

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİNİN
ÖRGÜTSEL PERFORMANSA ETKİLERİNİ
BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA
DOKTORA TEZ

Danışman Hazırlayan
Prof. Dr. Bünyamin AKDEMİR Meral ÇALIŞ DUMAN

MALATYA 2020

**Bu Araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından
SDK-2019-965 Proje Numarası ile Desteklenmiştir.**

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİNİN ÖRGÜTSEL
PERFORMANSA ETKİLERİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN
MERAL ÇALIŞ DUMAN

DANIŞMAN
PROF. DR. BÜNYAMİN AKDEMİR

MALATYA-2020

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİNİN
ÖRGÜTSEL PERFORMANSA ETKİLERİNİ
BELİRLEMeye YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA
DOKTORA TEZİ**

DANIŞMAN

PROF. DR. BÜNYAMİN AKDEMİR

HAZIRLAYAN

MERAL ÇALIŞ DUMAN

Jürimiz 07.01.2020 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda bu doktora tezinin (oybirliği /oyçokluğu) ile başarılı bulunarak İşletme Anabilim, Yönetim ve Organizasyon Bilim dalında doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyelerinin Unvan Ad Soyadı

İmzası

1. Prof. Dr. Bünyamin AKDEMİR

2. Prof. Dr. Mehmet DENİZ

3. Doç. Dr. Oğuzhan GÖKTOLGA

4. Dr. Öğretim Üyesi Hatice Gökçe DEMİREL

5. Dr. Öğretim Üyesi Cem AYDEN

İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih vesayılı kararıyla bu tezin kabulü onaylanmıştır.

Unvan Ad Soyad

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü



Canım kızım Duru'ya...

ONUR SÖZÜ

Prof. Dr. Bünyamin Akdemir'in danışmanlığında doktora tezi olarak hazırladığım “Endüstri 4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgütsel Performansa Etkilerini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Meral ÇALIŞ DUMAN



ÖNSÖZ

Endüstri 4.0'ın yarattığı dijital dönüşüm henüz yeni bir konudur. Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de Endüstri 4.0 konusunda gerekli çalışmalara başlamıştır. Türkiye’nin E4.0 hedefleri “Dijital Türkiye” olarak isimlendirilmiş ve gerekli stratejiler, farkındalık analizleri ve yol haritaları oluşturulmaya başlanmıştır. Devlet, hükümet, kamu kurum ve kuruluşları, sivil toplum kuruluşları ve danışman işletmeler ile Türkiye’nin dijital dönüşüm yolculuğu başlamıştır. Bu sebeple de özellikle 2018 yılından itibaren Türkiye bilimsel araştırmalar konusunda, TÜBİTAK ve diğer önemli kuruluşlar bünyesinde, öncelikli çalışma konuları arasında Endüstri 4.0 ve Türkiye’nin Dijital Dönüşümü konularını almıştır.

Türkiye’nin öncelikli çalışma konularına aldığı Endüstri 4.0, biz araştırmacıların da dikkatini çekmiş ve bu konuda nazikane, ülkemize ve işletme alanına katkı sunmak, faydalı olmak hedeflenmiştir. Ülkemiz için başlangıç aşamasında olan Endüstri 4.0 konusunu çalışmak için seçtiğimde, bana inanan, başarabileceğimi düşünen ve her zaman desteklerini üzerimden esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Bünyamin AKDEMİR hocama sonsuz şükranlarımı sunarım. Ayrıca tezime destek olan İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne projemizi kabul ettiği ve tezimiz için gerekli araç-gereçleri temin ettiği için teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca bana her zaman inanan ve maddi-manevi yanımda yer alan canım anneme ve babama, kardeşlerime, eğitimim süresince stres ve sıkıntılarımı paylaşan ve azaltan eşime en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Bununla birlikte tezimde emeği olan, özellikle görsel şekillerin oluşturulmasında ve Türkçe’ye photoshop programı ile uyarlanmasında, Öğr. Grv. Mustafa AKSOĞAN hocama katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tezi yazma gücünü, aklını ve sabrını bana veren, bilim için üretebilme, insanlığa faydalı olabilme ve öğrenci yetiştirilebilme yeteneğini bana bağışlayan Allah’a sonsuz şükürler olsun. Tezimle birlikte doğan ve büyüyen canım kızımdan aldığım değerleri vakitleri, ona yansıttığım stres ve sıkıntıları bu tezi kendisine armağan ederek, affına sığınıp, hayattaki en değerli eserime, akademik hayatımın en değerli eserini, tezimi, atfediyorum.

ÖZET

2011 yılında Almanya endüstrisi önderliğinde, yüksek teknoloji çözümler kapsamında gerçekleştirilen Endüstri 4.0, internetin sanayi sektöründe kullanılabilir hale gelmesine ve üretimin dijitalleşmesine ilişkin çatı bir kavram olarak açıklanmıştır. İçerisinde yer alan teknolojik bileşenlere bağlı olarak ortaya çıkan Endüstri 4.0, başta verimlilik olmak üzere, hız, kalite, kişiselleştirilmiş üretim ve maliyetlerin azaltılmasına ilişkin temel amaçları gerçekleştirmeye yöneliktir. Söz konusu amaçlarından yola çıkarak, Endüstri 4.0 bileşenlerinin etkilerini tespit etme düşüncesi, bu araştırmanın çıkış noktasını oluşturmuştur. Bu bağlamda başlatılan çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütsel performans üzerinde etkilerini belirlemek veya tespit etmektir.

Yapılan çalışmanın birinci bölümünde Endüstri 4.0 konusunda kavramsal çerçeve hakkında teorik bilgi verilmiştir. Bu bölümde özellikle literatür özenle taranarak, konular çok boyutlu olarak ele alınmaya çalışılmıştır. Endüstri 4.0 teknolojileri anlatılırken, teknolojilerin mühendislik boyutundan ziyade, işletmecilikle ilgili olan özelliklerine değinilmiştir. İkinci bölümde, örgütsel performans kavramı ve örgütsel performans boyutları açıklanmaya çalışılmıştır. Tezin üçüncü bölümü olan araştırma bölümünde ise, literatürde ve uygulanan başarılı örneklerde ki sonuçlar ele alınarak, Endüstri 4.0 teknoloji bileşenleri ile örgütsel performans arasındaki etki ortaya konmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın araştırma kısmında, tezin amacı doğrultusunda, Kayseri Organize Sanayi Bölgesi'nde Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanan ve Endüstri 4.0 adına stratejik hedefleri olan işletmeler ana kütle olarak belirlemiştir. Bu kapsamda Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanan ve kendilerini sürece adapte etmiş işletmelerde yöneticiler ile yüz yüze görüşmeler, anketler ve ikinci elden veriler yöntemi ile veriler toplanmış ve istatistiki analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, literatürde ki sonuçlara destek olacak şekilde, Endüstri 4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütsel performansı etkilediği ve bu etkinin olumlu yönde olduğu görülmüştür. Daha geniş bir ifadeyle, Endüstri 4.0 teknoloji bileşenlerinin, örgütsel performans kriterlerinden özellikle; kârlılık, satışlar, üretim miktarı, kişi başına üretim miktarı, kapasite kullanım oranı, üretim hızı ve ürün kalitesini arttırdığı ve üretim maliyetlerinde ise ciddi azalmalara neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi, Siber Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim, Robotik Uygulamalar, Üç Boyutlu Yazıcı, Arttırılmış Gerçeklik, Örgütsel Performans, Kayseri Organize Sanayi Bölgesi

ABSTRACT

A RESEARCH TO DETERMINE THE EFFECTS OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGY COMPONENTS ON ORGANIZATIONAL PERFORMANCE

Industry 4.0, which was realized within the scope of high-tech solutions, was described as a roof concept for making the internet usable in the industrial sector and digitalizing production under the leadership of the German industry in 2011. E4.0, which emerges due to its own technological components, aims to realize the main objectives of speed, quality, personalized production and reduction of costs, especially efficiency. Based on these objectives, the idea of determining the effects of E4.0 components was the starting point of this research, The aim of this study is to determine or reveal the effects of Industry 4.0 technology components on organizational performance.

Theoretical information about the conceptual framework about Industry 4.0 was given in the first part of the study. In this section, especially the literature was examined exactly and the subjects were tried to be discussed in multidimensional way. Industry 4.0 technologies were explained in terms of business-related features rather than engineering aspects. Organizational performance concept and organizational performance dimensions were tried to be explained in the second part. Examining the results of the literature and the successful examples carried out, the effect between the components of Industry 4.0 technology and organizational performance was tried to be revealed in the third part which is the research part of the thesis.

In the research part of the study, the enterprises using Industry 4.0 technologies and having strategic targets on behalf of Industry 4.0 in Kayseri Organized Industrial Zone were selected as sample for the purpose of the thesis. In this context, data were collected by face-to-face interviews with managers, surveys and second-hand data method in enterprises using Industry 4.0 technologies and adapting themselves to the process and statistical analyzes were performed. As a result of the analyzes, it was seen that the Industry 4.0 technology components affect the organizational performance and this effect is positive in support of the results in the literature. In broader terms, it was concluded that Industry 4.0 technology components especially increase profitability, sales, production amount, production per capita, capacity utilization rate, production speed and product quality and cause significant decreases in production costs within the organizational performance criteria.

Keywords: Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Cyber-Physical Systems, Internet of Things, Big Data, Cloud Computing, Robotic Applications, 3D Printer, Augmented Reality, Organizational Performance, Kayseri Organised Industrial Zone

İÇİNDEKİLER

KABUL ONAY SAYFASI	iii
ONUR SÖZÜ.....	v
ÖNSÖZ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
KISALTMALAR	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ENDÜSTRİ 4.0 VE TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ

1.1. E4.0'ın Gelişim Süreci	4
1.1.1. Endüstri 4.0'a Hazırlık Aşaması	9
1.1.2. Endüstri 4.0'a Geçiş Aşaması	12
1.2. Endüstri 4.0 Kavramı	15
1.3. Endüstri 4.0' ın Tasarımı ve Temel Özellikleri.....	17
1.3.1. Endüstri 4.0'ın Tasarımı	17
1.3.2. Endüstri 4.0'ın Temel Özellikleri	21
1.3.2.1. Küresel Değer Zinciri Ağları Boyunca Yatay Entegrasyon	22
1.3.2.2. Akıllı Üretim Sistemlerinin Dikey Entegrasyonu	22
1.3.2.3. Tüm Değer Zinciri Boyunca Uçtan Uca Mühendislik	23
1.4. Endüstri 4.0 Teknoloji Bileşenleri.....	24
1.4.1. Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems-CPS)	26
1.4.2. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT).....	30
1.4.3. Büyük Veri.....	34
1.4.4. Bulut Bilişim	37
1.4.5. 3 Boyutlu Yazıcılar (3D Baskı, Eklemeli-Katmanlı Üretim)	41
1.4.6. Robotik Uygulamalar	43

1.4.7. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality- AG)	46
1.5. Endüstri 4.0'ın Sonucu Olarak: Akıllı İşletmeler	49
1.5.1. Akıllı İşletmelerin Özellikleri	52
1.5.2. Akıllı İşletmeler ve Çalışma Hayatına Etkileri	55
1.6. Türkiye Endüstri 4.0 Çalışmaları.....	59
1.7. Toplum 5.0 (Endüstri 5.0)	67

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÖRGÜTSEL PERFORMANS

2.1. Örgütsel Performans Kavramı	70
2.2. Örgütsel Performansın Ölçülmesinin Önemi.....	72
2.3. Örgütsel Performansı Ölçmenin Amaçları.....	73
2.4. Örgütsel Performansı Ölçmenin Faydaları.....	74
2.5. Örgütsel Performans Ölçüm Kriterleri	75
2.5.1. Etkinlik (Etkenlik)	78
2.5.2. Verimlilik.....	79
2.5.3. Kârlılık.....	80
2.5.4. Yenilik	81
2.5.5. Maliyet	82
2.5.6. Esneklik.....	83
2.5.7. Zaman/Üretim Hızı.....	84
2.5.8. Kalite	84
2.5.9. Çalışma Yaşamının Kalitesi.....	85

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİNİN ÖRGÜT PERFORMANSINA ETKİSİ VE BİR ARAŞTIRMA

3.1. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgüt Performansına Etkisi.....	88
3.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	98
3.3. Araştırmanın Kapsam ve Sınırlılıkları	99
3.4. Araştırmanın Anakütle ve Örneklemi	102
3.5. Araştırmanın Modeli ve Değişkenleri	103

3.6. Araştırmanın Hipotezleri	105
3.7. Veri Toplama Yöntemi	106
3.8. Verilerin Analizi ve Bulguları.....	108
3.8.1. İşletmelerin Kurumsal Bilgilerine Ait Frekans ve Yüzdeler	111
3.8.2. İşletmelerin E4.0 Olgunluk Düzeylerini Belirlemeye Yönelik Frekans ve Yüzdeler	116
3.8.3. İşletmelerin Örgütsel Performanslarını Ölçümlemeye Yönelik Frekans ve Yüzdeler	129
3.8.4. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgütsel Performansa Etkilerine Yönelik Regresyon Analizi Bulguları	132
3.8.4.1. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Kârlılıkla İlgili Regresyon Bulguları	132
3.8.4.2. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Maliyetle İlgili Regresyon Bulguları	134
3.8.4.3. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Satışlarla İlgili Regresyon Bulguları	136
3.8.4.4. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Üretim Miktarı ile İlgili Regresyon Bulguları	138
3.8.4.5. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Kişi Başına Üretim Miktarı ile İlgili Regresyon Analizi Bulguları	140
3.8.4.6. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Kapasite ile İlgili Regresyon Analizi Bulguları	142
3.8.4.7. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Üretim Hızı ile İlgili Regresyon Analizi Bulguları	144
3.8.5. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgütsel Performansa Etkilerine Yönelik Korelasyon Analizi Bulguları	146
3.8.6. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Örgütsel Performans Değişimini Belirlemeye Yönelik t-Testleri	152
SONUÇ VE ÖNERİLER	158
KAYNAKÇA.....	166
EKLER	191
EK: ANKET FORMU	191

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Endüstri 4.0'ın Kullanım Yüzdeleri.....	9
Tablo 1.2. E4.0 Tasarım İlkeleri	18
Tablo 1.3. Endüstri 4.0 Temel İlkeleri	24
Tablo 1.5. Klasik Bilgi Süreci ile IoT Bilgi Süreci Arasındaki Farklılıklar	33
Tablo 1.6. Bulut Bilişim Temel 3-4-5 Kuralı.....	39
Tablo 1.7. Bugünün ve Geleceğin Akıllı İşletmelerinin Kıyaslanması	51
Tablo 1.8. E4.0'ın İş Profili ve Koşullarında Ortaya Çıkaracağı Değişimler	56
Tablo 1.9. Kategorilerine Göre Yetkinlikler Kümesi.....	57
Tablo 1.10. Gelecek 5 Yıl için Çalışan Becerileri	58
Tablo 1.11. E4.0 Modeli İçin Türkiye'nin SWOT Analizi	61
Tablo 2.1. Örgütsel Performans Ölçüm Kriterleri	77
Tablo 3.1. E4.0'ın Makro ve Mikro Açından Sürdürülebilir Üretim İçin Fırsatları	94
Tablo 3.2. Güvenilirlik Analizi	109
Tablo 3.3. KMO ve Barlett Küresellik Testi Analizi	109
Tablo 3.4. Endüstri 4.0 Anketi Açıklayıcı Faktör Analizi	110
Tablo 3.5. Örgütsel Performans Anketi Açıklayıcı Faktör Analizi	110
Tablo 3.6. İşletmelerin Yönetim Yapısına Ait Frekans ve Yüzdelər	111
Tablo 3.7. İşletmelerin Son 3 Yıllık Ortalama Cirolarına Ait Frekans ve Yüzdelər ...	112
Tablo 3.8. İşletmelerin Çalışan Sayılarına Ait Frekans ve Yüzdelər	113
Tablo 3.9. Katılımcıların İşletmedeki Pozisyonlarına Ait Frekans ve Yüzdelər	113
Tablo 3.10. İşletmelerin Hukuki Yapılarına Ait Frekans ve Yüzdelər	114
Tablo 3.11. İşletmelerin Faaliyet Alanlarına Ait Frekans ve Yüzdelər	115
Tablo 3.12. İşletmelerin Ar-ge Departmanının Varlığına Dair Frekans ve Yüzdelər..	116
Tablo 3.13. İşletmelerde E4.0 Konusunda Çalışabilecek Çalışanların Varlığına Dair Frekans ve Yüzdelər	116
Tablo 3.14. İşletmelerin E4.0 Aşamaları ve Olgunluk Düzeylerine Ait Frekans ve Yüzdelər.....	117
Tablo 3.15. İşletmelerin Tanımlı Ar-ge, İnovasyon ve E4.0 Hedeflerinin Varlığına Ait Frekans ve Yüzdelər	118
Tablo 3.16. İşletmelerin E4.0 Teknolojilerine Geçiş Zamanlarına Ait Frekans ve Yüzdelər.....	118

Tablo 3.17. İşletmelerin Sahip Oldukları E4.0 Teknolojileri ve Kullanım Düzeyleri .	120
Tablo 3.18. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Alt Uygulamalarına Ait Frekans ve Yüzdeler	122
Tablo 3.19. Faaliyet Alanlarına Göre İşletmelerin Kullandıkları Endüstri 4.0 Teknolojileri.....	125
Tablo 3.20. İşletmeleri E4.0 Konusunda En Fazla Zorlayan Nedenlere Ait Frekans ve Yüzdeler.....	127
Tablo 3.21: İşletmelerin Siber Güvenlik Tedbir Düzeylerine Yönelik Frekans ve Veriler..	128
Tablo 3.22. İşletmelerin Nitel Örgütsel Performans Ölçüm Kriterlerine Ait Cevapların Frekans ve Yüzdeleri	129
Tablo 3.23. İşletmelerin Nicel Örgütsel Performans Ölçüm Kriterlerine İlişkin Cevapların Frekans ve Yüzdelik Dağılımları	131
Tablo 3.24. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Kârlılık Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi.....	132
Tablo 3.25. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Maliyet Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi.....	134
Tablo 3.26. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Satışlar Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi.....	136
Tablo 3.27. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Üretim Miktarı Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi.....	138
Tablo 3.28. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Kişi Başına Üretim Miktarı Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi.....	140
Tablo 3.29. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Kapasite Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi.....	142
Tablo 3.30. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Üretim Hızı Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi.....	144
Tablo 3.31. E4.0 Teknoloji Bileşenleri ile Kalite Arasındaki İlişkiye Yönelik Korelasyon Analizi.....	147
Tablo 3.32. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Kârlılık Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları	153
Tablo 3.33. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Maliyet Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları	153

Tablo 3.34. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Satışlar Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları	154
Tablo 3.35. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Üretim Miktarı Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları	154
Tablo 3.36. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Kişi Başına Üretim Miktarı Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları.....	154
Tablo 3.37. Gıda İşletmesi İki Üretim Hattına Ait E4.0 Öncesi ve Sonrası Veriler	155
Tablo 3.38. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Kapasite Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları	156
Tablo 3.39. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Üretim Hızı Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları.....	156
Tablo 3.40. Tekstil İşletmesi Robot Teknolojisi Kullanmadan Önce ve Sonrası Verileri ...	157

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a.....	7
Şekil 1.2. Dünyanın Geleceğini Şekillendiren Akımlar	8
Şekil 1.3. Endüstri 4.0'a Dönüşüm İçin Gerekli Olan Dijital Yetenekler	13
Şekil 1.4. Siber Fiziksel Sistem Kurulumunda 5C Mimarisi	29
Şekil 1.5. IoT Mimarisi.....	32
Şekil 1.6. Milgram'ın Gerçeklik ve Sanallık Sürekliliği (Karma Gerçeklik).....	47
Şekil 1.7. AG Teknolojisine Yatırım Yapan ve 3 Yıl İçinde Ciddi Yatırım Yapacağını Söyleyen Yöneticilerin Yüzdesel Oranı	47
Şekil 1.8. Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnternetinin Parçası Olarak Akıllı İşletmeler.....	53
Şekil 1.9. Dijital Türkiye Yol Haritası Bileşenleri ve Eylem Alanları.....	62
Şekil 1.10. Türkiye'nin E4.0'la Uzun Vadede Kazanımları.....	63
Şekil 1.11. KOBİ'lerin Ürün Temelli E4.0 Olgunluk Düzeyi.....	65
Şekil 1.12. KOBİ'lerin Üretim Temelli E4.0 Olgunluk Düzeyi.....	66
Şekil 1.13. Toplum 5.0'ın Evrimsel Süreci	68
Şekil 1.14. Toplum 5.0 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri	69
Şekil 3.1. E4.0'ın İşletmelere Sağlayacağı Kazanımlar	91
Şekil 3.2. Araştırmanın Modeli	105
Şekil 3.3. İşletmelerin Kuruluş Yıllarına Ait Veriler	111
Şekil 3.4. İşletmelerin E4.0 Teknolojilerini Kullanmaya Başlama Zamanı	119
Şekil 3.5. Tekstil İşletmesinin Müşteri Hata Puanı İyileşme Grafiği	151
Şekil 3.6. E4.0 Gerçek Zamanlı Görsel Performans Ölçüm Sistemi Verileri	152

KISALTMALAR

3D	: 3 Dimension-3 Boyutlu
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ACATECH	: Deutsche Akademie der Technikwissenschaften- Almanya Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi
AG	: Arttırılmış Gerçeklik
AI	: Artificial Intelligence- Yapay Zekâ
APP	: Application-Uygulama
BCG	: Boston Consulting Group-Boston Danışma Grubu
BSTB	: Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
BT	: Bilişim Teknolojileri
BTYK	: Bilim Teknoloji ve Yüksek Kurulu
CEO	: Chief Executive Officer- İcra Kurulu Başkanı
CPS	: Cyber-Physical Systems- Siber Fiziksel Sistemler
E4.0	: Endüstri 4.0
GSYH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
IoT	: Internet of Things- Nesnelerin İnterneti
IoS	: Internet of Services- Hizmetlerin İnterneti
KAYSO	: Kayseri Sanayi Odası
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
OECD	: Organisation for Economic Cooperation and Development-Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PLC	: Programlanabilir Lojik Kontrolör
RAM	: Random Access Memory- Rasgele Erişimli Hafıza
RFID	: Radio Frequency Identification-Radyo Frekans Tanımlama
TUBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TUSİAD	: Türkiye Sanayici ve İşadamları Derneği
VR	: Virtual Reality- Sanal Gerçeklik

GİRİŞ

*“Değişim ne zaman gerekli? sorusuna verilecek en iyi yanıt;
gerekli hale gelmedendir.”*

Claus Moller

Ülkelerin gelişme ve büyümelerinin kaynağı ve bel kemiği üretimdir. Bir ülke de üretimin güçlü olması, ekonomisinin de güçlü olması anlamına gelebilir. Ülkelerin güçlü olması için, üretime önem vermesi, üretim konusunda yaşanan değişimleri ve gelişimleri yakından takip etmesi, rekabet edebilmek için değişimlere uyum sağlayabilmesi ve ortaya çıkan yeni teknolojik fırsatları değerlendirmesi gerekmektedir.

Geçmişten günümüze kadar her dönemde bu durum geçerlidir. Bugün sadece geçmişe nazaran üretimle ya da teknolojik dönüşümlerle ilgili değişimler daha hızlı, sert ve etkileyici olmaktadır. Son dönemlerde başta üretim endüstrisinde olmak üzere hemen her alanda büyük değişimler yaşanmaktadır. Bu değişimlerin nedenleri arasında, küreselleşme, demografik değişimler, iklim değişiklikleri, kaynakların tükenmesi, çevre kirliliği, yeni çıkan teknolojiler vb. faktörler bulunmaktadır. Söz konusu nedenler tüm dünya ülkeleri için başlıca ve çözülmesi gereken sorunlar içerisinde de yer almaktadır. Sorunların çözümüne ve günümüz üretim endüstrisini şekillendiren paradigmalara bakıldığında karşımıza, çevre dostu, çevreye olumsuz etkileri azaltılmış, sürekli öğrenme, teknoloji ile dijitale dayalı, yüksek derecede kişiselleşmiş ve mekandan bağımsız üretim gibi örnekler çıkmaktadır. Dolayısıyla işletmelerin ortaya çıkan yeni ve farklı üretim anlayışları karşısında değişmesi ve yenilenmesi adeta bir zorunluluk haline dönüşmektedir.

Buna bağlı olarak, modern üretim anlayışlarını takip etme ve uygulama konusunda ülkeler muhtelif önlemler almaya başlamıştır. Endüstri 4.0 (E4.0) ya da Dördüncü Sanayi Devrimi ise, alınan önlemlerin temelini teşkil etmektedir. E4.0 Alman hükümetinin yüksek teknoloji stratejisi kapsamında tanımladığı, üretimde yüksek derecede esneklik sağlamak, gerçek zamanlı ölçüm ve izleme, yüksek düzeyde verimlilik, malzeme firelerini azaltmak vb. avantajlar için bilgi ve iletişim teknolojileri temelinde tasarlanmış bir gelecek vizyonudur. Bu vizyonun temel felsefesinde, dijital dönüşümün sanayi endüstrisinde kullanımı yatmaktadır.

E4.0'ın, işletmelerde, örgüt yapılarında, iş akışlarında, üretim şekillerinde, tedarik zincirinde ve müşteri beklentilerinde değişim yaratacağı açıktır. Bu kaçınılmaz gerçek, hükümetlerin, kamu kurum ve kuruluşlarının, sivil toplum örgütlerinin, işletmelerin en nihayetinde araştırmacıların üzerinde ciddiyetle durması ve araştırma yapması gereken alanların başında gelmektedir.

Başta Almanya, ABD, Çin, Fransa, Japonya ve gelişmiş diğer dünya ülkeleri E4.0'ın ne kadar önemli olduğunun farkına varmış ve yatırımlara başlamıştır. Türkiye'de de biraz gecikmeli olsa da kısa sürede E4.0 konusunda çalışmalar başlamıştır. Hem devlet, hem sanayi hem de girişimci kuruluşlar tarafından gerekli yol haritaları oluşturulmuş, platformlar kurulmuştur. Akademik alanda da araştırmalara başlanmış olmakla birlikte, yapılan çalışmalar henüz yeterli düzeyde değildir.

Akademik alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı bir nebze olsun karşılamak veya katkı sağlamak çalışmamızın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu bağlamda çalışmamızın amacı; Dördüncü Sanayi Devrimi veya diğer adıyla E4.0'ı yakından incelemektir. Daha geniş bir ifadeyle özellikle Türkiye'nin de akademik alanda boşluğu olan kavrama dair alt yapıya katkı sağlamak ve E4.0'ın uygulamada örgüt performansı üzerindeki etkilerini belirlemek çalışmanın temel amacını olarak belirlenmiştir. Bu sayede, hem araştırmacılara hem de E4.0 teknoloji kullanıcılarına katkı sağlanması hedeflenmektedir. Belirtilen amaç kapsamında, bu tezin ana araştırma sorusu ise aşağıdaki gibidir;

E4.0 temel teknoloji bileşenlerinin örgüt performansı üzerinde ne gibi etkileri bulunmaktadır? Araştırma sorusunu tam anlamıyla cevaplayabilmek için, şu alt soruların da cevaplanması gerekmektedir;

- i. E4.0 veya Dördüncü Sanayi Devrimi nedir?
- ii. E4.0 teknoloji bileşenleri nelerdir? Bu teknolojilerin fonksiyonları nedir?
- iii. Örgütsel performans nedir? Örgütsel performans ölçüm kriterleri nelerdir?
- iv. E4.0'ın örgüt performansına ilişkin avantaj ya da dezavantajları nelerdir?

Araştırma soruları kapsamında, E4.0 teknoloji bileşenlerinin işletmelerin performansı üzerinde ne gibi etkilerinin olacağı ve işletmelere sağlayacağı faydalar ortaya konmaya çalışılacaktır.

Çalışmanın amacına ulaşabilmek için tezin uygulama kısmında Kayseri Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan E4.0 teknolojilerini kullanan işletmeler üzerinde araştırma yapılmıştır. Bu işletmelerin E4.0 teknolojilerini kullanmalarına bağlı olarak örgüt performansları üzerinde ne gibi etkiler olduğu, görüşmeler ve anketler yoluyla belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda E4.0 teknolojilerini kullanan işletmelerin performanslarında değişimler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırma sonuçlarına ilişkin bilgiler rapor haline dönüştürülerek çalışmanın araştırma bölümünde detaylı bir şekilde sunulmuştur. Nihai sonuç olarak E4.0 teknoloji bileşenlerinin işletmelerin performans kriterlerini etkilediği ve bu etkinin pozitif yönde olduğu sonucu tespit edilmiştir ve araştırma amacına ulaşmıştır.



BİRİNCİ BÖLÜM

1. ENDÜSTRİ 4.0 VE TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ

Araştırmanın birinci bölümünde, E4.0 kavramını daha iyi anlayabilmemiz adına, E4.0'ın gelişim süreci, E4.0 kavramı, tasarımı ve temel özellikleri, E4.0 teknoloji bileşenleri, E4.0'ın sonucu olarak akıllı işletmeler, özellikleri ve çalışma hayatına etkileri ve son olarak Türkiye'nin E4.0 konusunda yaptığı çalışmalar açıklanacaktır.

1.1. E4.0'ın Gelişim Süreci

“İnkılap” diğer bir ifadeyle “devrim” sözcüğü ilk duyulduğunda ani ve radikal değişimi çağrıştıran etkileyici bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarih boyunca dünya düzenini yeniden tanımlama, siyasal ve yönetim biçimleri değiştirme, ekonomik sistemler, sosyal yapılar ve en nihayetinde teknoloji kullanımlarında derin bir değişimi gerektirdiğinde her seferinde devrimler gerçekleşmiştir (Schwab, 2016: 15). Devrimlerin etkisi, hemen hemen her alanda hissedilmesine rağmen, somut olarak en fazla sanayi ve alt kollarında özellikle üretim teknolojilerinde hissedilmiştir.

Devrimlerle birlikte, üretim şekilleri değişmiş, pek çok sanayi dalı ve üretim şekli sona ererken, yerini yenilerine bırakmıştır. Üretim sanayi içerisinde daha öncesinde her şey el üretimi ve insan emeği ile gerçekleşirken, yeni buluşlarla insan emeğinin yerini yavaş yavaş sanayi makineler almaya başlamıştır (Özdoğan, 2017).

Üretim endüstrisinde ortaya çıkan gelişmelerin tarihsel sürecine bakıldığında, zanaat üretimi ile başlayan bu süreci, sırasıyla, kitle üretim, otomasyona dayalı üretim, müşteri odaklı üretim, öğrenen üretim ve kitle özelleştirilmiş üretim yaklaşımları takip etmektedir. Tüketiciler zaman içerisinde en kaliteli ürünü en düşük fiyatla aramaya başlar olmuştur. Daha sonra, tüketiciler düşük fiyatlı, çeşitli ve kişiselleştirilmiş ürünleri tercih etmeye başlamış, bu durumda, üretim de kitle özelleştirmenin de ötesinde ileri kişiselleşmiş veya kişisel ürünler yaklaşımlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. İleri derecede kişiselleşmiş ürünler ise, farklı iş adımları ve iş döngüleri gerektirmiştir. Bu durum ise maliyetleri arttırmış, farklı çözüm arayışlarını beraberinde getirmiştir (Hermann vd., 2014; Giurgiu vd. 2016: 1093; Schumacher vd., 2016: 161). Tüm bunların yanında karmaşıklaşan ve geniş bir işbölümü ile karakterize olan yeni üretim dünyası, sahip olduğu ürün ve hizmetleri en iyi şekilde sunabilmek için çevresindeki diğer işletmelerle uyum içerisinde hareket etmek zorunda kalmıştır (Mendling vd. 2017: 1).

Ayrıca, işletmeler için sadece üretim şekillerini değiştirmek ve var olan duruma yeni teknik çözümler getirmek yeterli olmamaya başlamıştır. Tüm dünyada var olan ortak problemler, iklim değişiklikleri, küresel ısınma, kaynakların tükenmesi, dünya nüfusunun çoğalması gibi problemler sürekli olarak yeni üretim şekillerinin ortaya çıkmasını zorunlu hale getirmiştir (Walrave ve Raven, 2016: 1833; Devazes vd., 2017).

Devrimlerinin tarihine bakıldığında, günümüze kadar üç sanayi devrimin yaşandığı görülmektedir. Aslında sanayi devrimi dendiğinde insanların aklına, buhar gücünün bulunmasıyla, üretim konusunda büyük bir önem arz eden ilk sanayi devrimi gelmektedir. Diğer devrimlerin farkındalığı daha düşüktür. Bununla birlikte nasıl ki birinci devrimde o zamanın koşullarına göre büyük bir teknolojik dönüşüm yaşandı ise, ikinci, üçüncü ve dördüncü devrimde de bu tarz dönüşümler gerçekleşmiştir. Ayrıca geçtiğimiz üç sanayi devrimi de teknik inovasyonlar tarafından tetiklenmiştir.

18. yy. sonunda, ilk olarak su ve motor gücüyle birinci endüstri devrimi başlamıştır. 19. yy. biterken, elektrik enerjisinin artması ve ilk seri üretimin kullanılması ile ikinci sanayi devrimi, 20. yy. ortasında ise elektronik ve bilgi teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte üçüncü sanayi devrimi ortaya çıkmıştır (Lasi vd., 2014: 239; He ve Jin, 2016: 10; Winttenberg, 2016: 420; Schwab, 2016: 16; Niesen vd., 2016: 5066; Salvidar vd., 2015; Drath ve Horch, 2014: 56; Lu, 2017).

Birinci sanayi devriminde (1760-1830) su ve buhar gücü ile mekanik üretime (beden gücünden makine gücüne geçiş) geçilmiştir. Endüstriyel yaşam, 1781'de James Watt tarafından buhar gücünün üretimde kullanılması keşfi ile son derece değişmiştir (Carsten, 2015: 239; Sakr, 2017: 3355). Bu devrimdeki başlıca icatlar, buharlı makine, çırçır makine, dikiş makinesi, telgraf, uçak ve motorlu otomobildir. Üretim konusundaki köklü değişim kadar toplumsal yapı da büyük oranda değişmiştir. Ortalama yaşam süresi uzamış ve nüfusta artış gözlemlenmiş, gündelik hayatı pratikleştirmiş ve yaşam kalitesini arttırmıştır (Sabo, 2015: 2-3).

