstri 4.0 bilgi seviyeleri dikkate alınarak belirli hipotezler kurulmuş ve incelenmiştir.

3.4 Hipotezler

Endüstri 4.0 uygulamalarına geçiş öncesinde Endüstri 4.0 teknoloji seviyelerinin ve üretim bilgi, beceri, yeteneklerinin farkında olunması gerekmektedir. Anket soruları doğrultusunda Endüstri 4.0'ı uygulamaya hazır olan veya Endüstri 4.0 uygulamalarının ülke sanayisi için gerekli olduğunu düşünen sektörler belirlenmiştir. Daha sonra, belirli Endüstri 4.0 teknolojilerinin ve bilgi teknoloji altyapılarının uygulanmasının sektörel bazda değişken oranda cevaplanacağı öngörülmüştür. Sektörel farklılıklar ve işletmelerin teknoloji seviyelerindeki değişiklikleri dikkate alınmış ve aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur:

H₁: Sektörler arasında Endüstri 4.0'a geçiş için firmaların mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği konusunda fark vardır.

H₂: Sektörler arasında firmaların mevcut bilişim altyapılarının Endüstri 4.0 ile uygunluğu konusunda fark vardır.

H₃: Sektörler arasında ürün veya hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirilme kabiliyetlerinde fark vardır.

H₄: Sektörler arasında üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı oranında fark vardır.

H₅: Sektörler arasında tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu oranında fark vardır.

H₆: Sektörler arasında ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu oranında fark vardır.

H₇: Sektörler arasında planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanım yoğunluğu oranında fark vardır.

H₈: Sektörler arasında üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu oranında fark vardır.

H₉: Sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusunda fark vardır.

H₁₀: Sektörler arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark vardır.

H₁₁: Sektörler arasında mevcut kabiliyetlerin ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusunda fark vardır.

H₁₂: Endüstri 4.0'ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmaya katkısı olacağı düşüncesinde fark vardır.

H₁₃: Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde fark vardır.

3.5 Araştırmaya Katılanlara İlişkin Bulgular

Araştırmaya katılan firmaların sektörel olarak sınıflandırılması Tablo 3.2’de görülmektedir. Ankete katılan 202 katılımcıdan 199’u çalıştığı sektörü belirtmiş ve çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Tablo 3.2 Araştırmaya Katılan Firmaların Sektörlerine Göre Gruplandırılması

Sektör	Adet	Yüzde
Metal, makine ve ekipmanları	56	28,14
Gıda, tütün ve alkol	50	25,13
Otomotiv ve elektronik	37	18,59
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	13,57
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	7,54
Diğer	14	7,04
Toplam	199	100

Tablo 3.2’de görüldüğü gibi, araştırmaya en çok katılım yüzde 28,14 ile metal sektörleri (alüminyum, demir çelik vs.), makine ve ekipmanları sektörleri ve kendilerini üretim sektöründe çalışıyor olarak tanımlayan sektör grubundan oluşmaktadır. Araştırmanın ikinci sıradaki en çok katılımını yüzde 25,13 oranla gıda, tütün ve alkol sektörleri oluşturmaktadır. Son olarak, ankete katılım elde edilen cevaplar doğrultusunda sırasıyla; otomotiv ve elektronik, kimya, plastik, ilaç ve temizlik, kağıt üretim ve baskı, ahşap, mobilya, inşaat sektörleri ve diğer sektörlerden (tekstil sektörü, enerji, maden sektörü proje tasarım, taahhüt, insan analitiği, ihracat) olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3.3 Araştırmaya Katılan Firmaların İşletme Çalışan Sayılarına Göre Gruplandırılması

Çalışan Sayısı	Katılımcı Adet	Yüzde
KOBİ kapsamındaki firmalar	130	59,41
Büyük ölçekli firmalar	82	40,59
Toplam	202	100

Araştırmaya katılan firmalar, bünyelerinde çalışan kişi sayısına göre Tablo 3.3'te gruplandırılmıştır. Araştırmada, 2005 ve 2012 yıllarında Bakanlar Kurulunca alınan kararlar doğrultusunda KOBİ ve büyük ölçekli firmalar tanımlaması yapılmaktadır. Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin tanımı, nitelikleri ve sınıflandırılması hakkındaki yönetmelikte, küçük ve orta ölçekli (KOBİ) firmalar, iki yüz elli kişiden az yıllık çalışanı istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri kırk milyon Türk Lirasını aşmayan firmalar olarak tanımlanmaktadır (Bakanlar Kurulu Kararı, 2012). Bu tanımlama doğrultusunda KOBİ ve büyük ölçekli firmalar (250 kişiden fazla çalışanı olan firmalar) olarak bir sınıflandırılma yapılmış, araştırmaya katılan firmalardan KOBİ olanlar yüzde 59,41 oranıyla belirlenirken, büyük ölçekli firmalar kapsamında olanlar ise yüzde 41,58 oranıyla belirlenmiştir.

Araştırma üretim sektöründe yapılmıştır. Anket katılımcılarının mühendis veya uzman olarak üretim, üretim planlama, kalite, ar-ge, pazarlama departmanlarında çalışmaları ya da üst düzey yönetici olmaları istenmiştir. Katılımcıların departmanlarına göre dağılımı Tablo 3.4'te görülmektedir.

Tablo 3.4 Anket Katılımcılarının Departmanlarına Göre Gruplandırılması

Departman	Katılımcı Adet	Yüzde
Üretim	98	48,51
Ar-Ge	33	16,34
Kalite	29	14,36
Üretim Planlama	17	8,42
Pazarlama	13	6,44
Strateji	9	4,46
Satınalma	3	1,49
Toplam	202	100

Araştırmaya katılım firmaların en çok üretim departmanından, daha sonra sırasıyla arge, kalite, üretim planlama, pazarlama, strateji ve satınalma departmanlarından olmuştur. Departman yöneticileri kendi departmanları içerisinde listelenmiş, işletme üst düzey yöneticileri ise strateji departmanı kapsamında değerlendirilmiştir.

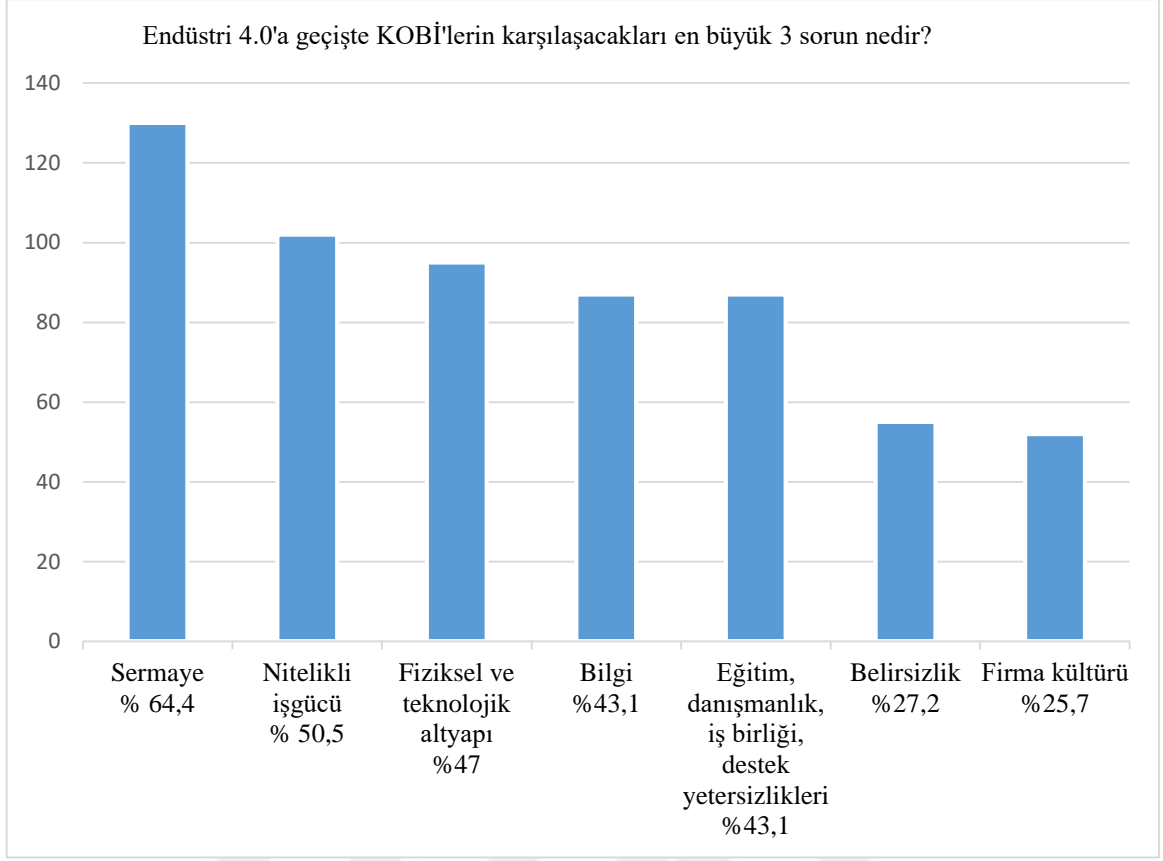
4. TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI İLE İLGİLİ ALAN ARAŞTIRMASININ BULGULARI

Bu bölümde ilk olarak araştırma kapsamında oluşturulmuş anket sorularının cevaplarına ait bulgulara yer verilmiştir. Daha sonra güvenilirlik analizi yapılarak anket cevaplarının güvenilirliklerine ilişkin bulgular açıklanmıştır. Güvenilirlik analizinden sonra ise hipotezler analiz edilmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.1. Anket Cevaplarına İlişkin Bulgular

Araştırma kapsamında Veysi İşler’in (2017) “Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi” çalışmasından faydalanılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda 41 soruluk anket çalışması katılımcılara yöneltilmiş, 33 adet soruda 5’li Likert ölçeğine göre cevaplar alınmıştır. Bir anket sorusu için de çoktan seçmeli cevapların doldurulması istenmiştir. “Endüstri 4.0’a geçişte KOBİ’lerin karşılaştıkları en büyük 3 sorun nedir?” sorusu katılımcılara yöneltilmiştir. Cevap olarak katılımcılardan Endüstri 4.0’a geçişte meydana geleceği düşünülen 7 önemli sorundan kendileri için önem arz eden 3 tanesini seçmeleri istenmiştir. Sonuç olarak; katılımcılar, sermaye, fiziksel ve teknolojik altyapı, bilgi, firma kültürü, belirsizlik, nitelikli işgücü, eğitim, danışmanlık, iş birliği, destek yetersizlikleri seçenekleri arasından kendileri için önemli olan 3 büyük sorunu işaretlemiştir.

Anket katılımcılarına göre Endüstri 4.0’a geçişte KOBİ’lerin karşılaştıkları en büyük sorunlar yüzdesel olarak Şekil 4.1’de gibi sıralanmıştır:



Şekil 4.1 Endüstri 4.0'a Geçişte KOBİ'lerin Karşılacağı En Büyük Sorunlar

Katılımcılardan alınan cevaplar doğrultusunda oluşturulan Tablo 4.1 incelendiği zaman, katılımcılar için en büyük sorun olarak sermaye (% 64,4) görülmektedir. İkinci büyük sorun olarak nitelikli işgücünü (% 50,5), üçüncü büyük sorun olarak fiziksel ve teknolojik altyapıyı (% 47) görmekteyiz. Daha sonra katılımcılar sırasıyla bilgi ve eğitim, danışmanlık, iş birliği, destek yetersizliklerini (% 43,1), belirsizliği (% 27,2) ve firma kültürünü (% 25,7) en düşük seviyede sorun olarak görmektedir.

Araştırmaya katılanların cevapları doğrultusunda, Endüstri 4.0'a geçişte sermaye kısıtı önemsenmektedir. Endüstri 4.0, kurulumunda ve daha sonra işleyişinde yüksek maliyetler içermektedir. Dolayısıyla, firmalar Endüstri 4.0'a geçişte başlangıç yüksek yatırım maliyetlerini finanse etmek konusunda zorlanacaktır. Devlet politikalarında ve orta-uzun vadeli ekonomik planlamalarında Endüstri 4.0'a yönelik olarak işletmelere verilmesi gereken ar-ge ve yatırım teşviklerinin artırılması gerekmektedir. Yatırım politikalarına ek olarak insan kaynakları politikalarının da devlet bazında gözden geçirilmesi gerekmektedir. Endüstri 4.0 bileşenleri yüksek teknolojileri içereceğinden, bu teknolojileri işletmelerde uygulayacak olan işgörenlerin bilgi, teknoloji niteliklerinin artırılması önemli bir husustur. Eğitim sistemlerinde veya işletmelerin mevcut

çalışanlarına uyguladıkları iş eğitimlerinde gerekli teknolojik altyapılara uygun eğitim sistemlerinin oluşturulması, yeni meslek grupları için gerekli eğitim altyapılarının hazırlanması önem arz eden konulardandır.

Katılımcılara ankette “Endüstri 4.0 sizin için ne ifade ediyor?” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Bu soru için anahtar kelimeler kullanılarak cevap verilmesi istenmiştir. Alınan cevaplardan bahsetmek gerekirse, anahtar kelimeler olarak Endüstri 4.0 önemli bileşenlerinden, akıllı fabrikalar 34 cevapta; robot teknolojileri 22 cevapta; 3-D yazıcılar 12 cevapta; siber fiziksel sistemler 23 cevapta; nesnelerin interneti 41 cevapta; simülasyon 12 cevapta; artırılmış gerçeklik 9 cevapta; bulut teknolojisi 10 cevapta; büyük veri 11 cevapta; akıllı ürünler 18 cevapta yer almaktadır. Anahtar kelime olarak 33 cevapta dördüncü endüstri devrimi yer almakta, 4 cevapta ise verimlilik bulunmaktadır. Dijitallikten ise 18 cevapta bahsedilmektedir. Görüldüğü üzere, katılımcılar popüler Endüstri 4.0 bileşenleri ve Endüstri 4.0’ın yeni teknolojileri terimleri hakkında bilgi sahibidir. Fakat, istenilen anahtar kelimeler paralelinde alınan kısa cevaplar Endüstri 4.0 farkındalığı konusunda yorum yapılması için yeterli değildir.

5’li Likert ölçeğine göre hazırlanan anket sorularına katılımcıların verdiği cevapların ortalaması Tablo 4.1’de gösterilmektedir.

Tablo 4.1 Katılımcıların Anket Sorularına Vermiş Olduğu Cevaplar

Anket Soruları	Ortalama	Ölçeklendirme
Modelleme ve Simülasyon teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?	3,673	1- Hiç faydası olmayacaktır 5- Çok faydalı olacaktır
Ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?	3,653	1- Manuel planlama ve tasarım, düşük otomasyon 5- Tam otomasyon ve bilişim sistemleri (ERP, MRP vb.)
KOBİ’lerin Endüstri 4.0’a geçişini gerekli görüyor musunuz?	3,632	1- Hiç gerek yok 5- Çok gerekli
Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?	3,381	1- Beklenen kazanımları sağlamayacaktır 5- Tüm beklentileri karşılayacaktır
Ürün veya hizmetlerinizi geliştirme yönteminiz nedir?	3,356	1- Fiziksel üretim 5- İleri teknoloji destekli üretim
Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?	3,348	1- Hiç faydası olmayacaktır 5- Çok faydalı olacaktır
Üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı nedir?	3,272	1- Veri toplama ve analizi gerçekleştirilmiyor 5- Düzenli olarak veri analizi gerçekleştiriliyor
Ürün veya hizmetlerinizi müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirme kabiliyetiniz nedir?	3,267	1- Standart toplu üretim 5- Müşteri tarafından özelleştirilebilir ürünler
Endüstri 4.0’a uyum sağlanamaz ise KOBİ’lerin rekabet edebilirliği nasıl etkilenir?	3,228	1- Hiç etkilemez 5- Rekabet edemez

Tablo 4.1 Katılımcıların Anket Sorularına Vermiş Olduğu Cevaplar (Devam)

Planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanımı nedir?	3,219	1- Manuel, tecrübeye dayalı operasyonlar 5- Operasyona özgü bilgi sistemi kullanımı
Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu nedir?	3,218	1- Veri analizi gerçekleştirilmiyor 5- Müşteri özellikleri değerlendirilerek düzenli olarak tasarım ve üretim değişikliği yapılıyor
Üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyeti nedir?	3,208	1- Üretim sistemlerinin bilgi sistemleri ile bağlantısı yoktur 5- Tüm veriler otomatik olarak sistemlere aktarılmaktadır (sensörler, IoT bağlantıları vb.)
Endüstri 4.0 konusunda bilgi seviyeniz?	3,204	1- Fikrim yok 5- Profesyonel olarak ilgileniyorum
Fiyatlandırma politikasında izlenen yöntem çeşitliliği nedir?	3,178	1- Tüm ürün ve hizmetler için sabit fiyat 5- Müşteriye potansiyeline, geçmişine ve anlık verilere göre fiyatlandırma
Üretim planlama ve kontrolünde anlık analizler ile talebe göre esneklik kabiliyeti nedir?	3,173	1- Uzun vadeli planlamalar, çoklu üretim 5- Gerçek zamanlı veri toplama ve kısa vadeli plan değişiklikleri
Firmanızın Endüstri 4.0'a bakışı nedir?	3,169	1- İhtiyaç yok 5- Çok gerekli
Tüm süreçlerinizi değerlendirdiğinizde veriye ulaşma ve analiz etme kolaylığını nasıl değerlendiriyorsunuz?	3,158	1- Çok zor 5- Çok kolay
Üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?	3,109	1- Manuel operasyonlar 5- Entegre müşteri yönetimi, dağıtım, tedarik zinciri otomasyonu
Mevcut veri toplama ve analiz etme kabiliyetlerinizi nasıl değerlendiriyorsunuz?	3,064	1- Çok yetersiz 5- İhtiyaçları tam olarak karşılıyor
Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?	3,005	1- Firma dışı entegrasyon yok 5- Tüm paydaşlarla tam entegrasyon
Ürün ve hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynakların kullanım oranı nedir?	2,965	1- Sadece firma kaynaklı kullanılıyor 5- Dış kaynak kullanımı yoğun olarak gerçekleştiriliyor
Ürün ve hizmetlerin müşteriye tanıtılmasında kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir?	2,941	1- Geleneksel saha pazarlama yöntemleri 5- Çok kanallı fiziksel ve dijital yöntemler
Müşteri talepleri, yorumları, geri bildirimleri için kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir?	2,921	1- Geleneksel yöntemler (telefon, yüz yüze) 5- Dijital yöntemler (website, sosyal medya, forumlar vb.)
Üretim ve müşteri verilerinin toplanmasında ve analizinde kullanılan sistemlerin olgunluk seviyesi nedir?	2,896	1- Gerekli durumlarda manuel veri toplama ve analiz 5- Gerçek zamanlı analize olanak sağlayan entegre sistemler
Mevcut bilgi sistemleri altyapısının ihtiyaçları karşılama seviyesi nedir?	2,896	1- Çok yetersiz 5- Çok yeterli
Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu nedir?	2,856	1- Hiç uygun değil 5- Tamamen uygun
Dış paydaşlarınıza (tedarikçiler, partnerler, dağıtıcılar vb.) ulaşma ve yönetme kolaylığını nasıl değerlendiriyorsunuz?	2,767	1- Çok kolay 5- Çok zor
Mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli mi? (üretim, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı vb.)	2,748	1- Sınırlı 5- Endüstri 4.0 için hazırız

Tablo 4.1 Katılımcıların Anket Sorularına Vermiş Olduğu Cevaplar (Devam)

Endüstri 4.0'a geçiş için firmanızın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği nedir?	2,731	1- Yetersiz 5- Gerekli bilgiye sahip
KOBİ'ler Endüstri 4.0 gerekliliklerini sağlayabilirler mi?	2,728	1- Kesinlikle sağlayamaz 5- Kesinlikle sağlar
Sosyal medya, mobil uygulamalar, veri analizi araçları, bulut tabanlı hizmetler gibi teknolojilerin kullanım yoğunluğu nedir?	2,708	1- Kullanılmıyor 5- Profesyonel olarak kullanılıyor
Firmanızda Endüstri 4.0'a yönelik çalışmalar yapılıyor mu?	2,701	1- Hiçbir çalışma yok 5- Profesyonel olarak çalışılıyor
Firmanızda mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu nedir?	2,589	1- Çok zayıf 5- Çok güçlü

Katılımcıların anket sorularına vermiş oldukları olumlu cevaplar doğrultusunda görülüyor ki, ankete katılanlar işletmelerinin Endüstri 4.0'a geçişini gerekli görmekte, işletmeleri için gerekli katkıların Endüstri 4.0 ile sağlanacağını düşünmektedirler. Simülasyon, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik gibi Endüstri 4.0 teknolojik bileşenlerinden gerekli katkının sağlanacağı da katılımcılar tarafından yüksek oranda belirtilmektedir. Aynı zamanda, verilen cevaplardan çıkarılan sonuçlara göre, ankete katılım sağlayan işletmelerin üretim süreçlerinde yüksek teknolojiye sahip oldukları görülmektedir. İşletmelerin üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyetleri araştırma ortalamaların üstünde görülmektedir. Anket katılımcılarına göre, tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunlukları yüksektir. Yine katılımcıların verdikleri cevaplara göre üretim planlama ve kontrolünde anlık analizler ile talebe göre esneklik kabiliyetleri işletmelerde yüksektir.