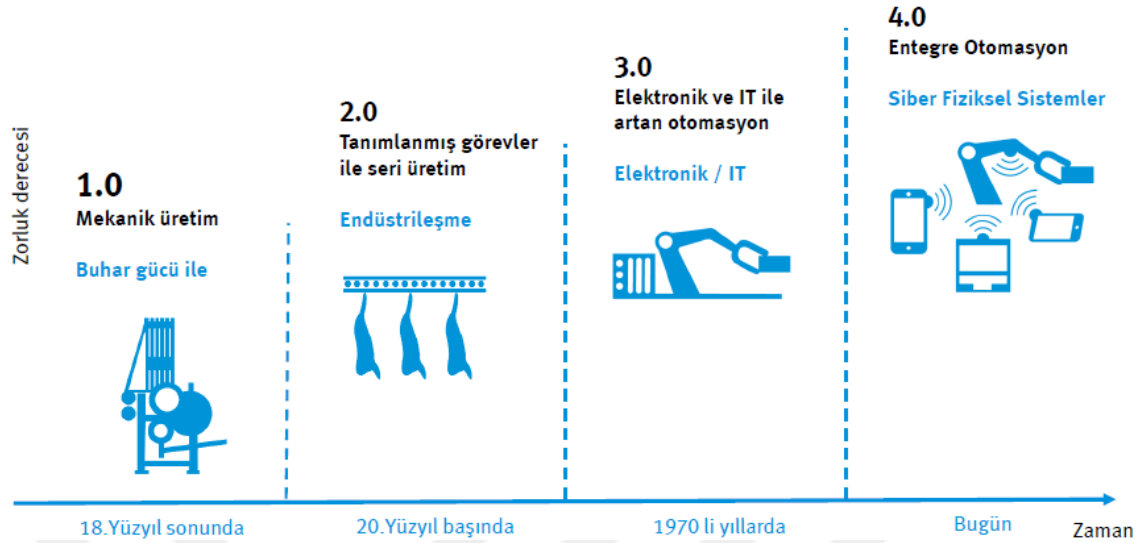
İkinci sanayi devrimi (1840-1870), elektrik enerjisine bağlı olarak, üretim çeşitlenmesi ve kitle üretime geçişi sağlamıştır. Böylece dünya, kitle üretim kavramıyla tanışmıştır. İkinci sanayi devriminin dünya çapında ekonomik sosyal ve kültürel etkiler yaratan, üretimin altın çağı olarak kabul edilen, Henry Ford'un araba üretiminde kullandığı kitle üretimle başladığı da kabul görmektedir (Qin vd., 2016: 174; Li, 2017:2).

Bu devrimin başlıca icatları sırasıyla, Boeing 747, 3D tasarımlar, cep telefonu, uzay mekiği, masaüstü bilgisayar, internet ve GPS olmuştur. İkinci sanayi devrimi ile demiryolları başta olmak üzere ulaşım ağları büyük oranda gelişmiştir. Bu durumda hammadde temini ve uzak pazarlara açılmayı kolaylaştırmıştır. İkinci sanayi devriminden sonra, kitle üretim imkânları montaj hatlarında büyük bir verimliliğe neden olmuştur. Yenilikler, üretim süreci yapısında elektrik gücü, otomatik üretim ve hızlı çalışanlar sayesinde üretkenliği arttırmış (Stock ve Seliger, 2016: 536), süreçlerin bilimsel ve ölçülebilir olması sağlanmıştır. Bilimsel yönetimin başlangıç noktası olarak ise Taylorizm yaklaşımları olarak kabul edilmiştir. F.W.Taylor (1911) “Bilimsel Yönetimin İlkeleri” kitabı ve çalışmalarıyla, büyük ölçekte üretimin temel prensiplerini ve etkililik ve kârlılık maksimize etmek için fırsatları ortaya koymuştur. (Schlötzer, 2015:3).

Üçüncü sanayi devrimi (1950-2010) bilişim teknolojileri ve elektronik ile üretimde ileri otomasyonu getirmiştir (Kagermann, 2015: 32; Gabriel ve Pessl, 2016: 132). Bu devrimin başlıca icatları, sırasıyla Mars’a araç gönderimi, mekanik şarjlı hesap makinesi, hibrid otomobil, akıllı telefonlar, süper bilgisayarlar olarak sıralanabilir (Dombrowski ve Wagner, 2014: 101; Neugebauer vd., 2016: 2; Schlötzer, 2015: 2; Önday, 2017, 51-55; Morrar vd., 2017: 12). Bu üç başarılı devrim, sırayla Endüstri 1.0, Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0 olarak ifade edilmiştir. (Devezas vd., 2017). Burada ifade edilen 1.0, 2.0 ve 3.0 gibi tanımlamalar, bilişim teknolojisine bir atıf olarak konulmuştur. Nitekim buna bağlı olarak, araştırmalarda, bu devrimle özdeşleşen kavramlar ve fonksiyonlar için de aynı tanımlamalar kullanılmaktadır. Örneğin, muhasebe 2.0, çalışan 3.0, İK 3.0 vb.

Bu üç sanayi devriminin aksine, Dördüncü Sanayi Devrimi’ni tetikleyen tek bir teknoloji veya inovatör tespit edilememiştir. Özellikle Endüstri 3.0 sürecinde elde edilen gelişmeler ve ilerlemeler Endüstri 4.0 sürecini başlatmıştır (Görçün, 2017: 141). Yapılan araştırmalar sonucunda dördüncü devrimin çok geniş kapsamlı olduğu ve tam anlamıyla uygulanabilmesi için diğer devrimlerde olduğu gibi bir ya da birkaç değil, birçok teknolojik inovatörün varlığından söz edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Schwab, 2016: 17; Meissner vd., 2017: 165). Araştırmacılara göre, bu devrimin ana fikri, üretim endüstrisinde internet teknolojilerinin kullanılmaya başlanmasıdır (Gabriel ve Pessl, 2016: 131). Endüstri 1.0’dan Endüstri 4.0’a kadar olan tarihsel süreç ve teknolojik inovatörleri aşağıda Şekil 1.1’de genel olarak gösterilmektedir.

Sekil 1.1. Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a



Kaynak: Kagermann Henning, Wolfgang Wahlster ve Johannes Helbig (2013) “Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0” ACATECH- National Academy of Science and Engineering; Drath ve Horch (2014) “Industrie 4.0: Hit or Hype?” IEEE Industrial Electronics Magazine; Wittenberg, Carsten (2015) “Cause the Trend Industry 4.0 in the Automated Industry to New Recurements on User Interfaces?”, Human- Computer Interaction (Edt; Masaaki Korusu), 17. International Conference, ss. 238-245.

Dördüncü Sanayi Devrimi içerdiği birçok teknolojik inovatörün yanı sıra, diğer devrimlerden ayıran bir takım unsurlarda bulunmaktadır. Bu unsurlar; sensör, veri, bilgi ve işlem olarak ifade edilebilir. Sensör, makinelerin verileri toplayabilmesi için algılayıcıları, veri, sensörlerden alınanları depolayarak bunları işlemeye hazır hale getirmeyi, bilgi, alınan verileri yapay zeka ile bilgiye çevirmeyi, işlem ise karar verilerek harekete geçmeyi belirtmektedir (Sener ve Elevli, 2017: 26-27). Bu dört unsur ile makinelerden sensörler aracılığıyla toplanan veriler, işletmenin üretim sürecinde ve yöneticilerin karar verme aşamasında önemli bir bilgi kaynağını oluşturmaktadır. Böylece daha gerçekçi, anlık ve isabetli tahminler bu devrimde mümkün hale gelmektedir.

Dördüncü sanayi devrimi, üretim ve hizmetlerde elektronik ve bilişim teknolojilerinin özel bir ortamda kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu devrimin tetikleyicileri olan teknolojik inovatörlere ek olarak (Roblek vd., 2016: 1), dünya genelinde dört ana başlıkta sınıflandırılabilen akımlar da önemli bir rol oynamıştır. Bu akımlar aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (TUSİAD ve BCG, 2016: 11);

- Ekonomik akımlar: Hızla büyüyen güçlü ekonomiler ve finansal kaynak transferleri ile artan küreselleşme
- Bölgesel akımlar: Ülkeler arası ticarete ve sosyal etkileşimde artış
- Meta akımlar: Dünya kaynaklarının azalması, doğal çevre ve güvenlikle ilgili artan endişeler
- Teknolojik akımlar: Yüksek internet bağlantılılığı, her an internete erişim ve platform teknolojilerinin artmasıdır. Bu akımların daha ayrıntılı içeriği aşağıda Şekil 1.2’deki gibi gösterilebilir.

Şekil 1.2. Dünyanın Geleceğini Şekillendiren Akımlar



Kaynak: The Boston Consulting Group ve TUSİAD (2016) Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte olan Ekonomi Perspektifi, TUSİAD-T/2016-03/576, s.11; Kozanoğlu, Hayri (2016) “Endüstri 4.0, İnsan Emegi Ve Mühendis” Elektrik Mühendisliği, 459, s.18.

Bu akımlar, üretim araçlarının ve bilgi teknolojilerinin birbirine artarak bağlandığı sistemlere zemin hazırlayarak, tek bir işletmenin ötesine geçen endüstriyel değer zincirlerini oluşturmuşlardır. Siber fiziksel sistemler adı verilen bu yeni bağlantılı sistemler, daha hızlı, esnek ve verimli süreçler oluşmasını sağlayarak ve daha üst düzey kalitedeki ürünleri daha düşük maliyetlerle üretmeyi mümkün kılmıştır (Önday, 2017: 57). Ayrıca, hız ve genişliğin ötesinde bu devrim çok sayıda farklı disiplin ve keşfin artan ölçüde uyumlaştırılması ve bütünleştirilmesi nedeniyle de benzersizdir.

E4.0 yaratacağı potansiyel etkilerden dolayı, diğer devrimlere göre daha etki alanı geniş bir devrimdir (Dombrowski ve Wagner, 2014: 101; Garbie, 2016: 2; Bulut ve Akçacı, 2017: 54). Ülkelerin tüm endüstriyel sektörleri E4.0’dan etkilenebilir ve E4.0’ı

kullanılabilir. E4.0 sektörleri göre tüm dünyada kullanım düzeylerini gösteren bir araştırmanın sonuçları Tablo 1.1'deki gibi gösterilebilir.

Tablo 1.1. Endüstri 4.0'ın Kullanım Yüzdeleri

Endüstriyel Sektörler	Bugün (%)	5 yıl içinde (%)
Elektronik	45	77
Havacılık/Savunma	32	76
Endüstriyel üretim	35	76
Kimyasallar	32	75
Orman Ürünleri/Kâğıt	38	72
Ulaştırma	28	71
Mühendislik/ İnşaat	30	69
Otomotiv	41	65
Metaller	31	62

Kaynak: Barry Ashby, (2017) "How Industry 4.0 will Impact Industry", Industrial Heating Magazine, February 6, Washington.

Dördüncü sanayi devriminin yaratacağı etkilerin, en az diğer üç devrim kadar güçlü tarihsel açıdan önemli olacağı tahmin edilmektedir. Dolayısıyla, henüz başlangıcında olduğumuz bu devrimin kaçırılmasının ülkelerin zararına olacağı araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir (Schwab, 2016).

1.1.1. Endüstri 4.0'a Hazırlık Aşaması

E4.0 kavramının doğuşunda üç temel neden bulunmaktadır. Birincisi giderek artan küresel rekabet, ikincisi teknolojinin gelişimi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan verimlilik potansiyeli ve son olarak bireyselleştirilmiş ürünlere olan ihtiyacın artmasıdır.

Küresel rekabet içerisinde meydana gelen dijital dönüşümler işletmelere ayakta kalabilmek için daha fazla verimlilik ve esneklik gerektirmiştir. Bu durumun bir çözümü olarak E4.0 ortaya atılmıştır. E4.0 geleneksel üretim şekliinden nasıl bağımsız bir üretim şekline dönüşüleceğine dair yeni bir yaklaşım düşüncesi, paradigma ve strateji olarak belirginleşmiştir (Prause ve Weigand, 2016: 104). Teknolojilerin gelişmesine bağlı olarak ortaya çıkan verimlilik potansiyeli ise ülkelerin ekonomilerini olumlu yönde etkilemektedir. Örneğin, E4.0'ın öncüsü Almanya gibi GSYH'nın %25,9'u, çalışanlarının 8 milyonu üretime dayalı bir ülke için, bu alandaki yeniliklerin takipçisi/öncüsü olmak bir zorunluluktur (Bauer vd., 2015: 418; Niesen vd., 2016: 5065). Dolayısıyla, E4.0 esnek ve etkili bir üretimi başarmak için yeni bir fırsattır. İstenilen amaçlara ulaşmak için

yüksek teknoloji gelecektir (Long vd., 2016: 145; Wang ve Wang, 2016: 1). Biz istesek de istemesek de, E4.0 kaçınılmaz gelecek bir olgudur (Hermann vd., 2016: 3935).

Dördüncü sanayi devrimini tetikleyen bir diğer neden ise, bireyselleşmenin sonucu olarak kişiselleşmiş ürünlere her geçen gün talebin artmasıdır. İşletmelerin seri üretim veya aynı anda çok sayıda benzer ürünü üretmesi yerine makinelerin birden fazla ürünü üretebilecek yapıya sahip olması, farklı modlarda çalışabilmesi ve esnek diğer çözümler artık daha çok rağbet görmektedir (Yazıcı ve Düzkaya, 2016: 65).

Almanya ileri sanayi ve otomasyon çözümlerini tamamlamasına rağmen, Amerika ve özellikle Çin'den, daha yüksek üretim maliyetleriyle çalışmakta ve bu durum Almanya'nın rekabet gücünü azaltmaktadır. Bu duruma bir çözüm önerisi olarak, E4.0 terimi ilk kez 2011 yılında Hannover Fuarı'nda dile getirilmiş daha sonra iş, politika ve akademisyen temsilcilerinin birleşmesi olan "E4.0" adlı bir girişim fikri, Alman imalat sanayinin rekabet gücünü güçlendirmeye yönelik bir yaklaşım olarak kullanılmaya başlanmıştır. Dolayısıyla, Alman federal hükümeti, E4.0'ın teknolojik yenilik liderliğini amaçlayan "Almanya için Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020"nin ayrılmaz bir parçası olacağını resmi olarak ilan ederek fikri desteklemiştir. Ardından "E4.0 Çalışma Grubu" kurularak, 2013 yılında ilk Hennig Kagermann tarafından "*Recommendations for Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0*" adlı yayınlanan makale ile uygulama önerileri geliştirilmiştir (Kagermann vd., 2013; Stock and Seliger, 2016: 536; Hermann vd. 2015; Qin vd., 2016: 173; Hermann vd., 2016: 3929; Schwab, 2016; Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 469; Sung, 2017; Morrar, 2017: 13). Bu öneriler arasında; teknolojilerin donanım mimarisinin belirlenmesi ve standardizasyon, karmaşık sistemlerin yönetilmesi, hızlı haberleşme altyapısının endüstriye sağlanması, emniyet, güvenlik, çalışma şekilleri, eğitim ve profesyonel gelişimin devamlılığı ve kaynakların verimli kullanılması konuları yer almaktadır (Kagerman, 2013; Yazıcı ve Düzkaya, 2016: 67).

Almanya'nın en önemli rakipleri arasında yer alan Çin, bu gelişmeleri yakından takip ederek, Mayıs 2015'te E4.0 vizyonunu "Made in China 2025/Toplum 5.0" planı ile ülke gündemine almıştır (Li, 2017: 1). Bu vizyonun temel felsefesinde, insan faktöründen arındırılmış, otonom ve mükemmelleştirilmiş endüstriyel süreçlere bağlı bir üretim

sistemi anlayışı vardır. Benimsenen yeni sistemde, tam zamanında üretim ileri bir aşamaya taşınmakta, üretim süreçleri daha yalın hale getirilmektedir (Görçün, 2017:142).

Farklı anlayışlar sadece üretim sistem ve süreçlerinde değil, aynı şekilde literatüre de yansımaktadır. E4.0 ile ilgili literatür incelendiğinde iki farklı yazım şekline rastlanılmaktadır. Almanya kökenli araştırmalarda “Industrie 4.0”, İngiliz kökenli yayınlarda “Industry 4.0” şeklinde yazılmaktadır (Hermann vd., 2015: 6; Hermann vd., 2016: 3930). Ayrıca, E4.0 teriminin farklı kullanım çeşitleri de söz konusudur. Japonya, Kore ve bazı ülkeler E4.0 terimini kullanırken, A.B.D ve diğerleri “Her şeyin İnterneti”, “Endüstriyel Nesnelerin İnterneti”, “Endüstriyel İnternet” terimlerini kullanmaktadır. “Akıllı Üretim”, “Akıllı Ürün”, Akıllı Endüstri”, “İnternet +”, veya “Akıllı İşletme” gibi isimlendirmelerde Avrupa, Çin ve bazı A.B.D. ülkelerinde kullanılmaktadır (Herman vd., 2015; Dopico vd., 2016: 408; Sung, 2017; Li, 2017: 2). Ülkemizdeki çalışmalar incelendiğinde E4.0 yerine “Sanayi 4.0”, “Fabrika 4.0” ve “Dijital Dönüşüm” terimlerinin daha sık kullanıldığı görülmektedir. Bunlarla birlikte “Industrie/Industry 4.0 kavramları literatürde “I4.0” olarak kısaltılmaktadır, bu araştırma da kapsamında Türkçe literatürüne uygun olarak “E4.0” kısaltması kullanılacaktır.

Schumacher vd. göre (2016), E4.0’a hazırlık için bir olgunluk modelinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu modele göre, stratejiler; E4.0 yol haritası, E4.0 koordinasyon merkezleri, yasal olarak uygunluğu sağlayan devlet mekanizması ilk yapılması gereken eylemler arasındadır. İşletmeler ise, mevcut durumlarını ve iş modellerini yeni sürece uyarlamalı, işletme fonksiyonlarını dijital hale dönüştürmeli ve müşteri beklentilerine en iyi cevap verecek şekilde dijital becerilerini arttırmalıdır. Ayrıca işletmeler, modern teknolojilerin kullanımı, mobil cihazlar ve makine-makine iletişimin sağlanması özelliklerine sahip olmalıdır (Lasi vd., 2014: 24; Gabriel ve Pessl, 2016: 133).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz iş dünyasında E4.0’a geçiş için, stratejik bir teknolojik yol haritasının oluşturulması oldukça önemlidir. Çünkü E4.0 dönüşüm için gerekli olan temel teknolojiler, organizasyonların iş süreçlerinde köklü değişikliklere neden olmaktadır. Bu kapsamda, işletmelerin E4.0 dönüşüm sürecinde yaşayabileceği zorluklar ise şu şekilde sıralanmaktadır (Sarvari vd., 2018: 97);

- Teknolojiler ve fırsatları hakkında bilgi eksikliği,

- Teknoloji yatırımlarının ürün ve süreçlere sağladığı faydalar konusunda belirsizlik,
- E4.0 vizyonu altındaki yeni ürünler ve iş süreçleri ile ilgili müşteri talepleri konusunda bilgi eksikliği,
- Sınırlı insan kaynağı ve finansal kaynaklar,
- Başlangıç noktasını ve planlama alt yapısını belirleme zorlukları,
- Teknoloji yatırımları için verimli portföy yönetimi ihtiyacı,
- Yeni ürün ve süreç projelerine öncelik verilmesi ve programlanması için gereklilikler,
- Projelere sınırlı kaynakları tahsis etmek ve güvenilir ortaklarla işbirliği yapmak,
- İşletmelerin E4.0'a dönüşümüyle elde edilecek faydalar konusunda bilgi eksiklikleridir.

Ülkelerin E4.0'a hazırlık aşamasında, yaşayabileceği yukarıdaki zorluklara karşı önlemlerin oluşturulması, ülkelerin mevcut durumlarına dair analizlerin yapılması ve bu doğrultu da gerekli E4.0 yol haritalarının oluşturulması oldukça önemlidir.

1.1.2. Endüstri 4.0'a Geçiş Aşaması

E4.0'a geçiş ve bu konuda yapılan çalışmalar, işletmelerin devamlılıkları için oldukça önemlidir. Çünkü işletmeler artık hayatta kalmak için değişen koşullara uyum sağlayabilmeli, teknolojik yenilik stratejileri geliştirerek oluşan fırsatları iyi değerlendirmelidir (Ince vd., 2016: 764-766). Özellikle tüm dünyada bilişim teknolojilerinin kullanımının artması ve dijital dönüşüm çabaları işletmelerin E4.0'a geçmesini zorunlu hale getirmektedir (Ivanov vd., 2016: 839).

Ayrıca, E4.0 sürecinde kullanılan teknolojilerin uygulanmasının çok zor olacağı ya da E4.0'a geçişin çok uzun zaman alacağı gibi düşüncelerin de zaman içerisinde yersiz olacağı belirtilmektedir. Çünkü, robotik, yapay zeka ve makine öğrenimindeki gelişmeler, "akıllı" ve hatta "daha akıllı" makinelerin hayatımıza girmesi, (Karacay, 2018: 124) insanlarla uyumlu çalışabilmesi E4.0'a geçişi çok kısa bir sürede sağlayacaktır. Örneğin, birkaç on yıl öncesine kadar insanlara imkansız gelen, televizyon, uçak, internet gibi teknolojiler bugün hayatımızın parçası durumundadır. Şimdi geleceğe bakıldığında, sürücüsüz otomobiller, uçan taksiler, akıllı evler, insansız işletmeler, yapay organ yapımı, giyilebilir teknolojiler gibi ifadeler konuşulmaktadır.

Üstelik bu teknolojilerin eskiye nazaran daha hızlı hayatımıza gireceği açıktır. Örneğin, Boston Consulting Group'un teknolojilerin 100 milyon kullanıcıya ulaşma süresi konusunda yaptıkları araştırmada telefonun 100 milyon kullanıcıya ulaşma süresi 70 yılı bulurken, Instagram, Whattaap gibi uygulamaların iki yıldan az bir sürede bu sayıya ulaşması, ve hatta bir cep telefonu oyunu olan CandyCrush uygulamasının aylar içinde 100 milyon kullanıcıya ulaşması bu hızın bir göstergesi olabilir (Schwab, 2019: 39).

E4.0 ile geçişle birlikte işletmeler, değişen tüketici davranışları, teknolojinin ilerlemesi ve artan dijitalleşme ile birlikte, iş süreçlerini, ürün ve hizmetlerini ve müşterilerden aldıkları geri bildirimleri sorgulamaktadırlar. Artık işletmeler, bilgiye, ürünlere ve hizmetlere pek çok kanal aracılığıyla çok kısa süre öncesine kadar hayal edemediğimiz ölçüde ve hızda erişim sağlamaktadır (Deloitte, 2016).

İşletmelerin E4.0'a geçişleri konusunda sahip olmaları gereken bir takım yetenekler söz konusudur. Bunlar Şekil 1.3'te aşağıdaki gibi gösterilebilir;

Şekil 1.3. Endüstri 4.0'a Dönüşüm İçin Gerekli Olan Dijital Yetenekler



Kaynak: McKinsey and Company (2016) "McKinsey Digital/Industry 4.0 Model Factories", McKinsey and Company, Inc.

İşletmelerin E4.0'a geçerken, verilerini, insan ve makine alt yapısını, sahip olduğu teknolojileri dönüştürmesi, gerekli olan becerileri sağlaması oldukça önemlidir. Değişen ve gelişen yeni beceriler, çalışma şekilleri işletmelerin değerlerini, kültürlerini ve vizyonlarını da değiştirmektedir (Schwab, 2016: 19) Örneğin, 23 bin 160 kişinin çalıştığı ve köklü bir geçmişe sahip THY'nin değeri 4,3 milyar dolar iken; 6 yıllık geçmişe sahip,

55 kişinin çalıştığı Whatsapp'ın marka değerinin 19 milyar dolar olması bu durumun bir göstergesidir (Dirhasan, 2017). Ayrıca, E4.0'da üretim de, müşteri beklentilerine ve ihtiyaçlarına en iyi şekilde cevap veren özelleştirilmiş, iyileştirilmiş, daha kaliteli, daha az hatalı ve yerleşen üretim süreçleri ve daha etkin kaynak kullanımı, müşterilerin beklentilerine özel çözümleri sunan, esneklik, verimlilik algıları da E4.0'la değişmektedir (Fortune, 2017a)

E4.0'a geçişle çalışma şekilleri de öylesine değişmiştir ki, ofis ortamından uzaklaşan bir işgücü doğmuştur. Gittikçe çalışanlar içindeki payı artan bu işgücünün, 2016 yılı itibarıyla Avrupa'daki iş gücünün %14'ünü oluşturduğu ve en hızlı büyüyen iş alanı olarak belirtildiği bilinmektedir. Amerika'da ise 53 milyon ofis dışında çalışan vardır ve bu mevcut işgücünün %10'unu oluşturmaktadır. 2020 yılına gelindiğinde ise, ABD işgücünün %50'sinin tam-zamanlı olmasa bile zamanlarının bir kısmını ofis dışı çalışarak geçirecekleri öngörülmektedir (Hız, 2017). Bununla birlikte çalışanların sadece kendi alanlarında değil, disiplinler arası bir perspektifle sürekli öğrenme alışkanlığı geliştirmesi gerekecektir. Çalışanların özellikle işbirliği, iletişim ve özerklik gibi becerilere sahip olmaları zorunlu hale gelecektir (Karacay, 2018: 134).

Aynı zamanda işletmeler E4.0'a geçerken, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kapsamında kabul edilen internet teknolojileri; web sayfaları, bloglar, sosyal medya uygulamaları, sensorler ve veri toplayan diğer uygulamalara geçişiyle, işletme içi iletişim ve iş yapma şekillerini de değiştirmiştir. Örneğin, finans departmanı bugün tamamen bilişim teknolojileri ile entegre olmuş, dijital olarak tüm işlemlerini gerçekleştirmeye başlamış ve sanal para akışı ile işlemlerini kolaylaştırmıştır (Rainey vd., 2015). Yine, tüm dünyada etki uyandıran Bitcoin (sanal para) ülkeler tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca, finansal teknolojiler E4.0'da "FinTech" olarak adlandırılmış yeni teknoloji ve inovasyonlardan yararlanan bir sanal endüstri olarak karşımıza çıkmıştır (Banger, 2017: 317).

Sonuç olarak, işletmelerin E4.0 ve teknoloji bileşenlerine geçiş yaparken, başarılı olabilmek için, yeni gelişmeleri yakından takip etmek, yeni öğrenme yöntemleri bulmaları ve bu doğrultuda yetenek geliştirmeleri gerekmektedir. Devlet, hükümet, sivil toplum kuruluşları, işletmeler ve bireyler hep birlikte, E4.0 konusunda diğer ülkelerin gerisinde kalmamak adına, gerekli önemleri almaları ve durum analizlerini yapmaları

oldukça önemlidir (Dombrowski ve Wagner, 2014: 100; Sabo, 2015: 1; Herman vd. 2015).

1.2. Endüstri 4.0 Kavramı

E4.0 ya da dördüncü sanayi devrimi nedir? Bir felsefe, bir üretim anlayışı, bir devrim mi (Bunse vd, 2016: 6)? Bu kavramın yeni hayatımıza girmesinden dolayı, tanımlamasında büyük bir karmaşa bulunmaktadır. Fakat ortak bir hem fikirle, E4.0 bir strateji ve vizyondur. İnternetin sanayi sektöründe kullanılmasını ve üretimin dijital hale gelmesini ifade eden, bu nedenle işletmelerin tüm değer zincirlerini etkileyecek kolektif bir stratejidir/ kavramdır (Gilchrist 2016: 197; Banger, 2016). E4.0 kavramıyla ilgili farklı tanımlamalar aşağıdaki gibi yapılabilir;

- E4.0, geleneksel üretim süreçlerini değiştirmek amacıyla bilişim teknolojilerini üretime entegre etmektir (EKOIQ, 2014).
- E4.0, fiziksel sistemlerin, siber fiziksel sistemlere dönüşümüdür (Pan, 2015: 1538)
- E4.0, sanayinin akıllı hale dönüşmesidir (Faller ve Feldmüller, 2015: 88).
- E4.0, üretimde bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonunun artmasıdır (Kolberg vd., 2015: 1871; Basl, 2016: 3)
- E4.0 şimdiye kadar bilgi çağının tartışılmaz zirvesidir (Schlötzer, 2015: 6). E4.0 hayali bir kavram değildir, gerçeklerimizdir. Daha önceki sanayi devrimleri işletmelerin ve endüstrilerin yeni teknolojilere uyum sağlanmadığında neler olduğunu, mücadelelerini ve başarısızlıklarını bize göstermiştir. WEF (2017) raporuna göre, tüm ülkelerin ortak kanaati bu devrimin kaçırılma lüksünün olmadığıdır. (Drath ve Horch, 2014: 57).
- E4.0 akıllı, bağlı ve merkezi olmayan üretimi sağlayan dördüncü sanayi devrimidir (Gilchrist, 2016: 194; Alberss vd., 2016: 262).
- En kapsamlı tanım ile E4.0, bireysel müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için endüstriyel üretimi temsil eden, operasyonel verimlilik, kârlılık ve kalite gibi amaçlarla, işletmelerde yönetimden, ar-ge, üretim, pazarlama, üretim mallarının döngüsüne kadar tüm alanları etkileyen, işletme üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesidir (Neugebauer vd, 2016: 2; Gaub, 2015: 401; Lu, 2017).

E4.0 tanımlamalarından sonra, E4.0'ın hedefleri ise şu şekilde sıralanabilir (Shafiq vd., 2015: 1148);

- Bilişim teknolojileri ile kısa siparişlere veya bireysel ihtiyaçlara adapte olması gereken imalat ürünlerinin kitle üretimini sağlama
- Üretim zincirinin değişen gereksinimlere otomatik ve esnek uyarlanması,
- Parça ve ürünlerin izlenmesi ve kendi kendine fark edilmesi ve bunların makineler ve diğer ürünlerle olan iletişimini sağlama
- Robotlar ile bir arada bulunma veya üretim fabrikalarında etkileşim kurma ve çalışma için radikal olarak yeni yollar da dâhil olmak üzere insan-makine etkileşimi (HMI) paradigmalarının geliştirilmesi,
- Acil durumlarda, makinaların kendi kendilerine karar verebilmesi
- Akıllı işletmelerde IoT-etkin iletişim sayesinde üretim optimizasyonu,
- Değer zincirinde etkileşimin değişen yollarına katkıda bulunan kökten yeni hizmetler ve iş modellerinin oluşmasıdır.

Bazı kaynaklarda E3.0 dijital devrim olarak anılırken, E4.0 siber bir devrim olarak nitelenmektedir (Özdoğan, 2017: 27). Nitekim Grinin vd. (2017) E4.0'a, Sibernetik Devrim adını vermişler ve tarihsel olarak 2070 yılına kadar ilk, orta ve son aşamada bu devrimi yaşayacağımızı belirtmişlerdir. Günümüzde Sibernetik Devrim'in ikinci aşamasında olduğumuzu belirten araştırmacılara göre, Sibernetik Devrim; endüstriyel üretimi, kendi kendini düzenleyen sistemlerin işleyişine dayalı üretim ve hizmetlere doğru büyük bir gelişmedir. Sibernetik devrimle gerçekleşecek olan üretim ise otomasyona dayalı akıllı bir sisteme dönüşecektir (Devazes, 2017: 244-248).

E4.0 diğer devrimlere göre daha kapsamlı ve etkileri daha çeşitli bir sanayi devrimidir. En kapsamlı etkisi, yaşanan dönüşüm sürecinde verimlilik artışına neden olan potansiyellerin artırılmasında yaşanmaktadır. Bununla birlikte, inovasyon performansı ve çevre dostu yüksek teknolojik ürünlerin üretmesiyle sadece kârlılık ve verimliliğin arttırması değil, düşük karbon emisyonu ve enerji tasarrufunu arttıracak da ifade edilmektedir (Bi vd., 2016: 276).

E4.0'ın öngördüğü yeni endüstriyel düzen, kaçınılmaz olarak ülkeleri ve işletmeleri yeni sosyo- ekonomik uygulamaları hayata geçirmeye zorlayabilir. E4.0'a geçiş yapmak için ülkelerin farklı nedenleri olsa da, kaçırılmaması gereken bir fırsat olduğu konusunda hem fikir bulunmaktadır. Literatür incelendiğinde ülkeleri E4.0'a sürükleyen/geçmek

zorunda bırakan birçok sosyo-ekonomik neden olduğu görülmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır (Avcı, 2019: 15);

- Nitelikli çalışan yokluğu,
- Nüfusun yaşlanması ve geç yaşta emeklilik,
- Ölçek ekonomisi,
- Dinamik değer zinciri ağları,
- Ürünlerin yaşam sürelerinin kısalması,
- Tüketici isteklerinin hızlı değişimi,
- Müşteri esaslı üretim,
- Yüksek karma fabrikalar,
- Akıllı şehirler vizyonudur.

1.3. Endüstri 4.0' ın Tasarımı ve Temel Özellikleri

Bu başlık içerisinde E4.0 kurulumu ve işletmelerde hayata geçmesi için yapılması gereken tasarım özellikleri ve E4.0'ın temel özellikleri üzerinde durulacaktır.

1.3.1. Endüstri 4.0'ın Tasarımı

E4.0'a ilişkin farkındalığının son zamanlarda artmasının yanında, nasıl uygulanacağına ve tasarlanacağına dair soru işaretleri devam etmektedir. Bu nedenle, işletmelerin E4.0 ile ilgili düşüncelerindeki belirsizliğin ve risklerin üstesinden gelmek için işletme stratejilerine ve operasyonlarına destek sağlayacak ve rehberlik edecek yeni yöntem ve teknolojilerin sağlanması gerekmektedir (Schumacher vd., 2016: 162).

Burada belirtilmesi gerekmektedir ki, E4.0'ın tasarımı ve kurulumu ve mimarisi, E4.0 konusunun mühendislik alanına girmektedir. Bu nedenle bu konuda daha doğru ve teknik bilgiler, mühendislik kaynaklarında bulunulabilir. E4.0 sürecinde iki taraf bulunmaktadır. Birincisi E4.0 teknolojilerini edinerek, işletmelerini akıllı işletme modeline dönüştürmek isteyenler, ikinci taraf ise E4.0 teknolojilerini üretmeye çalışan ve kurumları E4.0'a dönüştüren mühendislik işletmeleridir.

E4.0'a geçmek isteyen işletmelerin, kendi kendilerine çabalarının dışında, E4.0 teknolojileri üreten, kurulum yapan ve rehberlik hizmeti veren bu mühendislik işletmelerinden yardım alması süreci daha da kolaylaştırabilir. Bugün, E4.0 mühendislik ister Türk ister yabancı menşeli olsun, Türkiye'de çok başarılı işletmeler karşımıza

çıkılmaktadır. Bu işletmelere örnek olarak, Omron, Festo, ICC Endüstriyel Bilgisayar Merkezi, Proente Otomasyon, Beckhoff, Siskon Yazılım ve Otomasyon verilebilir. Bu işletmeler gerek E4.0'a uyumlu makinelerin üretilmesi, gerek yazılımları geliştirme gerekse de işletmelere tasarımlarını yaparak gerekli eğitimlerin verilmesi görevlerini üstlenmektedirler. Ayrıca bu işletmelerle birlikte, ilgili ülke yönetimleri de gerekli eğitimler ve dönüşümleri sağlamak için çaba içerisinde. E4.0 Platformu, Üniversite Teknoparklar, TÜSİAD ve TÜBİTAK gibi kuruluşlar Türkiye E4.0'a geçiş konusunda gerekli rehberlik ve hizmetleri sağlamaya çalışmaktadır.