Katılımcılar işletmelerin tedarikçiler ve diğer partnerlerle olan bağlantı seviyelerini orta seviyede gerçekleştiğini belirtmektedirler. Benzer şekilde katılımcılar, mevcut veri toplama ve analiz etme becerilerini, ürün veya hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynakların kullanılma seviyelerini, ürün veya hizmetlerin müşteriye tanıtılma süreçlerini, müşteri taleplerini geri bildirmede kullanılan yöntem çeşitliliklerini orta seviyede gerçekleştirdiklerini belirtmektedirler. Katılımcılar mevcut bilgi sistemlerinin durumunu ise orta seviyede değerlendirmektedir. İşletmelerinin mevcut bilgi sistemlerinin ihtiyaçları karşılama ve Endüstri 4.0'a geçiş gerçekleşirse uyum sağlama ihtimalini orta seviyede bildirmektedir.

Anket sorularına olumlu cevapların yanı sıra, bazı olumsuz cevaplar da verilmiştir. Olumsuz cevapların verildiği sorular değerlendirildiğinde, katılımcılar işletmelerinin Endüstri 4.0'a henüz hazır olmadıklarını belirtmektedir. Endüstri 4.0 çalışmalarının işletmelerinde kısıtlı olduğu, mevcut bilgi sistemlerinin de Endüstri 4.0

için yeterli olmayacağı belirtilmektedir. Anket soruları doğrultusunda Endüstri 4.0 bileşenlerinden bulut sistemlerinin işletmelerinde sınırlı olduğu düşünüldüğünde, işletmelerin mevcut kabiliyet ve kaynaklarının Endüstri 4.0'a geçişte sınırlı ölçüde hazır oldukları söylenebilmektedir. KOBİ'ler çerçevesinde düşünülecek olursa, KOBİ'lerin Endüstri 4.0 gerekliliklerini yerine getiremeyeceği ya da bu hususta katılımcıların olumsuz görüş bildirdiği sonuçlara göre söylenmektedir. Bilgi sistemlerinin yanı sıra, işletmelerin mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 uygulamaları için uygun olmayacağı da görülmektedir.

4.2. Güvenilirlik Analizi

Çalışma kapsamında uygulanacak olan analizlerin doğru değerlendirilebilmesi adına katılımcılardan elde edilen sonuçlar için SPSS 22 paket programında güvenilirlik analizi yapılmıştır. Güvenilirlik analizinde Alfa (α) modeli (Cronbach Alpha) uygulanmıştır. Bu yöntemde, anket ölçeğinde yer alan soruların homojen dağılım gösterip göstermediği araştırılmaktadır. Ağırlıklı standart değişim ortalaması olan bu yöntemde ölçekte bulunan soruların varyansları toplamının genel varyansa oranlaması ile elde edilmektedir. Elde edilen değer 0 ile 1 arasında değişken bir değer olmaktadır. Hesaplanan katsayı ile ölçekteki soruların benzerliği ya da yakınlığı belirlenmektedir.

Eğer ölçülen sorular arasında negatif bir korelasyon olursa, Alfa yöntemiyle hesaplanan Cronbach Alpha değeri de negatif bulunmaktadır. Bu durum güvenilirlik modelinin bozulmasına yol açmaktadır (Kalaycı, 2014). Cronbach Alpha sorular arası korelasyona bağlı uyum değeridir. Cronbach (1951) çalışmasında, Cronbach Alpha değeri faktör altındaki soruların toplamdaki güvenilirlik seviyesini gösterdiğini ve bu değer 0,70 ve üstünde ise ölçeğin güvenilir olduğunu belirtmektedir (Kalaycı, 2009).

4.2.1 Çalışma Kapsamında Yapılan Güvenilirlik Analizi

Çalışmada güvenilirlik analizi olarak Cronbach Alpha (α) değeri kullanılmıştır. Katılımcılara yöneltilen anket sorularından 33'ünde 5'li Likert ölçeği kullanıldığı için güvenilirlik analizi 33 adet anket sorusu için uygulanmıştır. Uygulama sonucunda, istenilen Alpha (α) değeri 0,926 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.2'de görüldüğü gibi, toplam varyans açıklama oranı 294,844, standart sapma 17,17103, ortalama değer ise 101,9845 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan Alpha (α) değeri 0,926 olarak, 0,70'in üzerinde gerçekleştiğinden ölçek güvenilir olmuştur. Her bir anket sorusu için negatif

korelasyon görülmemiş, pozitif α değerleri görülmüştür. Dolayısıyla, güvenilirlik analizi sonuçlarına göre analiz dışına çıkarılması gereken herhangi bir anket sorusu olmamıştır.

Tablo 4.2 Çalışmaya Yönelik Güvenilirlik Analizi Sonuçları

İncelenen Anket Soru Sayısı	33
Cronbach Alpha (α) değeri	0,926
Toplam Varyansı Açıklama Oranı	294,844
Standart Sapma	17,17103
Ortalama Değer	101,9845

4.3. Test Edilen Hipotezlerin Değerlendirilmesi

Hipotezlerin değerlendirilmesi aşamasında SPSS 22 analiz programı kullanılarak tek yönlü ANOVA ve bağımsız t testi analizleri yapılmıştır. Bu süreçte, hangi SPSS analiz testlerinin yapılacağı ile ilgili seçim hipotezin bağımlı ve bağımsız değişkenlerine göre belirlenmiştir.

Tek yönlü ANOVA testi, bağımlı ve bağımsız değişkenler olmak üzere iki farklı değişkeni barındıran varyans analizidir. Bağımsız değişken kategorik, bağımlı değişken ise metrik özellik göstermektedir. Bağımsız değişkenin içinde iki ya da daha fazla grup kategori olabilmektedir. Bu grupların, bağımlı değişkendeki ortalamalar arasında fark olup olmadığı test edilmektedir (Kalaycı, 2014).

Çalışma kapsamında sektörler 6 alt kategoriye ayrılmıştır. Anket soruları kapsamında kurulan H₁, H₂, H₃, H₄, H₅, H₆, H₇, H₈, H₉, H₁₀ ve H₁₁ hipotezlerinde sektörler arasında belirlenen anket sorularının farklılıklarının olup olmadığı incelenmiştir. Bahsedilen hipotezlerde bağımsız değişken olarak hepsinde ortak olan katılımcıların çalıştıkları sektörler (metal, makine ve ekipmanları üretimi, gıda, tütün ve alkol, otomotiv ve elektronik, kimya, plastik, ilaç, temizlik, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat ve diğer sektörler) olmuştur. Dolayısıyla, birden çok alt gruba ait bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenlere verilen cevaplar üzerinde farklılıklarının olup olmadığı tek yönlü ANOVA testiyle ölçülmüştür.

Araştırma kapsamında SPSS 22 programı vasıtasıyla gerçekleştirilen diğer bir test ise t testidir. T testinde iki farklı grup arasındaki farklılıkların anlamlılık seviyesi incelenmektedir. T testleri bağımlı ve bağımsız t testleri olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. Bağımsız t testlerinde karşılaştırılan iki grubun üyeleri birbirinden

farklıdır. Bağımlı t testinde ise iki ayrı örneklem grubu söz konusu değildir. Tek örneklem grubu üzerinden yorumlar yapılmaktadır. Genel olarak tanımlanacak olursa, t testinde bir grubun ortalamasının diğer gruptan farklılık gösterip göstermediği ölçülmektedir (Kalaycı, 2014).

Hipotez 12’de, firmaların Endüstri 4.0’a bakış açılarında firmaları için gerekli olduğunu düşünenler ile düşünmeyenler arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Katılımcılar verdiği cevaplara göre birbirinden bağımsız iki farklı kategoriye ayrılmış ve bağımsız t testine göre analizleri yapılmıştır. Hipotez 13’te ise firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile çalışma yapanlar arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Katılımcılar verdiği cevaplara göre birbirinden bağımsız iki farklı kategoriye ayrılmış ve bağımsız t testine göre analizleri yapılmıştır.

Hipotezler belirlenen hiyerarşide aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir:

H₁: Sektörler arasında Endüstri 4.0'a geçiş için firmaların mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği konusunda fark vardır.

H₁ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.3’te varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10’dan büyük olduğu için (0,802) varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.3 H₁ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
0,465	5	192	,802

Tablo 4.4’te H₁ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. değeri (0,120), 0,10 değerinden büyük olduğu için H₁ reddedilir. Test sonuçlarına göre, kurulmuş olan alternatif hipotez reddedilmektedir. Yani, sektörler arasında Endüstri 4.0'a geçiş için firmaların mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği konusunda fark bulunmamaktadır.

Tablo 4.4 H₁ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	6,664	5	1,333	1,775	,120
Gruplar içi	144,149	192	,751		
Toplam	150,813	197			

İncelenen sektörler gere katılımçıların “Endüstri 4.0'a geçiş için firmanızın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları Tablo 4.5'te görülmektedir.

Tablo 4.5 Sektörlerin Mevcut Endüstri 4.0 Bilgi Seviyelerine Göre Değerlendirilmeleri

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,83
Gıda, tütün ve alkol	50	2,44
Otomotiv ve elektronik	37	2,94
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	2,70
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	2,80
Diğer	14	2,78

H₂: Sektörler arasında firmaların mevcut bilişim altyapılarının Endüstri 4.0 ile uygunluğu konusunda fark vardır.

H₂ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.6'da varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10'dan büyük olduğu için (0,141) varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.6 H₂ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
1,682	5	193	,141

Tablo 4.7'de H₂ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. değeri (0,354), 0,10 değerinden büyük olduğu için H₂ hipotezi reddedilir. Test sonuçlarına göre, kurulmuş olan alternatif hipotez reddedilmektedir. Yani, sektörler arasında firmaların mevcut bilişim altyapılarının Endüstri 4.0 ile uygunluğu konusunda fark bulunmamaktadır.

Tablo 4.7 H₂ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	3,981	5	,796	1,115	,354
Gruplar içi	137,858	193	,714		
Toplam	141,839	198			

İncelenen sektörlere göre katılımcıların “Firmanızda mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalama değerleri Tablo 4.8’de görülmektedir.

Tablo 4.8 Sektörlerin Mevcut Bilişim Altyapılarının Endüstri 4.0’a Uygunluğunun Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,59
Gıda, tütün ve alkol	50	2,46
Otomotiv ve elektronik	37	2,83
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	2,44
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	2,66
Diğer	14	2,71

H₃: Sektörler arasında ürün veya hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirilme kabiliyetlerinde fark vardır.

H₃ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.9’da varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10’dan büyük olmadığı için (0,013) varyansların heterojen olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4.9 H₃ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
2,978	5	193	,013

Tablo 4.10’da H₃ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir (varyanslar heterojen olduğu için H₃ hipotezinde Tamhane’s T2 analiz metodu kullanılmıştır). Sig. değeri (0,007), 0,10 değerinden küçük olduğu için H₃ alternatif hipotezi kabul edilir. Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında ürün veya hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirilme kabiliyetlerinde fark olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4.10 H₃ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	26,858	5	5,372	3,292	,007
Gruplar içi	314,941	193	1,632		
Toplam	341,799	198			

İncelenen sektörlere göre katılımcıların “Ürün veya hizmetlerinizi müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirme kabiliyetiniz nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları Tablo 4.11’de görülmektedir.

Tablo 4.11 Sektörlerin Ürün Veya Hizmetlerinin Müşteri İhtiyaçlarına Göre Özelleştirme Kabiliyetlerinin Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,98
Gıda, tütün ve alkol	50	3,06
Otomotiv ve elektronik	37	3,62
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	3,18
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	4,26
Diğer	14	3,43

Katılımcılardan toplanan veriler tablo 4.12’de olduğu gibi incelendiğinde sektörel olarak işletmelerin ürün veya hizmetlerinin müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirme kabiliyetlerinde farklılıklar olduğu görülmektedir.

H₄: Sektörler arasında üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı oranında fark vardır.

H₄ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.12’de varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10’den büyük olduğu için (0,167) varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.12 H₄ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
1,581	5	193	,167

Tablo 4.13’te H₄ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. değeri (0,009), 0,10 değerinden küçük olduğu için H₄ alternatif hipotezi kabul edilir. Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı oranında farklılık olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4.13 H₄ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	14,646	5	2,929	3,164	,009
Gruplar içi	178,700	193	,926		
Toplam	193,347	198			

İncelenen sektörlere göre katılımcıların “Üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalama değerleri ve bu değerlere göre hazırlanan tabloda göre oluşan farklılıklar Tablo 4.14’te görülmektedir.

Tablo 4.14 Sektörlerin Üretim ve Müşteri Verilerini Analiz Etme Sıklığının Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	3,15
Gıda, tütün ve alkol	50	3,02
Otomotiv ve elektronik	37	3,45
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	3,18
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	3,60
Diğer	14	4,00

H₅: Sektörler arasında tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu oranında fark vardır.

H₅ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.15’te varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10’dan büyük olduğu için (0,743) varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.15 H₅ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
,544	5	193	,743

Tablo 4.16’da H₅ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. değeri (0,005), 0,10 değerinden küçük olduğu için H₅ alternatif hipotezi kabul edilir. Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu oranında fark vardır.

Tablo 4.16 H₅ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	17,485	5	3,497	3,485	,005
Gruplar içi	193,651	193	1,003		
Toplam	211,136	198			

İncelenen sektörlere göre katılımcıların “Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları Tablo 4.17’de görülmektedir.

Tablo 4.17 Sektörlerin Tasarım, Mühendislik ve Üretim Süreçlerinde Müşteri Verilerini Analiz Etme ve Değerlendirme Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	3,09
Gıda, tütün ve alkol	50	2,90
Otomotiv ve elektronik	37	3,64
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	3,14
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	3,20
Diğer	14	3,79

Katılımcıların sektörel olarak işletmelerin tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluklarında farklılıklar tablo 4.17’de gösterilmektedir.

H₆: Sektörler arasında ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu oranında fark vardır.

H₆ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.18’de varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10’den büyük olduğu için (0,870) varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.18 H₆ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
,368	5	193	,870

Tablo 4.19’da H₆ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. değeri (0,218), 0,10 değerinden büyük olduğu için H₆ alternatif hipotezi reddedilir. Yani, test sonuçlarına göre incelenmiş olan sektörler arasında ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu oranında farklılık bulunmamaktadır.

Tablo 4.19 H₆ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	6,279	5	1,256	1,422	,218
Gruplar içi	170,485	193	,883		
Toplam	176,764	198			

İncelenen sektörlere göre katılımcıların “Ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalama değerleri Tablo 4.20’de görülmektedir.

Tablo 4.20 Sektörlerin Ürün ve Hizmet Tasarımından Üretime Kadar Olan Süreçte Teknoloji Kullanım Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	3,71
Gıda, tütün ve alkol	50	3,52
Otomotiv ve elektronik	37	3,86
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	3,40
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	3,53
Diğer	14	4,00

Katılımcılardan alınan cevaplarda sektörel olarak büyük farklılıkların olmadığı Tablo 4.20 incelenerek anlaşılmaktadır.

H₇: Sektörler arasında planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanımı yoğunluğu oranında fark vardır.

H₇ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.21’de varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10’den büyük olduğu için (0,516) varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.21 H₇ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
,850	5	192	,516

Tablo 4.22’de H₇ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. değeri (0,013), 0,10 değerinden küçük olduğu için H₇ alternatif hipotezi kabul edilir. Yani, test sonuçlarına göre incelenmekte olan sektörler arasında planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanımı yoğunluğu oranında farklılık olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4.22 H₇ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	13,915	5	2,783	2,987	,013
Gruplar içi	178,858	192	,932		
Toplam	192,773	197			

İncelenen sektörlere göre katılımcıların “Planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanımı nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları ve alınan cevapların sektörlere göre farklılaşması Tablo 4.23’te görülmektedir.

Tablo 4.23 Sektörlerin Planlama, Üretim, Tahmin, Tedarik Zinciri Gibi Süreçlerde Bilgi Sistemleri Kullanımı Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	3,14
Gıda, tütün ve alkol	50	3,00
Otomotiv ve elektronik	37	3,69
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	3,00
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	3,26
Diğer	14	3,57

H₈: Sektörler arasında üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu oranında fark vardır.

H₈ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.24’te varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10’dan büyük olmadığı için (0,053) varyansların heterojen olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4.24 H₈ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
2,224	5	193	,053

Tablo 4.25’te H₈ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir (varyanslar heterojen olduğu için H₈ hipotezinde Tamhane’s T2 analiz metodu kullanılmıştır). Sig. değeri (0,162), 0,10 değerinden büyük olduğu için H₈ alternatif hipotezi reddedilir. Yani, incelenmekte olan sektörler arasında üretimden ürün ve

hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu oranında farklılık bulunmamaktadır.

Tablo 4.25 H₈ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	6,240	5	1,248	1,600	,162
Gruplar içi	150,544	193	,780		
Toplam	156,784	198			

İncelenen sektörlerle göre katılımcıların “Üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları ve sektörlerle göre büyük farklılıkların bulunmadığı Tablo 4.26’da gösterilmektedir.

Tablo 4.26 Sektörlerin Üretimden Ürün ve Hizmetin Müşteriye Teslimine Kadar Olan Süreçte Teknoloji Kullanım Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,94
Gıda, tütün ve alkol	50	3,04
Otomotiv ve elektronik	37	3,35
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	3,07
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	3,00
Diğer	14	3,50

H₉: Sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusunda fark vardır.

H₉ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.27’de varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,10’den büyük olduğu için (0,197) varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.27 H₉ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
1,484	5	193	,197

Tablo 4.28’de H₉ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. değeri (0,421), 0,10 değerinden büyük olduğu için H₉ alternatif hipotezi reddedilir.

Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusunda fark bulunmamaktadır.

Tablo 4.28 H₉ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	4,416	5	,883	,997	,421
Gruplar içi	170,921	193	,886		
Toplam	175,337	198			

İncelenen sektörlerle göre katılımcıların “Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları ve sektörlerle göre büyük farklılıkların bulunmadığı Tablo 4.29’da gösterilmektedir.

Tablo 4.29 Sektörlerin Mevcut Bilgi Sistemleri Altyapılarının Endüstri 4.0 İle Uyumluluğunun Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,88
Gıda, tütün ve alkol	50	2,78
Otomotiv ve elektronik	37	3,13
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	2,70
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	2,66
Diğer	14	2,93

H₁₀: Sektörler arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark vardır.

H₁₀ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.30’da varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. degeri 0,10’dan büyük olmadığı için (0,065) varyansların heterojen olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4.30 H₁₀ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
2,114	5	193	,065

Tablo 4.31’de H₁₀ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir (varyanslar heterojen olduğu için H₁₀ hipotezinde Tamhane’s T2 analiz metodu

kullanılmıştır). Sig. degeri (0,006), 0,10 değerinden küçük olduğu için H_{10} alternatif hipotezi kabul edilir. Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark vardır.

Tablo 4.31 H_{10} İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	12,707	5	2,541	3,353	,006
Gruplar içi	146,288	193	,758		
Toplam	158,995	198			

İncelenen sektörlerle göre katılımcıların “Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları ve sektörlerle göre oluşan farklılıklar Tablo 4.32’de gösterilmektedir.

Tablo 4.32 Sektörlerin Tedarikçileri ve Diğer Partnerleri İle Teknolojik Bağlantı Seviyeleri Derecelerinin Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,89
Gıda, tütün ve alkol	50	2,84
Otomotiv ve elektronik	37	3,45
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	2,85
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	2,80
Diğer	14	3,36

H_{11} : Sektörler arasında mevcut kabiliyetlerin ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusunda fark vardır.

H_{11} hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4.33’te varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. degeri 0,10’den büyük olduğu için (0,150) varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 4.33 H_{11} İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
1,645	5	193	,150

Tablo 4.34’te H_{11} için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. degeri (0,006), 0,10 değerinden küçük olduğu için H_{11} alternatif hipotezi kabul edilir.

Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında işletmelerin mevcut kabiliyetleri ve kaynaklarının Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusunda farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 4.34 H₁₁ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	13,441	5	2,688	3,391	,006
Gruplar içi	152,981	193	,793		
Toplam	166,422	198			

İncelenen sektörlere göre katılımcıların “Mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarımız Endüstri 4.0 için yeterli mi? (üretim, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı vb.)” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları ve sektörlere göre oluşan farklılıklar Tablo 4.35’te gösterilmektedir.

Tablo 4.35 Sektörlerin Mevcut Kabiliyetlerin ve Kaynakların Endüstri 4.0 İçin Yeterli Olup Olmamasının Değerlendirilmesi

Sektör	Adet	Ortalama
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,80
Gıda, tütün ve alkol	50	2,60
Otomotiv ve elektronik	37	3,24
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	2,48
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	2,46
Diğer	14	2,71

H₁₂: Endüstri 4.0’ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmaya katkısı olacağı düşüncesinde fark vardır.