Yukarda belirtilen hususlarla birlikte çalışmamızın bu kısmında E4.0'ın makine, donanım ve yazılım konusunda teknik ayrıntıya girmeden, yönetsel olarak bir takım hazırlıklar, ilkeler ve özelliklere göre işletmelerde E4.0'ın tasarımı incelenecektir.

E4.0 üretim çevresinde, bilgi ve otomasyon teknolojilerinin artan kullanımını için kullanılmaktadır (Oesterrich ve Teuteberg, 2016: 122). Teknik açıdan bakıldığında E4.0 üretim çevresinde dijitalleşme ve otomasyonun artmasına ilaveten ürünler, çevresi ve işletme paydaşları arasında iletişim sağlanarak dijital bir değer zincirinin yaratılmasına yönelik temel uygulamaları içermektedir (Lasi vd., 2014: 239). Genel bir ifadeyle E4.0, üretim süreci mantığının tersine çevrilmesi ile "merkezileşmiş (bağımlı)" bir yapıdan "özerk (bağımsız)" üretim yapısına geçişte önemli bir paradigmayı yani değerler zincirini temsil etmektedir. Böylece, işletmenin tedarik zincirinde, iş model ve süreçlerinde köklü değişimlere neden olmaktadır. İşletmenin hiyerarşik yapısını da etkileyen köklü değişimler en üstten en alta kadar yeni iş yapış şekillerine dönüşümünü öngörmektedir (Zezulka vd., 2016). İşletmelerin E4.0 modeline dönüşümün sağlaması veya geçmesi için tasarım ilkeleri aşağıda Tablo 1.2'de gösterilmiştir (Salvidar, 2015; Lu, 2017). Buna göre, E4.0, üreticilerin, üretim süreçleri için otomasyonunda veya dijitalleştirme çalışmalarında kullandığı altı tanımlanmış tasarım ilkesine sahiptir.

Tablo 1.2. E4.0 Tasarım İlkeleri

Tasarım	CPS	IoS	IoT	Akıllı İşletme
Birlikte Çalışabilirlik	X	X	X	X
Sanallaştırma	X	-	-	X
Özerk Yönetim	X	-	-	X
Gerçek Zamanlı Yetenek	-	-	-	X
Hizmet Paylaşımı	-	-	X	-
Modülerlik	-	-	X	-

Kaynak: Hermann, Mario, Pentek, Tobias and Otto, Boris (2015), "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review ", Working Paper, Business Engineering Institute St. Gallen,s.11; Gilchrist, Alasdair (2016), Industry 4.0: The Industrial Internet of Things, Springer Publishing, Apress Media, New York, s.207-208; Wang, Lidong and Guanghui Wang (2016) "Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0" I.J. Engineering and Manufacturing, 4; Mrugalska, Beata and Magdalena K. Wyrwicka (2017) "Towards Lean Production in Industry 4.0" Procedia Engineering, 182, s.470; Santos, M. Y., Jorge Oliveira Sá, Carina Andrade, Francisca Vale Lima, Eduarda Costa, Carlos Costa, Bruno Martinho and João Galvão (2017), "A Big Data System Supporting Bosch Braga Industry 4.0 Strategy", International Journal of Information Management, 37,s. 75.

Birlikte çalışabilirlik: E4.0'ın en önemli ilkelerinden biridir. Birlikte çalışabilirlik "sistemi oluşturan tüm alt sistemin birbirini anlaması ve birbirlerinin işlevselliğini kullanabilme yeteneği" dir. Birliktelik tüm sistemin veri alışverişinde bulunma ve bilgi paylaşımı yeteneğini temsil eder. Buna göre, insanlar ve akıllı işletmeler, makinalar, robotlar hatta ürünler siber fiziksel sistemlerin yeteneği ile nesnelerin interneti üzerinden birbirleri ile iletişim kurabileceklerdir (Banger, 2017: 246; Roblek vd. 2016: 3).

Birlikte çalışılabilirliğin/iletişim ve etkileşim birlikteliğinin operasyonel, sistematik, teknik ve semantik olmak üzere dört seviyesi vardır. Özellikle, operasyonel seviye CPS içindeki kavramların, standartların, dillerin ve ilişkilerin genel yapılarını göstermektedir. Sistematik seviye, metodolojilerin, standartların, etki alanlarının ve modellerin ilkelerini tanımlar. Teknik seviye, teknik geliştirme, bilgi teknolojileri sistemleri ve ilgili yazılımlar için araçları ve platformları ifade eder. Semantik /anlamsal seviye ise farklı gruplardaki insanlar arasında bilgi alışverişini sağlar. Bu dört seviye, E4.0'ı daha üretken ve maliyet tasarruflu hale getirir (Lu, 2017: 5). Fakat belirtmek gerekir ki, birlikte çalışabilirlikten sinerji sağlamak ve verim elde etmek için, ya cihazlarda aynı protokol olmalı, ya açık sistem yaklaşımı benimsenmeli ya da aynı marka çözümler kullanılmalıdır (ST Endüstri 4.0, 2017: 4).

Sanallaştırma: Sanallaştırma, ilkesi gerçek süreçlerin ve işlemlerin gerekli teknolojiler yardımıyla sanal ortamlarda ikizlerinin oluşturulması faaliyetleridir. Dolayısıyla, gerçek dünyanın dinamik bir kopyası bilgisayar üzerinde yaratılmış olur. Mühendisler ve tasarımcılar, sanal gerçeklikte istedikleri değişiklikleri yapabilir ve test edebilir. Böylelikle, akıllı işletmenin sanal ikizleri yaratılarak, mevcut ürün ve süreçleri geliştirilebilir. Ürün geliştirme ve modelleme işlemleri azaltılabilir dolayısıyla yeni ürünlerden kâr etme süresi kısalabilir (Pfohl vd. 2015: 38; Gilchrist, 2016: 207). Örneğin,

bir işletmenin üretim hattında yer alan çok sayıdaki karmaşık özellikli iş tezgâhlarını, merkezi bir şekilde ve geleneksel usullerle izlemek ve denetlemek oldukça zor ve maliyetli olabilir. Oysa söz konusu sürece ilişkin oluşturulacak sanal ikizler yöneticilere süreci rahat bir şekilde takip etme imkanı sağlamaktadır (Banger, 2017: 247).

Özerk yönetim: Özerk yönetim, E4.0 özelliğine sahip işletmelerde çalışanların, makinaların ve diğer akıllı cihazların kendi kendine çalışmaları ve herhangi bir olağandışı durumla karşılaştıklarında kendi kendilerine karar verebilmeleri anlamına gelmektedir. Bürokratik süreçlere dayalı klasik örgüt yapılarının tersine, kendi kendine karar verebilen ve inisiyatif alabilen bağımsız üretim anlayışına geçilmesini temsil etmektedir. Bunun sonucu olarak, işletmelerde, karmaşık ve melez/hibrit yapılar ortaya çıkmıştır. Özerk yönetimli örgüt yapıları, acil siparişler, makine arızaları gibi beklenmedik olaylara karşı gerçek zamanlı olarak kendiliğinden yapılandırılabilirlik, yanıt verme ve uyarılma ve rutin kararların hızla verilmesini sağlama imkanlarını sunmaktadır. (Meissner vd., 2017: 167-168).

Gerçek zamanlı yetenek: E4.0’ da yetenek kullanımı eş zamanlı kullanım şartına bağlıdır. Daha açık bir ifadeyle örgütün sahip olduğu tüm yeteneklerin eşgüdümlü çalışması; çalışanların yürütmüş olduğu işlerle birlikte örgüt bünyesinde yürütülen tüm faaliyetlerin gerçek zamanlı yapılmasına E4.0’ın odaklandığı oldukça önemli bir alandır. (Gilchrist, 2016: 208, Roblek vd. 2016: 3). Bu özelliğiyle, büyük veri ve bulut bilişim gibi teknolojilerle verilerin hızlı bir biçimde işlenerek bilgi haline dönüştürülmesi işletmeler ve yöneticiler için önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Görçün, 2017: 145). Örneğin, arızalanan bir makineye derhal müdahale edilmesi veya arıza ihtimali yükselen makinanın bakıma alınması gerçek zamanlılık ile yakından ilgilidir (Banger, 2017: 247). Üstelik haberleşme gecikmeli değil, anlık olmalıdır. Bu prensip “zaman paradır” ifadesinin diğer şekilde söylenmesidir (St Endüstri, 2017: 4)

Hizmet paylaşımı: Hizmet paylaşımı entegrasyon olarak da ifade edilmektedir. Özellikle yatay ve dikey entegrasyon sayesinde işletmeler arası hizmet paylaşımına dayalı güç birliği söz konusudur. Hizmet paylaşımında kullanılan en önemli E4.0 bileşeni nesnelerin internetidir. Çünkü nesnelerin interneti, başkalarının da kullanabileceği potansiyel hizmetler yaratmaktadır. Bu yüzden akıllı işletmeler tarafından hizmet paylaşımında nesnelerin internetinin kullanımı iç ve dış paydaşlar açısından oldukça büyük bir önem

arz etmektedir (Gilchrist, 2016: 208). Bu sayede birçok akıllı işletme, internet üzerinden farklı nitelikte hizmetlere sahip olabilmekte ve bunları paydaşlarıyla paylaşma yeteneğine de ulaşabilmektedir.

Modülerlik: Modülerlik, karmaşık işlemleri daha basit kısımlara ayırmak yöntemiyle, karmaşık ürünleri ve süreçleri en iyi şekilde organize etmek için kullanılan bir özelliktir. Bu açıdan modülerlik, işletmelerin kişiye özel ürün üretebilmeleri için stratejik bir araç olarak kullanılmaktadır (Tekin ve Zerenler, 2007: 124). Kolay bölünebilme, kolay kurulum ve kolay değişimler yapma iş süreçlerinde üretim sistemlerinin esnek olmasını sağlamaktadır. E4.0 modülerliği sayesinde “tak-çalıştır” özelliği oluşmaktadır. Bu sayede, işletme sisteminden cihazlar kolayca ayrılabilir, yeni cihazlar sisteme büyük bir hız ve kolaylıkla eklenebilmektedir (Pfohl vd. 2015: 39; Banger, 2017: 248).

E4.0 sürecinde, otonom sistemlerin kullanabilecekleri çok sayıda alternatifin olması gerekmektedir. Bunlar içinde belli bir operasyon için en optimal olan tercih edilebilmektedir. Bu kapsamda, bütün faaliyet ve fonksiyonların olabilecek en küçük parçalara ayrılması ve modüler yapıda tanımlanmış olması gerekmektedir (Görçün, 2017: 146). Modüler üretim sistemleri, ana üretim sistemi çevresinde pek çok işlevi yerine getiren ve onun alt birimleri gibi çalışan bağımsız birimlerden oluşmaktadır. Bu sayede alt sistemler olabilecek en üst düzeyde esnekliğe sahip olmaktadır (Tekin ve Zerenler, 2007: 125). Böylelikle, akıllı işletmeler değişen şartlara ve gereksinimlere kolayca adapte olabilecek ve değişebilecektir. Buna bağlı olarak da, kişiye özel üretim gerçekleştirebileceklerdir (Gilchrist, 2016: 208; Santos vd., 2017: 751).

1.3.2. Endüstri 4.0’ın Temel Özellikleri

E4.0 temelinde, insanlar, makineler, teçhizatlar, lojistik sistemleri ve ürünler doğrudan birbirleriyle iletişim kurmakta ve işbirliği yapmaktadır. Yani, üretim ve lojistik süreçleri, üretimin daha verimli ve esnek hale getirilmesi için işletme sınırları ve ötesinde akıllıca entegre edilmiş ve esnek değer zincirlerini oluşturmuşlardır (Erol vd. 2016: 13 Wittenberg; 2016: 420).

Literatür incelendiğinde, E4.0 vizyonuna ait 3 temel özellik bulunmaktadır. Bunlar (Gilchrist, 2016: 199-200, Stock ve Seliger, 2016: 537 Oesterreich ve Teuteberg, 2016: 123, Shafiq, 2015: 1149) ;

- Küresel değer zinciri ağları boyunca yatay entegrasyon,
- Akıllı üretim sistemlerinin dikey entegrasyonu,
- Bütün değer zinciri boyunca uçtan uca mühendislik,

Entegrasyon, işletme içerisinde evrensel veri entegrasyon ağlarının geliştirilmesiyle, işletmelerin, birimlerin ve mevkilerin birbiriyle daha uyumlu çalışmasıdır. Bu kavram, aynı zamanda üretim ve hizmet fonksiyonları, müşteriler, tedarikçiler dağıtım kanallarındaki her bir işletmenin sistem entegrasyonu ile birbirine bağlı olmasını anlatmaktadır (Avcı, 2019: 30). Entegrasyon sayesinde, müşteriye özel ve kişiselleştirilmiş üretim kolaylaşmakta, kaynak verimliliği artırılmaktadır. Bu sayede işletmeler daha esnek bir yapıya kavuşurken, üretim sürecindeki değişikliklere hızlıca cevap vererek, bir sorunla karşılaşıldığında kolaylıkla çözülebilmektedirler.

1.3.2.1. Küresel Değer Zinciri Ağları Boyunca Yatay Entegrasyon

Küresel değer zinciri ağları boyunca yatay entegrasyon, tam anlamıyla üreticiler ile müşterilerin birbirleri ile bağlantılı ve tam entegre olması anlamına gelmektedir (Avcı, 2019: 31). Yani, yatay entegrasyonda kasıt, ürünün daha fikir aşamasından başlayıp tüketicinin eline ulaşmaya kadar (ham madde tedarikinden tasarıma, üretime, pazarlamaya, sevkiyata) geçen tüm süredeki işletmelerin birbirleriyle internet bağlantısıyla etkileşim içerisinde olmasıdır (Lu, 2017; Niesen vd., 2016: 5066). Ayrıca, yatay entegrasyon, yeni iş modellerinin ülkeler arasında ve hatta kıtalar arasında entegrasyonu anlamına gelebilir ve böylece küresel bir ağ oluşturulabilir. Yatay entegrasyon ile hem bir üretim işletmesi içinde hem de işletme sınırlarının ötesinde farklı değer süreçlerinin (üretim, lojistik, pazarlama, mühendislik) desteklenmesi veya yürütülmesi için çeşitli bilişim, iletişim ve enformasyon sistemlerinin uçtan uca entegrasyonu mümkün olabilir (Banger, 2017: 62).

1.3.2.2. Akıllı Üretim Sistemlerinin Dikey Entegrasyonu

Akıllı üretim sistemlerinin dikey entegrasyonu, akıllı lojistik, akıllı pazarlama, akıllı servisler ve diğer tüm akıllı sistemlerin tümleşik bir yapı olarak bir arada yer alması anlamına gelir (Avcı, 2019: 31). Bu sayede, süreçler arasında değil, işletmedeki tüm süreçlerde kullanılan teknolojik altyapıda kesintisiz bir iletişim ve akış sağlamak anlamına gelmektedir. Söz konusu entegrasyon, işletmeler ve üretim tesislerinin, talep seviyeleri, stok seviyeleri, makine kusurları ve öngörülemeyen gecikmeler gibi

değişkenlere hızlı ve uygun şekilde tepki vermesine olanak tanıyan sanal fiziksel üretim sistemlerinin (CPPS) kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda dikey entegrasyon, üretim istasyonlarından hücrelerin, hatların ve fabrikaların imalatı yoluyla bir değer yaratma modülünün farklı toplama ve hiyerarşik seviyelerindeki akıllı çapraz bağlamayı ve dijitalleştirmeyi açıklar (Niesen vd.; 2016: 5066).

1.3.2.3. Tüm Değer Zinciri Boyunca Uçtan Uca Mühendislik

Tüm değer zinciri boyunca uçtan uca mühendislik, E4.0 hem üretim sürecini hem de ürünün tüm yaşam döngüsünü kapsar. İşletmenin, insanlara özelleştirilmiş, daha nitelikli ürün ve hizmetler sunabilmesini desteklemek üzere tüm değer zinciri boyunca mühendislik sistemlerinin uçtan uca entegrasyonudur. Böylelikle, müşteriler tercih ettikleri ürünün tek tek işlevlerini ve bileşenlerini kendi ihtiyaçlarını karşılamak üzere karıştırıp eşleştirmeleri mümkün olacaktır (Banger, 2017: 64). E4.0 ile yatay, dikey ve uçtan uca taşınan veriler sayesinde bir yönetici coğrafi olarak birbirinden bağımsız işletmeleri yönetebilecek ve müşterilerin ihtiyaçlarını görebilecektir. Ayrıca, karar vermek istedikleri alanlarda kendilerine her düzeyde bilgi verilmesi sonucunda kararlarını daha hızlı verebileceklerdir (Macit, 2017: 59).

E4.0, işletme süreçlerinde yeni bir değer zinciri organizasyonu ve yönetim seviyesi olarak karşımıza çıkmaktadır. (Kagerman, 2013; Lu, 2017). Literatür incelendiğinde, ‘E4.0 özelliklerine sahip bir işletme nasıl oluşturulur, E4.0 nasıl uygulanır, hangi süreçlere dikkat edilmelidir?’ sorularına verilen cevaplar doğrultusunda hem araştırmacılar hem de uygulayıcıların üzerinde anlaştığı 4 temel ilke söz konusudur. Bunlar; karşılıklı bağlılık, özerk kararlar, teknik destek ve bilgi şeffaflığıdır ki aşağıda Tablo 1.3’de açıklanarak sunulmaktadır (Hermann vd., 2016: 3932).

Tablo 1.3. Endüstri 4.0 Temel İlkeleri

Endüstri 4.0 Temel İlkeleri	
Karşılıklı Bağlılık	Makineler, cihazlar, sensörler ve insanlar internet alt yapısıyla birbirlerine bağlanır. Bu prensip, E4.0 akıllı işletmelerinin dalgalı pazar taleplerine veya kişisel siparişlere esnek bir şekilde adapte olmasını sağlar.
Özerk Kararlar	İşletme içinde çalışanlar ve akıllı tüm cihazlar, nesnelerin ve kişilerin ara bağlantılarına ve üretim tesisinin içindeki ve dışındaki bilgilere istediği ulaşabilir. Böylece bağımsız karar verebilirler, sadece istisnalar, müdahaleler veya çelişen hedefler ve görevler daha üst bir düzeye devreder.
Teknik Destek	E4.0'ın akıllı işletmelerinde, üretimin karmaşıklığının artmasından dolayı, insanlar teknik sistemlere ihtiyaç duyarlar. Bu sistemler, insanların bilinçli kararlar alabilmelerini ve acil sorunlarını kısa sürede çözebilmelerini sağlamak için bilgiyi anlaşılabilir bir şekilde toplamalarını ve görselleştirmelerini sağlamaktadır. Şu anda akıllı telefonlar, tabletler bu konuda merkezi bir rol oynamaktadır. Ayrıca, robotlar, insanlara teknik destek sağlayan en önemli araçlar arasındadır.
Bilgi Şeffaflığı	E4.0 işletmelerinde, artan sayıdaki birbirine bağlı nesneler ve insanlar tarafından etkinleştirilen fiziksel ve sanal dünyanın bir araya getirilmesi, bilgi şeffaflığının yeni bir biçimini mümkün kılar. Sensör verileri, dijital işletme modelleriyle ilişkilendirilerek, fiziksel dünyanın sanal bir kopyası oluşturur. Böylelikle, gerçek zamanlı bilgi sağlanarak, süreçteki tüm bilgi kullanıcıların bu bilgilere açık bir şekilde erişmesi ve kullanması sağlanır.

Kaynak: Hermann vd., (2016) “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios”, 49th Hawaii International Conference on System Sciences, p. 3929; Pfohl vd. (2015) “The Impact Of Industry 4.0 On The Supply Chain” W. Kersten, T. Blecker, s.31; Sung, Tae Kyung (2017) “Industry 4.0: A Korea perspective”, Technological Forecasting & Social Change <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>.

1.4. Endüstri 4.0 Teknoloji Bileşenleri

E4.0 alanıyla ilgili literatür incelendiğinde, E4.0'ın teknoloji bileşenleri konusunda ortak görüş birlikteliği bulunmaktadır. Farklı araştırmacılar farklı isimlerle adlandırsa da bileşenlerin hangi teknolojiler olduğu açıktır. Örneğin, Gilchrist'ın (2016), E.4.0'ın teknik ve iş yenilikleri inovatörleri olarak sınıflandırdığı bileşenler şunlardır; minyatürleşme (kum tanesi boyutuna kadar küçülmüş sensörlerin artık giydiğimiz kıyafetler, yediğimiz yiyeceklerin ambalajı ve vücutlarımız gibi herhangi bir yere gömülebilmesi), siber fiziksel sistemler, wireless teknolojisi, IP hareketliliği (akıllı telefonlar, sosyal medya vb. uygulamalarla insanların istediği her yerden internete

bağlanabilmesi), ağ işlevselliklerini sanallaştırma (yönlendiriciler, güvenlik duvarları ve yük dengeleyicilerin sanallaştırılmasıyla ilgilidir), ağ sanallaştırma (donanım, yazılım, uygulama, ağ ve depolama gibi farklı katmanlardaki kaynakları birbirinden yalıtarak kullanılmasını sağlayan, fiziksel yapıyı mantıksal hale getiren ve kaynakları daha verimli kullanmamızı sağlayan yazılım teknolojisi), akıllı telefonlar, bulut, büyük veri, M2M teknolojisi, yapay zeka ve 3D baskıdır (Lasi vd., 2014; Schwab, 2016).

Neugebauer vd. (2016: 5) ise “Fraunhofer Layer Model” yaklaşımlarında E4.0 bileşenlerini 10 temel teknoloji kategorisine bölümlendirerek tanımlamışlardır. Bu kategoriler aşağıdaki gibidir;

- Mühendislik (dijital ve sanal mühendislik, akıllı materyal, gömülü sistemler gibi)
- Üretim teknolojileri ve organizasyon (doğrudan üretim, eklemeli üretim, isteğe göre üretim gibi)
- Makineler (akıllı sensörler, uzaktan kontrol ve bakım, üretim entegrasyonu gibi)
- Akıllı yetenekler (makine öğretme, çok yönlü kontrol, kendi kendine konumlandırma gibi)
- Robotik ve insan- robot işbirliği (mobil robotlar, veri ve sensor füzyonu gibi)
- Üretim planlama ve kontrol (akıllı üretim planlama ve kontrol, standartlaştırılmış ara yüzler gibi)
- Lojistik (özerk lojistik sistemler, takip ve izleme kavramları gibi)
- İş organizasyonu (esnek yönetim, sosyal iş süreçleri, yetki yönetimi gibi)
- İşyeri tasarımı ve yardımı (insan makine arayüzü, mobil araçlar, yardım ve karar destek sistemleri gibi)
- Kaynak ve enerji verimliliği (emisyon nötr üretim, geri dönüşüm yönetimi, kentsel üretim gibi).

E4.0 bileşenleri için, kaynakların büyük bir çoğunluğunda “bileşen” kelimesi kullanılırken, bazı kaynaklarda “uygulamalar, kavramlar, temel teknolojiler, sağlayan teknolojiler, inovatörler” gibi kelimelerin kullanıldığı da görülmektedir. Bu çalışmada literatürdeki çoğunluğu esas alarak “teknolojik bileşen” kavramı kullanılmıştır. Genel bir literatür incelemesi/taraması yapıldığında E4.0’ın “teknolojik bileşenleri” olarak kabul gören sınıflandırma aşağıdaki gibi yapılabilir (Lasi vd., 2014: 240; Toro, 2015: 364; Roblek vd., 2016: 1; Wang ve Wang, 2016: 2; Schwab, 2016; Liv d., 2017: 23; Lu, 2017;

Grinin vd., 2017: 250; Hermann vd., 2015, 2016; Özdoğan, 2017: 75-100, Dilberoğlu vd., 2017: 546; Zhong vd., 2017: 616; Santos vd., 2017: 751-752; Ovacı, 2017: 117; Salkın vd., 2018: 7-16, Frank vd., 2019);

- Siber Fiziksel Sistemler
- Nesnelerin İnterneti
- Büyük Veri
- Bulut Bilişim
- 3D Yazıcı/Baskı
- Robotik Uygulamalar
- Arttırılmış Gerçeklik

E4.0 teknolojik bileşenlerinin birbiriyle uyumları ve aralarındaki entegrasyon en üst düzeyde sağlanabildiğinde, E4.0 sürecinden beklentiler de en üst düzeyde karşılanabilir. Gerçekte bu bileşenler son derece karmaşık ve büyük bir sistemin işleyişini sağlayan faktörler konumundadır. Dolayısıyla teknolojilerin etkinlik düzeyleri bütün sistemin başarısında kilit bir role sahip olabilir (Görçün, 2017: 146).

Yapılan bazı araştırmalarda, bu teknolojik bileşenlere, siber güvenlik, akıllı işletmeler, yatay ve dikey entegrasyon, simülasyon gibi bileşenlerinde eklendiği görülmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından farklı bileşen sınıflandırmaları yapılmaktadır. Bu nokta da özellikle siber güvenlik ve akıllı işletmeler, teknolojik bileşenden ziyade E4.0'ın bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu araştırma içerisinde de, yatay ve dikey entegrasyon, simülasyon gibi teknolojiler ise siber fiziksel sistemlerin içerisine dahil edilmiştir. Konuyu daha iyi anlamamız açısından E4.0 teknolojik bileşenlerinin daha ayrıntılı olarak anlatılması faydalı olacaktır.

1.4.1. Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems-CPS)

E4.0 fiziksel dünya ile sanal dünyayı birleştirmeye çalışır ve bu hedefi siber fiziksel sistemler (CPS) ile mümkün olabilir (Wang ve Wang, 2016: 2). CPS, bilişim teknolojileri ile işletme operasyonlarının fiziksel gerçekliğini, sanal dünya ile bütünleştiren endüstriyel otomasyon sistemleridir (Lu, 2017). Yine, CPS, makine, depolama sistemleri ve üretim tesislerini içeren bir iş için, küresel ağlar kurularak sanal ve fiziksel dünyanın birleştirilmesi, uyumu ve koordinasyonu olarak da tanımlanabilir (Shafiq, 2015: 1149;

Shariatzadeh vd., 2016: 512). Bu iki dünyayı birleştiren CPS'ler iki önemli unsurdan oluşmaktadır. İlk olarak, birbirleri ile internet üzerinden haberleşen makine ve sistemlerin oluşturduğu ağ, ikinci olarak ise, gerçek dünyada ki fiziksel nesnelerin ve eylemlerin bilgisayar ortamında sanal kopyalarının varlığıdır. Diğer bir ifade ile, fiziksel çevre ile etkileşimde bulunmak için fiziksel kısım ve sanal dünyada olan siber kısım, ki bu yazılım bölümü, CPS'nin donanım yeteneklerini yönetmek ve güçlendirmekle birlikte, siber dünyayla etkileşimidir (Karnouskos vd., 2014, 233).

CPS, fiziksel dünya ile sanal dünyanın birleştirilmesi anlamına gelir. CPS'ler üretimde uygulandığı zaman CPPS (siber fiziksel üretim sistemleri) olarak adlandırılır (Toro vd., 2015: 364; Niesen vd., 2016: 5066; Shariatzadeh vd., 2016: 512). CPS, sensörleri ve çalıştırıcıları kontrol eden mikro denetleyicilerden oluşur. CPS'lerin gelişimi üç aşamalıdır. CPS'nin ilk aşaması, benzersiz tanımlamaya (UI) izin veren RFID etiketleri gibi tanımlama teknolojilerini içerir. Depolama ve analizler merkezi bir hizmet olarak sağlanmaktadır. İkinci aşamada CPS, sınırlı sayıda fonksiyona sahip sensörler ve çalıştırıcılar ile donatılmıştır. Üçüncü aşamada CPS, veriyi depolayabilir ve analiz edebilir ve ağ uyumludur (Herman, 2015). Bu sayede CPS, süreçlerde kullanılan ekipmanları ileri düzeyde teknolojik unsurlarla donatarak, akıllı hale getirip ve farklı ve değişken durumlara özel çözümler yaratabilen, aynı zamanda bu çözümleri otonom olarak uygulayabilen sistemler haline getirmektedir (Görçün, 2017: 184).

CPS, hem bilgi hem de fiziksel alt sistemlerden ve süreçlerden öğeleri (Ivanov vd., 2016: 839) makine, depolama sistemleri ve üretim tesislerini içeren, iş için küresel ağlar kurarak fiziksel ve dijital dünyanın birleştirilmesini sağlayarak, üretim, mühendislik, malzeme kullanımı ve tedarik zinciri ve hayat döngüsü yönetimi ile ilgili endüstriyel süreçlerin temel iyileştirmelerini kolaylaştırmaktadır (Shafiq, 2015: 1149). Örneğin, bir işletme fiziksel olarak kurulmadan önce simülasyon yoluyla kurulup gerekli bütün fizibilite araştırmaları bu simülasyon üzerinden yapılabilir. Ortaya çıkan sorunlar sanki gerçek zamanlı gibi önceden kestirilebilir.

Bugün işletmelerin en önemli problemleri arasında, gelişmiş ürünler üretmek için çok çeşitli bilgilerin sistemler arasında hızlı bir şekilde aktarılması vardır. Birçok işletme bu alt yapıya sahip olmadığı için henüz hızlı bir şekilde aktarma ve yönetme konusunda hazır değildir. E4.0 bu sorunun çözümü için CPS içeren teknikleri kullanır. Böylece,

sistemlerde, bilgi ve iletişim teknolojileri, verimliliği, kalite ve esnekliği, arttırmak mümkün olacak, olası mevcut durumlar düzenli olarak analiz edilerek, rekabet gücü artacaktır (Lu, 2017; Meissner vd., 2017: 166). İşletmelerin, CPS için yapay zekaya sahip, yazılım ve programların kurulu olduğu sistemlere ihtiyacı bulunmaktadır. Özellikle, kendi kendini yönetebilen, gerçek zamanlı verilere ulaşan, karar verebilen anlık haberleşebilen sistemler üretilmesi oldukça önemlidir (Çelikleş vd. 2015: 26).

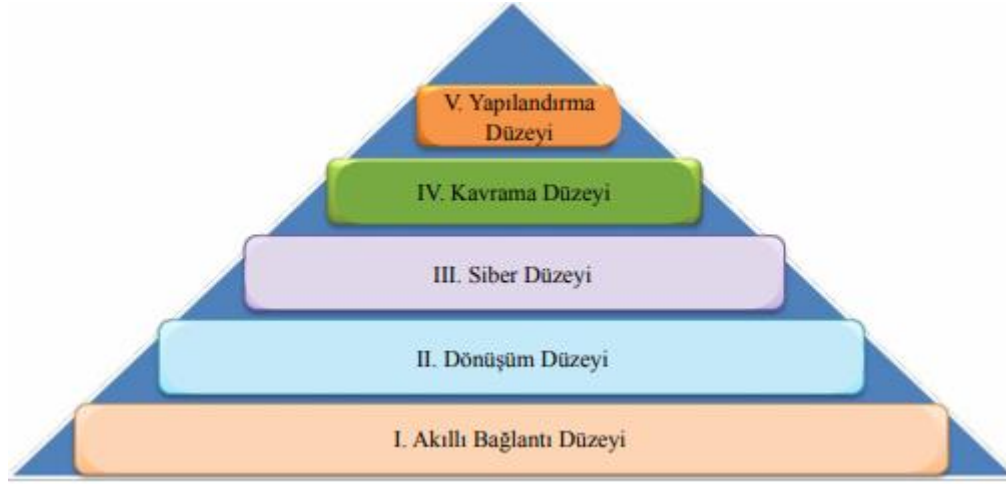
Bu doğrultuda, CPS teknik bileşenleri çok yönlüdür. Bu çok yönlülük, ürün geliştirme sürecine katılan alan uzmanlarının derin bilgisini gerektirir. (Herter ve Ovtcharova, 2016: 398). Buna göre, CPS ile bir üretim sistemi dört aşamadan oluşmaktadır (Landherr vd., 2016: 27);

- Sosyo-teknik değer katma sistemi,
- Sensörler, çalıştırıcılar, insanlar ve siparişler gibi bileşenler,
- Bağlantı ve iletişim sağlayan platformlar ve
- Fiziksel alana ilave işlevler sağlayan uygulamalar.

E4.0 ve CPS ile kurulan bir üretim sistemi üç paradigmaya dayandırılabilir; akıllı ürün, akıllı makine ve güçlendirilmiş operatör. Akıllı ürünü yönlendiren fikir, iş parçasının rolünü sistemin aktif bir parçası haline getirmektir. Ürünler, operasyonel verilerin ve gereksinimlerin doğrudan bireysel iş planında saklandığı bir bellek olacaktır. Akıllı makine, makinelerin siber fiziksel üretim sistemlerine gelme sürecini anlatmaktadır. Geleneksel bir üretim hiyerarşisini CPS'ler tarafından sağlanan kendi kendine organizasyonlar olacaktır. Güçlendirilmiş operatör ise, yüksek derecede modüler üretim sistemlerinin zorlu ortamında, işçinin teknolojik desteğini hedeflemektedir (Weyer vd. 2015: 580; Magruk, 2016: 280).

E4.0'a geçiş yapmak isteyen işletmelerin CPS teknolojiye sahip olması önemlidir. Uçtan uca entegrasyonun sağlandığı bu teknoloji için hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar tarafından 5 adımlı bir model oluşturulmuştur. Buna göre, E4.0'a geçiş yapmak isteyen işletmeler için rehber niteliğindeki "CPS 5C mimarisi" isimli model Şekil 1.4'teki gibi açıklanmaktadır.

Şekil 1.4. Siber Fiziksel Sistem Kurulumunda 5C Mimarisi



Kaynak: Melih S. Çeliktaş, G. Sonlu, S. Özgel ve Y. Atalay (2015), “Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası” *Mühendis ve Makina*, 56(662), s.27.

5C mimarisi, ilk olarak makinelerin fiziksel olarak işletmeye konumlandırılmasından sonra, ilk aşamada akıllı bağlantı (connection level) düzeyinden oluşur. Bu aşama, tüm bilgilerin toplandığı yerdir. İkinci düzeyde, dönüşüm düzeyi (conversion level) bilgilerin kullanıma hazırlanmadan önce dönüştürüldüğü aşamayı oluşturur. Daha sonra, siber düzey (cyber level,) diğer siber arayüzlerle bilgi alışverişinde bulunma, biliş/kavrama düzeyi (cognition level), optimizasyon kararlarını alma; ve son olarak yapılandırma düzeyi (configuration level) geri bildirim dağıtımı olmak sınıflandırılır. Yapılan uygulamalara göre, işletmelerde CPS kurulması için bu aşamaların izlenmesi tavsiye edilebilir (Dopico, 2016: 410; Drath ve Horch, 2014: 57; Qin vd., 2016: 175).

CPS teknolojisi sayesinde, işletme de farklı öğrenme modelleri gerçekleşir, çalışanların sorumlulukları artar, makineler üretim boyunca veri üretir ve hata önleyici ortam oluşturur. Böylece, CPS işletmenin üretim süreçlerinde destekleyici bir istem görevi görür (Prinz vd., 2016).