H₁₂ hipotezini test etmek için, katılımcılar anket sorularına verdikleri cevaplar doğrultusunda, işletmelerinde Endüstri 4.0’ın uygulanmasının gerekli olduğunu düşünenler ve düşünmeyenler (ihtiyacın yok ya da çok az ihtiyacın var olduğunu düşünen katılımcılar) olmak üzere 2 gruba bölünmüştür. Belirlenen gruplar kapsamında hipotez bağımsız gruplar t testi ile analiz edilmiştir. T testi sonucunda yüzde 95 güven aralığında bulunan değerler Tablo 4.36’da gösterilmiştir. Yapılan t testi sonucunda yüzde 95 güven aralığında sig.2 değeri 0,001 olup bu değer 0,05’den küçük olduğu için H₁₂ hipotezi kabul edilmektedir. Yani, çalışma verilerine göre Endüstri 4.0’ı gerekli bulan firmalar ve

bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmaya katkısı olacağı düşüncesinde farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 4.36 Firmaların Endüstri 4.0'a Bakış Açılarında Gerekli Olduğunu Düşünenler İle Düşünmeyenler Arasında Endüstri 4.0 Ve Benzeri Teknolojik Yaklaşımların Firmalarına Katkısı Olacağı Düşüncesindeki Farkı Ölçen t Testi

FAKTÖRLER		F	Sig.	t	Sig. 2
Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?	Eşit varyans varsayımında	6,479	,012	-3,346	0,001
	Eşit olmayan varyans varsayımında			-3,459	0,001

İşletmelerin Endüstri 4.0'a bakış açıları değerlendirildiğinde, “Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?” anket sorusuna Endüstri 4.0'ı işletmelerinde gerekli görenler ve görmeyenler grupların vermiş olduğu cevaplar ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.37'de gösterilmektedir. Katılımcıların çoğunluğunun Endüstri 4.0'ın işletmeleri için gerekli olduğunu düşündüğü katılım oranlarından anlaşılmaktadır.

Tablo 4.37 Firmaların Endüstri 4.0'a Bakış Açıklarına Göre Endüstri 4.0 Ve Benzeri Teknolojik Yaklaşımların Firmalarına Katkısı Olup Olmayacağını Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama
Firmaların Endüstri 4.0'a bakış açılarında gerekli olduğunu düşünenler	152	3,53
Firmaların Endüstri 4.0'a bakış açılarında gerekli olduğunu düşünmeyenler	49	2,60

H₁₃: Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde fark vardır.

H₁₃ hipotezini test etmek için, katılımcılar çalışmaya vermiş oldukları cevaplara göre işletmelerinde Endüstri 4.0 ile ilgili çalışma yapanlar ve çalışma yapmayanlar (hiçbir çalışma yok ya da çok az çalışma var diyen katılımcılar) olmak üzere 2 gruba bölünmüştür. Belirlenen gruplar kapsamında hipotez bağımsız gruplar t testi ile analiz edilmiştir. T testi sonucunda yüzde 95 güven aralığında bulunan değerler Tablo 4.38'de gösterilmiştir. Yapılan t testi sonucunda yüzde 95 güven aralığında sig.2 değeri 0,00 olup bu değer 0,05'den küçük olduğu için H₁₃ alternatif hipotezi kabul edilmektedir. Yani, çalışma verilerine göre firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 4.38 Firmalarında Endüstri 4.0 İle İlgili Hiçbir Çalışma Yapmayanlar İle Yapanlar Arasında Tedarikçiler Ve Diğer Partnerler İle Kurulan Teknolojik Bağlantı Seviyesindeki Farkı Ölçen t Testi

FAKTÖRLER		F	Sig.	t	Sig. 2
Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?	Eşit varyans varsayımında	,121	,729	-4,923	0,000
	Eşit olmayan varyans varsayımında			-4,923	0,000

İşletmelerin Endüstri 4.0'a ve teknolojik bileşenlerine bakış açıları değerlendirildiğinde, "Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?" anket sorusuna işletmelerinde Endüstri 4.0'la ilgili çalışma yapmayanlar ve yapanlar grupların vermiş olduğu cevaplar ve gruplar arası farklılıklar Tablo 4.39'da görülmektedir.

Tablo 4.39 Firmaların Endüstri 4.0 İle İlgili Çalışma Yapma Seviyelerine Göre Tedarikçiler Ve Diğer Partnerler İle Kurulan Teknolojik Bağlantı Seviyelerinin Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama
Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar	89	2,67
Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili çalışma yapanlar	112	3,27

Araştırma kapsamında 13 adet hipotez kurulup analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonucu olarak, araştırma hipotezlerinin kabul ya da red durumları Tablo 4.40'da görülmektedir.

Tablo 4.40 Araştırma Hipotez Sonuçları

Hipotez	Kabul / Red
H1: Sektörler arasında Endüstri 4.0'a geçiş için firmaların mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği arasında fark vardır.	Red
H2: Sektörler arasında firmaların mevcut bilişim altyapılarının Endüstri 4.0 ile uygunluğu arasında fark vardır.	Red
H3: Sektörler arasında ürün veya hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirilme kabiliyetleri arasında fark vardır.	Kabul
H4: Sektörler arasında üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığında fark vardır.	Kabul
H5: Sektörler arasında tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğunda fark vardır.	Kabul
H6: Sektörler arasında ürün ve hizmet tasarımından üretime kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğunda fark vardır.	Red
H7: Sektörler arasında planlama, üretim, tahmin, tedarik zinciri gibi süreçlerde bilgi sistemleri kullanımı yoğunluğunda fark vardır.	Kabul
H8: Sektörler arasında üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğunda fark vardır.	Red
H9: Sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğunda fark vardır.	Red
H10: Sektörler arasında tedarikçileri ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark vardır.	Kabul
H11: Sektörler arasında mevcut kabiliyetlerin ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması hususunda fark vardır.	Kabul
H12: Firmaların Endüstri 4.0'a bakış açılarında gerekli olduğunu düşünenler ile düşünmeyenler arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmalarına katkısı olacağı düşüncesinde fark vardır.	Kabul
H13: Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde fark vardır.	Kabul

5. SONUÇLAR

Endüstri 4.0 kavramı günümüzde giderek popülerliğini arttırmaktadır. Gelişmiş ülkelerin öncülüğünde başlayan teknolojik devrim şüphesiz üretim sektörünün yanı sıra toplumların her alanında kendini hissettirmektedir. Ülke olarak bu sürecin sadece izlenmesi, gerekli adımların atılmayarak teknolojik dönüşümlerin gerçekleştirilmemesi mümkün değildir. Ülke sanayimizde dördüncü endüstri devrimine geçişin gerçekleşmesi için gerekli devlet politikalarının geliştirildiği görülmektedir. BTYK öncülüğünde TÜBİTAK ve Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın ortak çalışmalarında atılması gereken adımlar araştırmada anlatıldığı üzere detaylı olarak açıklanmaktadır (TÜBİTAK, 2016). Bu adımlara ek olarak, Endüstri 4.0 yol haritası Bilim ve Sanayi Bakanlığı tarafından 2018 yılında açıklanmış ve işletmelerin Ar-Ge boyutunda ve teknik anlamda yapmaları gereken hazırlıklar anlatılmıştır. Tupa vd. (2018) çalışmalarında Endüstri 4.0 uygulamasına geçişte meydana gelebilecek risklerden bahsetmektedir. Bu riskler; siber saldırılar ve depolanan büyük verilerin kaybedilmesidir. Bu husus da dikkate alınarak gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Salkın vd. (2018) çalışmalarında endüstriyel işletmelerin tecrübelerinden yola çıkarak, gelecekte üretim, kontrol ve siber sistemlere entegre akıllı ürünlerin izlenmesi süreçlerinin insan gücü yerine otomasyonlarla gerçekleştirileceğini söylemektedir. Bu bağlamda, Endüstri 4.0 sistemlerine dönüşüm ve entegrasyon için doğru stratejik işgücü planlamaları, yeni sistemlere uygun organizasyon yapıları ve üretim sistemine dahil bütün paydaşlarla teknolojik anlamda işbirliklerinin geliştirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Böylece, Endüstri 4.0'a geçişte Endüstri 4.0 teknolojik avantajlarından faydalanılması kolaylaşmış olacaktır.

Türkiye üretim endüstrisinde farkındalığın oluşturulması, sektörlerin mevcut analizlerinin yapılması araştırmanın ana hedeflerindedir. Kağnıcıoğlu ve Özdemir (2017) çalışmalarında Endüstri 4.0 farkındalıklarını incelemiş, işletmelerin uzun vadede teknolojik yatırım gerçekleştirmesi sonucuna varmışlardır. Teknolojik yatırımların işletmelerin kendisi tarafından gerçekleştirilmesi zor olacağından işletmelere finansal, bilgi, tecrübe paylaşımı ve stratejik yardımların yapılmasının gerektiğini söylemişlerdir. Bu araştırma kapsamında, üretim endüstrisinin mevcut durumu düşünülerek Endüstri 4.0 farkındalığını incelemek için hipotezler kurulmuştur. Hipotezler katılımcılardan alınan cevaplar doğrultusunda değerlendirilmiştir. Sonucunda katılımcıların Endüstri 4.0 bilgi seviyeleri, işletmelerinin teknolojik altyapı durumları, bilgi teknolojileri ve bilişim

altyapı durumları, işletmelerinde kullanılan iş modelleri, üretim ve hizmetler, işletmelerinin süreç analizleri ve Endüstri 4.0 bağlamında genel değerlendirme yargıları incelenmiştir. Benzer şekilde, Kağncıoğlu ve Özdemir (2017) çalışmalarında Endüstri 4.0 farkındalığı sonucunda kişilerin Endüstri 4.0 bilgi seviyesinin yüksek, işletmede yönetsel anlamında ise Endüstri 4.0 bilgi seviyesinin düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Anket sorularına verilen cevaplar doğrultusunda, katılımcıların Endüstri 4.0 kavramına olumlu baktığı durumlar vardır. Bu durumları analiz etmek gerekirse, işletmeler Endüstri 4.0'a geçişi genel anlamda gerekli görmektedir. Ayrıca, katılımcılar işletmeleri için gerekli katkıların Endüstri 4.0 ile sağlanacağı konusunda pozitif düşünmektedir. Simülasyon, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik gibi Endüstri 4.0 teknolojik bileşenlerinden gerekli katkının sağlanacağı yine katılımcıların olumlu görüş bildirdiği konulardandır. Katılımcıların işletmelerinde, üretim süreçlerinde yüksek teknoloji içerilmektedir. İşletmelerin üretim sisteminden anlık veri toplama kabiliyetleri oldukça yüksektir. Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunlukları yüksek görülmektedir. Üretim planlama ve kontrolünde anlık analizler ile talebe göre esneklik kabiliyetleri de katılımcılara göre işletmelerde yüksektir.