CPS’ler sadece endüstriyel süreçlerde değil günlük hayatın birçok alanında da kullanılmakta ve konfor sağlamaktadır. Gerçekte, insanların belirli koşullar altında tutum ve davranışlarının modellenmesi ve bunların algoritmalara dönüştürülerek bilgisayar ortamına aktarılması şeklinde kullanılan CPS, makine ve cihazların değişen çevre koşullarında gerçekleştirdikleri yaklaşım ve tutumlar inşa davranışları model alınarak

oluşturulmaktadır (Görçün, 2017: 185). CPS ile fiziksel dünyanın bir kopyasını oluşturmak ve uzaktan karar vermek giderek kolaylaşmaktadır. Nitekim, operasyonel verimliliği arttırarak zaman ve kaynak tasarrufu sağlayan bu sistemler, aynı zamanda çevre dostudur ve büyük bir enerji tasarrufu yaratmaktadır (ST E4.0, 2017: 23).

1.4.2. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT)

Nesnelerin interneti, internete ve birbirine bağlı “şeyler” ve “nesneler” anlamına gelmektedir. Söz konusu nesneler her şey olabilir. Bilgisayar, tablet, fitness cihazı, akıllı saat, ayakkabı, tezgahlar, taşıtlar, ampul, kapı kilidi, kitap, uçak motoru örnek verilebilir. Bu nesnelerin her birinin kendine ait kimlik numarası (UID) ve internet protokolü (IP) bulunmaktadır. Böylece nesneler, rahatlıkla tanımlanabilmektedir. Burada önemli bir ayrımda, bu nesnelerin çeşididir. Genellikle, fiziksel kökenli nesneler ve dijital kökenli nesneler olarak ikiye ayrılırlar. Örneğin, basılı kitap ya da bir işletme fiziki nesne iken, elektronik kitap ve sanal mağaza dijital nesnelerdir. Her ikisi de veri üretmesine rağmen, dijital kökenli nesneler daha fazla veri üretmektedirler (Greengard, 2017: 30-31). Örneğin, tüm dünyada bir dakika içerisinde, 4 milyon Youtube izleyicisi, Facebook’ta 900 bin çevrimiçi kullanıcı bulunmakta ve Google’da 3,5 milyon araştırma yapılmaktadır (Aydın, 2017).

Nesnelerin interneti kavramı ilk defa 1999 yılında Kevin Ashton tarafından bir işletmenin tedarik zincirinde RFID teknolojisinin kullanılmasının faydalarını ifade ettiği sunumda kullanılmıştır (Rifkin, 2015: 82; Atzori vd., 2017: 123). Burada ifade ettiği anlam, nesnelerin, bulundukları ortamın verilerini ortak bir platformda toplayıp, bu platform üzerinden analiz edip, karar verme, yönetme fikrine dayanmaktaydı (Sazak ve Albayrak, 2017). RFID, akıllı etiket, diğer adıyla radyo frekans tanımlama, canlıları veya nesneleri radyo dalgaları ile tanımlamak için bir okuyucu ile bir etiketten oluşan ve dalgalar aracılığıyla iletişim kuran teknolojilere verilen isimdir. (Aktaş vd., 2014: 26). İngilizce “Radio-Frequency IDentification” tanımının kısaltması olan RFID, küçük bir çip ve anten içeren küçük devrelere sahip bir elektronik cihazdır. Adında anlaşılacağı üzere, radyo frekanslarını kullanarak nesneleri tekil ve otomatik olarak tanıma imkanı sağlamaktadır. RFID, yeni bir teknoloji olmamakla birlikte, 1980'lerden beri lojistik, ilaç üretimi, perakendecilik ve tedarik zinciri yönetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Xu vd., 2014). RFID etiketlerinin, işlem güvenilirliğini ve verimliliğini önemli ölçüde artırabildiği belirtilmektedir. Bugün birçok işletme barkod ve manuel stok sistemleri

kullanmak yerine rafları, araçları, ekipmanları ve daha birçok şeyi etiketleyip takip etmeye başlamıştır. Böylelikle tedarik zincirinin verimliliği artmış, stok maliyetleri düşmüş ve kâr oranları yükselmiştir. Örnek olarak, temassız ödeme sistemlerini, havaalanlarındaki bagaj yönetimini, yol geçiş ücretlerini toplamayı ve envanter ve varlık takibini verebiliriz (Greengard, 2017: 48-49). Bunlara ek olarak, depolama faaliyetlerinde olabildiğince otomasyonun kullanılması ve depo süreçlerinin otonom ve otomatik hale gelmesi lojistik faaliyetleri ve operasyonel hızı olağanüstü arttırmakta, toplam maliyetleri de büyük ölçüde azaltabilmektedir (Görçün, 2017: 160).

RFİD etiketleriyle desteklenen nesnelerin interneti (IoT) akıllı cihazlar ve bunların birbirine bağlantıları arasındaki iletişim araçlarını destekler (Dopico, 2016: 410; Karacay ve Aydın, 2018: 175) ve nesnelerin kablolu veya kablosuz bağlantı sayesinde, iletişim kurmaları ve birbirlerine bağlanabilme yeteneklerini tanımlamak için kullanılır (Doğan ve Arslantekin, 2016: 26; Zezulka vd., 2016: 8).

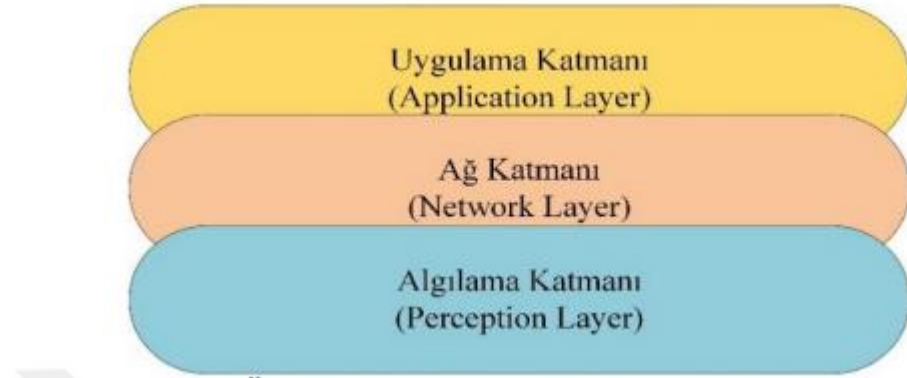
Bazı kaynaklarda IoT yerine “Her Şeyin İnterneti” veya “Endüstriyel İnternet” gibi terimlerin kullanıldığı da görülmektedir (Banger, 2017: 43). Fakat, endüstriyel internet terimi daha farklı bir anlam taşımaktadır. IoT, sanayi sektörlerine ve sınai işletmelere odaklı ele alındığında “endüstriyel internet” olarak ifade edilmektedir. Endüstriyel internet, sensörlerle donatılarak “akıllı” hale getirilen, nesnelerin interneti için tesisat ve bilişim altyapısı işlevi gören makinalarla ilgilidir.

IoT ile işletmelerde ağlar arası iletişim üç farklı yöntemle olmaktadır; makineden makineye (M2M), insandan makineye (H2M) makineden akıllı telefona (M2S) veya diğer akıllı cihazlara (Greengard, 2017: 32) şeklindedir. Böylece, IoT makinelerden ve farklı süreç bileşenlerinden alınan yüksek güvenlik seviyesindeki verilerin toplanması ve analiziyle optimizasyon, süreçte verimliliğin artması hammadde-üretim planlama, kaynak yönetimi, önleyici bakım ve hedef ürün kalitesine ulaşmasına olanak sağlayarak, toplam değer zincirine eş zamanlı birçok olumlu değişim ve katma değer sağlayacaktır.

IoT tasarımında kullanılan teknolojiler IPV6, WSN, RFİD, ZİGBEE, NFC, WİFİ, 3G/4G, WİMAX’ gibi programlamalardır. Bu teknolojiler sayesinde IoT, makineler, insanlar ve bilgisayarlar arasında akıllı endüstriyel operasyonlar sağlayan (Uslander, 2016: 219) duyuşal, iletişim, ağ oluşturma ve bilgi işleme faaliyetlerini gerçekleştirerek

küresel bir ağ alt yapısı oluşturmaktadır. Bu ağ alt yapısının kurulum mimarisi Şekil 1.5'teki gibi gösterilebilir.

Şekil 1.5. IoT Mimarisi



Kaynak: T. Çavdar ve E. Öztürk (2018), “Nesnelerin İnterneti İçin Yeni Bir Mimari Tasarımı” *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (1), s.43.

Şekil 1.5 incelendiğinde, bir IoT mimarisinin üç katmandan oluştuğu görülmektedir (Xu vd., 2014; Cevik Onar ve Üstündağ, 2018: 31-32); fiziksel dünya ile elde edilmiş veri sayesinde dış dünyayı algılayan algılama katmanı, işletmedeki tüm kaynakları internet ile birbirine bağlayan ve bunlar arasında iletişime izin veren ağ oluşturma katmanı ve diğer iki katmanı tamamlayıcı katman olan, verilerin kullanılabilir hale dönüştürüldüğü ve sonuçlarının gözlemlenebildiği uygulama katmanıdır. Bu katmanlardan fiziksel gerçeklikteki bilgiler işlenerek, sanal hale dönüştürülüp, işletme amacına hizmet eder hale gelir.

IoT her sektör ve her işletme de kullanılabilir. Günümüzde özellikle kullanım alanları, akıllı altyapı, sağlık hizmetleri, tedarik zinciri ve güvenlik, enerji, üretim ve ilgili endüstri sektörlerinde ve işletmelerinde karşımıza çıkmaktadır (Roblek vd, 2016, Uslander, 2016: 219). IoT teknolojisine sahip işletmelerin iletişim ve bilgi alış verişi süreçleri, IoT kullanmayan işletmelere göre oldukça farklıdır. Bu farklılıklar Tablo 1.5'teki gibi özetlenebilir.

Tablo 1.5. Klasik Bilgi Süreci ile IoT Bilgi Süreci Arasındaki Farklılıklar

Klasik Bilgi Süreci	IoT Bilgi Süreci
• İntranetten edinilen verilere dayanan bilgi ve müşteri ilişki yönetimi vardır. • Veriler yerel sunuculara kaydedilir. • Yerel zaman ve kişisel sınırlı erişim bulunur. • Organizasyon sınırlı ağlar, • E-posta veya intranet yoluyla bilgi paylaşımı ve tartışma yapılır.	• Veriler doğrudan nesnelerden ve müşterilerden elde edilir. Analiz edilip buluta kaydedilir. • Gerçek zaman vardır. İçerik çevrimiçi olarak ulaşılabilir. İnsanlar veya nesneler arasında bilgi paylaşımı için herhangi bir sınırlama yoktur. • Bilgi paylaşımı ve işbirliği, insanlar arasında, insanlarla nesneler arasında ve nesneler arasında kablosuz iletişim ağlar yoluyla kurulur.

Kaynak: Vasja Roblek, Maja Meško and Alojz Krapež (2016) “A Complex View of Industry 4.0”, *SAGE Open*, s.5.

IoT teknolojisi kullanan işletmeler, kullanmayan işletmelere göre çalışanları ve müşterileriyle her an bilgi alışverişi içinde olacaktır. Bu konuda, 2020 yılında her insanın ortalama 5 adet internete bağlı cihazı olacağı ifade edildiği göz önüne alındığında, (ST E4.0, 2017 Mayıs: 30) işletmelerde etkileyici sonuçları beraberinde getireceği öngörülmektedir. Örneğin, tıp sektöründe, hastaların devamlı gözetim altında tutulmasını sağlayan internete bağlı sensörler doktorlara yoğun bir bilgi ile proaktif çözümler sağlayacaktır (Greengard, 2017: 110-111). Yine, akıllı tarım, akıllı şehir, giyilebilir teknolojiler sayesinde, akıllı hayatlar, uzaktan güvenlik ve denetim, bina yönetimi ve enerji tüketimi gibi uygulama alanları IoT sayesinde yaşanacak gelişmeler arasındadır (Aktaş vd., 2016: 44; Karacay ve Aydın, 2018: 177-181).

Bir işletmede kullanılan IoT'un başarısı, birlikte çalışabilirlik, uyumluluk, güvenilirlik ve küresel ölçekte etkin operasyonlar sağlayan standardizasyona bağlıdır. Birçok ülke ve işletme, yaratacağı potansiyel faydalardan dolayı IoT ile oldukça ilgilidir. Örneğin, örgütsel performans ve ülke ekonomisine pozitif etkilerinden dolayı Çin, 2015 yılında IoT için 800 milyon \$ yatırım yapmıştır. Avrupa Birliği ülkeleri, Japonya, IBM firması gibi ülke ve kuruluşlarında bu konuda büyük yatırımları söz konusudur (Xu vd., 2014). IoT teknolojisinin özellikle, akıllı şehirler ve akıllı evlere imkan sağlaması yatırım cazibesini arttırmaktadır.

Üstelik, Rifkin (2015) IoT teknolojisinin ekonomide sifıra yakın bir marjinal maliyeti ortaya çıkardığını da ortaya koymuştur. Maliyete ek olarak bu teknolojinin faydaları şu şekilde sıralanabilir (Xu, 2011; 2014); üretim sürecinde birbirleriyle iletişim kuran makineler, süreci kontrol ederek operatör ihtiyacını ve mekanik ve elektriksel

arızalar önceden tahmin edilerek önlemler alınarak bekleme sürelerini azaltır, hammadde eksikliğini önceden tespit eder, üretim süreci hakkında tüm bilgiler tüm dünyayla eş zamanlı olarak elde edilebilir ve bu bilgiler dağıtım kanalları ve müşterilerle paylaşılabilir. Depolama hacminin artması, zamandan tasarruf, müşteri deneyimi geliştirmek, ürünlerin üzerine dijital hizmetler eklenmesi, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, güvenlik ve verimlilik de bu faydalar arasında sayılabilir (Schwab, 2016: 149; Çevik Onar ve Üstündağ, 2018: 30; ST E4.0 Aralık, 2019: 33). Ayrıca IoT, karbon emisyonun azalması, yenilenebilir enerji paylaşımını ve enerji verimliliğini arttırmak gibi toplumsal faydalar da sağlamaktadır (Atzori vd., 2017: 124).

1.4.3. Büyük Veri

Günümüz dünyası 2003 yılına kadar yaklaşık 5 exabyte veri üretmiştir. Bu 1000 sayfalık 60 trilyon adet kitap anlamına gelir ki, bu veri günümüzde sadece iki günde üretilmektedir. 2020 yılında ise bu rakam 35-40 zebabyte civarında beklenmektedir. Bu da 1000 sayfalık 240 kintilyon adet kitap demektir. Aynı zamanda, bugün birbiri ile haberleşebilen yaklaşık 15 milyar cihazın 5 milyarı nesnelerin internetinden oluşurken, 2020 yılında bunun 25 milyar olacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla, kullanılan bu cihazların sayısındaki artışa bağlı olarak, veri üretme hacmi de zaman içinde daha da artacaktır. (ST E4.0, Aralık 2017). Ayrıca, bireysel bir kullanıcı internete girdiğinde bilerek ya da bilmeyerek kendisine ilişkin birçok bilgiyi sistemde bırakmaktadır. Yazdığı herhangi bir yorum, bir alışveriş sitesinde geçirdiği süre, incelediği ürünler, sosyal medya üzerinde bırakmış olduğu bir ifade vb. izler ile her an veri üretmektedir (Görçün, 2017: 167).

Yaşanan gelişmelerle birlikte veri üretme hacmi ve hızının yükselmesi, tüm dünyanın yönünü bu konuya çekmiştir. Veri kavramı, gözlem, sayım, ölçüm vb. şekilde elde edilen bilgiler olarak tanımlanabilir (Kapanoğlu ve Er, 2016: 5). Veri, dağınık, karmaşık ve kaotik bir yapıdadır. Bütün sorun ona bir düzen vererek anlam çıkarmaktır (Gürsakaç, 2017: 35). Veriler, kendi başlarına ham halde durum bildiricileridir. Sayısal ve sözel olan simgelerdir. Veriler işlenmediği sürece anlamlı bir değer taşımazlar (Banger, 2016: 43). Örneğin, işletme verilerine, arşivler, dokümanlar (excel-pdf-html vs.), iş uygulamaları (ERP, İKY), medya (görüntü- video-ses vs.), sosyal ağlar (twitter-facebook-google+ vs.), internet (wikipedia, günlükler, haberler vs), depolama üniteleri (Hadoop, NoSQL dosya sistemleri vs.) makine verileri ve okuyucu verileri (medikal, araç

okuyucu vs) gibi örnekler verilebilir (Özdoğan, 2016, 63). Aynı zamanda, bu verilerin daha etkin bir şekilde kullanılması için sayısallaştırılmış olması gerekmektedir.

Verilerin her geçen gün hayatımıza dair önemi ve kullanım alanının giderek artması büyük veri kavramının ortaya çıkışına sebep teşkil etmiştir. Büyük veri, veri kümelerini anlatır ve oldukça kapsamlıdır. Verilerin türünü gösteren, hem depolayan hem de işleyen ve anlamlı hale getiren bir teknolojidir (Doğan ve Arslantekin, 2016: 22). Büyük veri kavramı, internet ve diğer unsurlar sayesinde bir araya getirilmiş, dijital forma çevrilmiş bilgilerin toplandığı devasa büyüklükteki veri tabanlarını tanımlamak için kullanılmaktadır (Görçün, 2017: 167). Büyük veri, mevcut bilgi sistemlerinin işleyemeyeceği kadar geniş ve karmaşık, yapılandırılmış veya yapılandırılmamış, bugüne kadar bilgi çöplüğü olarak tabir edilen veri kümelerinin anlamlı ve işlenilebilir biçime dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir (Banger, 2017: 86).

Geleneksel veri ile karşılaştırıldığında büyük veri zorluklar içermektedir. Büyük veriyi kullanmak veya uygulamak isteyen yönetici ve bilgi teknolojileri profesyonelleri her şeyden önce gerçekleştirmek istedikleri işletme amaçlarını belirlemek için birlikte hareket etmelidir. Daha sonra bu amaçları gerçekleştirmek için gerekli olan teknolojik altyapıyı, veri kaynaklarını ve nicel analizleri amaçlarına göre uyumlaştırmak durumundadır (Demirtaş ve Argan, 2015). Büyük veri işletmelerin yapısında radikal bir değişimi gerekli kılmaktadır. İşletmenin tüm yapısını hatta kültürünü bile etkileyecek bir teknolojidir. Bu nedenle, işletmelerin büyük veriye geçmesini engelleyen bazı engeller mevcuttur. Bunlar; bilinmeyen hedefler, büyük verinin altında yatan teknolojiler, bütünsel bakış açısının eksikliği, siber saldırı korkusu, yasal düzenlemeler ve yönetmeliklerin eksikliği, müşterisi verisine olan ihtiyaç olabilmektedir (Özdoğan, 2016, 45-55).

İşletmelerde kullanılan büyük veri teknolojisi üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar: Çeşitlilik (variety), hız (velocity) ve hacim (volume)'dir. Beyer ve Laney, (2012) ve Santos vd., (2017), Laney (2001)'e ve Ekizler (2019) göre, hacim, verinin miktarını ve büyüklüğünü ifade etmektedir. Hız, verinin üretim, kullanım ve değişim hızını, özellikle de verinin sisteme girme hızı ve analizlerin ne kadar çabuk gerektirdiği ile ilgilidir. Örneğin, Facebook'ta günde 2,7 milyar kez beğenme tıklaması ve yorum paylaşılması, toplumda etki uyandıran bir olayın saatler içerisinde Twitter'da Türkiye ve Dünya

gündemine girmesi, hız konusunda örnek verilebilir (Gilchrist, 2016: 54). Çeşitlilik ise, verilerin yapısını, kapsamını, farklı biçim ve içerikteki verileri içerebilmesini ifade etmektedir. Veriler çeşitlilik açısından, yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler olmak üzere ayrılmaktadır. Verilerin heterojen bir şekilde dağılması çeşitlilik boyutunda değerlendirilmekle birlikte, farklı yapıdaki veri türleri analizler için en zor kısmı oluşturmaktadır. (Gilchrist, 2016: 54; Ekizler, 2019: 85).

E4.0'ın getirdiği ezber bozan en önemli unsur büyük veridir. İşletmelerin sınırsız bir veri ağına ulaşması, buna bağlı olarak ortaya çıkan gerçek zaman algısı, anında gelişmelerden haberdar olmak, diğer rakipler içerisinde yerini görebilmek, karşılaştırma yapma imkanına sahip olmak büyük verinin getirdiği avantajlar arasındadır (Tüzmen, 2017). Büyük veri yaratacağı potansiyel faydalardan dolayı, “yeniçağın petrolü” olarak adlandırılmaktadır. İşletmelerin verimliliğini yükseltmek, geleceği daha isabetli tahmin edebilmek, riski azaltmak, kârı arttırmak ve rekabet gücünü yükseltmek bu faydalar arasında sayılabilir (Tüzmen, 2017). Söz konusu faydalara ilaveten büyük veri teknolojisinin işletmelere sağlayacağı faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Manyika vd., 2011; Schwab, 2016: 157; Santos vd., 2017; Gürsakal 2017: 23);

- Büyük veri, sermaye, işgücü gibi önemli bir üretim faktörü konumundadır.
- Büyük veri, geleceği tahmin edebilme yeteneğiyle, yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine büyük katkı sağlar.
- Büyük veri, küçük işletmelere bile bulundukları rekabetçi ortamda çok daha güçlü olabilme şansı tanır.
- Büyük veri ile müşteriler kendilerine özgü mal ve hizmetlere daha rahat ve hızlı erişebilir.
- Maliyet tasarrufu ve ileri analiz tekniklerinde azalan karmaşıklık sağlar.
- Büyük veri ile karar verme hız ve kalitesi artar.

Büyük veri analizi, geniş veri miktarlarının analizini kolaylaştıracak farklı veri analiz tekniklerini de içermektedir. Yeni teknikler, veri görselleştirme, veri madenciliği, raporlama, geçici/anlık sorgu ve SQL server mimarisidir. Bu tekniklerle verilerin toplanması, toplanan verilerin standartlaştırması, temizlemesi ve yeniden biçimlendirmeyi içeren verilerin hazır hale getirilmesi aşaması tamamlanmış olur. Hazırlanan verilerden bilgi çıkarmak, analiz etmek, ve verilerin bilgiye dönüşmesini

sağlayarak analiz aşaması gerçekleştirilir. Son aşamada ise, raporlamak ve görselleştirmek aşamalarıyla karar verme ve planlar yapma işlemleri gerçekleşir (Santos vd., 2017: 754). Nitekim, Fortune 1000 (2017) işletme yöneticileriyle yapılan araştırmada, yöneticiler büyük veriden kayda değer sonuçlar aldıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca, büyük veri sayesinde, yöneticilerin bulunduğu işletmelerde; %49 giderlerin düştüğünü, %44'ü yeni ürünler ve hizmetler bularak piyasaya sürdüklerini, %33'ü gelirlerinin arttığını, %31'i var olan girişimlerin hızını arttırdıklarını belirtmişlerdir (HBR, Eylül 2017: 24). Yine, Türkiye'de kamu sektöründe ve özel sektörde büyük veri içerikli uygulamalar, bu alanlarda çalışanların ve vatandaşların hayatını kolaylaştırmaktadır. Örneğin, güvenlik sektöründe, suç analizi, sabıka kayıtları, siber güvenlik duygu analizi, suçlu ağ analizi gibi, eğitim sektöründe MEBBİS, e-okul, fatih projesi, sağlık sektöründe, e-nabız, e-randevu, aşı takip sistemi, kamu sektöründe e-devlet vb. uygulamaları bunlara örnek verilebilir.

1.4.4. Bulut Bilişim

Büyük veri teknolojisi, beraberinde yeni bir teknoloji ihtiyacını doğurmuştur. Bu yeni teknoloji ise bulut bilişimdir. Büyük veri ile bulut bilişim birbirlerini tamamlamayan teknolojilerdir. Büyük veri, kullanıcılara birden fazla veri kümesi arasında sorguları işleyip sonuçları zamanında geri göndermekte; bulut bilişim sistemleri ise depolama ve ağ sunucularının sanallaştırılıp büyük verilerin analmalı hale getirilmesi için yapılan tüm analizlerin bulut üzerinde gerçekleşmesini sağlamaktadır (Ekizler, 2019: 90). Son zamanlarda adını çokça duyduğumuz bu iki teknoloji, yapılan araştırmalarda, akademik ve uygulamada en çok araştırılan ve merak edilen teknolojiler arasında yer almaktadır (Basl, 2016).

Verilerin artması, büyük veri teknolojisi gibi durumlar artan bu verinin depolanması ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Bulut bilişim ihtiyacı büyük miktarda bilgiyi depolamak, merkezi bir alt yapı kurmak ve geri plandaki analizleri yapmak için ortaya çıkmıştır (Dopico vd., 2016: 412). Bu bağlamda, veri merkezlerinin “bulut” olduğu ve bulutun, adeta inanılmaz büyüklükte bir bilgisayar ve binlerce sunucudan oluşan yaşayan bir organizma gibi düşünülebileceği belirtilmektedir (Gürsakal, 2017: 163).

Bilişim kelimesi, bilgi işlem den gelir, bilgisayar ortamında hesaplama yapmayı ifade etmek amacıyla kullanılır. Bulut kelimesi bilgisayar programı veya verileri içeren

dosyaların sağlandığı konuma işaret etmektedir. Bulut, verilerin içinde depolandığı istenilen yerden istenilen zamanda bu veriye ulaşılabilđi (örn, flash bellek gibi) bir depolama teknolojisidir. Bulut bilişim ise, bilgisayar özelliği olan cihazlar arasında ortak bilgi paylaşımını sağlayan hizmetlere verilen genel bir isimdir (Banger, 2016: 60).

Bulut bilişim, ABD Uluslararası Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından düşük düzeyde yönetim ya da hizmet sağlayıcı etkileşimi ile hızlı bir şekilde sağlanıp, serbest bırakan, bilgisayar ağları, depolama, servis ve sunucu gibi ayarlanabilir bilişim kaynaklarının müşterek havuzuna her yerden, elverişli bir şekilde istenildiğinde ağa erişim sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmıştır (Turan, 2017: 65).

Bulut bilişim, E4.0'ın başarısına önemli derecede katkı sağlayan bir teknolojidir. İşletmelerde bu teknolojinin kullanılması, verilerin depolanması, saklanması ve yönetilmesi için kullanılmaktadır. Aynı zamanda, bu teknolojiye bağlı olarak üretimde yapılmaktadır. Bulut bilişime bağlı olarak yapılan bu üretime bulut tabanlı üretim adı verilir. Bulut tabanlı üretim, talebe bağlı üretim imkanı sağlar. Bu üretim, kaynak verimliliğini artıran, ürün yaşam döngüsü kısaltan, maliyetleri azaltan, müşterilerin değişen taleplerine yanıt olarak optimum kaynak tahsisine izin veren bir üretimdir (Thames ve Schaefer, 2016: 13; Salkın vd., 2018: 9).

İşletmelerde bulut teknolojisinin kurulması veya kullanılabilmesi için, bulut bilişime ait olan üç öğe topluluğu (3-4-5 Kuralı) 'nın bulunması gerekmektedir. Bunlar aşığıdaki gibi sıralanıp, Tablo 1.6'daki gibi gösterilebilir.

- Bulut bilişim hizmet modelleri (yazılım, platform, altyapı)
- Bulut bilişim kurulum modelleri (özel, kamu, topluluk ve karma)
- Bulut bilişimin karakteristikleri

Tablo 1.6. Bulut Bilişim Temel 3-4-5 Kuralı

Hizmet Modeli	Hizmet İçeriği	Kurulum Modelleri	Karakteristik Yapısı
Hizmet Olarak Yazılım	Bulut Bilişim Uygulamaları	<i>Özel Bulut</i> 	1.İstek üzerine kendine hizmet eden bir yapı kurulur. Kullanıcı, tek taraflı olarak, ihtiyaç duyulduğunda herhangi bir hizmet sağlayıcısına insan müdahalesi olmadan otomatik olarak ulaşır.
	Sosyal ağ hizmetleri. Video işleme. Müşteri ilişkisi yönetimi. Uygulama yazılımları. E-posta vb.	Bir bulut özel olarak bir işletme tarafından kullanılıyorsa bu özel buluttur.	
Hizmet Olarak Platform (PaaS)	Bulut Bilişim Platformu	<i>Topluluk Bulutu</i> 	2. Geniş ağ erişimi imkanı sağlar. Yetenekler ağ üzerinden kullanılabilir. Bu yeteneklere, telefonlar, tabletler, bilgisayarlar gibi cihazlarla erişilebilir.
	Programlama dilleri; Yapısal veriler. Google, Apps Engine, Microsoft, Azure vb.	Birden fazla işletmenin ortak kullanılan hizmetlerini barındıran buluttur. Topluluk üyeleri uygulama ve verilere erişebilmektedir.	
Hizmet Olarak Altyapı (IaaS)	Bulut Bilişim Altyapısı	<i>Kamu Bulutu</i> 	3.Kaynakların birleştirilmesi/kaynak havuzu imkanı sunar. Kullanıcının talebine göre dinamik olarak farklı fiziksel ve sanal kaynakları paylaşılan ve tekrar tahsis edilen çoklu kiracı modeli kullanan birçok kullanıcı bir araya gelir.
	Hesaplama sunucuları. Veri depolama ortamı. Yük dengeleme. Güvenlik duvarı vb.	Genel bulut. Bulut bilişim altyapısı genel kamunun açık kullanımına tahsis edilmektedir. KOBİ'lere uygundur; elektronik posta gibi, ne kadar kullanırsan o kadar ödeme yapacağın bir modeldir.	
		<i>Karma/Hibrit Bulut</i> 	4.Hızlı ve güvenilir esneklik sağlar. Yetenekler, dışa ve iç talebe orantılı olarak hızlıca ayarlanmak için bazı durumlarda otomatik olmak üzere, esnek şekilde sağlanabilmekte ve serbest bırakılabilmektedir.
		Özel ve kamu bulutlarının birleşimi ile oluşan buluttur. İşletmelerin büyüklüklerine göre birleşim oranları farklılaşmaktadır.	
			5.Ölçüme dayalı hizmet sağlar. Bulut bilişim, kullanılan hizmetin sağlayıcısı için, izlenilebilir, kontrol edilebilir, denetlenebilir ve raporlanabilir işlevlerini sağlar.

Kaynak: Turan, Metin (2017), Bulut Bilişim, Seçkin Yayınları, Ankara, kitabından referans alınarak tarafıma hazırlanmıştır.

İşletmeler kendi kullanımları için kendi bulutlarını yaratabilir/kurabilir ya da dış kaynaklardan temin edebilir. Dış kaynak bulut bilişim örneklerine, Google dokümanlar, Office 365, iCloud, Dropbox, Evernote, Zoho, NetSuite, Salesforce, IBM Websphere Cast Iron Cloud Integration, Turkcell AkıllıBulut örnek verilebilir. Bulut bilişim özellikle

kullanıcılarına internet üzerinden erişim sağlanması, “kullandığın kadar öde” prensibiyle diğer dış kaynak kullanım hizmetlerinden ayrılmaktadır. Bulut bilişim hizmetini alan işletmeler çok yüksek maliyet avantajı elde etmekte aynı zamanda süreçlerini daha verimli, kârlı ve rekabet gücü yüksek hale getirmektedir (Gilchrist: 2016: 6; Karapınar vd. 2016: 722).

Bulut bilişimin en temel avantajları; artan veya azalan kapasiteye hızlı elastikiyet, kaynakların bağımsız konumlanması ve her yerden ağ erişimi sağlamasıdır (Dopico vd., 2016: 412). Bu teknoloji sayesinde, işletme kurmak için fiziksel kaynakların olması gerekliliği (örneğin, ofis, makine, demirbaş gibi) ortadan kalkmıştır. Örneğin, Uber hiç otomobile sahip değilken, dünyanın en büyük şoförlü araç kiralama şirketi, aynı şekilde Airbnb herhangi bir oda sahibi olmadan Hilton ve InterContinental otel zincirlerini geride bırakarak dünyanın en büyük otel konaklayıcısı haline gelmiştir (Rifkin, 2015: 254; ST E4.0, Nisan 2017).

Gartner (2014) araştırmalarına göre, bulut bilişimin günümüzde 150 milyar dolarlık iş hacmine sahip olduğu ve 2020 yılında ise potansiyel olarak 40 milyar dolarlık iş hacmine sahip olacağı tahmin edilmektedir (Karapınar vd. 2016: 719). Örneğin, IBM, Facebook, Google, Amazon, Walmart, Microsoft gibi işletmeler bulut bilişim kullanarak büyük ölçekli verimlilik elde ettiklerini belirtmektedir (Banger, 2016).

Bulut bilişimi, yoğunluk sebebi ile asıl hedeflerine ve işlerine odaklanamayan sektördeki işletmeler, bilişim teknolojileri için finans ve işgücü kaynağını en aza indirmek isteyen işletmeler, iş dünyasında hız ve çevikliğin önemli bir faktör olduğunu özümsemiş gelişime açık ve çok şubeli işletmeler kullanabilir. Nitekim, Can ve Kıymaz (2016: 114-115)’a göre, bulut bilişim, RFID, elektronik etiket, elektronik barkod gibi teknolojiler sayesinde, işletmelerin muhasebe işlevlerinde büyük kolaylık sağlanmış, anlık stok sayımı, kayıp ve çalıntıların önlenmesi, fiyat belirleme, tek seferde hesaplama kolaylığı, uzaktan erişim, otomatik beyanname gibi işlemlerle hem daha verimli hem de daha ekonomik bir hale dönüşmüştür.

Frost & Sullivan (2016) “Cloud Contact Center Market Trends” adlı, 300 üst düzey bilgi teknolojileri yöneticileriyle yapmış olduğu araştırma sonuçlarına göre; bulut bilişim maliyetlere %50 oranında iyileştirme sağlamaktadır. Tek merkezli yönetim ve etkin kaynak kullanımı yöneticilerin hem fikir oldukları avantajlarıdır. Ayrıca, ölçeklendirme,

verimlilik, kullandığın kadar öde, her an her yerden kullanıma hazır, otomatik hizmet, standartlaştırma, hız ve denetim gibi faydaları ortaya çıkardığı belirtilmektedir.