Katılımcılar olumlu cevapların yanı sıra, bazı anket soruları için daha düşük seviyede olumlu cevaplar vermiştir. Bu doğrultuda değerlendirme yapılacak olunursa, çalışma kapsamına göre işletmelerin tedarikçiler ve diğer partnerlerle olan bağlantı seviyeleri kısmen olumludur. İşletmelerin mevcut veri toplama ve analiz etme becerileri, ürün veya hizmet geliştirme sürecinde firma dışı kaynakların kullanılma seviyeleri, ürün veya hizmetlerin müşteriye tanıtılma süreçleri, müşteri taleplerini geri bildirmede kullanılan yöntem çeşitlilikleri de kısmen olumludur. İşletmelerin mevcut bilgi sistemleri Endüstri 4.0 için tam hazır görülmemektedir. İşletmelerin mevcut bilgi sistemlerinin ihtiyaçları karşılama ve Endüstri 4.0'a geçişleri gerçekleşirse yeni sisteme uyum sağlama ihtimali de katılımcı cevapları doğrultusunda kısmen olumlu görülmektedir.

Olumlu görüşlerin yanı sıra, katılımcılar bazı hususlarda olumsuz görüşler bildirmiştir. Katılımcıların cevapları ortalamaları doğrultusunda işletmelerin Endüstri 4.0'a henüz hazır olmadığı söylenebilmektedir. İşletmelerde Endüstri 4.0 çalışmalarının kısıtlı olduğu, mevcut bilgi sistemlerinin de Endüstri 4.0 için yeterli olmayacağı da çalışma kapsamında görülmektedir. Endüstri 4.0 bileşenleri içinde önemli bir yere sahip olan bulut sistemlerinin, işletmelerinde sınırlı olduğu düşünüldüğü ve işletmelerin mevcut kabiliyet ve kaynaklarının Endüstri 4.0'a geçişte sınırlı ölçüde hazır oldukları

görülmektedir. KOBİ'ler çerçevesinde düşünülecek olursa, anket cevapları doğrultusunda KOBİ'lerin Endüstri 4.0 gerekliliklerini yerine getiremeyeceği söylenebilmektedir. Endüstri 4.0'a geçiş için işletmelerin mevcut bilgi sistemlerinin yeterli görülmediği gibi, mevcut bilişim altyapısının da Endüstri 4.0 uygulamaları için uygun olmayacağı da görülmektedir.

Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018) tarafından yayınlanan Endüstri 4.0 yol haritasına göre, ülkemizin 2023 hedefleri doğrultusunda ilerlemesi ve dünyada ilk 10 ekonomi arasında yer alması için Ar-Ge harcama payının GSYİH içinde yüzde 1'den yüzde 3'e çıkarılması kararı, dijitalleşme için önemli bir adımdır. Sanayide dijitalleşmenin gerçekleştirilmesi için nitelikli bir üretim endüstrisi altyapısı kurulması gerekmektedir. Katılımcılara da bu yol haritasına uygun şekilde Endüstri 4.0'a geçiş için fikirleri ve mevcut teknolojik bileşenlere uygunlukları sorulmuştur. Anket sonuçları değerlendirildiğinde, katılımcılar işletmelerin Endüstri 4.0'a geçişini gerekli görmekte ve işletmelerine sağlayacağı katma değerlerin farkındadır. Fakat, Endüstri 4.0 uygulanması için gerekli teknolojik, bilgi sistemleri, bilişim altyapılarının mevcut işletme sistemleriyle karşılanamayacağı düşünülmektedir.

H₁ hipotezinde sektörler arasında Endüstri 4.0'a geçiş için firmaların mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği konusundaki farklılık incelenmiştir. H₁ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₁ hipotezi reddedilmiştir. Sonuç olarak, sektörler arasında Endüstri 4.0'a geçiş için firmaların mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği konusunda fark olmadığı sonucuna varılmıştır. Katılımcıların "Endüstri 4.0'a geçiş için firmanızın mevcut bilgi seviyesinin yeterliliği nedir?" anket sorusuna vermiş oldukları cevaplar katılımcıların sektörlerine göre kategorize edildiğinde cevapların büyük oranda değişmediği görülmüştür (Ortalama cevaplar sırasıyla metal, makine ve ekipmanları sektörleri için 2,83, gıda, tütün ve alkol sektörleri için 2,44, otomotiv ve elektronik sektörleri için 2,94, kimya, plastik, ilaç, temizlik sektörleri için 2,70, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat sektörleri için 2,80, diğer sektörler için 2,78).

H₂ hipotezinde sektörler arasında firmaların mevcut bilişim altyapılarının Endüstri 4.0 ile uygunluğu konusundaki farklılık incelenmiştir. H₂ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₂ hipotezi reddedilmiştir. Sektörler arasında firmaların mevcut bilişim altyapılarının Endüstri 4.0 ile uygunluğu konusunda fark bulunmaması sonucuna ulaşılmıştır. Katılımcıların "Firmanızda mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu nedir?" anket sorusuna vermiş oldukları cevaplar

sektörlere göre kategorize edildiğinde cevapların büyük oranda değişmediği görülmüştür (Ortalama cevaplar sırasıyla metal, makine ve ekipmanları sektörleri için 2,59, gıda, tütün ve alkol sektörleri için 2,46, otomotiv ve elektronik sektörleri için 2,83, kimya, plastik, ilaç, temizlik sektörleri için 2,44, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat sektörleri için 2,66, diğer sektörler için 2,71).

H₃ hipotezinde sektörler arasında ürün veya hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirilme kabiliyetlerindeki farklılıklar incelenmiştir. H₃ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₃ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuç olarak, sektörler arasında ürün veya hizmetlerin müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirilme kabiliyetlerinde fark olduğu söylenebilmektedir. Katılımcıların “Ürün veya hizmetlerinizi müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirme kabiliyetiniz nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevaplar sektörler göre kategorize edildiğinde ortalama cevaplarda farklılıklar görülmektedir (Ortalama cevaplar sırasıyla metal, makine ve ekipmanları sektörleri için 2,98, gıda, tütün ve alkol sektörleri için 3,06, otomotiv ve elektronik sektörleri için 3,62, kimya, plastik, ilaç, temizlik sektörleri için 3,18, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat sektörleri için 4,26, diğer sektörler için 3,43).

H₄ hipotezinde sektörler arasında üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı oranındaki farklılıklar incelenmiştir. H₄ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₄ hipotezi kabul edilmiştir. Yani, sektörler arasında üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı oranında farklılık vardır. Katılımcıların “Üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevaplar kategorize edildiğinde sektörler göre ortalama cevaplarda farklılıklar görülmektedir (Ortalama cevaplar sırasıyla metal, makine ve ekipmanları sektörleri için 3,15, gıda, tütün ve alkol sektörleri için 3,02, otomotiv ve elektronik sektörleri için 3,45, kimya, plastik, ilaç, temizlik sektörleri için 3,18, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat sektörleri için 3,60, diğer sektörler için 4,00).

H₅ hipotezinde sektörler arasında tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu oranındaki farklılıklar incelenmiştir. H₅ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₅ hipotezi kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, sektörler arasında tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu oranında farklılıklar olduğu söylenmektedir. Katılımcıların “Tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde müşteri verilerini analiz etme ve değerlendirme yoğunluğu nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevaplar kategorize edildiğinde

bulunmamaktadır. Katılımcılar “Üretimden ürün ve hizmetin müşteriye teslimine kadar olan süreçte teknoloji kullanım yoğunluğu nedir?” anket sorusuna verilen cevaplara göre kategorize edildiğinde sektörler için ortalama cevaplar farklılıklar görülmemiştir (Ortalama cevaplar sırasıyla metal, makine ve ekipmanları sektörleri için 2,94, gıda, tütün ve alkol sektörleri için 3,04, otomotiv ve elektronik sektörleri için 3,35, kimya, plastik, ilaç, temizlik sektörleri için 3,07, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat sektörleri için 3,00, diğer sektörler için 3,50).

H₉ hipotezinde sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusundaki farklılıklar incelenmiştir. H₉ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₉ hipotezi reddedilmiştir. Yani, sonuçlar doğrultusunda mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusunda farklılık bulunmadığı söylenebilmektedir. Katılımcılar “Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu nedir?” anket sorusuna verilen cevaplara göre kategorize edildiğinde sektörler için ortalama cevaplar farklılıklar görülmemiştir (Ortalama cevaplar sırasıyla metal, makine ve ekipmanları sektörleri için 2,88, gıda, tütün ve alkol sektörleri için 2,78, otomotiv ve elektronik sektörleri için 3,13, kimya, plastik, ilaç, temizlik sektörleri için 2,70, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat sektörleri için 2,66, diğer sektörler için 2,93).

H₁₀ hipotezinde sektörler arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesindeki farklılıklar incelenmiştir. H₁₀ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₁₀ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuç olarak, sektörler arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark olduğu söylenmektedir. Katılımcılar “Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?” anket sorusuna verilen cevaplara göre kategorize edildiğinde sektörler için ortalama cevaplar farklılıklar görülmüştür (Ortalama cevaplar sırasıyla metal, makine ve ekipmanları sektörleri için 2,89, gıda, tütün ve alkol sektörleri için 2,84, otomotiv ve elektronik sektörleri için 3,45, kimya, plastik, ilaç, temizlik sektörleri için 2,85, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat sektörleri için 2,80, diğer sektörler için 3,36).

H₁₁ hipotezinde sektörler arasında mevcut kabiliyetlerin ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusundaki farklılıklar incelenmiştir. H₁₁ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₁₁ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuç olarak, sektörler arasında işletmelerin mevcut kabiliyetleri ve kaynaklarının Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusunda farklılıklar

bulunmaktadır. Katılımcılar “Mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli mi? (üretim, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı vb.)” anket sorusuna verilen cevaplara göre kategorize edildiğinde sektörler için ortalama cevaplarda farklılıklar görülmüştür (Ortalama cevaplar sırasıyla metal, makine ve ekipmanları sektörleri için 2,80, gıda, tütün ve alkol sektörleri için 2,60, otomotiv ve elektronik sektörleri için 3,24, kimya, plastik, ilaç, temizlik sektörleri için 2,48, kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat sektörleri için 2,46, diğer sektörler için 2,71).

H₁₂ hipotezinde Endüstri 4.0’ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmalarına katkısı olacağı düşüncesindeki farklılıklar incelenmiştir. H₁₂ hipotezi için t testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₁₂ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuç olarak, çalışma verilerine göre Endüstri 4.0’ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmalarına katkısı olacağı düşüncesinde farklılıklar bulunmaktadır. Katılımcılar işletmelerin Endüstri 4.0’a bakış açılarına göre gruplandırıldığında, “Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?” anket sorusuna grupların vermiş olduğu ortalama cevaplar ve gruplar arası farklılıklar görülmüştür (Ortalama cevaplar sırasıyla firmalarında Endüstri 4.0’a gerekli görenler 3,53, gerekli görmeyenler 2,60).

H₁₃ hipotezinde firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesindeki farklılıklar incelenmiştir. H₁₃ hipotezi için t testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₁₃ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuçta, çalışma verilerine göre firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde farklılıklar bulunmaktadır. Katılımcılar işletmelerinde Endüstri 4.0’la ilgili çalışma yapmayanlar ve yapanlar olarak iki gruba ayrıldığında, “Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?” anket sorusuna grupların vermiş olduğu ortalama cevaplar ve gruplar arası farklılıklar görülmüştür (Ortalama cevaplar sırasıyla firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar 2,67, çalışma yapanlar 3,27).

Katılımcılar “Endüstri 4.0’a geçişte KOBİ’lerin karşılaştıkları en büyük 3 sorun nedir?” anket sorusunda araştırma kapsamında belirlenen 7 kritik sorunun içinden 3 tanesini seçmiştir. Sonuç olarak, araştırma kapsamına göre KOBİ’lerin Endüstri 4.0’a geçişte karşılaşacağı en büyük sorunlar önem sırasına göre sermaye (% 64,4), nitelikli

işgücü (% 50,5), fiziksel ve teknolojik altyapı (% 47), bilgi (% 43,1), eğitim, danışmanlık, iş birliği, destek yetersizlikleri (% 43,1), belirsizlik (% 27,2) ve firma kültürüdür (% 25,7). Benzer Şekilde, Tupa vd. (2017) alışmalarında Endüstri 4.0 uygulamalarında oluşabilecek olası problemleri düşünerek risk analizi yapmışlardır. Üretim sektörüne yönelik bu analizde bilgi güvenliği (depolanması, depolanan verilerin sistemden silinmemesi, siber saldırılara karşı korunması) riskli gruba dahil edilmiş ve bu hususta önlemlerin alınması gerektiğinden bahsetmiştir. Motyl vd. (2017) alışmalarında Endüstri 4.0 konusunda İtalya’da belirli üniversitelerde eğitim sistemi üzerine bir araştırma yapmıştır. Sonucunda, Endüstri 4.0’a geçişte işgücünün ve eğitimin önemli problemler oluşturabileceğinden, bu bağlamda gerekli önlemlerin alınması gerektiğinden bahsetmiştir.

Araştırmaya katılan firmalar sektörlere göre kategorize edildiğinde, sonuçlar otomotiv ve elektronik sektörlerinde Endüstri 4.0 farkındalığının yüksek olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla lke üretim endüstrisi adına, uygulamalara öncelikli olarak Endüstri 4.0 farkındalık seviyesinin yüksek olduğu otomotiv veya elektronik sektörlerinden başlanması Endüstri 4.0 sürecine entegrasyonda önemli bir adım olarak görülmektedir.

5.1. Araştırmanın Kısıtları ve Gelecekteki alışmalar İçin neriler

Mevcut araştırma 202 katılımcıdan oluşmaktadır. Gelecekte katılımcı sayısı arttırılarak daha kapsamlı bir analizin gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Katılımcı sayısının artmasıyla sonuçlar daha fazla yorumlanabilir olacaktır.

Gelecekte mevcut araştırma anketinde olmayan kısım olarak, Endüstri 4.0’ın dezavantajları araştırılabilir. İşletmelerde meydana gelebilecek Endüstri 4.0 olumsuz etkileri üzerinden bir çalışma yapılabilir. Çalışma kapsamında katılımcılara Endüstri 4.0’a geçişte KOBİ’lerin karşılaşacakları en büyük 3 sorun sorulmuştur. Bu kapsamda çalışma geliştirilip, belirlenen sorunların işletmelere ne tür dezavantajlar oluşturacağı araştırılabilir.

Endüstri 4.0’ın insan kaynakları politikalarında oluşturacağı stratejik değişimler bir başka çalışmada yer alabilir. Yeni sistemin ihtiyaçlarına paralel oluşması beklenen meslek grupları, önemini kaybedecek meslek grupları araştırılabilir. Endüstri 4.0’ın istihdama etkisinin olumlu ya da olumsuz gerçekleşmesi yönünde araştırma yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

ACATECH (2013). Acatech: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industry 4.0 Working Group.

Ahrens, D. and Spöttl, G. (2015). Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: *Hirsch-Kreinsen Hartmut, Ittermann Peter, Niehaus Jonathan (eds) Digitalisierung industrieller Arbeit*. Nomos, Baden-Baden, pp. 185–203

Akaev, A. and Rudskoi, A. (2017). Industry 4.0 Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape, Part I Structural Change and Cycles, Economic Potential of Breakthrough Technologies and Its Social Consequences. [Adobe Acrobat Reader sürümü], Erişim adresi: <http://www.springer.com/series/15330>.

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

Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, sayı. 8, ss. 19-30, <http://dx.doi.org/10.15637/jlecon.129> (Erişim tarihi: 22.04.2018)

Aydın, N. (2018). Almanya'nın Endüstri 4.0 Vizyonu. <http://www.endustri40.com/almanyain-endustri-4-0-vizyonu/> (Erişim tarihi: 18.04.2018)

Bartodziej, C. J. (2017). The Concept Industry 4.0 An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics. <http://www.springer.com/gp/book/9783658165017> (Erişim tarihi: 18.04.2018)

Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D. and Ganschar, O. (2014). Industry 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Studie. In: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM). *Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO*.

Baur, C. and Wee, D. (2015). Manufacturing's Next Act?. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturing-next-act> (Erişim tarihi: 24.03.2018)

Bakanlar Kurulu Kararı. Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması Hakkında yönetmelik. 19/10/2005, No: 2005/9617, Değişik: 10/9/2012-2012/3834 K.

Benesova, A. and Tupa, J. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, pp. 2195 – 2202.

Bortolini, M., Ferrari, E., Gamberi, M., Pilati, F. and Faccio M. (2017). Assembly system design in the Industry 4.0 era: a general framework. *IFAC PapersOnLine*, 50-1, 5700–5705.

Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2018). Türkiye'nin Sanayi Devrimi Dijital Türkiye Yol Haritası. <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf> (Erişim tarihi: 24.12.12018)

Bradley, J. M. and Atkins, E. M. (2015). Optimization and Control of Cyber-Physical Vehicle Systems, Sensors. volume. 15, pp. 23020-23049.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. and Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An

Industry 4.0 Perspective. *World Acad. Sci. Eng. Technol. Int. J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatron, Manuf. Engineering*, 8(1), pp. 37–44.

Can, A. V. ve Kıymaz, M. (2016). Bilişim teknolojilerinin perakende mağazacılık sektörüne yansımaları: Muhasebe departmanlarında Endüstri 4.0 etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı. CİEP Özel Sayısı, ss. 107-117.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and The Internal Structure of Tests. *Psychometrika*, Vol. 16, No. 3

EBSO (2015). Sanayi 4.0. Ege Bölgesi Sanayi Odası Araştırma Müdürlüğü

Ege, B. (2014). 4. Endüstri Devrimi Kapıda Mı?. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 558, ss. 27-29.

Eurostat (2016). Digital economy and society statistics - households and individuals. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Digital_economy_and_society_statistics_-_households_and_individuals (Erişim tarihi: 25.07.2018)

Felice, F. D., Petrillo, A. and Zomparelli, F. (2017). Prospective design of smart manufacturing: An Italian pilot case study. *Manufacturing Letters*, <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2017.12.002> (Erişim tarihi: 14.05.2018)

Fırat, S. Ü. ve Fırat, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*, Sayı. 114, ss. 10-23.

Gabaçlı, N. ve Uzunöz, M. (2017). IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. Uluslararası Politik, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Kongresi*, Bildiriler Kitabı, Cilt:2 Ekonomik Araştırmalar, ss. 149-174.

Garbie, I. (2016). Sustainability in Manufacturing Enterprises: Concepts, Analyses and Assessments for Industry 4.0. [Adobe Acrobat Reader sürümü], Erişim adresi: <http://www.springer.com/series/8059>

Glas, A. H. and Kleemann, F. C. (2016). The impact of industry 4.0 on procurement and supply management: A conceptual and qualitative analysis. *International Journal of Business and Management Invention*, 5(6), pp. 55-66.

Hermann, M., Pentek, T. and Otto B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *System Sciences (HICSS)*, 49th Hawaii International Conference

Huxtablea, J. And Schaefera, D. (2016). On servitization of the manufacturing industry in the UK. *Procedia CIRP*, 52, pp. 46–51.

Hofmann, E. and Rüşch, M. (2017). Industry 4.0 And The Current Status As Well As Future Prospects On Logistics. *Computers in Industry*, pp. 23–34, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>, (Erişim tarihi: 17.04.2018)

İşler, V., Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi, <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdXZ0JFgBP8gUebLtMH1B5FYXs2gxvKTm04NpdEtLZ-IOL3mA/viewform?c=0&w=1> (Erişim tarihi: 06.03.2018)

Kabaklarlı, E. (2016). Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomi – Dünya ve Türkiye ekonomisi için fırsatlar, etkiler ve tehditler. *Nobel Bilimsel Eserler*, 1. Basım, Ankara

Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig J. (2012). Bericht der Promotorengruppe Kommunikation Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0.

https://www.bmbf.de/pub_hts/kommunikation_bericht_2012-1.pdf. (Erişim tarihi: 17.04 2018)

Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Industrie 4.0 Çalışma Grubu, Almanya

Kağnıcıoğlu, C. H. ve Özdemir, E. (2017). Endüstri 4.0 Bağlamında Eskişehir İlindeki Kobi'lerin Değerlendirilmesi. *PressAcademia Procedia (PAP)*, sayı. 3, ss. 900-908.

Kalaycı, ř., (2009). SPSS Uygulamalı Çok değişkenli İstatistik Teknikleri. *Ankara : Asil Yayın Dağıtım*.

Kalaycı, ř., (2014). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. *Asil Yayınları*, Ankara.

Kocsi, B. and Oláh J. (2017). Potential connections of unique manufacturing and industry. *LogForum* 13 (4), pp. 389-400, <http://dx.doi.org/10.17270/J.LOG.2017.4.1> (Erişim tarihi:15.04.2018)

Kopetz, H. (2011). Internet of Things Systems, pp. 307-323, [Adobe Acrobat Reader sürümü], Erişim adresi: <https://www.springer.com/us/book/9783319697147>

Lee, J., Bagheri, B. and Kao, H. (2014). Recent Advances and Trends of Cyber-Physical Systems and Big Data Analytics in Industrial Informatics. *IEEE Int. Conference on Industrial Informatics (INDIN)*.

Lezzi, M., Lazoi, M. and Corallo, A. (2018). Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework. *Computers in Industry*, 103, pp. 97–110

Liao, Y., Deschamps, F., Loures E. F. R. and Ramos L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55:12, pp. 3609-3629, DOI: 10.1080/00207543.2017.1308576 (Erişim tarihi: 19.04.2018)

Mehami, J., Nawi, M. and Zhong, R. Y. (2018). Smart automated guided vehicles for manufacturing in the context of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 26, pp. 10077-1086.