Turkcell AkıllıBulut kullanan Renault Mais Bilgi Teknolojileri Departmanı'nda bulunan 18 kişilik mühendis ekibi, sunucu çökmesi, sistem bakımı gibi basit işlere zaman ayırmak yerine, pazarlama ve müşteri geri bildirimleri gibi daha katma değeri yüksek işlere vakit ayırdıklarını belirtmişlerdir. Yine, maliyet avantajı konusunda, Kahve Dünyası donanım, sunucu barındırma, altyapı yönetimi ve finansman maliyetleri dikkate alındığında 36 ay gibi bir sürede Turkcell AkıllıBulut hizmeti ile birlikte %77 maliyet avantajı sağladıklarını belirtmişlerdir (Turkcell, 2016). Bu örneklerle birlikte, bulut bilişimin hem kamu hem de özel sektöre, dolayısıyla ekonomiye sayısız faydaları bulunmaktadır. Bunlar (Turan, 2017: 141-144; Fortune, 2017c; Kayışkan, 2019: 179);

- Büyük miktarda maliyet tasarrufu, özellikle bilgi işlem, yazılım ve bu yazılımların bakım ve onarım maliyetlerinde tasarruf,
- Kamu sektörünün büyük bir bölümünde verimlilik,
- Hastane ve sağlık sektöründe önemli seviyelerde hizmet verimliliği,
- Eğitimde başta elektronik uzaktan öğrenme, her yerden kolay erişim
- Enerji tasarrufları, uzun vadede GSMH'de artış,
- Özel sektör üzerinde farklı işletmeler arasında ağ kurulması,
- İşletmelerin pazara giriş süresini kısaltma, üretkenliği arttırma, ölçeklendirebilme ve kolay yönetme
- Toplam talep üzerinde olumlu etkiler,
- Yenilikler ve ar-ge çabalarında artış,
- Rekabeti arttırma,
- Vatandaşlar için daha iyi hizmet olarak sıralanabilir.

1.4.5. 3 Boyutlu Yazıcılar (3D Baskı, Eklemeli-Katmanlı Üretim)

E4.0 teknolojileri içinde sayılan üç boyutlu yazıcı teknolojisi aslında yeni bir teknoloji değildir. Kökenleri 19. yy kadar dayanmaktadır. Üretim endüstrisinde kullanımı ise son otuz yıldır karşımıza çıkmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolosine, üç boyutlu baskı da denilmektedir (Beyca vd., 2018). Üç boyutlu yazıcı, üç boyutlu olan bilgisayar verilerini, gerçek nesnelere dönüştüren ve bunu yaparken hiçbir şekilde hammadde kullanımına ihtiyaç duymayan bir makinedir. Üst düzey ürünler dışında, neredeyse tüm

mekanik parçalar 3D yazıcı tarafından basılabilmektedir. Birçok farklı türde üç boyutlu yazıcı olmasına rağmen, en sık görülen şekli, nesnenin sanal katmanlara dökülerek, üst üste basılmasına dayanan katmanlı üretim türüdür (Önday, 2017: 59). Bu nedenle bu yazıcılarla yapılan üretim şekillerine katmanlı ya da eklemeli üretim adı da verilmektedir.

Geleneksel üretim yöntemi eksiltmeli olup temelde, istenen şekil elde edilene kadar katmanların ayrılmasına dayanmaktadır. Dolayısıyla bu durum kaynak israfı ve hatalı üretimlerde verimlilik azalmasına neden olmaktadır. 3D yazıcı ile üretimde ise, katmanlar eklenerek optimal kaynak kullanımı sağlanır (ST E4.0, Aralık 2017: 27). Geçtiğimiz çeyrek yüzyıl boyunca araştırmacılar ve işletmeler katmanlı üretim ve hızlı prototipleme için çok çeşitli teknikler geliştirmekle birlikte, tipik bir katmanlı üretim üç aşamadan oluşmaktadır (Beyca vd., 2018: 219):

- Bir 3B model, bilgisayar yazılımında tasarlanır ve katmanlı üretim dosya şekline dönüştürülür.
- 3D yazıcı, parçanın konumunu ve yönünü ayarlamak için dosyayı yönlendirir.
- 3D yazıcı parçayı ardışık tabakalarla üretir.

Katmanları işleme yöntemleri ve kullanılan malzemelere göre katmanlı üretim teknikleri farklılık gösterir. Her tekniğin kendine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle işletmelerin üç boyutlu yazıcı seçerken, cihaz maliyeti, cihaz hızı, malzeme maliyetleri, çözünürlük, fiziksel imalat hacmi gibi kriterleri dikkate alması gerekmektedir (Deloitte, 2014; Banger, 2017: 147-157; Dilberoglu vd., 2017; Beyca vd., 2018: 219-220).

3D yazıcı ile yapılan katmanlı üretimle sürdürülebilir üretim anlayışı arasında sıkı bir bağ vardır. 3D yazıcılarla üretim maliyeti düşmekte, geleneksel üreticilere karşı rekabet avantajı sağlanmaktadır. Ayrıca, bu yazıcılar kendi yedek parçalarını basabilme, sipariş üzerine küçük partili üretimler yapılabilme yeteneklerinden dolayı işletmelerin birim başına üretim maliyetlerini ciddi bir oranda düşürmektedir. 3D yazıcılar, özellikle yeni modelleme yöntem ve referans modellere ihtiyaç duymaksızın prototipleri tasarlamak ve test etmek gibi özellikleri sayesinde yeni ürünlerin imalatını da kolaylaştırmaktadır (Dopico vd. 2016). Dolayısıyla, çeşitli hammadde ve farklı üretim kombinasyonları ile oldukça geniş alanlarda üretim gerçekleştirilebilmektedir. Tıp, cerrahi planlama, implant ve doku tasarımı, tıbbi eğitim ve öğretim, otomotiv, uzay

araştırmaları, eğitim, biyoteknoloji, elektronik, tasarım (Beyca vd., 2018: 222-228), şehir planlaması ve gıda alanları 3D yazıcı ile üretim yapılan alanlara örnek verilebilir (Bulut ve Akçacı, 2017: 54).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi IoT ile birleştirildiğinde, işletmeler kendi ürünlerini üretebilir, daha az enerji, daha az insan ve daha az pazarlama faaliyetlerini kullanarak marjinal maliyeti sıfıra yakın üretim gerçekleştirebilir (Rifkin, 2015: 97-100). Bununla birlikte, katmanlı üretim; israfı azaltır, kaynak ve zaman tasarrufu sağlar (Can ve Kıymaz, 2016: 111), üretimde esneklik ve çeşitliliği artırır ve nitelikli işgücü ihtiyacını azaltır (Beyca vd., 2018: 221).

3D katmanlı üretimde işletmeyi makinelerle donatmak, bu iş için büyük paralar harcamak ve bir modelden diğer modele geçerken uzun hazırlık süreci de gerekmemektedir. Yazıcıya yüklenen programı değiştirmek yeterlidir (Rifkin, 2015: 108). Özellikle, rekabetçi çevre şartlarında işletmelerin, 3D ve diğer teknolojilerle, kişiselleştirilmiş kitle üretimi başarmak, yüksek derecede bilgi, esneklik, bir parçadan diğer parçaya hızlı üretim dönüşümü gibi imkanları oluşturmaktadır (Popovich vd., 2017: 228). Üretim süresinin kısalması, yaratıcılık, azalan maliyetler ve çevreye karşı duyarlı üretim imkanı sağlayan 3D yazıcı ile katmanlı üretim ülkelerin, sağlık, eğitim, sanayi ve hizmet alanlarında rekabet avantajı elde etmek için kullandıkları teknolojiler arasındadır (Schwab, 2016: 173).

1.4.6. Robotik Uygulamalar

Robot kelimesi, ilk kez 1920-21 yıllarında Çek Karel Capek'in yazdığı bir eserde "hizmet eden" anlamında kullanılan "robota" kelimesinden ortaya çıkmıştır. Hizmet etmek anlamından ise, insanların sürekli olarak tekrar ettiği monoton ve sıkıcı işleri robotların yapması anlaşılmaktadır. Üstelik robotlar, insanlar gibi dinlenmek, yemek yemek veya mutlu olmayı arzulamak gibi ihtiyaçlara sahip olmadığından, aralıksız ve yüksek verimlilikte çalışabilir. Aynı zamanda, insan çalıştırmanın ortaya çıkardığı maliyetleri de ortadan kaldırmaktadır (Qin vd., 2016: 174).

Günümüzde ise robot veya robotlar, bilgisayar tarafından programlanabilen, bir sıra karmaşık eylemleri otomatik olarak gerçekleştirme yeteneğine sahip gelişmiş makinelerdir. Robotlar kendi bünyelerinde bulundurdıkları gömülü bilişim-iletişim donanımı ve yazılımı sayesinde yapay zekâ uygulamaları sergileyebilir ve dış dünya ile

iletişim kurabilirler. Gelişmiş zellikleri ile yeni robotlar akıllı ve bağlantılı makineler olarak kabul edilirler (Banger, 2017: 71). Yeni robotlar, ileri sensör teknolojileri ile algılama sistemleri, yapay zeka ile otonom karar alma sistemleri ve mekanik unsurlar olmak üzere üç ana bileşenden oluşarak, sahip oldukları bu özellikleri sayesinde vre koşullarını algılayabilen ve uyum sağlayabilen bir nitelik taşımaktadır (Görçün, 2017: 190; Bayram ve İnce, 2018: 191; Salkın vd., 2018: 7). Gelişmiş zelikleri sayesinde yeni robotlar, iki farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Birincisi, insan müdahalesi ile çalışan ve insanın eylemlerine göre hareket eden, kollar ve makineler şeklinde, ikincisi ise insan müdahalesi çok az olan ve kendi kendine karar verip eylemde bulunan robotlar şeklinde dir.

Bir operatör müdahalesi olmadan kendi kendine karar verip eylemde bulunan robotlara “otonom robot” adı verilmektedir. Yarı otonom ve tam otonom şeklinde ayrıma tutulan otonom robotlar, vredeki değişikliklere uyum sağlayabilir, veri toplayabilir ve insan müdahalesi olmadan kendi başına çalışabilir (Banger, 2017). Ayrıca, retim süreçlerini, çalışma ortamlarını ve vrelerindeki diğer makine ve robotları izleyebilir, kendi kendilerini değerlendirebilir, hataları çözümleyebilir ve hedefe yönelik karar verebilirler (Bayram ve İnce, 2018: 189).

Otonom robotların çok kısa bir süre içinde, insan duygularını anlaması ve insanlarla iletişim ve etkileşim kurabilecek duruma gelecekleri belirtilmektedir. Otonom robotlar, yalnızca kapalı alanlardaki basit bir şekilde yapılandırılmış iş akışlarında insanların yerini almayacak, E4.0' da, robotlar ve insanlar, birbirine bağlı görevler üzerinde ve akıllı algılamalı insan-makine ara yüzleri kullanarak el ele çalışacak, uzaktan kontrol edilebilecek, sorunları önceden algılayabilecektir ve gece vardiyaları ve zor çalışma koşulları olmayacaktır (Dujin vd., 2014: 8; Akaev ve Rudskoi, 2017: 38; Kocsi ve Olah, 2017: 395-396).

Bugün tüm dünyada, özellikle gelişmiş ülkelerde, geliştirilmiş özellikleri sayesinde robot uygulamaların farklı sektörlerde ve alanlarda kullanımı çok önemli bir yer edinmiştir. Robotlar, nükleer enerji, petrol ve gaz endüstrileri, malların, özellikle de tehlikeli olanların, büyük depoların seçiminde, sınıflandırılmasında ve taşınmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tıp ve eczacılığa ait alanlarda kullanılan robotlar daha etkileyicidir. Örneğin, 2011 yılı ABD verilerine göre, prostat kanseri

hastalarında yapılan tüm operasyonların %85'i cerrah robot “Da Vinci” kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şu anda 2 binden fazla cerrahi robot ABD'de ve 600'den fazla robot Avrupa'da kullanılmaktadır. Bu durum hastaların lehinedir ve sağlık hizmeti beraberinde ise hayat kalitelerini oldukça arttırmıştır (Akaev ve Rudskoi, 2017: 37)

Türkiye'nin önde gelen kuruluşlarından Dönmez Debriyaj' da üretim sürecinde kullanılan robotlar sayesinde, zor iş koşullarında operatörden bağımsız, kısa çevrim süreli ve yüksek verimli bir proses gerçekleştirildiği, aynı zamanda, işçilik maliyetlerinde azalma yaşandığı ve iş sağlığı ve güvenliği konusunda çalışma koşullarının iyileştiği ifade edilmiştir (ST Otomasyon, Nisan 2017:70-71) Yine, Türkiye'nin en önemli saç üreticilerinden olan Borçelik, insan sağlığı açısından riskli olan eriyik zinko potasındaki cüruf ve külleri toplama prosesini robotlara yaptırmaktadır (ST Robot Y. Nisan, 2017). Audi, Almanya Ingolstadt'ta bulunan üretim merkezinde, insanlar ile yan yana çalışan “Klara” isimli robotu devreye almıştır. Bu robot, üretim bandında, karbon fiberle güçlendirilmiş, polimerden üretilen tavanların takılması görevini yapmaktadır. (ST E4.0, Eylül 2017). Bu robotlar üretimini gerçekleştirdiği “akıllı ürün” ile ağ bağlantısı üzerinden iletişim kurabilmesi sayesinde, kendisi ile çalışan insanlarınışini de kolaylaştırmaktadır (Banger, 2017: 79).

E4.0'ın işletmelere sağlayacağı faydalardan biride, değişen üretim anlayışı ve esnek üretim sistemlerinin koşullarını sağlamak için insanlar, robotlar ve sanal karakterlerin işbirliğinden oluşan hibrit (melez) takımlar kurulmasıdır. Hibrit takımların amacı, ekip üyelerinin farklı özelliklerinden faydalanmak, aynı zamanda kaynaklar azaldığı zaman, takım üyelerinin görevi tamamlamak için geçici olarak birbirlerinin yerine geçebilmesidir. İnsanlar üstün zekaları ve değişen koşullara çabuk ayak uydurmaları sayesinde bu takımların en merkezi üyesidir. Robotlar ise, sıkıcı, fiziksel olarak zor ve tehlikeli görevleri üstlenirler ve sanal karakterler ise dijital olarak mevcut bilgilere basit bir arayüz sağlayan asistanlar rolüne sahiptirler (Schwartz vd. 2016).

Akıllı işletmelerde hibrit takımların kurulmasıyla, robot-insan işbirliğinin en önemli katkısı olan insanın konforunu sağlamak ve işlerini kolaylaştırmak ve iş güvenliğini arttırmak mümkün olabilecektir. Aynı zamanda kurulan robot-insan işbirliği ile örgütsel performansta iyileşecektir (Richert vd., 2016: 127-128). Özellikle, tedarik zinciri ve lojistikte iyileşmeler, daha hızlı üretim, daha çok dinlenme süresi, iş kazalarının

azalması ve üretimin ana ülkelere geri gelmesi gibi ekonomik kazançlar örgütsel performanstaki iyileşmeye örnek verilebilir (Schwab, 2016: 165; Bayram ve İnce, 2018: 187).

1.4.7. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality- AG)

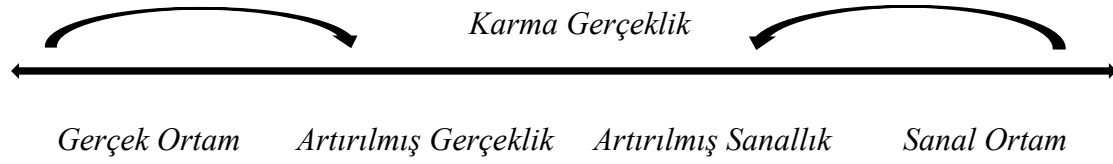
Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, yenilikçi bir etkileşim yolu olarak düşünülen ve tasarlanan bir teknolojidir. AG sayesinde, insanlar beş duyusunun algılayabildiğinden daha fazlasını keşfedebilirler. AG'nin ana amacı, bilgisayarın ürettiği görsel bilgileri, akıllı telefon, kamera, gözlükler, projeksiyon cihazları gibi araçlar vasıtasıyla insanın duyularının üzerine yerleştirerek çevre algılamasını zenginleştirmektir (Esengün ve İnce, 2018: 201-202).

AG, ses, video, grafik ve GPS verisi gibi ortamdaki verileri bilgisayar aracılığıyla üretebilen, insanların duyularını etkileyecek şekilde dijital ortamda canlandırma yapabilen teknolojidir. Böylece, sanal dünya ile gerçek dünyanın birleşimi sağlanmaktadır (Siltanen, 2012: 16). AG, bilgisayarlar tarafından üretilen bilgilerle geliştirilmiş ve güçlendirilmiş bir fiziksel dünyanın gerçek zamanlı doğrudan veya dolaylı görünümü olarak tanımlanmaktadır (Carmigniani ve Furht, 2014: 3). Yine AG, yaşadığımız çevredeki nesneler yerine dijital nesnelerin kullanıldığı, gerçek ortam ve hayattaki görüntülere eş zamanlı olarak, resim, metin, ses vb. nesnelerin eklenmesiyle gerçek dünyanın artırılmış gibi hissedilmesidir (Korucu vd. 2016: 82).

AG, sanal gerçeklik teknolojisi üzerine kuruludur fakat sadece sanal dünya ile etkileşime girmekle kalmaz, aynı zamanda gerçek dünya ile de karşılıklı bağımlılık da vardır (Mekni ve Lemieux, 2014: 205). Sanal gerçeklikten farkı da bu noktada oluşmaktadır. Sanal gerçeklik, bilgisayarlar tarafından ortamın taklit edilmesidir. Çoğu sanal gerçeklik ortamı bir bilgisayar ekranı yoluyla edinilen görsel şekillerden ibarettir. AG ise, daha kapsamlıdır. Gerçek ortamdaki çevrenin ve içindekilerin bilgisayarlar tarafından üretilen ses, görüntü, grafik ve GPS verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görünümüdür (Banger, 2017: 157).

AG, sanal ve gerçek dünyanın birleşimi, Paul Milgram (1994) tarafından bir düzlem olarak sunulmuştur. Oluşan bu sisteme göre, fiziksel ve dijital nesnelerin bir arada bulunduğu ve etkileşime girdiği yeni bir ortam oluşturmak için gerçek dünyayı ve sanal dünyaları bir araya getirir. Bu durum Şekil 1.6'da gösterildiği gibidir (Siltanen, 2012: 17).

Şekil 1.6. Milgram’ın Gerçeklik ve Sanallık Sürekliliği (Karma Gerçeklik)



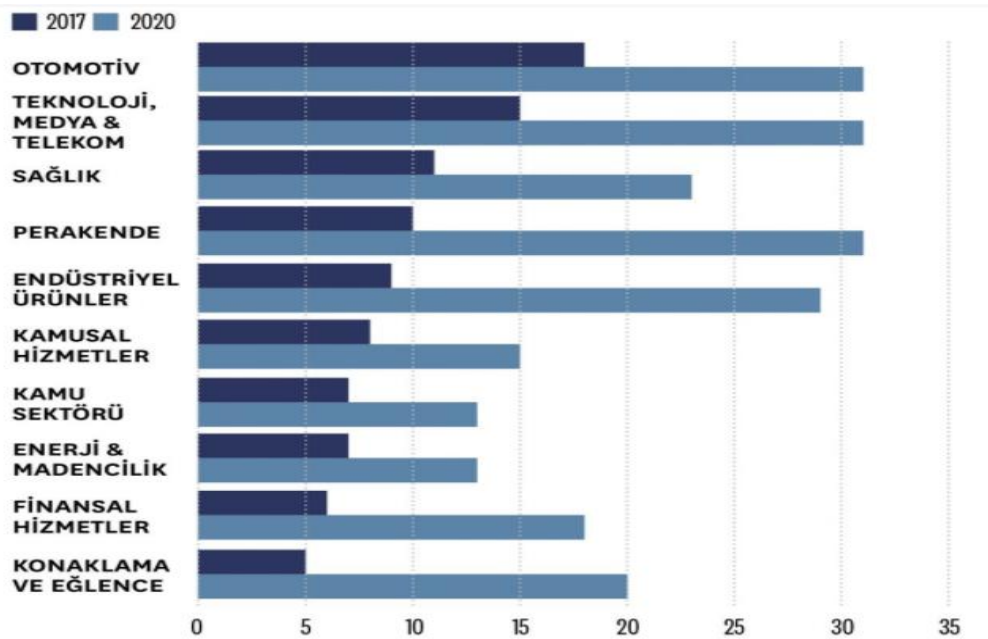
Kaynak: Sanni Siltanen, (2012) “Theory and applications of marker-based augmented reality, Julkaisija Utgivare-Publisher; King, Brett (2016), Augmented- Artırılmış Gerçeklik, MediaCat Kitapları, İstanbul.

Azuma (1997) yaptığı araştırmada ise, AG’nin üç özellikle tanımlanabilen bir sistem olduğunu belirtmiştir (Siltanen, 2012: 17; King, 2016);

- AG, gerçek ve sanalın birleşimidir.
- AG, gerçek zamanda etkileşimlidir.
- AG, üç boyutlu olarak tasarlanmıştır.

AG teknolojisi sektör ayrımı yapmadan, her alanda kullanan işletmelere ve yöneticilere farklı faydalar sunan bir teknolojidir. Bu teknolojinin işletmelere sağlayacağı yaratıcılık, zenginleştirme ve motivasyon kazanımları, yöneticilerin bu teknolojiyi edinme isteklerini arttırmıştır. Nitekim, AG teknolojisine yatırım yapmayı düşünen yöneticilere dair yapılan bir araştırmanın sonuçları aşağıda Şekil 1.7’de gösterilebilir.

Şekil 1.7. AG Teknolojisine Yatırım Yapan ve 3 Yıl İçinde Ciddi Yatırım Yapacağını Söyleyen Yöneticilerin Yüzdesel Oranı



Kaynak: PWC (2017) Global Dijital IQ Anketi; 53 Ülkeden 2.216 üst yöneticinin katılımıyla yapılmıştır. (<https://hbrturkiye.com>).

AG teknolojisine yatırım yapmak isteyen yöneticiler, bu teknolojinin sunduğu faydaların farkındadır. AG çeşitli endüstriyel alanlarda, süreçlerin yönetilmesini kolaylaştıran, insan hatalarını azaltmaya ve insanları eğitmenin ve işbirliğinin artırılmasının yeni bir yolunu sağlayan yardımcı çözümler sunar. AG kullanıcıların, özellikle bakım, montaj, ürün tasarımı, yerleşim planlaması, eğitim ve diğer üretim faaliyetlerinde oldukça yararlı olan gerçek zamanlı ve gerçek çalışma ortamında üretim süreçleriyle ilgili bilgileri doğrudan etkileşime girmesine olanak tanımaktadır. AG teknolojisinin endüstrideki kullanım alanları şu şekilde sınıflandırılabilir (Esengün ve İnce, 2018: 204);

- **Endüstriyel tasarım;** AG, bitmiş ürünü göremeden, bitmiş gibi kullanıcılara deneyim fırsatı sağlar. Örn, Volkswagen tahmin ettiği ve gerçek çarpışma testi görüntülerini karşılaştırmak için artırılmış gerçeklik kullanmaktadır. Böylece geleceğe dair hata öngörülerinde bulunabilmektedir.
- **Paketleme ve pazarlama;** AG müşterilere paketi açmadan ürünün nasıl olduğunu gösterebilir.
- **Mekânsal etkileşim;** AG ile uzaktan sanal katılım ile toplantılar yapılabilir. Üstelik bu toplantılar gerçekten orada bulunuyormuş gibi, ortak görsel cihaz kullanımı, interaktif dijital yazı tahtaları, ortak tasarım alanları ve dağıtılmış kontrol odaları içerebilir.
- **Bakım ve montaj;** AG ile bakım ve onarım kolaylaşır, farklı açılardan ürünü kontrol etmeyi sağlar.
- **İnovatif ürünler;** AG teknolojisini kullanan çalışanlar, mühendis ve tasarımcılar, yaratıcı ve zengin fikirler, ürünler daha kolay öne sürebilir.
- **Eğitim;** AG örnekleri en fazla eğitim alanında görülmektedir. Sürücü kurslarında sürüş uygulamaları, çalışan eğitimlerinde İK departmanının yeni yöntemi, uzaktan eğitim, öğrencilere telefon ile entegre edilmiş sanal uygulamalar gibi alanlarda karşımıza çıkmaktadır.

AG teknolojisinin tüm bu sıralanan endüstriyel kullanım alanları dışında, daha güçlü bir toplum için kritik önem taşıyan kamu hizmetleri, eğitim, sağlık, turizm vb. alanlarda kullanılması da önerilmektedir. Özellikle, eğitim alanında çok çeşitli öğrenme araçları, uzaktan eğitim ve yaratıcılık gibi işlevlerinden dolayı birçok ülkenin kullanmaya

başladığı bu teknoloji, daha önce gerçekleştirilmesi zor yeniliklerin kapısını işletmelere aralamaktadır (King, 2016).

AG'nin işletmelere sağladığı faydalar için, Rockwell Automation'un ambalaj üreticileri ile yaptığı görüşmeler sonucunda, AG teknolojisinin, düşük onarım süresi, daha yüksek operasyonel verimlilik, daha hızlı üretime yeniden başlangıç, problemin tamamen açıklanmasına imkan tanıma ve ses özelliği ile birlikte verilen sözlü yönlendirmeler ve görsel kılavuzluk çözümlerini sağladığını ifade etmesi örnek verilebilir (ST Otomasyon, 2017: 150). Yine E4.0 platformu (2018), AG uygulamaları sonucunda işletmelerin, ürün tasarım maliyetlerinin azaldığı, ürün döngü sürelerinin kısaldığı, müşteri hizmetleri maliyetlerinin ve bakım masraflarının azaldığına dair sonuçlar aldıklarını belirtmiştir.

1.5. Endüstri 4.0'ın Sonucu Olarak: Akıllı İşletmeler

E4.0 teknolojilerinin işletmelerde kullanılmasının sonucu olarak karşımıza akıllı işletme kavramı çıkmaktadır. İşletmelerin akıllı işletmelere dönüşmesi, işletme içerisinde kullanılan teknolojiler, süreçler ve ürünlerin akıllı hale dönüşmesinin bir sonucudur (Lu, 2017; Stock ve Seliger, 2016).

İşletmelerin akıllı hale dönüşmesi, E4.0'ın gerçek zamanlı bilgi ve ağ sistemlerini işletmelerde hayata geçirmesi ve sanal dünya ile gerçek dünyayı birbirine entegre eden CPS teknolojisi ile donatılmasından kaynaklanmaktadır (Kocsi ve Olah, 2017: 390; Kolberg vd., 2015: 1871). Aynı zamanda, işletme de kullanılan akıllı nesneler, büyük veri teknolojisi sayesinde, küresel bir veri ağı oluşturur. Bu ağı kullanarak işletmeler, iç ve dış çevreden her an bilgi sağlayabilir. Müşterilerin isteklerini görebilir ve hızlıca cevap verebilir (Wang vd., 2016: 159; Lu, 2017). Akıllı işletmelerin, CPS teknolojisi ile donatılması (Shariatzadeh vd., 2016: 512) müşteri siparişlerine anında cevap veren ve bunu daha az fire ile gerçekleştiren işletmeler anlamına gelebilir (Alçın, 2016: 26). Akıllı işletmeler, kendi kendine tedarik bir parçası olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilir ve buna bağlı olarak hem enerjinin tedarikçisi hem de tüketicisi konumunda olabilir (Stock ve Seliger, 2016: 539).

Akıllı işletmenin arka planında yeni ve iyileştirilmiş teknolojiler ile bunların yeni uygulamaları yer alır. Bu işletmelerde CPS teknolojisine ek olarak, IoT, büyük veri, robotlar, bulut bilişim, üç boyutlu yazıcı ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerin

kullanılması sayesinde işletmelerde süreçler kendilerini etkileşimli olarak yönetebilir, beklenmeyen durma ve kesintilere karşı düzeltici önlemler alabilirler. Çünkü akıllı işletmelere dönüşen işletmelerde makineler ve cihazlar karşılıklı iletişim yanında bir takım akıllı karar alma ve eyleme geçme özellikleri ile donatılmıştır (Banger, 2016; Wang vd.,2016; Kocsi ve Olah, 2017: 390). Bu sayede akıllı işletmelerde çalışanlar, makineler, taşıma ve depolama sistemleri birbirleriyle doğrudan iletişime geçebilir (Gabriel ve Pessl, 2016: 132). Bu iletişim sayesinde de, ürünlerin üretim hızını ve pazara girme süresini kısaltabilir. Üretim miktarını ve işletmenin kapasitesini arttırabilir (Dopico vd., 2016: 409).

Akıllı işletmelerin teknolojiler sayesinde ortaya çıkardığı bu iletişim, insanları, makineleri ve kaynakları birbirleriyle doğal olarak bir sosyal ağda buluşturmaktadır. İnsan faktörünün her an devrede olmasına gerek bırakmayan bu ortamlarda, düşük seviyeli aydınlatma yapılması veya üretimin tamamen karanlıkta gerçekleştirilmesi de düşünülür hale gelmeye ve böylece insansız/ karanlık işletme fikri de yavaş yavaş gündeme gelmeye başlamıştır. Bu konuda uzmanların görüşlerine göre, akıllı işletmelerin en ileri boyutu karanlık/insansız işletmelerdir (Sung, 2017).

Akıllı işletmeler E4.0'ın doğal bir sonucudur (Sung, 2017; Kocsi ve Olah, 2017: 390). Akıllı işletmeler karmaşıklığı yönetebilir, bozulmaya daha az eğilimlidir. Ürünleri daha kaliteli ve yüksek verimlilikle üretir. Akıllı işletmelerde birçok özellik, bugünkü işletmelerden farklılaşmaktadır. Bu konuda literatürde yaygın bir şekilde karşımıza çıkan ve Tablo 1.7'deki gibi gösterilen bir karşılaştırma bulunmaktadır.

Tablo 1.7. Bugünün ve Geleceğin Akıllı İşletmelerinin Kıyaslanması

	BUGÜNÜN İŞLETMELERİ	GELECEĞİN AKILLI İŞLETMELERİ
Üretim	• Makineler üretim başlamadan yapılandırılır. • Makineler her kullanım, değişiklikte tekrar ayarlanmak zorundadır. • Bu işlemler manuel olarak yapılmaktadır.	• Makineler kendi kendine, diğer makineler ile iletişim kurarak çalışır. • Bu işlemler otomatik olarak gerçekleşir.
Süreç İzleme	• Süreç takibi zordur. • Her çalışan kendi verimliliğinde, tek bir problem odaklı çalışmaktadır.	• Süreç takibi, neden sonuç ilişkisi içinde kapsamlı olarak gerçekleşir. • Makinalar üretim sürecinde hata oluştuğunda üretimi durdurmak için sinyal vermektedir.
Ürün Özelleştirme	• Kişiye özel ürün üretimi, zaman, maliyet ve kaynak gibi faktörler bağlamında oldukça zordur • Sıradan ürünler kolay üretilirken, müşteriye özel ürünlerde gecikmeler yaşanabilir.	• Kişiye özel ürün üretimi, lojistik, güvenlik, güvenilirlik, zaman maliyetleri ve sürdürülebilirlik faktörleri yoluyla en ideal sistem ve akıllı derleme yoluyla elde edilmektedir.
Stok Kontrol	• Stok kontrolü, süreçteki değişim sonuçlarına göre yapılmaktadır ve ürünler buna göre stoklanmaktadır.	• Makineler kendi üretim kapasitelerini otomatik olarak planlayabilmektedir. • Yalın üretim ve tam zamanında üretim teknikleri kullanılmakta ve stoklanma bu yöntemlere göre yapılmaktadır.
Makine-İnsan Uyumu	• Makineler internete bağlı değildir. • Makineler onları kullanan insanların fiziksel yapısı ve işgücü temeli ile sınırlıdır.	• Makineler çevredeki insanlara, internet bağlantısı sayesinde duyarlıdır. • Makine ve insanlar uyumlu bir şekilde çalışabilir.

Kaynak: Önday, Özgür (2017), Dijital Dönüşüm, Gazi Kitabevi, Ankara, s. 63.

Günümüz geleneksel işletmeleri, ürün ve hizmet teslimi yavaş, hiyerarşik ve merkezi karar alması yöneticilerin takdirinde ve bilgi paylaşımının sınırlı yapıldığı yönetim özellikleri taşımaktadır. Akıllı işletmeler ise, ürün ve hizmet teslimi hızlı, taleplere çabuk uyum sağlayan, karar alma işlevinin tam katılımlı olduğu ve bilginin herkesle paylaşıldığı bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır (Heck ve Vervest, 2009: 275). Akıllı işletmeler, yüksek verimlilik ve dengeli bir üretim kombinasyonu için yüksek özerklik ve uyarlanabilirlik ile performanslarını optimize etmeyi amaçlayan yüksek kaliteli imalat teknolojileri ve akıllı yetenekleri olan bilgi ve iletişim teknolojilerine bağlı alt yapı bulunmaktadır (Goncalves vd., 2017: 4). Yukarda belirtilen hususlara ilaveten akıllı işletmelerin, geleneksel işletmelerden farklı olarak, altı temel karakteristik özelliğe sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralabilir (HBR, Aralık 2017);

- **Yüksek anlamlılık:** Akıllı işletmeler müşterileri için anlamlı ve vazgeçilmez olmanın yollarını bilen ve bu özelliklerini sürdürülebilir kılan yapılardır.

- **Ağ yapısından güç alan:** Akıllı işletmeler son derece dikkatli biçimde oluşturdukları ve yönettikleri iş ortakları ekosistemlerinin gücünden yararlanarak müşterilerine yeni inovasyonlar sunabilir.
- **Teknoloji ve veriyi kullanan:** Akıllı işletmeler en yeni teknolojileri ve veri araçlarını kullanarak tahmin edemeyecekleri ölçeklerde ve seviyelerde inovasyon ortaya koyabilir.
- **Varlıklarını akıllıca kullanan:** Akıllı işletmeler kaynaklar ve varlıklarını en doğru biçimde kullanır iş modelleri arasında daha hızlı geçişler yapabilir, daha cesur ve hızlı kararlar verebilir.
- **Yalın üretim:** Akıllı işletmeler akıllı operasyon çözümlerini kullanıp otomasyon ve dijitalleşmeyi en uçta sağlayarak mevcut kapasitelerini boşa çıkarıp bu kapasiteyi inovasyon için kullanır.
- **Çevik işgücü:** Akıllı işletmeler mevcut ve yeni pazarlarda rekabetçiliği yakalamak ve arttırmak için modern ve akıllı çalışma ortamları ve işgücü yapılarını kurgular ve hayata geçirirler.

Geleceğin akıllı işletmeleri daha yüksek bir sürdürülebilirlik için değişen dış koşullara özellikle, ekonomi, ekoloji ve toplum gibi sürdürülebilirliğin üç boyutuna değinmek zorundadır. Ekonomik boyut, öncelikle daha yüksek bir üretim karlılığı talep etmektedir. Ekolojik boyutta, üretimin çevresel etkileri azaltılmalı ve sıfır emisyon ve hatta işletmenin yerel çevresi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olması, hava ve su kalitesinin yükseltilmesi, yerel atık akışlarının yönetilmesi, yenilenebilir enerji sağlanması gibi özelliklere sahip olmalıdır. Toplumsal boyuttan bakıldığında ise işletme, işbirliğine dayalı öğrenme ve insan kapasitesinin geliştirilmesine odaklanan insanlar için bir yer olarak hizmet etmelidir (Hermann vd. 2014: 286). Japonya’da uygulanmaya başlanan akıllı işletme faaliyetlerinin; elektrik, su ve gaz gibi enerji kullanımında optimallik sağlanması, düşük karbon salınımı ile çevrenin iyileşmesini sağlanması gibi toplumsal faydalar sağladığı belirtilmiştir (Jingye ve Takehiro, 2016: 290).