Miranda, S. F., Marcos, M., Peralta, M. E. and Aguayo, F. (2017). The challenge of integrating Industry 4.0 in the degree of Mechanical Engineering. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1229-1236.

Morrar, R., Arman, H. and Mousa S. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11).

Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D. and Flippi S. (2017). How will change the future engineers' skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey. *Procedia Manufacturing*, 11, pp. 1501 – 1509.

Mrugalska, B. and Wyrwicka, M. K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, pp. 466 – 473.

Mühlhäuser, M. (2007). Constructing Ambient Intelligence. *Workshops Darmstadt, Almanya*.

Nunes, M. L., Pereira, A.C. and Alves, A.C. (2017). Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1215–1222.

- Onar, S. Z., Üstündağ, A., Kadaifçi, Ç. and Öztayşi B. (2018). The Changing Role of Engineering Education in Industry 4.0 Era. *Springer Series in Advanced Manufacturing*, Chapter 8, A Conceptual Framework for Industry 4.0 [Adobe Acrobat Reader sürümü] , pp. 137-154. Erişim adresi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_1
- Özkurt, C. (2016). Endüstri 4.0 perspektifinden Türkiye’de imalat sanayinin durumu: Sakarya imalat sanayi üzerine bir anket çalışması. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> (Erişim tarihi: [22.04.2018](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_1))
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21 (1), ss. 41-64.
- Öztürk, E. ve Koç, K. H. (2017). Endüstri 4.0 Ve Mobilya Endüstrisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6 (3), ss. 786-794.
- Pereira, A.C. and Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1206–1214.
- PwC Strategy& GmbH (2014). Industry 4.0. Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. <http://www.pwc.de/de/digitaltransformation/pwc-studie-industrie-4-0-steht-vor-dem-durchbruch.jhtml> (Erişim tarihi: 8.04.2018)
- Rauen, H. (2012). Industry 4.0 – The Technological Revolution Continues [Video], (Speaker). www.vdma.org/video-item-display/-/videodetail/3019396 (Erişim tarihi: 26.02.2018)
- Salkın, C., Öner, M., Üstündağ, A. and Çevikcan E. (2018). Industry 4.0: Managing The Digital Transformation, *Springer Series in Advanced Manufacturing*, Chapter 1, A Conceptual Framework for Industry 4.0 [Adobe Acrobat Reader sürümü] , pp. 3-22. Erişim adresi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_1
- Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araujo, M. and Ares E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 972–979.
- Santos, M.Y., Sa, J. O., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., Martinho, B. and Galvao, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37, pp. 750–760.
- Sayılgan, E. ve İşler, Y. (2017). Medikal Endüstri 4.0 ile Tıbbi Cihaz Sektörü. Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO).
- Schmitt, K. (2013). Top 5 Reasons Why Industry 4.0 Is Real And Important, Digitalist Magazine. <https://www.digitalistmag.com/industries/manufacturingindustries/2013/10/15/top-5-reasons-industry-4-0-real-important-0833970> (Erişim tarihi: 26.03.2018)
- Schönsleben, P., Fontana, F. and Duchi, A. (2017). What benefits do initiatives such as Industry 4.0 offer for production locations in high-wage countries?. *Procedia CIRP*, 63, pp. 179 – 183.
- Selek, A. (2015). Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk. <http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, (Erişim tarihi: 26.02.2018)
- Sener, S. ve ELEVLI, B. (2017). Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim. *Mühendis Beyinler Dergisi*, 2(1), ss. 1-13.

- Siemens. Endüstri 4.0 Yolunda. http://cdn.endustri40.com/file/ab05aaa7695b45c5a6477b6fc06f3645/End%C3%BCstri_4.0_Yolunda.pdf (Erişim tarihi: 26.05.2018)
- Spath, D., Ganscher, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T. and Schlund, S. (2013). Produktionsarbeit der Zukunft – Industry 4.0. In: Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Stuttgart.
- Sung, T.K. (2017). Technological Forecasting & Social Change. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005> (Erişim tarihi: 21.05.2018)
- Trappey, A. J. C., Trappey, C. V., Govindarajan, U. H., Chuang, A. C. and Sun J. J. (2017). A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 33, pp. 208–229, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2016.11.007> (Erişim tarihi: 13.04.2018)
- Topal, Ş. (2018). Atos'tan Yenilikçi Endüstri 4.0 Uygulamaları. <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-uygulamada-atostan-yenilikci-endustri-4-0-uygulama-ornekleri/>, (Erişim tarihi: 18.04.2018)
- Tupa, J., Simota, J. and Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, pp. 1223 – 1230.
- TÜBİTAK (2016). Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası.
- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v2-03ocak2017.pdf (Erişim tarihi: 12.02.2018)
- Ünal, C. B. (2017). Endüstri 4.0 : Dünya'dan Örnekler. <https://tr.linkedin.com/pulse/end%C3%BCstri-40-d%C3%BCnyadan-%C3%B6rnekler-can-baran-%C3%BCnal> (Erişim tarihi: 19.04.2018)
- Vaidya, S., Ambad, P. and Bhosle S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, pp. 233 – 238.
- Wagner, T., Herrmann, C. and Thiede S. (2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia CIRP*, 63, pp. 125 – 131.
- Wang, S., Wan, J., Li, D. and Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks Volume*, Article ID 3159805, pp. 1-10.
- Yazıcı, E. ve Düzgaya, H. (2016). Endüstri devriminde dördüncü dalga ve eğitim: Türkiye dördüncü dalga endüstri devrimine hazır mı?. *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama [Journal of Education and Humanities: Theory and Practice]*, 7 (13), ss. 49-88.

7. EKLER

EK-1: Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi

Bu çalışma İşletme Mühendisliği Yüksek Lisans Bitirme Tezi çalışması kapsamında yapılmaktadır. Endüstri 4.0 ve üretimde dijitalleşme kavramına göre işletmelerin mevcut durumları ve Endüstri 4.0'a bakış açıları verilen cevaplar paralelinde değerlendirilecektir. Anket; üretim sektöründe bulunan firmalarda çalışan üst düzey yöneticiler ve üretim, üretim planlama, kalite, ar-ge, pazarlama departmanlarında çalışanlar ve yöneticiler tarafından doldurulacaktır.

İlginiz için teşekkür ederiz.

Arş. Gör. Eren KAMBER
BOLATAN

Dr. Öğr. Üyesi Gülin İdil SÖNMEZTÜRK

eren.kamber@alanya.edu.tr

gulin.bolatan@alanya.edu.tr

0 242 510 60 60

0 242 510 60 60

A- Genel Bilgiler

1- Firma faaliyet alanı

.....

2- Firma çalışan sayısı

() 1-9

() 10-49

() 50-250

() 250+

3- Göreviniz

.....

B- Endüstri 4.0

4- Endüstri 4.0 konusunda bilgi seviyeniz?

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

5- Endüstri 4.0 Platformlarına üye misiniz? (Forumlar, topluluklar vb.)

() Evet

() Hayır

6- Firmanızın Endüstri 4.0'a bakışı nedir?

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

7- Firmanızda Endüstri 4.0'a yönelik çalışmalar yapıyor mu?

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

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

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

9- Firmanızda mevcut bilişim altyapısının Endüstri 4.0 ile uygunluğu nedir?

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

C- İş Modeli, Ürün ve Hizmetler

10- Ürün veya hizmetlerinizi geliştirme yönteminiz nedir?

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

11- Ürün veya hizmetlerinizi müşteri ihtiyaçlarına göre özelleştirme kabiliyetiniz nedir?

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

12- Üretim ve müşteri verilerini analiz etme sıklığı nedir?

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

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

Sadece firma kaynaklı kullanılıyor	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Dış kaynak kullanımını yoğun olarak gerçekleştiriliyor
------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	--

D- Pazarlama, Müşteriye Ulaşma

14- Ürün ve hizmetlerin müşteriye tanıtılmasında kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedir?

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

15- 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.)
--	-----	-----	-----	-----	-----	---

16- Fiyatlandırma politikasında izlenen yöntem çeşitliliği nedir?

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

17- 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
----------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	--

E- Süreç Yönetimi

18- 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.)
---	-----	-----	-----	-----	-----	--

19- 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
---------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	--

20- 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
---------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	---

21- 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.)
---	-----	-----	-----	-----	-----	--

22- 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
---------------------	-----	-----	-----	-----	-----	---

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

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

F- Bilgi Sistemleri Altyapısı

24- Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu nedir?

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

25- 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
--	-----	-----	-----	-----	-----	--

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

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

27- Mevcut bilgi sistemleri altyapısının ihtiyaçları karşılama seviyesi nedir?

Çok yetersiz	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	ok yeterli
--------------	-----	-----	-----	-----	-----	-------------

28- Tedarikçiler ve diğerk partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?

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

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

Çok kolay	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	ok zor
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	---------

30- Mevcut veri toplama ve analiz etme kabiliyetlerinizi nasıl değerlendiriyorsunuz?

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

G- Değerlendirme

31- Mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli mi? (retim, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı vb.)

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

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

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

33- Modelleme ve Simülasyon teknolojilerini daha önce kullandınız mı?

() Evet

() Hayır

34- Modelleme ve Simülasyon teknolojilerinin süreçlerinize fayda sağlayacağını düşünüyor musunuz?

Hiç faydası olmayacaktır	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	ok faydalı olacaktır
--------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----------------------

35- Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik teknolojilerini daha önce kullandınız mı?

() Evet

() Hayır

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

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

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

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

38- KOBİ'ler Endüstri 4.0 gerekliliklerini sağlayabilirler mi?

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

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

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

40- 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

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

.....

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Eren KAMBER

E posta: eren.kamber@alanya.edu.tr

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2004-2009, İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Lisans Mezunu
- 2011-2013, Adopen A.Ş. , Üretim Mühendisi
- 2013-2016, Topkapı İçecek Dağıtım Pazarlama A.Ş. Antalya Alkollü İçecekler, Üretim ve Malzeme Planlama Şefi
- 2016- , Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, İşletme Mühendisliği A.B.D, Yüksek Lisans

İlgi Alanları:

- Üretim Yönetimi, Endüstri 4.0, Kurumsal Kaynak Planlaması, Yöneylem Araştırması, Lojistik Yönetimi, İstatistik, İnsan Kaynakları Yönetimi, Yönetim Organizasyon, Üretim Planlama ve Kontrol, Toplam Kalite Yönetimi, Finansman Yönetimi

Yayımları ve Bilimsel Faaliyetleri:

- Kamber E. ve Sönmeztürk Bolatan G. İ. (2018), “TÜRKİYE VE ENDÜSTRİ 4.0”, International Conference on Economic Research, 19-20 Ekim, Alanya, Türkiye