1.5.1. Akıllı İşletmelerin Özellikleri

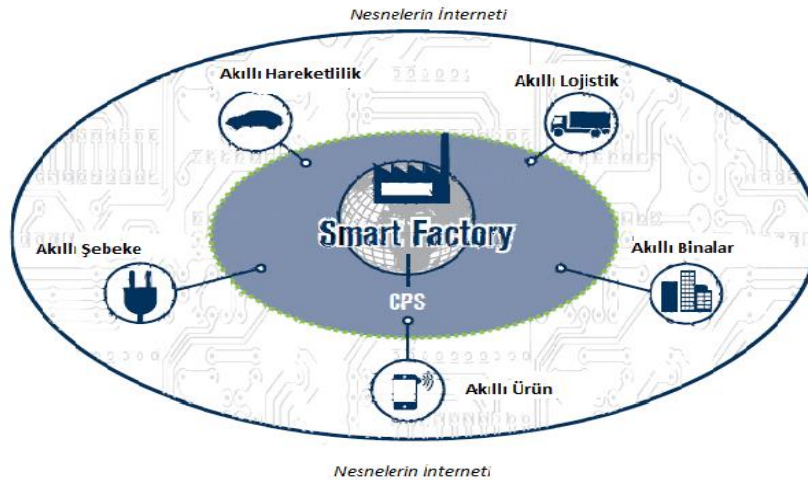
Akıllı işletmeler, E4.0’ın tüm özelliklerini kendinde toplayan, yönlendiren ve yöneten bir yapı olduğundan dolayı, bazı araştırmacılar tarafından E4.0’ın kalbi olarak belirtilmiştir (Rennung vd., 2016: 373). Akıllı işletmeler, akıllı makineleri, akıllı

teknolojileri ve bunlara ağ alt yapısıyla bağlı çalışanları bir araya getiren işletmeler olarak tanımlanabilir. Akıllı işletmelere atfen literatürde birçok özellikten bahsedilmektedir. Literatüre ilişkin yapılan inceleme ve değerlendirmeler sonucunda, genel olarak akıllı işletmelerin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kagermann vd., 2013; Magruk, 2016: 277-278);

- Piyasada mevcut kullanım için yenilikçi çözümler üretebilme,
- Makineler arası iletişim, insan- makine iletişimi, insan-makine-işletme iletişimini sağlayabilme
- Değişen koşullara uyum kabiliyeti,
- Kaynak verimliliği ve ergonomi yeteneği
- Müşterilerin ve iş ortaklarının çeşitli seviyelerde entegrasyon imkânı,
- Geniştirilmiş tedarik zincirini ve dağıtımını, dinamik iş akışları oluşturmak için bağlantı,
- Siber sabotaja karşı yüksek düzeyde güvenlik,
- Fiziksel süreçlerin siber fiziksel sistemde izlendiği, gerçek verilerin sanal kopyalarının oluşturulduğu ve bağımsız karar veren otonom bir yapı (Sung, 2017) olarak sıralanabilir.

Yukarıda belirtilen özelliklere ek olarak akıllı işletmeler içerisinde yer alan diğer bileşenlerinde akıllı olduğu görülmektedir. Literatürde sıklıkla karşımıza çıkan Şekil 1.8’de gösterilen akıllı işletmelerin akıllı bileşenleri, akıllı ürün, akıllı şebekeler, akıllı lojistik, akıllı binalar ve akıllı hareketlilik aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Şekil 1.8. Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnternetinin Parçası Olarak Akıllı İşletmeler



Kaynak: H. Kagermann, W. Wahlster and J. Helbig (2013) “Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0” ACATECH – National Academy of Science and Engineering, s.19; M. Landherr, U. Schneider and T. Bauernhansl (2016) “Industry-driven manufacturing, research and development,” Procedia CIRP 57, s.26; Neugebauer, Reimund, Sophie Hippmann, Miriam Leis and Martin Landherr (2016) “Industrie 4.0- From the Perspective of Applied Research” Procedia CIRP 57, s.3 .

Şekil 1.8 incelendiğinde; akıllı ürün, gömülü sensörler aracılığıyla, tüketicilere rehberlik eden, bilgi taşıyan ve üretim sistemlerine geri dönüş sağlayan ürünlerdir (Qin, 2016: 174). Akıllı ürünün ana fikri, iş parçasının rolünü pasiften sistemin aktif bir parçasına dönüştürmektir. Böyle bir sistemde, ürünler bireysel olarak verileri toplayan belleğe sahiptir ve gerekli olduğunda kaynakları talep edebilir ve süreci koordine edebilir. Bu ürünler, içerik duyarlı, uyarlanabilir, kendi kendini organize ve proaktif ve sürekli iyileştirme sürecine izin veren tüm yaşam döngüsünü destekleme özelliği gibi, benzersiz özelliklere sahiptir (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 40-471).

Ayrıca akıllı ürünlerin, tüketicilerin satın alma kararlarını etkileyerek, robotların, veya diğer M2M etkileşimlerinin gelecekte pazarlamacı/perakendeci ve tüketici etkileşimleri açısından tüm kuralları değiştireceği öngörülmektedir. Bu değişim, işletmelerin bilgi değer zincirini yeniden şekillendirip, tüketicilerin ürünlerin edinilen bilgi ve teknik koşullarının kalitesi ve güvenilirliğinin önemi konusunda farkındalıklarını artıracaktır. Örneğin, hayatımıza girmiş bulunan Siri, Viv, Contana, Google Now ve diğerleri gibi kişisel akıllı araçlar, tüketicilerin değer ve beklentilerini yeniden şekillendirmiştir (Roblek vd., 2016).

Akıllı ürünler, sağlık, iletişim ve lojistik üretimin gelecek amaçlarıdır ve internetle her an bağlı dünyamızın sonuçlarıdır (Sabo, 2015: 5). Bu nedenle işletmelerin ürünlerini ve üretim süreçlerini akıllı hale dönüştürmesi kritik bir önem taşımaktadır. Bu konuda başarılı olabilmek için, işletmelerin çevik, programlanabilir, yönetilebilir, yapılandırılabilir, birlikte çalışabilir, uyarlanabilir ve korunabilir olması gerekmektedir (Thames ve Schaefer, 2016: 16).

Akıllı lojistik, işletmedeki lojistik faaliyetlerinin akıllandırılmasıdır. Akıllı lojistik özellikle, varlık kaybında, ulaştırma maliyetlerinde, temin edilemeyen ürünlerde ve stok fazlası ürünlerde azalma sağlanırken ürüne yönelik kalite garantisi verme ve tüketim alışkanlıklarını analiz etme yetenekleri kazandırmaktadır. Akıllı lojistik aşamasında, hammaddelerin işletmeye getirilmesi, işletme içi süreçler ve tüketime doğru ulaştırma

kanallarında gerçek zamanlı veri takibi sayesinde, zaman, maliyet ve kaynakların etkin yönetimi sağlanacaktır (Miller, 2015).

Akıllı işletmelerin en önemi faydaları arasında devamlı ve güvenilir enerji sağlaması da verilebilir. Akıllı şebeke ve akıllı bina bileşenleri bu faydaları sağlamak adına oluşturulmaktadır. Akıllı şebeke teknolojileri var olan güç şebekelerini geleceğin ihtiyaçlarına adapte etmeye ve onu modernleştirmeye fırsat tanır. Bu teknoloji verimli enerji yönetimi, değişen ihtiyaçlara daha esnek bir şekilde tepki verme ve şebekelerdeki verimliliği destekleme açısından önemlidir (endustri40.com).

Akıllı binalar ise, işletme binaları ve fabrikalarının akıllanmasını ifade etmektedir. Bina ve fabrikaların uzaktan izlenmesi, kontrol edilmesi açısından akıllı bina bileşeni önem taşımaktadır. Ayrıca akıllı binalar, daha verimli, daha entegre edilmiş ve enerji kurtarma ve koruma potansiyeli sağlamaktadır (GE Türkiye, 2017).

1.5.2. Akıllı İşletmeler ve Çalışma Hayatına Etkileri

E4.0 kavramı ve çalışma hayatı konusunda, ortak endişelerden ilki “E4.0 işsizlik sorununa neden olacak mı?” sorusunun cevabıdır. Gelişen teknolojinin, otomasyon sistemlerinin tarihsel süreç içerisinde insanları işsiz bıraktığı doğrudur. Durum böyle olunca, bu devrimde ortaya çıkan yüksek teknolojiler, robotlar, tam otomasyon ve karanlık işletme söylemleri ülkelerin gözünü korkutmaktadır. Fakat tam tersi, yapılan araştırmalar ve tahminlere göre E4.0 yatırımlarının uzun vadede %6 istihdam artışı sağlayacağı ve nitelikli iş gücü talebini ciddi düzeyde yükselteceği öngörülmektedir (E4.0 Platformu, 2018).

E4.0’ın çalışma hayatı için ortaya çıkardığı iki farklı durum söz konusudur. Birincisi bilimdeki ilerlemeler, gelişen teknolojiler, değişken hale gelen pazar ve müşteri profilleri nedeniyle yeni işletme modelinde yüksek beceri, yetenek ve yetkinliklere sahip insan ihtiyacının artmasıdır. İkinci olarak ise, gelişen teknolojiler nedeniyle pek çok üretim alanında düşük ve orta nitelikli çalışan ihtiyacının ortadan kalkma eğilimi göstermesidir. İkincisi ise, (Banger, 2016: 231). Bu eğilimde işsizliği yaratacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda, E4.0’ın kısa vadede sancılı bir işsizlik sürecinin olacağı, fakat zaman içerisinde bu durumun değişeceği öngörülmektedir. E4.0 işletmelerde, iş yapış şekillerinde ve çalışma koşullarında değişim yaratacaktır. Yaşanabilecek bu değişimler Tablo 1.8’deki gibi özetlenebilir.

Tablo 1.8. E4.0’ın İş Profili ve Koşullarında Ortaya Çıkaracağı Değişimler

İş Profiline Ortaya Çıkacak Değişimler	
• Üretimin yürütülmesi • Özel iş görevleri	• Disiplinler arası işbirliği • Düzenli faaliyetler • Kusur ve hata iyileştirme
Yenilikçi iletişim ve bilgi teknolojisine dayalı yerel ağa bağlı bir çalışma ortamının geliştirilmesi	
İş Koşullarında Ortaya Çıkacak Değişimler	
• Özel teknik yeterlilikler • Tekli süreçlerde ayrıntılı düşünme • Merkezi planlanmış iş görevlerinin doğru şekilde yerine getirilmesi	• Karmaşıklık, soyutlanma ve problem çözme becerileri • Çakışan iş süreçleri • Kendi kendine organizasyon

Kaynak: Dombrowski, Uwe ve Tobias Wagner, (2014) “Mental Strain As Field Of Action in The 4th Industrial Revolution” Variety Management in Manufacturing, Procedia CIRP 17, p.102.

E4.0’ın iş profillerinde ortaya çıkaracağı bu değişimlere ek olarak Durmuş (2019: 40-41) tarafından çalışma şekillerinin değişimine dair özellikler şu şekilde sıralanmaktadır; büyük veriye dayalı kalite kontrolü, robot destekli üretim, kendi kendini süren lojistik araçlar, üretim hattı simülasyonu, öngörücü bakım ve hizmet olarak makinelerdir. İş yapma ve çalışma şekillerinde ortaya çıkabilecek bu değişimlere karşı işletmelerin önlem alması gerekmektedir. Bu önlemler içinde ilk sayılabilecek konu eğitimidir. Çalışanların, E4.0 teknolojilerini kullanma ve uyumunu sağlayacak eğitim geliştirme faaliyetlerini mutlak suretle yürütülmesi gerekmektedir. İşletmelerin mevcut çalışanları koruma ve değerlendirmesi adına söz konusu eğitim geliştirme programları, E4.0’a uyum sağlamak için yaşamsal öneme sahiptir. Ayrıca bu eğitimlerin etkisi artırmak ve entegrasyonu sağlamak adına, eğitimlerde E4.0 teknolojileri olan sanal gerçeklik gözlükleri, akıllı tahta ve tabletler, artırılmış gerçeklik, bilgisayar üzerinden takip, robot yazılımlar ve programlama faaliyetleri vb. uygulamalar kullanılabilir (Benesova ve Tupa, 2017: 2195-2202).

E4.0 bahsedildiğinde ilk akla gelen insansız üretim gibi görünsede, aksine E4.0’da çalışanların rolü hala önemli ve gereklidir. Sadece roller değişecektir. Çalışanlar mevcut becerilerinin yanında E4.0 ile birlikte, üretilen yüksek miktarda bilgi ve veriyi okuyup, analiz etmek ve yorumlamak gibi rolleri üstlenmek zorunda kalacaktır. (Prinz vd., 2016: 114). Sahip olunması gereken diğer roller ve yetenekler arasında; bilişim bilgisi, veri ve bilgi işleme yetkinliği, istatistiksel bilgi birikimi, iş süreçlerini anlama, modern arayüzler aracılığıyla iletişim kurabilme, bireysel zaman yönetimi değişime açıklık, takım oyununa

hakimiyet, sosyal ve iletişim becerileri sıralanabilir (Özdoğan, 2017: 66; Benosova ve Tupa, 2017: 2196). Hecklau vd. (2016) tarafından çalışanların E4.0 ile sahip olması gereken bu yetkinlikler aşağıdaki Tablo 1.9'daki gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 1.9. Kategorilerine Göre Yetkinlikler Kümesi

Kategori	Gerekli Yetkinlik	İçerik
Teknik Yetkinlikler	İleri teknoloji bilgisi	İşgücü sorumluluğunun artmasına bağlı olarak, bilgi önemi giderek artmaktadır
	Teknik beceriler	Teknolojik becerilerin operasyonelden daha stratejik görevlere geçmesi gerekmektedir.
	Süreç anlayışı	Yüksek süreç karmaşıklığı daha geniş ve derin bir süreç anlayışı gerektirir
	Medya becerileri	Sanal işlerin artması, çalışanların akıllı medya kullanabilmelerini gerektirir; akıllı gözlükler gibi.
	Kodlama becerileri	Sayısallaştırılmış işlemlerin çoğalması, kodlama becerisi olan çalışanlar için daha fazla ihtiyaç yaratmaktadır.
	BT Güvenliğinin anlaşılması	Sunucular veya platformlardaki sanal çalışma, çalışanların siber güvenliğin farkında olmalarını zorunlu kılmaktadır.
Metodolojik Yetkinlikler	Yaratıcılık	Daha yenilikçi ürünler için ve aynı zamanda içsel iyileştirmeler için istekli, yaratıcılık gerektirir.
	Girişimci düşünce	Daha sorumlu ve stratejik görevleri olan her çalışan, girişimci olarak hareket etmelidir
	Problem çözme	Çalışanlar, hata kaynaklarını tespit edebilme ve süreçleri iyileştirebilmelidir.
	Çatışma çözümü	Daha yüksek hizmet odaklılık müşteri ilişkilerini artırır; Çatışmaların çözülmesini gerektirir.
	Karar verme	Çalışanların daha yüksek süreç sorumluluğuna sahip olmaları için, kendi kararlarını vermeleri gerekmektedir.
	Analitik beceriler	Büyük miktarda veri ve karmaşık işlemlerin yapılandırılması ve incelenmesi zorunlu hale gelmektedir.
	Araştırma becerileri	Değişen ortamlarda sürekli öğrenme için güvenilir kaynakları kullanmaya ihtiyaç duyar.
Sosyal Yetkinlikler	Verimlilik yönelimi	Karmaşık problemleri daha etkili bir şekilde çözer; artan miktarda veri yönetimi gibi.
	Kültürlerarası beceriler	Farklı kültürleri anlayabilmek, özellikle küresel çalışma ortamlarında benzer çalışma alışkanlıkları gibi.
	Dil becerileri	Global ortakları ve müşterileri ile anlama ve iletişim kurabilme ihtiyacı.
	Ağ becerileri	Yüksek derecede küreselleşmiş ve iç içe geçmiş bir değer zincirinde çalışma, bilgi ağları gerektirmektedir.
	Takım çalışması	Artan takım çalışması ve platformlarda paylaşılan çalışma takım kurallarını takip etme becerisi gerekir.
	İşbirliği ve uzlaşma yeteneği	Her proje kazan kazan mantığını ve işbirliğini gerektirir.
	Bilgi transfer yeteneği	İşletmelerin bilgiyi şirket içinde tutmaları gerekir; özellikle şu anki demografik değişim ile birlikte, açık ve net bilgi alışverişi yapılması gerekmektedir.
Kişisel Yetkinlikler	Liderlik becerileri	Daha fazla sorumluluk sahibi görevler ve düzleştirilmiş hiyerarşiler her çalışanın lider olmasını sağlar.
	Esneklik	Artan sanal işler, çalışanların zaman ve mekan bağımsız olmasını sağlar; iş-iş rotasyonu ayrıca çalışanların iş sorumlulukları ile esnek olmalarını gerektirir
	Belirsizliğe tolerans	Değişikliği kabul etme, özellikle iş-iş rotasyonu veya yeniden yapılanma nedeniyle işle ilgili değişiklikleri.
	Öğrenme motivasyonu	Daha sık işle ilgili değişim, çalışanların öğrenmeye istekli olmasını zorunlu kılar.
	Baskı altında çalışma yeteneği	İnovasyon süreçlerinde yer alan çalışanların, daha kısa ürün yaşam döngüleri ve azalan piyasa zamanları nedeniyle, artan baskı ile başa çıkmaları gerekir.
	Sürdürülebilir zihniyet	İşletme yöneticileri, çalışanlar aynı zamanda sürdürülebilirlik girişimlerini desteklemelidir
	Uyumluluk	BT güvenliği, makine ile çalışma veya çalışma saatleri için daha sıkı kurallar gerektirir.

Kaynak: Fabian Hecklau, Mila Galeitzke, Sebastian Flachs, Holger Kohl (2016) “Holistic approach for human resource management in Industry 4.0” *Procedia CIRP*, 54, s.4; Çalış Duman M. ve Akdemir B. (2019) “Akıllı İşletmeler: Yeni Nesil Çalışanlar” 1. Uluslararası İletişim ve Yönetim Bilimleri Kongresi, s.451.

E4.0’la birlikte ortaya çıkan akıllı işletme anlayışı, değişen çevre ve çalışanların rol ve becerileri meslek gruplarının değişmesinide sağlamaktadır. Basit ve tekrarlı işleri akıllı işletmelerde artık makineler yapmaktadır. Bu nedenle yöneticiler çalışanlarından farklı beklentilere girmektedir (Erol vd. 2016: 14; Prinz vd., 2016: 114). Yine, E4.0, yeni teknik yeteneklerin önemini arttıracak, özellikle üretimde ve iş yapış şekillerinde meydana gelen gelişmeler çalışanların bu konuda eğitilmiş olmasını gerektirecektir. Yaratıcı çalışma süreçleri, stratejik planlama, araştırma ve geliştirme gibi, yetenekli çalışanların önemi arttıracak, E.4.0 yenilikçi işletme fırsatları sunacaktır (Deloitte, 2014: 14). Bu konuda, 14 ülkeden 1.770 yüksek, üst ve orta düzey yöneticilerle yapılan bir araştırmaya göre, yöneticilerin tahmini olarak gelecek beş yılda öncelikle ihtiyaç duyacakları çalışanlara ilişkin yeni becerilerinin ne olduğuna dair görüşler aşağıda Tablo 1.10’deki gibi açıklanmıştır.

Tablo 1.10. Gelecek 5 Yıl için Çalışan Becerileri

Çalışan Becerileri	Yüzde (%)
Dijital ve Teknoloji Uzmanlığı	42
Yaratıcı Düşünce ve Deneyim	33
Veri Analizi ve Yorumlama	31
Strateji Geliştirme	30
Planlama ve Yönetim	23
Sosyal Ağ Kurma	21
İnsanları Geliştirme ve Rehberlik Etme	21
İşbirliği	20
Kalite Yönetimi ve Standartları	20
Var Olan Uzmanlık Alanında Üstün Beceriler	20
Performans Yönetimi ve Raporlama	17

Kaynak: Harward Business Review Türkiye (2017), “Otomasyon, Hangi Beceriler İle Yapay Zekanın Önüne Geçersiniz?” Mart, HBR Türkiye, S.28.

Yukarıda belirtilen becerilere ek olarak Türkiye E4.0 Platformu (2017) geleceğin mesleklerini sıralanmıştır. Bunlar; IT/IoT Çözüm Mimarlığı, Bulut Hesaplama Uzmanlığı, Endüstriyel Veri Bilimciliği, Robot Koordinatörlüğü, Endüstriyel Bilgisayar Mühendisliği / Programcılığı, Endüstriyel Kullanıcı Arayüzü Tasarımcılığı, 3-D Yazıcı Mühendisliği, Veri Güvenliği Uzmanlığı, Şebeke Geliştirme Mühendisliği ve Giyilebilir Teknoloji Tasarımcılığı’dır (Sener ve Everli, 2017: 30-36).

Ayrıca 2016’da OECD’nin yayınladığı “Dijital Ekonomi Raporu”nda bugünün çocuklarının %65’inin çalışma hayatına başladıklarında henüz ortaya çıkmayan mesleklerde çalışacakları belirtilmiştir. İngiltere’de gerçekleştirilen “Tech Nation 2016” araştırmasının sonuçlarına göre ise dijital endüstri, ülkede yaklaşık 1,5 milyon yeni istihdam yaratmıştır (Accenture, 2016.) Tüm bunlara ek, Dünya Ekonomik Forumu (2016) raporuna göre, gelecek 5 yıl içinde 3 milyon kadının işini kaybetmesi beklenen sonuçlar arasındadır. Bu durum Türkiye içinde geçerlidir.

Sonuç olarak, tüm teknolojik gelişmelere rağmen, insanlar ve yetenekleri geleceğin işletmelerinin yine kilit faktörü olacaktır. Yüksek derece yetenekli ve eğitilmiş çalışanlara, değişen dış koşullar ve teknolojik gelişmeleri yakalamak için ihtiyaç duyulacaktır. (Hermann vd. 2014). Nitekim Blue (2016)’ya göre, akıllı üretim için akıllı insanlara ihtiyaç vardır. Yetenekli, yaratıcı, lider ruhlu ve girişimci çalışanlar, akıllı üretimin vazgeçilmez bir parçasıdır (Akt. Callari, 2017; Benesova ve Tupa, 2017: 2202).

1.6. Türkiye Endüstri 4.0 Çalışmaları

Türkiye dünyanın 16. büyük ekonomisidir ve bunu sağlayan en önemli faktörlerden birisi de ucuz işgücüdür. Türkiye genç, dinamik ve girişimci ruhlu nüfusu çoğunlukta olan bir ülke olarak bunun avantajını üretimde her zaman yaşamıştır. Maalesef, bu avantajımız E4.0 ile yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu nedenle Türkiye’nin E4.0’fırsatını kaçırmaması ve gerekli yol haritasını hazırlayarak tüm işletmelere destek ve rehberlik hizmeti sağlanması gerekmektedir.

Türkiye ile ilgili olarak yurt dışında ve içinde yapılan istatistikler incelendiğinde, ekonomide genellikle orta ve düşük derecede teknoloji kullanıldığı ve düşük katma değerli ürünler üretildiği görülmektedir (Yazıcı ve Düzkaya, 2016: 75). Türkiye’de üretim hacmi yüksek olmasına rağmen, üretilen ürünlerin katma değeri düşüktür. Katma değerli ürünler üretmek için E4.0 bir fırsattır (Öztürk ve Koç, 2017: 791).

Harvard Business Review ile BCG’un yaptıkları ortak çalışmaya göre, Türkiye’nin E4.0, dijital teknolojiler ve yaratacağı rekabet avantajlarından yararlanmak konusunda farkındalık ve ilgisi son derece yüksek çıkmıştır (HBR, Aralık 2017). E4.0’ın Türkiye ekonomisi üzerinde etkisi olması beklenen dört temel alan bulunmaktadır (TÜSİAD, 2016: 44; Yazıcı ve Düzkaya, 2016: 70-71). Bunlar:

- Verimlilik
- Büyüme
- Yatırım
- İstihdam

TUSİAD (2016: 44-46) verilerine göre, verimlilik konusunda, imalat sektöründe E4.0'ın 50 milyar TL'ye kadar fayda sağlaması beklenmektedir. Toplam verimlilik artışının %4-7, dönüşüm maliyeti verimlilik artışının ise %5-15 olması beklenirken, E4.0 sayesinde Türkiye GSYH'sinde 150-200 milyar TL'lik bir büyüme beklenmektedir. Sanayi üretimindeki yıllık artışa ek %3'lük bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yatırım konusunda, E4.0 teknolojilerinin üretime adapte edilebilmesi için Türkiye'deki üreticilerin önümüzdeki 10 yıllık süreçte 10-15 milyar TL yatırım yapması gerektiği tahmin edilirken, istihdam açısından etkisi ise azaltıcı yönde olacaktır. Uzun vadede imalat sektöründeki istihdamın %20-30 düzeyinde etkilenmesi beklenmektedir. Kullanılacak olan yeni teknolojiler doğrultusunda nitelikli çalışana ihtiyaç duyulacaktır ve bu rakam önümüzdeki 10 yıllık süreçte 100 bin civarı tahmin edilmektedir.

E4.0'ın ülke ekonomisinde yaratacağı bu potansiyel faydaların farkına varan Türkiye biraz geç kalsa da çalışmalara başlamıştır. Türkiye'de ilk kez 2016 yılında E4.0 konusunda hükümet tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda, Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu 29. Toplantısı'nda "Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmalar Yapılması [2016/101]" kararı alınmıştır. "Bu karara göre, ülkemiz sanayisinin yüksek teknoloji üretiminde uluslararası rekabet gücünün artırılmasını sağlayacak akıllı üretim sistemlerine geçiş amacıyla; ülkemizin mevcut durumunun ortaya konması, gerekli analizlerin yapılması ve kritik ve öncü teknolojilerde (öncelikle siber fiziksel sistemler, yapay zekâ/sensör/robot teknolojileri, nesnelerin interneti, büyük veri, siber güvenlik, bulut bilişim vb.) yetkinlik kazanılmasını sağlayacak hedef odaklı Ar-Ge çalışmalarının artırılması ve bunun için gerekli birimlerin oluşturulması" kararları alınmıştır.

Takip eden aylarda, E4.0 ile ilgili yeni konferanslar düzenlenmiş, Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu kurulma çalışmalarına girilmiştir. Platformun İcra Kurulu Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanı Başkanlığında, MÜSİAD, TÜSİAD, TTGV TOBB, ve YASED Başkanlarından oluşmaktadır. Platformun hedefi yüksek teknolojili ürünleri tasarlayabilen ve üretebilen bir sanayi sektörü inşa edilmesidir. 2017 yılında,

Türk sanayisinin dijital dönüşümü ile ilgili, strateji oluşturma, kredi ve hibe desteği sağlama gibi faaliyetleri yürütmek üzere ve Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu’nun sekretarya faaliyetlerini yürütmek amacıyla Dördüncü Sanayi Devrimi Dairesi Başkanlığı kurulmuştur (Özlü, 2017: 4-5).

MUSİAD (2016), E4.0 dönemine girerken SWOT analizi ile Türkiye’nin gelişmesi gereken alanlar, güçlü yönleri, önündeki fırsat ve tehditleri aşağıda Tablo 1.11’deki gibi açıklamıştır.

Tablo 1.11. E4.0 Modeli İçin Türkiye’nin SWOT Analizi

Güçlü	Zayıf
- Büyüyen ekonomi - Genç nüfus - Taleplere açık bir iç pazar - Dış pazarlara erişim kolaylığı - Yurt içi ulaşım kolaylığı - Çoklu kültüre yatkınlık - Teknolojiye yatkınlık - Yaygın mühendislik eğitimi - Sektörel yaygınlık	- Sektörün kamuda tek bir muhatabının olmayışı - Yetersiz iç pazar büyüklüğü - Proje finansman ihtiyacı - Teknoloji geliştirme kültürü - İş hukuku - Nitelikli iş gücü - Akademik yapı - Bürokratik yaklaşım - Ortak hareket planı
Fırsatlar	Tehditler
- Ekonomik büyüme potansiyeli - Yatırımın ortamının devamı - Teşvikler - Artan teknokent ve ARGE merkezi sayısı 20.000’e yakın bilişim işletmesi ve sektörün canlılığı - Başlangıç sermayesinin düşük olması - Büyük projeler - Birçok yabancı işletmelerin bulunduğu bir pazar - Yazılım geliştirme potansiyeli	- Yabancı üreticilerin pazarda egemen olması - İhalelerde risk ve sektöre uygun ihale kanunu eksikliği - Kamunun sektörde üretici olarak yer alması - Bürokrasinin sektöre yaklaşımı - İstihdam baskısı - Akademik eğitim kalitesi - Düşük kârlılık ve haksız rekabet - Kamu sektörünün özel sektör ile rekabet etmesi - Hukuki sorunlar

Kaynak: Türkiye Bilişim Derneği (2016), Bimy’23 “Bilişimle Kalkınmada Sanayi 4.0” Etkinlik Sonuç Raporu, 23. Bilgi İşlem Merkezi Yöneticileri Semineri, Ankara, s.11.

Türkiye Bilişim Derneği (2016: 11) ve MUSİAD tarafından yapılan SWOT analizi kapsamında, Türkiye’nin E4.0 başarı formülünün merkezinde “özgüven” olduğunu belirtilmiştir. E4.0 için çözüm önerilerinde ise, inovasyona açık eğitim vizyonu, ar-ge ve yatırım teşvikleri, finansman modelleri ve girişim sermayesi, verimli üretim ve iyi

ürünler, markalaşma, ticarileşme ve global pazarlama konularına dikkat edilmesi ve geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

2018 yılında devlet işbirlikleri ve E4.0 platformları ile “Dijital Türkiye Yol Haritası” oluşturulmuş ve yayınlanmıştır. Bu yol haritasına göre, Türkiye’de altı bileşen konusunda çalışmalar yapılmasına, güçlendirilmesine ve desteklenmesine karar verilmiştir. Bunlar: insan, teknoloji, altyapı, tedarikçiler, kullanıcılar ve yönetişimdir. Bu alanlarda yapılması gereken eylem adımları Şekil 1.9’daki gibi açıklanmıştır.

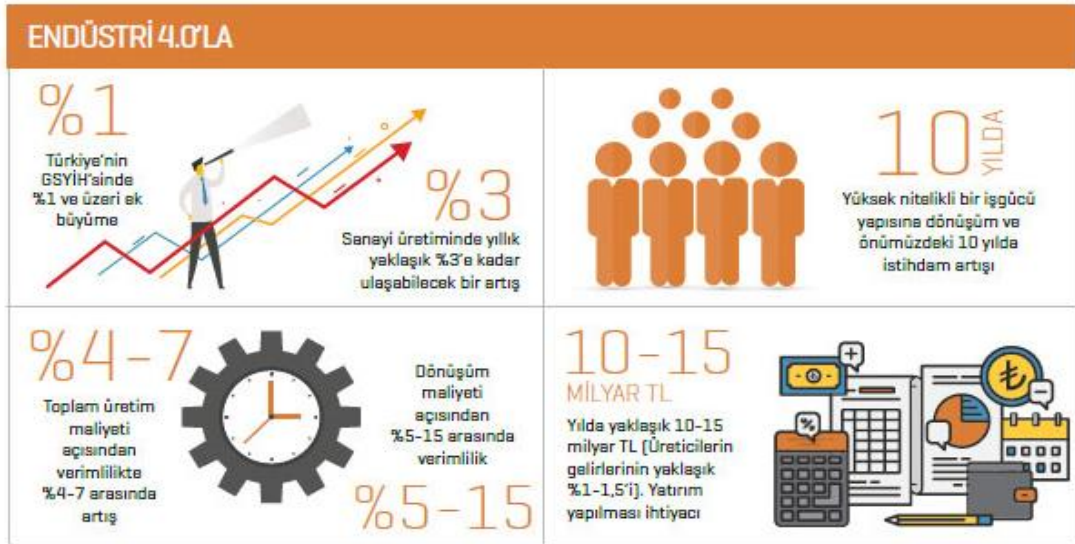
Şekil 1.9. Dijital Türkiye Yol Haritası Bileşenleri ve Eylem Alanları



Kaynak: Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018), “Dijital Türkiye Yol Haritası” <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf>, s.122.

Türkiye'nin Dijital Türkiye olma hedefi bağlamında önem verilmesi gereken bileşenler ve eylem adımları, sadece ülke yönetiminin değil, farklı sektörlerde, farklı işletme yöneticilerinin dikkat etmesi gereken adımlardır. Her ülkede olduğu gibi Türkiye'de de E4.0 konusunda bazı sektörler daha avantajlıdır. Bu konuda Accenture kuruluşu tarafından yapılan, Türkiye Dijitalleşme Endeksi (2016) araştırma raporuna göre, Türkiye E4.0 konusunda 106 işletme üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda, dijital dönüşümün en fazla yaşandığı 5 sektör ve puanları, finansal hizmetler (%81), hizmet faaliyetleri (%79), perakende ticaret (%77), motorlu kara taşıtlarının ticareti ve onarımı (%75), toptan ticaret (%69) şeklinde belirtilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin önemli sektörlerinden birisi olan mobilyacılık sektörünün de %75'ini temsil eden markalı mobilya işletmelerinin üretim fabrikalarını ar-ge üssüne çevirdikleri ifade edilmektedir (Tunçel vd.,2017: 156). Yine, Accenture 2015-2016 karşılaştırmalı dijitalleşme endeksine göre, dijitalleşme endeksindeki 10 puanlık bir artışın, işletmelerin faiz ve vergi öncesi kar (FVÖK) marjında ortalama %1'lik bir artışı sağladığı görülmüştür. Ayrıca, verimlilik, etkinlik, süreçlerin anlık takibi, hızlı bilgi erişimi, hatalı üretim oranlarının azalması, ürün ve süreçlerde standartlaşma, tamir- bakım masraflarının azaltılması gibi birçok faydayı E4.0'ın işletmelere sağladığı belirtilmiştir.

Şekil 1.10. Türkiye'nin E4.0'la Uzun Vadede Kazanımları



Kaynak: Dijital Sanayi Çağı: Endüstri 4.0, 2016, <http://www.moment-expo.com/dijital-sanayi-cagi-endustri-4-0>.

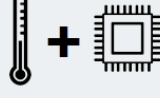
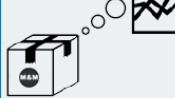
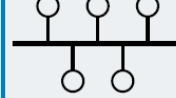
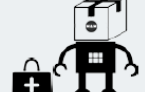
TÜBİTAK (2017) tarafından sanayimizin dijital olgunluk seviyesini ortaya koymak amacıyla 1000 işletmeyle yaptığı araştırma sonuçlarına göre, Türkiye'de sanayinin dijital olgunluğu, E2.0 ile E3.0 arasında çıkmaktadır (dijitaldonusum.gov). Özellikle, Türkiye'deki KOBİ'lerin ise E2.0'da olduğu belirtilmiştir (Aslan vd., 2018). Ülkemizdeki işletmelerin %99'unu KOBİ'lerin oluşturduğu düşünüldüğünde, KOBİ'lerin E4.0'a dönüşümü konusu oldukça önemlidir. KOBİ'leri E4.0'a geçişte zorlayan en önemli nedenlere bakıldığında, yetenekli çalışanlara sahip olmayışı, yeni teknolojilere yatırım yapabilecek gücünün olmayışı ve sermaye yetersizliği olarak belirtilmektedir (Faller ve Feldmüller, 2015). KOBİ'lere gerekli destekler sağlandığında, öğrenmeye, yeniliğe ve inovasyona daha yatkın oldukları için E4.0 dönüşümlerinin kolay olacağı belirtilmektedir. (Gomes ve Wojahn, 2017: 11).

KOBİ'ler E4.0 yol haritası oluştururken, yapılacak planların işletmenin finansal yapısına, örgüt yapısına, çalışanlarının niteliklerine bağlı olarak gerçekçi bir şekilde hazırlanması gerekmektedir. Sektördeki bazı KOBİ'ler kaynaklar ve sahip oldukları teknolojilerle E4.0'a daha kolay uyum sağlarken, bazı KOBİ'lerse daha zor bir süreç yaşayabilir. Bu aşamada KOBİ'ler, mevcut durumlarına bakarak E4.0 konusunda olgunluk düzeylerini ölçümleyebilir. Olgunluk düzeylerini belirledikten sonra, daha doğru bir yol haritası ve yapılması gerekenlere dair eylem adımları oluşturulabilir. Özellikle E4.0 teknoloji bilşenlerinin hangilerinin işletmelerine en uygun olacağı ve nasıl bir fayda sağlayacağı sorularının cevaplarını bulabilir. Şekil 1.11 ve 1.12'te Anderl, ve Fleischer (2016) tarafından KOBİ'lerin olgunluk düzeyini gösteren çalışmaları özetlenmiştir.

Şekil 1.11'de ürün temelli Endüstri 4.0 olgunluk düzeyi tablosunda anahtar soru şudur: E4.0'ın yardımıyla ne kadar yeni ürünler geliştirilebilir veya mevcut ürünler daha da geliştirilebilir? Bu ise, potansiyel müşteriler için nasıl bir katma değer yaratabilir (Anderl, ve Fleischer, 2016: 13)? E4.0 bize ürün konusunda hangi avantajları sağlayacaktır? KOBİ'ler E4.0 teknolojilerine yatırım yapmasına bağlı olarak, ürün performansında, kalitesinde ve müşteri geri bildirimlerinde olumlu artışlar beklemektedir. Buna göre, KOBİ'lerin olgunluk düzeylerini aşama aşama gerçekleştirerek, dijital dönüşümü sağlaması beklenmektedir.

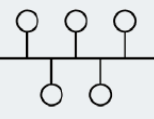
Şekil 1.11. KOBİ’lerin Ürün Temelli E4.0 Olgunluk Düzeyi

KOBİ’LERİN ÜRÜN TEMELİ ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK DÜZEYİ

	1. DÜZEY	2. DÜZEY	3. DÜZEY	4. DÜZEY	5. DÜZEY
Sensör ve sürücü bütünleşmesi	 Sensör ve sürücü kullanımı yok	 Sensörler ve sürücüler bütünleşmiş halde	 Sensör okumaları ürün tarafından işleniyor	 Veriler, analiz için ürün tarafından değerlendiriliyor	 Toplanan veriye dayalı olarak ürün otonom davranıyor
Bağlantılılık	 Ürünün herhangi bir arayüzü yok	 Ürün G/Ç sinyalleri alıp verebilir	 Ürünün arayüz veri hattı var	 Ürünün Endüstriyel Ethernet arayüzü var	 Ürünün internet bağlantısı var
Veri depolama ve enformasyon değiş tokuşu	 Herhangi bir hizmet yok	 Tek tek ürün kimliği tanıma mümkün	 Ürünün pasif veri deposu var	 Ürünün otonom veri değiş tokuşu için otonom veri deposu var	 Veri enformasyon değiş tokuşu ürünün ayrılmaz parçasıdır
İzleme	 Ürün tarafından herhangi bir izleme yok	 Arızaların tespit edilmesi mümkün	 Teşhis amaçlı olarak operasyon şartlarının kaydı yapılıyor	 Ürün kendi durumunu bilebilir	 Ürünün otonom ölçüm kontrolleri var
Ürünle ilgili BİT hizmetleri	 Herhangi bir hizmet yok	 Çevrimiçi portaller aracılığı ile hizmetler var	 Hizmet doğrudan ürün tarafından veriliyor	 Ürünün otonom hizmetleri var	 Ürün, BİT alt yapısı ile tam bağlantı halinde
Ürüne dayalı iş modelleri	 Standart ürünlerin satışı ile kar elde ediliyor	 Ürüne ilişkin satış ve danışmanlık var	 Ürün müşteriye satış, danışmanlık ve uyarılma desteği var	 Ürünle ilgili ek hizmetlerin satışı var	 Ürün fonksiyonlarının satışı var

Kaynak: Anderl, Reiner ve Fleischer, Jürgen (2016) “Guideline Industrie 4.0: Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses” VDMA Verlag, s. 9; Banger, Gürçan (2018) “Endüstri 4.0 Uygulama ve Dönüşüm Rehberi, Dorlion Yayınları, Eskişehir, s. 362.

Şekil 1.12. KOBİ'lerin Üretim Temelli E4.0 Olgunluk Düzeyi

	1. DÜZEY	2. DÜZEY	3. DÜZEY	4. DÜZEY	5. DÜZEY
Üretimde veri işleme	 Veri işleme yok	 Belgelemek için veri depolama	 Süreç izleme için veri analizi	 Süreç planlama/denetleme için değerlendirme	 Otomatik süreç planlama/denetleme
Makineler arası iletişim	 İletişim yok	 Arayüz veri hattı var	 Endüstriyel internet arayüzleri	 Makinelerin internete erişimi var	 Web hizmetleri (Makineler arası yazılım)
İşletmede üretimi içine alan ağ yapısı	 Üretimin işletmenin diğer birimleri ile ağ bağlantısı yok	 E-posta veya telefon ile enformasyon değişimi var	 Veri değişimi için tasarlanmış format ve kurallar	 Tasarlanmış veri formatları ve bölümler arası bağlantılı veri sunucuları	 Bölümler arası tam ağ yapılı BİT çözümleri
Üretimde BİT alt yapısı	 Enformasyon değişimi telefon ve eposta ile yapılıyor	 Üretimde merkezi veri sunucusu var	 Veri paylaşımı internet tabanlı portaller	 Otomatik enformasyon değişimi (Ör. Sipariş izleme)	 Tedarikçiler/müşteriler süreç tasarımı ile bütünleşmiş halde
İnsan-Makine arayüzleri	 İnsan-Makine arasında karşılıklı enformasyon değişimi yok	 Yerel kullanıcı arayüzleri kullanımı var	 Merkezi/Desantralize üretim izleme/denetleme	 Mobil kullanıcı arayüzleri kullanımı	 Artırılmış gerçeklik, destekleyici gerçeklik
Küçük parti üretimlerinde verimlilik	 Kalıplı üretim sistemi; özdeş parçaların küçük yüzdesi	 Özdeş parçaların üretimi için esnek üretim sistemlerinin kullanımı	 Ürünler için esnek üretim sistemleri ve modüler tasarımlar	 İşletme içinde bileşen esaslı, modüler ürünlerin esnek üretimi	 Katma değerli ağlarda bileşen esaslı, modüler üretim

Kaynak: Anderl, Reiner ve Fleischer, Jürgen (2016) “Guideline Industrie 4.0: Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses” VDMA Verlag, s. 9; Banger, Gürçan (2018) “Endüstri 4.0 Uygulama ve Dönüşüm Rehberi, Dorlion Yayınları, Eskişehir, s. 363.

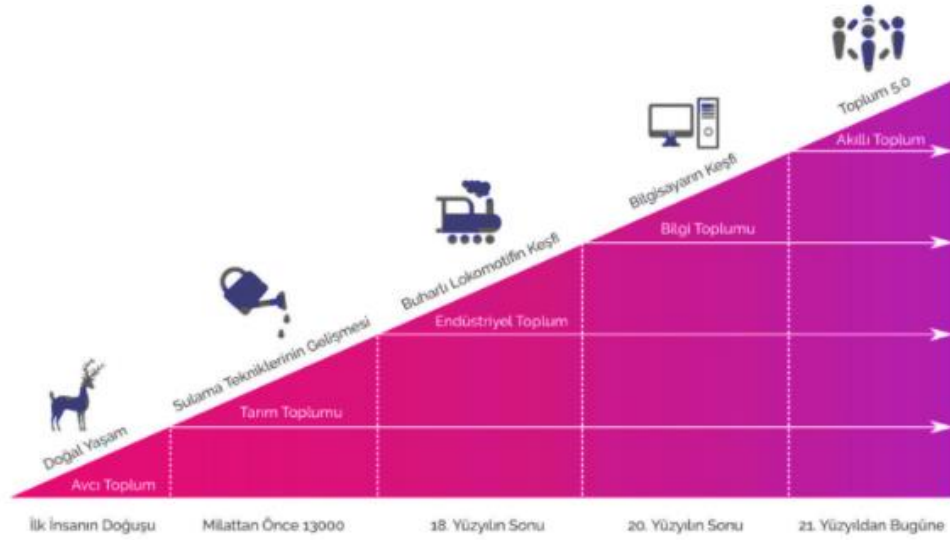
Şekil 1.12 incelendiğinde, KOBİ'lerin üretim temelli E4.0 olgunluk düzeyi çalışmalarında, anahtar soru, üretim süreçlerinin nasıl optimize edilebileceği ve E4.0' ın yardımıyla üretim maliyetlerinin nasıl düşürülebileceği sorusudur. Buna göre, üretimde veri işleme, makine-makine iletişimi, üretimde işletme çapında ağ oluşturma, üretimde bilgi altyapısı ve telekomünikasyon teknolojisi, insan-makine arayüzleri ve küçük parti üretimlerinde verimlilik özelliklere göre KOBİ'lerin düzeyleri ve durumları ortaya konmaya çalışılır (Anderl, ve Fleischer, 2016: 13). Buna göre işletmelerin aşama aşama gerçekleştirecekleri her bir düzey örgüt performansında olumlu iyileştirmeler yaratacağı Endüstri 4.0'a geçişin faydalarından yararlanacağı süreci yansıtmaktadır.

Sonuç olarak, E4.0'ın ortaya çıkaracağı potansiyel faydaların sadece ülke ekonomisini iyileştirmekle kalmayıp, işletmelerin örgütsel performanslarını, toplumların ve bireylerin ise yaşam kalitesini arttıracak ve E4.0'ın kaçırılmaması gerektiği yapılan araştırmalarda defaatle vurgulanmaktadır (Bauer vd, .2015: 417). Bu nedenle Türkiye'de öncelikle KOBİ'lerin ve sonrasında büyük işletmelerin, yöneticilerin ve çalışanların E4.0 dönüşümüne ayak uyduracak stratejiler ve politikalar izlemeleri oldukça önemlidir.

1.7. Toplum 5.0 (Endüstri 5.0)

Değişimin hızı ve etkileri her alanda olduğu gibi araştırma konumuzda da kendini göstermiştir. E4.0 ile ilgili çalışmalarımızı yaparken Endüstri 5.0 veya daha çok kullanıldığı tabirle Toplum 5.0 hayatımıza girmiştir. Toplum 5.0 kavramı ilk defa Japon Başbakan Shinzo Abe tarafından Hannover'deki CEBİT 2017 bilgisayar fuarında kullanılmış ve süper akıllı toplumu temsil ettiği açıklanmıştır (Durmuş, 2019: 101). Shinzo Abe, bu felsefeyi "Teknoloji toplumlar tarafından bir tehdit olarak değil, bir yardımcı olarak algılanmalı" inancıyla temellendirdiklerini açıklamıştır. Buna göre, Toplum 5.0 ilk insanın doğuşundan bugüne kadar olan süreci bölümlere ayırmakta ve günümüze kadar olan süreçte toplumları Avcı Toplum, Tarım Toplumu, Endüstriye Toplum, Bilgi Toplumu ve Akıllı Toplum (Toplum 5.0) olarak beşe ayırmaktadır ve Şekil 1.13'teki gibi görselleştirmektedir.

Şekil 1.13. Toplum 5.0’ın Evrimsel Süreci

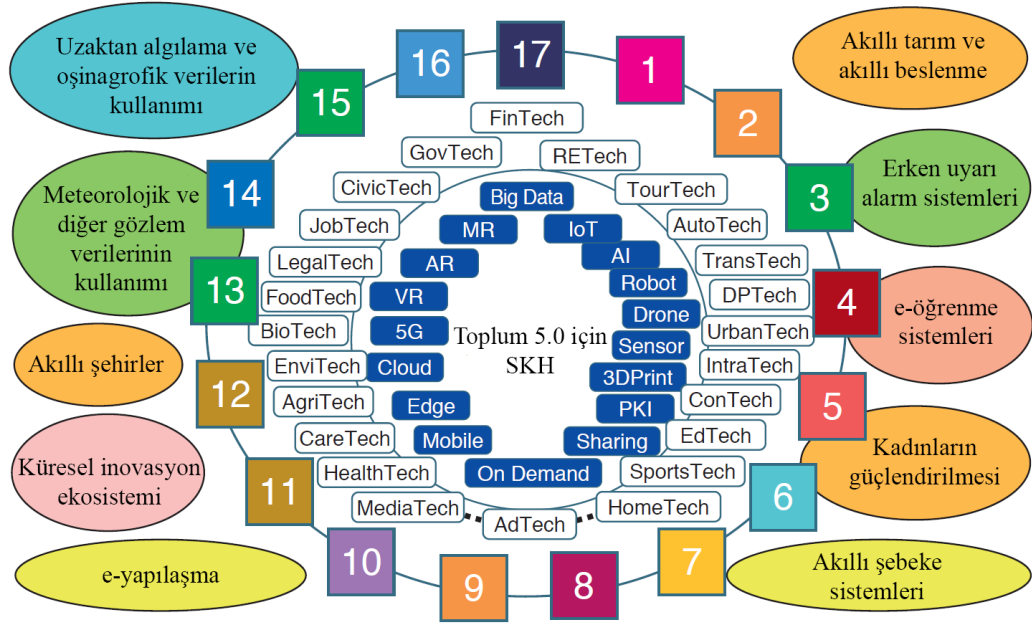


Kaynak: Mayumi Fukuyama (2018) “Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society” Japan SPOTLIGHT, p.49.

Toplum 5.0 veya süper akıllı toplum için bir tanımlama yapılacak olursa şu şekilde açıklanabilir; İnsanların ihtiyaç duydukları zorunlu eşya ve hizmetleri, ihtiyaç duyanlara ihtiyaç zamanında ve doğru miktarda sağlama kapasitesine sahip, oldukça geniş bir çeşitliliği olan sosyal ihtiyaçlara tam olarak cevap verebilen bir toplumdur (Durmuş, 2019: 116).

Toplum 5.0 ile süper akıllı toplum hedefinin yanında, dünyanın temel, orta ve uzun vadeli zorluklarla karşılaşmaya devam ettiği, bunlar arasında yoksulluk, açlık, istihdam edilebilirliği etkileyen eksiklik veya yetersiz eğitim, özellikle genç kesimlerdeki sürekli işsizlik, ekonomideki kayıt dışılık, toplumsal cinsiyet eşitsizliği, sosyal korumayı etkileyen demografik değişim, doğal ve enerji kaynakları üzerindeki kısıtlamalar ve iklim değişikliği ile ilgili hedeflerde bulunmaktadır. Bu hedefler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) olarak sıralanmaktadır ve Şekil 1.14’teki gibi gösterilmektedir.

Şekil 1.14. Toplum 5.0 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri



Kaynak: Mayumi Fukuyama (2018) “Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society” Japan SPOTLIGHT, p.50.

Şekil 1.14’te görüldüğü üzere Toplum 5.0 kullandığı teknolojiler ile hedefinde, E4.0’daki gibi sadece üretim sanayisinde veya işletmelerde yaşanması gereken dönüşümlerden ziyade, tüm ülkeyi kapsayan bir dönüşüm bulunmaktadır. Toplum 5.0 sadece teknolojinin gücünü artırmayı değil aynı zamanda toplumun yaşam kalitesini de artırmayı amaçlamakta ve yaşamın her alanında karşımıza çıkmaktadır.

Toplum 5.0’ın dünya çapında toplumsal bir dönüşüm olduğunu düşünürsek, elbette belli başlı engellerle karşılaşacağı da belirtilmiştir. Japonya Ekonomi Organizasyonu, Toplum 5.0’ın geliştirilebilmesi için yıkılması gereken 5 önemli bariyeri de şöyle sıralamıştır (Kahraman, 2019):

- Hukuk sistemindeki engeller
- Nesnelerin dijitalleşmesindeki bilimsel boşluklar
- Kalifiye personel eksikliği
- Sosyo-politik önyargılar
- Toplumsal direnç

Bu bariyerlerin yıkılması ve Toplum 5.0’ın yoluna devam edebilmesi için toplumların işbirliği içinde olması gerektiğine vurgu yapılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÖRGÜTSEL PERFORMANS

“Ölçmezsen kontrol edemezsin, kontrol edemezsen yönetemezsin.”

William Edwards Deming

Araştırmanın bu bölümünde örgütsel performansa dair kavramsal çerçeve çizilerek, örgütsel performansın ölçülmesinin önemi, amaçları, faydaları ve örgütsel performans ölçüm kriterleri üzerinde durulacaktır.

2.1. Örgütsel Performans Kavramı

Örgütsel performans kavramını incelemeden önce, öncelikle performans kavramını değerlendirmek gerekir. Performans kavramı uzun yıllardan beri araştırılan, tartışılan fakat önemini hiç kaybetmeyen bir kavramdır. Çünkü hangi dönemde olursun olsun işletmelerin en nihai amaçları kâr elde etmek, büyümek ve devamlı olmaktır. Bu amaçların başarısı ve sürekliliği işletmenin performansına bağlıdır (Ivanov ve Avasilcai, 2014: 397). Performans, anlam itibarıyla yapılması gereken belli işlerde ya da görev bakımından gösterilen başarının derecesidir (Karaman, 2009:412). Başka bir ifadeyle, performans, işletmenin mevcut durumunu ortaya koymaktır. Genel anlamda hedefli ve planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edileni, nicel ve nitel olarak belirleyen bir kavram (Akal, 2015: 17) olan performans, bir örgütün kaynaklarını etkin ve verimli kullanarak amaçlarına ulaşabilme yeteneği olarak da ifade edilebilir (Altınoğlu ve Doğan, 2014: 26). Bir sistemin performansı, süreç sonucundaki çıktı ya da yapılan işin sonucudur. Bu sonuç, işletme amaçlarının ya da görevlerinin yerine getirilme derecesidir (Zerenler, 2005: 2).

İşletmelerde performans kavramından bahsedildiğinde iki farklı performans ayrımı yapılabilir. Bunlar çalışan performansı ve örgüt performansı olarak ifade edilebilir. Çalışan performansı, çalışanın kendisi için tanımlanan, özellik ve yeteneklerine uygun olan işi, kabul edilebilir sınırlar içinde gerçekleştirmesidir. Yine çalışan performansı, çalışanların alacakları ücret karşılığında göstermeleri gereken çabaların toplamı olarak ifade edilebilir (Rousseau ve McLean, 1993). Bu kapsamda, rekabet avantajı sağlayan önemli unsurlardan biri olan insan kaynağının performansı işletme açısından her zaman kritik bir önem taşımıştır. Çünkü bir işletmenin başarısı, çalışanlarının başarısı ve gösterdiği performans ile sınırlıdır (Uyargil, 2013). Ayrıca, çalışan performansı ve ölçümü, işletmelerin yönetsel karar almalarında büyük önem taşır. Bir çalışanın

performansı kişinin şimdiki fiili başarısını yansıtmakla birlikte gelecekte de nasıl bir performans sergileyeceğinin göstergesidir. Bu nedenle, çalışanın terfisi, işten çıkarılması, ücret artışı, ödüllendirme ve takdir edilme gibi kararların alınmasında performans sonuçları önemli bir yardımcı kaynaktır.

Örgüt performansı ise, bir işletmenin pazar ve finansal hedeflerine ne kadar iyi ulaştığı anlamına gelir (Chavez vd., 2017: 33). Yine, örgüt performansı, işletme amaçlarının belirli bir dönem sonunda hedeflere ulaşma derecesini, yani işletmenin başarı düzeyini ifade etmektedir (Erdem vd., 2013: 75). Bu bağlamda denilebilir ki örgütsel performans, belirli bir dönem sonunda elde edilen çıktı/sonuca göre işletme hedeflerinin veya görevlerinin yerine getirilme derecesidir (Altınoğlu ve Doğan, 2014: 26). Stankard (2002) örgütsel performansı, organizasyonda farklı parçaların veya birimlerin etkileşiminin bir ürünü olarak tanımlamıştır (Akt. Hussein vd., 2014: 300) Bu bağlamda, örgüt performansı, tüm işletmeyi ilgilendiren toplam performansı yansıtır. Örgütsel performans, işletmelerin hayatta kalmasını belirleyen tüm faaliyetlerin özünde yer alır (Muthuveloo vd., 2017: 1; Melville vd., 2004: 22).

Porter'a (1991) göre örgütün sahip olduğu stratejiler, örgütsel performansı göstermektedir. İşletmenin stratejisi bir sektör içindeki rekabet ortamında, avantajın elde edilmesi ve bunun devamlılığı için kullanılacak olan araçlar ve yöntemlerin seçilmesi, yürütülmesi ve denetlenmesi ile ilgili karar verme süreçlerinin toplamıdır, buna bağlı olarak örgütsel performans da bu stratejilerin belirli bir dönem sonunda uygulamalardaki ve çıktılardaki hedeflere ulaşma derecesini, yani başarı düzeyini temsil etmektedir (Akt. Eren ve Kaplan, 2014: 176). Ayrıca, işletmeler sürekli büyüme ve iyi bir finansal performans elde etmek için değişime hızla adapte olan ve işgücünü geliştirme konusunda çaba harcayan stratejilerde odaklanır (Muthuveloo vd., 2017: 2). Bu nedenle, işletmelerde performans anlayışı sürekli gelişme gösteren ve değişikliklere açık bir süreçtir.

Örgüt performansı sadece ekonomik politikalar veya finansal dengenin sonucu değil, aynı zamanda teknik ilerleme, insan kalitesi, yapısal ve ilişkisel faktörler ve dolayısıyla yoğun derecede eğitim araştırma ve geliştirme alanlarına yapılan yatırımların toplam bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır (Gogan vd., 2016: 194). Bu nedenle ölçmenin amaçları ve yöntemleri değişse bile, örgütsel performansı ölçmek işletmeler

için önemini hiç kaybetmemektedir. Bununla birlikte, örgütsel performansı ölçmenin işletmeler için neden önemli olduğuna bakmakta fayda olacaktır.

2.2. Örgütsel Performansın Ölçülmesinin Önemi

İşletmeler için örgütsel performansın ölçülmesi ve ortaya konması oldukça önemlidir. Bu önemin gücü ise, “ölçülemeyenin yönetilemeyeceği” gerçeğinden gelmektedir. Bu gerçekle, performansı ölçmek, işletme yöneticilerinin planlarının ve stratejik hedeflerinin daha ekonomik ve rasyonel bir şekilde hayata geçirilmesi amacıyla yapılmaktadır. Ayrıca, sadece ekonomik ve az kaynak kullanımı değil, performansın ölçülmesi, doğru şeylere akıllıca kaynak harcanması içinde önemlidir. (Karaman, 2009; 415).

İşletmelerin stratejileri ve performansın ölçülmesi arasındaki ilişki de oldukça önemlidir. İyi bir performans ölçüm yöntemi işletmenin performansını artırabilir. Bu nedenle, performans ölçme yöntemlerinin ve kriterlerinin seçimi önem taşımaktadır. Özellikle, performans bölçme, genel işletme stratejisi ile entegre edilmeli ve finansal ve finansal olmayan ölçümleri içeren kapsamlı bir dizi önlem içermelidir (Sainaghi, 2017: 37). Aksi durumda ortaya çıkabilecek sorunlar şunlardır (Zairi, 1994: 126-127);

- Bilgi akışında başarısızlık ve bilginin doğru kişilere ulaşımında problemler,
- Çeşitli çabalar arasında uyum ve eşgüdüm eksikliği ve bu nedenle gerçek bir sinerji elde edememe,
- Üst düzey yöneticilerin belirlediği hedeflere ulaşılıp ulaşılamadığının kontrol edilememesi,
- Kalitenin kalıcı ve sürdürülebilir etkisinin olmaması,
- Performans ölçümünün, değişimi yaratmak için itici bir güç olarak kullanılamaması, şeklinde sıralanabilir.

Performansın ölçülmesi sonucunda ise şu sorulara cevap bulunur (Akal, 2005: 65; Işığışok, 2008: 3). İşler ne derecede iyi yapılmaktadır? Amaçlanan sonuçlara ne derecede ulaşılmıştır? Gerçekleştirilen işlerin amaçlara katkısı olmuş mudur? Bu işlerin örgüt performansına etkisi nedir? Hedef ve stratejilere uygunluk sağlanmış mıdır? vb. sorulardır. Bu nedenle, performansı ölçmek, örgütün amaçlarına ne derecede ulaşmış olduğunu ortaya koymak açısından da önemlidir. Amaçlara ulaşabilirliğin performans

ölçülmesi ile ortaya konması, çalışanların motivasyonları ve tatminleri üzerinde etkiye sahiptir. (Zerenler, 2005: 2).

Örgütsel performansın ölçülmesi, faaliyetlerin etkinlik ve etkililiğinin belirlenmesi açısından önemlidir. Çünkü iyi bir performans ölçümü; organizasyonların stratejik plan ve amaçlarını destekler (Elnihewi vd., 2014: 635), işletmenin rakipleri ile kıyaslamasını yapar, başarısını ölçer, çalışanları motive eder, hatalara karşı erken uyarı sistemi oluşturur ve yöneticilerin karar vermelerinde önemli bir rol oynar (Yüreğir ve Nakıboğlu, 2007: 546; Erdem vd., 2011; Draghici vd., 2014: 547). Aynı zamanda işletme yönetiminin rekabet başarısında önemli bir rol üstlenir (Fang vd., 2016: 71).

2.3. Örgütsel Performansı Ölçmenin Amaçları

Örgüt performans genel olarak, dört önemli soruya cevap verecek bir kavram olarak düşünülmelidir: “Nerede olmak istiyorduk? Şimdi neredeyiz? Ne kadar daha iyi olabilirdik? Nerede olmalıyız?” Bu dört temel soru işletme performansının tanımlanması ve değerlendirilmesinde ilişkin alanları belirlerken, aynı zamanda performansın geliştirilme alanlarına da bir çerçeve çizmektedir (Akal, 2005).

İşletmelerin örgütsel performansı ölçmelerinin bir takım amaçları ve nedenleri bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Akal, 2005:9; Uyargil, 2013);

- İşletme hedeflerinin gerçekleşip gerçekleşmediğini ortaya koymak,
- İşletme hedeflerinden/planlarından sapmaları görmek, düzeltici önlemler olarak süreçleri iyileştirmek,
- Yöneticilerin planlama yeteneğini arttırmak,
- Gerçekleştirilen etkinliklerin sonucunu değerlendirmek ve ilgili bilgilerin tüm düzeylere iletimini sağlamak,
- Performansın geliştirilmesi için işletme, yönetici ve çalışanların işbirliği içinde olmasını sağlamak,
- Örgütsel performans sonuçlarını belirleyerek, çalışanların dikkatini amaca çekmek, özendirmek ve motivasyonlarını arttırmak,
- Çalışanların performanslarına geri bildirimde bulunmak,
- İşletmede iyi bir performans yönetim sistemi oluşturmak ve geliştirmek için örgütsel performans ölçülebilir.

Drongelen ve Cook (1997: 347)'a göre, örgütsel performans ölçmek, bir işletmenin hedeflerine ve planlarına tam olarak ulaşması ve bu hedeflerine ulaşmasını etkileyen faktörlerin ortaya konması açısından oldukça önemlidir. Nitekim, Churchman, örgütsel performansın ölçülme nedeninin "çok çeşitli problem ve durumlarda faydalı olacak bir bilgi sınıfı üretmek için yöntem geliştirilmesi" açısından önemli olduğunu belirtmektedir (Akt: Sinclair ve Zairi, 1995: 75).

2.4. Örgütsel Performansı Ölçmenin Faydaları

Örgütsel performans ölçmek, çalışanların üretkenliğini artırır, müşterilerin beklentilerini karşılar, müşterilere güven verir, kalite iyileştirmelerini sağlar, işletmelerin benchmarking yapmasına izin verir ve daha iyi performans ölçüm sistemlerinin oluşmasını sağlar (Zairi, 1994).

Örgütsel performans ölçmek, işletmenin mevcut durumunu görmesini, daha iyi planlama yapmasını sağlar. Ayrıca örgütsel performansın sonuçları çalışan performansının ölçülmesi içinde önem teşkil eder. Çalışanların ücretleri/maaşları, ödül/cezaları, kariyer yönetimleri, terfi vb. gibi uygulamalar içinde temel oluşturur. Bunlara ilaveten, örgütsel performans ölçmenin faydaları şu şekilde sıralanabilir (Sinclair ve Zairi, 1995: 76-77; Grafton vd., 2010);

- Performansın ölçülmesi işletmenin etkinliğini ve kârlılığını artırır.
- Performansın ölçülmesi etkin ve verimli bir planlama, kontrol veya değerlendirme sisteminin çalışmasının merkezinde yer alır.
- Performansın ölçülmesi toplam kalite yönetimi de dahil olmak üzere yönetim girişimlerini iyileştirmeyi destekler ve geliştirir.
- Performansın ölçülmesi, yöneticilerin uzun vadeli bakış açısına sahip olmasını sağlar.
- Performansın ölçülmesi iletişimin daha hassas olmasını sağlar.
- Performansın ölçülmesi, işletmenin kaynaklarını en cazip iyileştirme faaliyetlerine tahsis etmesine yardımcı olur.

Araştırmacılar, örgüt performansının ölçülmesinde iki temel konuya dikkat çekmektedir; ilki, örgüt performansını tanımlayan kavramsal çerçevenin oluşturulması, diğeri ise doğru ve ulaşılabilir ölçüm kriterlerinin tanımlanmasıdır (Dess ve Robinson,

1984: 265; Spekle ve Verbeeten, 2014: 138). Özellikle, örgüt performansının ölçümü konusunda araştırmacılar, örgütsel performansın karmaşık ve çelişkili bir alan olduğunu ve bu alanda yapılan çalışmaların önündeki en önemli aşamanın uygun performans kriterlerinin seçimi olduğunu belirtmektedirler (Altunoğlu ve Doğan, 2014: 27). Bu kapsamda, işletmelerde örgütsel performansı ölçüm kriterlerine daha ayrıntılı bakmakta fayda görülmektedir.

2.5. Örgütsel Performans Ölçüm Kriterleri

Örgütlerin performanslarını ölçme konusu, yıllardan beri işletmelerin ve araştırmacıların yaygın olarak ilgilendiği temel konulardan biridir (Spekle ve Verbeeten, 2014: 131). Şimdiye kadar araştırmacılar tarafından yapılan pek çok araştırma incelendiğinde ise, örgüt performansının literatürde oldukça sık araştırılan bağımlı değişkenlerden biri olduğu görülmektedir.

Örgütsel performansın, araştırmalarda bağımlı bir değişken olup (Frank vd., 2019), işletme hedeflerinin ve sonuçlarının başarı derecesine ilişkin bilgi sunan finansal ve finansal olmayan göstergeler kümesinden oluştuğu görülmektedir (Zairi, 1994; Ha vd., 2016: 186). Örgütsel performansı ölçerken hem finansal hem de finansal olmayan performans ölçümlerinin kullanılmasını gerektiğini savunan Maltz vd. (2003), Tseng (2014), Hollapase ve Wu (2011) performansı değerlemek için beş kritere dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bunlar; finansal performans, pazar/müşteri, süreç, insan gelişimi ve gelecektir (Alaarj, 2016: 731). Elnihewi vd., (2014: 636) ise, iş hayatında müşteri memnuniyeti, iç iş süreçleri, yenilik ve öğrenme gibi kriterlere odaklanarak finansal olmayan performans kriterlerini de desteklemektedirler.

Bu bağlamda, örgüt performansının ölçülmesinde kullanılacak uygun kriterlere dair tartışmalar halen devam etmektedir. Bazı araştırmacılara göre performansı ölçmek için finansal kriterler yeterli olurken, bazı araştırmacılar finansal olmayan kriterlerin de dikkate alınması gerektiğini ifade etmektedir (Jonsson ve Lesshammar, 1999; Bastian ve Muchlish, 2012: 788). Bu konuda araştırmacıların dikkate aldığı kriterler şu şekildedir; örgüt performansı ölçüm kriterlerini Spekle ve Verbeeten (2014:138); verimlilik, üretilen işin kalitesi veya doğruluğu, yenilik sayısı, süreç iyileştirmeleri veya yeni fikirler, iş mükemmelliği için itibar, üretim veya hizmet düzeyi hedeflerine ulaşılması, operasyonların verimliliği ve birim çalışanların morali şeklinde sıralarken, Farhanghi vd.

(2013), endüstri ortalaması ile karşılaştırıldığında; yüksek kârlılık, orta düzey yatırım getirisi, satışlarda istikrarlı büyüme, pazar payında artış ve ideal seviyede müşteri tatminin düzeyi kriterlerini kullanmışlardır.

Ahmad ve Dhafr (2002: 172), Akal (2005), Eren ve Kaplan (2014: 177), Fang vd., (2016: 71) tarafından örgütsel performans ölçüm kriterleri, etkenlik, verimlilik, satışlar kalite, yenilik, kârlılık, ve çalışma yaşamının kalitesi olarak sınıflandırılmıştır. Dess ve Robinson (1984) ise, örgütsel performansı yansıtan iki önemli kriter olduğunu belirtmiştir. Bunlar, satışların büyümesi ve varlıkların geri dönüşüdür. Işığışok (2008: 4), kalite, kârlılık, maliyet, gelişim ve yenilik, müşteri ve çalışan memnuniyeti ile verimlilik olarak belirtirken, Usta Süleyman (2008:165) ise, net satışlar, net kâr, pazar payı, stok devir hızı ve rakiplere göre performans gibi kriterleri kullanmıştır. Fang vd. (2016: 71) işletme kârı, satış büyümesi, çalışan morali, genel satışlar, aktif büyümesi ve işletme giderlerini, Garbie (2016: 73), ürün maliyeti, ürün cevabı, verimlilik, insan kaynakları ile örgütsel performansı ölçmenin doğru olduğunu söylerken, Bauner vd., (2015: 420) örgütsel performansın anahtar göstergesinin satışların kârlılığı olduğunu vurgulamaktadır.

Ferdows ve De Meyer (1990), Rosenfield vd. (1985), Flynn vd. (1996) performans ölçümünün kaliteden başlayan sonra güvenilirliğe ve esnekliğe ilerleyen, etkinlik ve maliyetlerle sonuçlanan bir sırayla gerçekleştiğini belirtmişlerdir (Akt: Yavuz, 2010: 149). Aynı zamanda, “düşük maliyet”, “yüksek kalite”, “hızlı ve güvenilir teslimat” ve “esneklik” üretim işletmelerinin rekabet faktörleri olarak belirtilmiş ve bunlara karşılık gelen performans kriterleri ise “maliyet”, “kalite”, “zaman” ve “esneklik” olarak kaynaklarda ifade edilmiştir (Tekin ve Zerenler, 2007: 156-157; Kağnıcıoğlu, 2015: 41). Özellikle üretim işletmeleri için maliyet, kalite, üretim hızı ve esneklik gibi performans göstergeleri, performans ölçülürken son zamanlarda en sık kullanılan kriterler içerisinde (Tekin ve Zerenler, 2007).

Örgütsel performansı ölçme kriterleri konusunda yukarıdaki araştırmalara ilaveten, ilgili literatür incelendiğinde, araştırmacıların kullandıkları kriterler Tablo 2.1’deki gibi özetlenebilir.

Tablo 2.1. Örgütsel Performans Ölçüm Kriterleri

Yazarlar	Örgütsel Performans Ölçüm Kriterleri
Dess ve Robinson (1984)	Satışların büyümesi ve varlıkların geri dönüşü
Skinner (1990)	Üretkenlik, hizmet, kalite, yatırımın geri dönüşü
Miller ve Kim (1992)	Üretim maliyeti, genel maliyetler, ürün geliştirme hızı, teslim hızı, stok devir hızı, kalite
Miller ve Roth (1994)	Fiyat, kalite tutarlılığı, yüksek üretkenlik, esneklik, hızlı hacim değişimi, hızlı teslim, güvenilir teslim, satış sonrası hizmet
Campanella ve Corcoran (1994)	Üretkenlik, hizmet, kalite ve yatırımın geri dönüşü
Fine (1995)	Hata payı miktarı, maliyet
New ve Szwecjczewski (1995)	Üretkenlik, müşteri hizmeti
Sinclair ve Zairi (1995)	Teslimat, stok, harcamalar, kalite, ürün, fiyat, cevap verme, net kâr, yatırımın getirisi ve nakit akışı
Suri ve Desiraju (1997)	Esneklik, üretim süreci esnekliği, ürün teslim süresi, ürün çeşitliliği
Droglen ve Cook (1997)	Kâr, kalite, zaman, yenilikçilik ve müşteri taleplerine verilen yanıtlar
Ghalayini, Noble ve Crowe, (1997)	Müşteri tatmini, müşterilerle uyum, kalite, teslimat, üretim zaman döngüsü, katma değerli aktiviteler, süreç teknolojisi, eğitim ve öğretim
Richardson, Tayloar ve Gordon (1998)	Birim başına maliyet, kalite, çıktı hacmi, zamanında teslim, işgücü verimliliği, ürün esnekliği, yeni ürün sunma yeteneği, hacim esnekliği
Rosenfield, Shapiro ve Bohn (1998)	Maliyet, teslim süresi
Parker ve Wirth (1999)	Yeni ürün sunumu, teslimat süresi, üretim esnekliği, süreç esnekliği,
Schonberger (1999)	İşlem süresini azaltma, işgücü üretkenliği, girdi ve çıktı kalitesi, üretim birim maliyeti, tahmin uygunluğu
Mapes (2001)	Ürün çeşitliliği, üretim süresi, kalite tutarlılığı, işlem süresi, üretim süreci esnekliği, teslimat güvenilirliği, yeni ürün sunum hızı ve oranı,
Ahmad ve Dhafr (2002)	Kalite ve verimlilik, ürün çeşidi, esneklik, teslim süresi
Salem (2003)	Ekonomiklik, verimlilik ve etkililik
Maltz, Shenhar ve Reilly (2003)	Finansal performans, Pazar/müşteri, süreç, insan gelişimi ve gelecek
Tangen (2004)	Kalite, esneklik, maliyet, hız ve güvenilebilirlik
Akal (2005)	Yönetim düzeylerine ilişkin göstergeler, verimlilik, maliyet, işletme birimlerine ait göstergeler, girdi kullanım düzeyi, kapasite, sermaye kaynağına ilişkin göstergeler
Zerenler (2005)	Ürünlerin kalitesi, müşteri memnuniyeti, satışlar, verimlilik, pazar payı, amaçlara ulaşma düzeyi ve kârlılık.
Işığışık, (2008)	Kalite, kârlılık, maliyet, gelişim ve yenilik, müşteri memnuniyeti, çalışan memnuniyeti ve verimlilik
Flynn vd. (2010)	Satışlardaki büyüme, satışların geri dönüşü/nde büyüme, kârda büyüme, pazar payıyla büyüme, yatırım getirisi, yatırım getirisinde büyüme, varlıkların getirisi, varlık getirisinde büyüme
Yavuz (2010)	Üretim esnekliği, maliyeti, kalitesi kapasite kullanım oranı, üretim ve teslimat hızı
Farhanghi vd. (2013)	Yüksek kârlılık, orta düzey yatırım getirisi, satışlarda istikrarlı büyüme, pazar payında artış ve ideal seviyede müşteri tatminin düzeyi
Spekle ve Verbeeten (2014)	Verimlilik, üretilen işin kalitesi veya doğruluğu, yenilik sayısı, süreç iyileştirmeleri veya yeni fikirler, iş mükemmelliği için itibar, üretim veya hizmet düzeyi hedeflerine ulaşılması, operasyonların verimliliği ve birim çalışanların morali
Comison ve Lopez, (2014)	Ekonomik kârlılık, ortalama finansal, ortalama satış kârlılığı, toplam varlık getirisi, kullanılan sermayenin getirisi, pay sahipleri fonlarına getirisi.
Garbie, (2016)	Ürün maliyeti, ürün yanıtı, verimlilik, insan kaynakları kapasite, satışlar ve kârlılık
Huang, Wu, Lu ve Lin (2016)	Kaliteli bitmiş ürün, zaman yönetimi ve zamanında teslim
Gomes ve Wojahn (2017)	Müşteri sadakati, satışlardaki büyüme, yatırımların geri dönüşü kârlılık,

Kaynak: Derlenerek araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 2.1 incelendiğinde, finansal kriterlerin örgüt performansını ölçmede en uygun kriterler olduğu araştırmacıların ortak fikridir. Fakat ne var ki örgütlerden mutlak performans verilerini elde edebilmek oldukça güç olabilmektedir. Bu nedenle bir çok

araştırmacı, sübjektif verilerinde ölçümde ikame sağlayacağını ve ilgilenilen konuya göre uygun kriterlerin seçilebileceğini belirtmektedir (Erdem vd., 2013: 84). Buna göre literatür incelendiğinde genel kabul görmüş örgütsel performans ölçüm kriterleri; etkinlik, verimlilik, kârlılık, yenilik, maliyet, esneklik, zaman, kalite ve çalışma yaşamının kalitesi kriterleri araştırmamızın amacına uygun olarak daha ayrıntılı incelenecektir.

2.5.1. Etkinlik (Etkenlik)

Etkinlik, “işletmenin amaca ulaşabilme yeteneği” veya “arzulanan sonuçların elde edilmesi” olarak ifade edilebilir (Tangen, 2004: 47). Etkinlik, bir işletmenin, organizasyonel hedeflere ulaşılmasını ifade eder ve rekabet avantajının elde edilmesinde, yani rakiplere göre benzersiz bir değer yaratma stratejisinin gerçekleştirilmesinde ortaya konabilir (Ville vd., 2004: 7). Etkinliğin bir başka tanımı da “doğru işlerin yapılmasıdır”. Burada “şeyler” hedefler, amaçlar ve etkinlikler anlamında kullanılmaktadır (Akal, 2005: 34). İşletmenin hedeflerinin, üretimin ve faaliyetlerinin ne derece olumlu olduğunu o örgütün etkinlik düzeyine bakarak anlamak mümkündür (Tokat ve Ergun, 2004: 31).

Buna göre, işletme önceden belirlediği amaçlara ne kadar ulaşabiliyorsa o kadar etkindir. Genel olarak değerlendirildiğinde yapılan faaliyetler sonucunda ortaya çıkarılan sonuç beklentileri karşılama düzeyi etkinlik olarak kabul edilemektedir. Diğer bir ifadeyle etkinlik gerçekleşenin beklenene oranı olarak nitelendirilebilir. Etkinlik aşağıdaki formül ile ölçülmektedir (Akal, 2005);

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Gerçekleşen Durum}}{\text{Amaçlanan Durum}} \times 100$$

Bütün örgütlerin amacı etkin olabilmektir. İstenen düzeyde amaçların gerçekleştirilebilmesi için de insanın ve örgütün yeterli ve etkin olabilmesi gerekir. Bunun için işletmenin tüm alt sistemlerinin uyum içinde çalışması, örgütsel amaca hizmet etmesi ve sinerjinin ortaya çıkarılmasına bağlıdır (Sezer ve Ak, 2017: 167; Yamak, 2007: 27). Bir işletmenin etkinliğinin ölçülebilmesi için şu göstergeler örnek verilebilir (Akal, 2005: 181);

- Satış çalışanları tarafından gerçekleştirilen satış kota yüzdesi,
- Ürün ya da bölge başına müşteri devri
- Programlardan sapma

- Pazar payı (mevcut ve potansiyel yüzde)
- Müşteriler açısından işletmenin itibarı
- Gerçekleşen projeler/ planlanan projeler
- Zamanında teslim edilen mal yüzdesi.

2.5.2. Verimlilik

Verimlilik, ulusal seviyede, ekonomik büyüme ve ilerlemenin anahtar bir özelliği, endüstri seviyesinde, maliyet ve fiyatların azalması, işletme seviyesinde, kârlılığın ve hayatta kalmanın temeli, çalışan seviyesinde ise, çalışanların kendilerini gerçekleştirme, yüksek iş güvenliği ve daha yüksek maaş sonuçlarının en önemli koşuludur (Tangen, 2014: 4).

Verimlilik genel anlamda, israf ve savurganlıktan uzak, kaynakları en uygun biçimde kullanarak üretmek olarak nitelendirilebilir. Verimlilik, etkinliğin özel bir ölçümü olarak kabul edilir ve belirli bir süre boyunca bir sistem tarafından üretilen çıktı ile aynı süre boyunca çıktı oluşturmak için tüketilen kaynakların miktarı arasındaki ilişki olarak tanımlanır (Garbie, 2016: 74). Verimlilik, elde edilen toplam fiziksel gelirin (kullanılan kişisel zaman ve enerji de dahil olmak üzere) kullanılan fiziksel girdiye (girdi) oranıdır (Draghici vd., 2014: 548) ve çıktıları girdilere göre analiz etmek için tasarlanmıştır (Zairi, 1994: 11). Kısacası verimlilik ölçümü için genellikle aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Draghici vd., 2014).

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı (üretim miktarı)}}{\text{Girdi (üretim faktörleri miktarı)}}$$

Verimlilik ölçümlerinde, verilen iş sürecinin değerlendirilmesinde maliyet düşürme ve üretkenlik artışı gibi ölçütleri dikkate alır (Ville vd., 2004: 7). Verimlilik hesaplamaları tek bir girdiye, birden fazla girdiye veya tüm girdiye bağlı olarak yapılabilir. Verimlilik, çıktının tek bir girdiye oranı şeklinde hesaplandığında kısmi verimlilikten bahsedilebilir ve kısmi verimlilik aşağıda örneklerdeki gibi hesaplanabilir (Akal, 2005);

$$\text{Makine Verimliliği} = \frac{\text{Çıktı (üretim miktarı)}}{\text{Makine süresi}} \quad \text{İşgücü Verimliliği} = \frac{\text{Çıktı (üretim miktarı)}}{\text{İşgücü süresi}}$$

Çok faktörlü verimlilik ise çıktının birkaç girdiye oranı olarak hesaplanır (Akal, 2005).

$$\text{Örneğin; Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı (üretim miktarı)}}{\text{İşçilik Maliyeti+Makine maliyeti}} \text{ gibi.}$$

İşletmelerin verimliliği, nicel bir performans kriteri olarak kabul edilmektedir. Verimlilik girdi ve çıktının ötesinde, rekabet üstünlüğü, maliyet ve kalite avantajları gibi göstergeleri de yansıtmaktadır. Ayrıca bir işletmenin verimliliğinin ölçümüne dair göstergelere; çalışan başına satış, çalışan başına üretim ve enerji verimliliği örnek verilebilir (Akal, 2005: 182). Çalışanların yerine getirmiş oldukları görevlerin ‘doğru bir şekilde’ yerine getirip getirmediği de verimliliği anlatmaktadır. Bu kapsamda, verimlilik ilkeleri; doğru ürün/hizmetin, istenilen zamanda ve miktarda, en az maliyetle, insan kaynaklarını da gözeterek, müşteri beklentilerine uygun, daha yüksek katma değer yaratacak biçimde, doğa dostu olarak üretilmesidir (Yükçü ve Atağan, 2009).

2.5.3. Kârlılık

Kâr işletme genel ve en önemli amaçlarından biri olarak kabul edilmektedir. Çünkü işletmeyi diğer organizasyonlardan ayıran en bariz fark işletmelerdeki kâr elde etme amacının varlığıdır. Adeta işletmeler için var oluş gayesidir. Genel bir ifadeyle kâr, belli bir hesap dönemi sonunda elde edilen satış geliri ile söz konusu gelire ilişkin maliyet ve giderler arasındaki olumlu fark olarak tanımlanabilir (Erdem vd., 2013).

Kâr’ı işletmenin ilgili hesap dönemi sonundaki öz sermayesinin aynı hesap dönemi başındaki öz sermayesi ile karşılaştırılması sonucu saptanan pozitif fark olarak da tanımlamak mümkündür (Usta, 2012: 71). Kârlılık ise, belirli bir sürede elde edilen kâr’ın, o süre içerisinde kullanılan sermayeye oranı kârlılık düzeyini gösterir. Çok genel bir şekilde kârlılık aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Tokat ve Ergun, 2004: 31);

$$\text{Kârlılık} = \frac{\text{Kâr}}{\text{Sermaye}}$$

Nash (1993) kârlılığın işletmenin başarısı ve iyi gidişatı için en iyi göstergelerden birisi olduğunu ifade ederken (Akt: Bastian ve Muchlish, 2012: 789), bazı araştırmacılar kârlılığın performans boyutu olarak ele alınmasını eleştirmektedir. Bu eleştirilerin bazıları, kârlılığın uzun dönemi yansıtmayacağı ile ilgiliyken, bazıları kârın çoğu durumda dışsal koşullardan (ekonomi, talep değişkenliği, pazar vb.) fazlaca etkilenmesine bağlamaktadır (Tangen, 2004: 41). Fakat kârlılığın işletmeler ve toplum için de önemli olduğunu unutmamak gerekir. Sadece kâr, işletmelerin kararlarının ve faaliyetlerinin bir nedeni, amacı veya açıklaması olmamalıdır (Akal, 2005: 63).

Bir işletmenin kârlılığının ölçümüne dair göstergelere; yatırımların getirisi, satışların yüzdesi olarak kâr, çalışan başına kâr, temettü ödemelerinde artış yüzdesi ve borçların toplam varlıklara oranı örnek gösterilebilir (Akal, 2005: 183). Burada belirtmek gerekirse diğer örgütsel performans kriterleriyle karşılaştırıldığında kârlılık, işletmelerin en nihai amaçları olduğu için çok önemli bir performans göstergesi olarak kabul edilebilir.

2.5.4. Yenilik

Küreselleşme ile meydana gelen yeni rekabet ve ekonomi koşulları işletmeleri sürekli olarak değişim ve yeniliğe ayak uydurma çabası içerisine sokmuştur. Yenilik kavramsal nitelik açısından tüm çevrelerde olduğu gibi işletmeler içinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. İşletmeler açısından rekabet gücünü temel anahtarı olarak kabul edilmektedir. Yenilik, uzun dönemli ekonomik teorilerde baskın bir rol oynamaktadır. Schumpeter, Mensch, Van ve Duijin, yeniliklerin açık bir şekilde ekonomik gelişmeyi yönettiğine inanmaktadır (Akt: Bolotin ve Devezas, 2017: 124).

Yeni olan her zaman tercih edilen, fark yaratan ve istenendir. Drucker (1985: 30) yenilik kavramını, bir işletmede birlikte çalışan farklı bilgi ve yetenekteki bireyleri verimli hale getirmek için onlara ilk kez olanak sağlayan faydalı bilgiler toplamı olarak tanımlamaktadır. Başka bir tanımda ise yenilik, örgütün yapısında, iç uygulamalarında, dış ilişkilerinde, yeni veya iyileştirilmiş bir ürün ya da hizmet, düşünce ya da süreç ya da yeni bir pazarlama yöntemi gibi uygulamaların gerçekleşmesidir (Taşkın, 2014: 7). Bu bağlamda, yenilik, teknik buluşlar ve buluş etme ile yakından ilişkilidir.

Yenilik yapmak için her şeyden önce yeni bir şeyler bulmak ya da icat etmek gereklidir. Ancak icat etmek, mevcut durumu değiştirip, aynı işi başka bir yöntemle yapmak olduğu için teknolojiyle yakından ilişkilidir. Bir teknolojinin yeniliğe dönüşmesi için ticarileştirilmesi ve elde edilecek fayda ile verimin yükselmesi gerekmektedir (Eren, 1982: 16-17). Yenilik avantajını sürdürebilmek için, işletmelerin kendini yeniden yapılandırması, içinde bulunduğu sektörü takip etmesi ve rakiplerinden farklı olabilme ve ürün ve hizmetlerinde fark yaratabilme yeteneğine sahip olması gerekmektedir (Zerenler vd., 2007: 662).

Yenilik, özellikle teknolojik yenilik, örgütsel performansı olumlu şekilde etkilemektedir (Clercq vd., 2008: 1046; Eren ve Kaplan, 2014: 181; Azar ve Ciabuschi,

2017: 325; Ali vd., 2016: 5319). Camison ve Lopez (2014); Gomes ve Wojahn, (2017: 9)'e göre ise, organizasyonel yenilikler, organizasyonel öğrenme ve teknolojik gelişmeler örgüt performansı üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir. Çalışanların bilgisi ve inovasyon için herkesin ortak yarattığı çalışma iklimi, sürdürülebilirlik ve rekabet avantajı açısından kritik bir öneme sahiptir (Shanker vd., 2017: 67). Rekabet üstlerinin kurulduğu günümüz işletmelerin, ar-ge ve teknoloji yatırımlarına yeteri düzeyde önemi vererek, yenilik faaliyetlerini artırmaları rekabetteki başarı için anahtar unsur konumundadır (Zerenler vd., 2007: 665).

Yukarıda belirtilen gerekçelerle birlikte yenilik, çağdaş işletme anlayışında örgütsel performansın önemli bir kriteri olarak kabul edilmiştir ve işletmelerde bu kriterin ne düzeyde gerçekleştirildiğini araştırmak ve ölçmek zorunlu hale gelmiştir (Akal, 2005: 58; Erdem vd., 2011:77; Öztürk vd., 2013: 99). İşletmelerde yenilik performansının ölçümü göstergelerine; yeni uygulanan üretim yöntemleri sayısı, yeni yöntem uygulamaları sonucu zaman ve maliyet tasarrufu ve yeni teknoloji uygulamaları sonucu sağlanan zaman ve maliyet tasarrufu örnek verilebilir (Akal, 2005: 183).

2.5.5. Maliyet

Maliyet, bir ürün elde edilemeye kadar yapılan harcamaların toplamıdır. Yine maliyet bir ürünün üretilmesi için kullanılan üretim faktörlerinin toplam değeri şeklinde tanımlanabilir (Akal, 2005). İşletmelerin en temel hedefleri içinde ürettikleri ürün ve hizmetlerin maliyetini en optimal şekilde sağlamak yatmaktadır.

İşletmelerde maliyet açısından yapılacak performans ölçüm ve denetimleri için çok iyi düzenlenmiş maliyet muhasebesi sistemlerine gerek vardır. Gerçekleşen maliyetlerle hedeflenen maliyetlerin karşılaştırılması, hedeflenen örgütsel performansa ulaşıp ulaşılmadığının açık bir göstergesi olacaktır. Bu konuda, tipik bir işletmenin örgütsel performansı değerlendirirken esas aldığı maliyet göstergeleri de malzeme, işgücü, yatırımlar ve genel giderlerden oluşmaktadır (Akal, 20015-243-255).

Maliyet, işletmelerin rekabet ederken kullandığı en önemli stratejilerden biridir. Maliyete odaklanarak rekabet eden işletmeler tüm kayıpları dikkatli bir şekilde en aza indirecek üretim sistemi üzerinde çalışırlar (Kağnıcıoğlu, 2015: 41). Bu kapsamda, işletmelerin maliyetlerini düşürecek yolları ve çözümleri aramaları, rekabet avantajı sağlamaları açısından önemlidir. Ayrıca, yeni teknolojik gelişmeler için yapılan her

çalışma, üretim maliyetlerinde azalmasına imkan sağlamaktadır(Tekin ve Zerenler, 2007: 75).

2.5.6. Esneklik

Esneklik, işletmelerin talep dalgalanmalarına karşılık verebilme, değişime ayak uydurabilme ve çok farklı ürünler üretebilme yeteneği olarak tanımlanabilir. İşletmelerde var olabilecek esneklik türleri şu şekilde sınıflandırılabilir (Tekin ve Zerenler, 2007: 181-183);

- Tezgâh esnekliği; farklı şekillerde ürünlerin üretilmesi için tezgahta yapılması gereken ayarların ve değişikliklerin ne kadar kolay ve çabuk yapılabildiğinin ölçüsüdür.
- Süreç esnekliği; makine ve teçhizatla önemli yatırımlara gidilmeden işletmenin farklı ürünler üretebilecek süreçlere adapte olabilme yeteneğidir.
- Ürün esnekliği; üretim sisteminin, yeni bir ürün üretme ihtiyacına geçiş yapabilme yeteneğinin ölçüsüdür.
- Rota esnekliği, iş parçalarının sistem içerisinde alternatif rotalarının bulunması ve bu rotaların kullanılması yeteneğidir.
- İş akış esnekliği; sistemde aksaklıklar yaşandığı durumlarda parçaların alternatif rotalara yönlendirilerek üretimin sürdürülebilmesidir.
- Hacim esnekliği; değişik üretim miktarlarında verimli üretim yapabilmesi kapasitesidir.
- Genişleme esnekliği; üretim tesisinin kolay ve modüler bir biçimde büyütülebilmesi yeteneğinin ölçüsüdür.
- İşlem esnekliği; parçaların işlem sırasının sistem içinde değişebilmesi yeteneğidir.
- Üretim esnekliği; sistemin en az sermaye ile üretebileceği parça tiplerinin çeşitliliğidir.

Ayrıca, bu türlere ilaveten malzeme taşıma esnekliği, program esnekliği, yenilik esnekliği, makine esnekliği, organizasyonel esneklik ve pazar ve pazarlama esnekliği türleri de bulunmaktadır (Zerenler, 2005).

İşletmelerin üretim performansları kadar, farklı ürünler üretme, müşterilerden gelen siparişleri tam zamanında ve miktarda karşılayabilme ve bunları yapabilecek makine,

insan ve gerekli ekipmanları zamanında sağlayabilme yeteneği olan esnekliğe sahip olmaları gerekmektedir (Zerenler, 2005: 12). Nitekim, esnek işletmeler, müşterilerin özel gereksinimlerini karşılayabilir, çok çeşitli ürünler üretebilir ve yüksek beceri seviyesine sahip çalışanları ile farklı müşteri ihtiyaçlarına yönelik çeşitli görevleri yerine getirebilirler (Kağnıcıoğlu, 2015: 43). Dolayısıyla, esneklik yukarıdaki bilgiler doğrultusunda günümüz işletmeleri için önemli bir performans kriteri olarak düşünülebilir.

2.5.7. Zaman/Üretim Hızı

Zaman boyutu “hız” ve “güvenilirlik” olarak iki kısım halinde ele alınmaktadır. Ürünlerin üretiminin hızlı ve güvenilir bir şekilde olmasını anlamına gelen bu performans kriteri aynı zamanda, ürünlerin müşterilere hızlı ve zamanında teslimi kavramlarına da denk gelmektedir. Buna ilaveten, ürünlerin gelişim hızı ve fikirlerin ortaya çıkarılması için geçen sürede zaman kriterinde değerlendirilmektedir (Kağnıcıoğlu, 2015: 42).

Kısa üretim süreleri ve daha kısa yenilik döngüsü ürünlerin zamanında teslimini kolaylaştıracaktır. Zamanında teslim ise müşterilerin işletmelere olan güvenlerini arttıracaktır (Zerenler, 2005: 15). Müşteri açısından, en önemli performans ölçütü teslimat performansıdır. Müşteri sürekli olarak ihtiyaçlarının zamanında karşılanmasını arzular (Kabadayı, 2002: 65). Dolayısıyla, seri üretim performansında kişiselleştirilmiş ürün üretebilmek ve bunu yaparken de hızlı ve esnek olabilmek tedarik zinciri süreçlerinin en kritik rekabet araçlarından biri haline gelmiştir. İşletmeler müşteri istek ve beklentilerinin sürekli değişiklik gösterdiği için tedarik zinciri miktar ve çeşit anlamında olabilecek talep değişikliklerine karşı uygun maliyetler altında, hızlı cevap verebilme becerisine sahip olmalıdır (Apilioğulları, 2018: 126).

2.5.8. Kalite

Yaşanan değişimler beraberinde müşteri profiline veya taleplerine de yansımaktadır. Müşterilerin değişimler bağlı olarak sürekli değişen talepleri üretilen mal veya hizmetlerin değişmesine ve iyileştirilmesine neden olmaktadır. Öncesinde kendi çevresinde rakipleri olan işletmeler, günümüzde sınır tanımayan küçük veya büyük rakiplerle küresel nitelikteki pazarda yarışmak zorunda kaldılar. Bu yarış içerisinde belki de en önemli silahlarından birisi de kalitedir.

Kalite kavramı, üstünlüğü, iyiliği ve kaliteye konu olan mal ya da hizmetin üstün nitelikleri olarak ifade edilmektedir. Klasik anlamda kalite, standartlara uyum veya fonksiyonlara uygunluk olarak ele alınmaktadır (Taşçı ve Çabuk, 2013: 4). Kalite, kaynakların verimli kullanılmasını sağlayan, müşteri odaklı üretim tarzını benimseyen, ürün ve hizmetlere kullanım uygunluğu kazandıran ve böylelikle işletmelerin toplumsal sorumluluklarını da olumlu olarak gerçekleştirmelerine imkan tanıyan bir performans boyutudur (Akal, 2005: 49; Bititci vd., 2001: 20). Garvin, kaliteyi, müşterilerin şikâyetlerini önleme değil, müşterileri memnun edebilmenin bir aracı olarak görmekte ve sekiz kalite boyutunun birleşiminden oluşan stratejik bir yaklaşım olarak benimsemektedir. Bu boyutlar, performans, ilave özellikler, ürünün güvenilirliği, uygunluk, dayanıklılık, bakım hizmetleri kolaylığı, estetik ve algılanan kalite olarak sıralanabilir (Taşçı ve Çabuk, 2013: 15).

Üretilen mal ya da hizmetlerin kalitesinin iki yönü vardır. Birinci yön, üretilen ürünlere ait ve "ürün spesifikasyonları" olarak adlandırılan kısımdır. Burada ürünün işlev ve estetiği içeren tasarım özelliklerine odaklanılmaktadır. Kalitenin ikinci boyutu, "kusursuz" olarak adlandırılır ve imalat işlemi (parça işleme ve / veya montaj) ile ilgilidir. Kalite performansını ölçmek için, sunulan hizmetin yetersizliği, arızalı parça, hatalı ürünlerin sayısı, vb. gibi önemli kalite göstergelerini temsil etmektedir (Garbie, 2016: 76). Deming ödül sahiplerinin kalite ile ilgili örgütsel performans göstergeleri ise şunlardır (Zairi, 1994: 36); üretim başarısızlıkları (hatalı ürün, arıza maliyetleri), bitmiş ürün kontrolleri (ürün red oranları), kullanıcı dezavantajları (müşteri şikâyetleri, ürün geri dönüşleri, müşteri talepleri, piyasa talebi, satış sonrası hizmet), ürünlerin zamanında teslimi ve piyasa oranıdır.

2.5.9. Çalışma Yaşamının Kalitesi

Çalışanların örgüte dair aidiyetlerini esası olan çalışma yaşamı kalitesi, Sirgy vd., (2001: 242) tarafından, işyerinde katılımdan kaynaklanan kaynaklar, faaliyetler ve sonuçlar vasıtasıyla çeşitli ihtiyaçlarla çalışanların memnuniyeti, Bayır Toplu (1999: 224) tarafından, toplumların sosyo-kültürel gelişme sürecinde oluşan, çalışanların yaptıkları işlerle ilgili, düşünce tavır ve beklentilerini şekillendiren, yaptıkları işe yönelik sorunların saptanarak çözümlerinin üretilme süreci olarak belirtilmiştir. Özkalp ve Kirel (2001: 553)'e göre ise, çalışanların güvenli bir ortamda işlerini yapmaları, kendilerini örgütte değerli ve işe yarar hissettikleri ve yeteneklerinin farkına vardıkları bir ortamın

sağlanması olarak tanımlamaktadır. Son olarak Lau ve May (1998: 213), çalışma yaşamı kalitesini, çalışanların ödül, iş güvenliği ve büyüme fırsatları sunarak çalışanların memnuniyetini destekleyen ve destekleyen bir iş yerinin olumlu koşul ve ortamları olarak tanımlamaktadır.

Çalışma yaşamı kalitesi, çalışanların iş yerlerindeki yaşam kalitesini artırmaya yönelik beklentileri kapsamaktadır. Yapılan araştırmalarda çalışanların yüksek düzeyde çalışma yaşam kalite algısının iş tatminini arttırdığı, iş gücünü cezbederek işletmede kalmasının sağlandığı (Turunç vd., 2010: 118-119), çalışanların kendilerini işyerine ait olarak hissetmeleri ve buna bağlı olarak örgütsel bağlılıklarını arttırdığı, performanslarında ve iş verimliliğinde olumlu yönde gelişmeler yaşandığı ve bunların sonucunda yaşam kalitelerini arttırdığı ortaya konmuştur (Gülmez, 2013: 75).

Ekici ve İşlek (2011) yaptıkları bir araştırma da, çalışma yaşamı kalitesi ile işte kalma niyeti, işe devamsızlık oranları arasında anlamlı ve ters yönlü bir ilişki bulunduğunu, Yüksel (2014: 48) ise, iş doyumu ile çalışma yaşamı kalitesi arasında aynı yönlü bir ilişkinin olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışma yaşamı kalitesinin, ekonomik büyümenin ve üretkenliğin teknolojik ilerlemesinden dolayı görmezden gelinen, insan ve çevre değerlerini kurtarmak için önemli bir yaklaşım olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır (Hassan vd., 2014: 25).

Çalışma yaşamı kalitesi ölçümlenmek istendiğinde dikkate alınacak kriterler şunlardır; güvenli ve sağlıklı çalışma koşulları, becerileri geliştirme ve kullanma fırsatları, sürekli gelişim ve iyileştirme fırsatları, çalışma ve özel yaşam koşulları, çalışma yaşamının sosyal boyutu ve adil ücret sistemi (Turunç vd., 2010: 118), işgücü devir oranı, devamsızlık oranı, işe geç kalmalar, meslek hastalıkları ve kazaları, anketler, görüşmeler ve gözlemler (Akal, 2005: 62; Ekici ve İşlek, 2011: 454-455) olarak sıralanabilir. İşyerinde mutlu olan bir çalışanın işyerine bağlılığı, istekliliği ve çaba sarf etmesi, performansı, işe yaklaşımı olumlu yönde artmaktadır. Bununla birlikte, işten kaçışı, çalışan devir hızı ve yabancılaşması azalmaktadır (Türkay, 2015: 242). Çalışma yaşamı kalitesini artırmak için sürekli ve düzenli aralıklarla ölçümlerin yapılması örgüt performansını geliştirmek adına önlemlerin alınmasında önemli bir rol oynamaktadır (Akal, 2005: 62; Paksoy ve Ersoy, 2016).

Sonuç olarak, örgütsel performansı ölçüm kriterleri değerlendirildiğinde, araştırmacılar olarak, bu araştırmada, hangi kriterleri kullanacağımız konusunu belirlemek oldukça önemli bir zamanımızı almıştır. E4.0 literatür araştırmalarına dayanarak ve hali hazırda E4.0 teknoloji bileşenlerini kullanan işletmelerin hangi örgütsel faydaları elde ettiğine bakılarak örgütsel performans ölçüm kriterlerini seçmenin doğru olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla yapılan incelemeler sonucunda, araştırmanın örgütsel performans ölçüm kriterleri, kârlılık, maliyet, satışlar, üretim miktarı, kişi başına üretim miktarı, kapasite, üretim hızı ve kalite sınırlandırması yapılarak araştırmaya devam edilmiştir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİNİN ÖRGÜT PERFORMANSINA ETKİSİ VE BİR ARAŞTIRMA

Bu bölüm altında, E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgüt performansına etkisi, araştırmanın amacı, kapsam ve kısıtları, ana kütle ve örneklem seçimi, araştırmanın modeli ve hipotezleri, veri toplama yöntemi, araştırmanın analiz ve bulguları ve son olarak sonuç ve önerileri üzerinde durulacaktır.

3.1. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgüt Performansına Etkisi

E4.0'ın işletmelerin örgüt performansında yarattığı etkileri açıklamadan önce, ülke ekonomisinde yarattığı etkileri belirtmekte fayda bulunmaktadır. Ülkeler E4.0'ın kaçırılmaması gerektiğinin farkında olmakla birlikte, özellikle E4.0'ın iki önemli cazibesine kapılmaktadır. Birincisi, E4.0'ın ülke ekonomisine, sektörlerle ve işletmelere geleceği şekillendirme imkanı vermesi, ikincisi ise tamamen yeni işletme modelleri ve iş yapış süreçleri ortaya çıkarması, katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi ve geliştirilmesi yanı sıra operasyonel etkinlikleri arttırmayı taahhüt etmesidir.

BCG'nin (2015) E4.0 etkileri konusunda yaptığı araştırmada, E4.0'ın 2025 yılına kadar Almanya GSYİH' ya 78 milyar € katkıda bulunacağı ve üretim maliyetlerini 90 ile 150 milyar € düşürebileceği tahmin edilmektedir (Herman vd., 2015; Özdoğan, 2017: 45). Yine, Accenture ve Oxford Economics (2015) ortaklığında yapılan bir araştırmaya göre E4.0'a yapılan yatırımların yükselmesi, 2020 yılına kadar dünyanın ilk 10 ekonomisinin GSYH 'sına yaklaşık 1,36 trilyon \$ katkı sağlayacaktır. Türkiye açısından bakıldığında, üretimde rekabet gücü, katma değeri yüksek mal ya da hizmetler üretmek ve sürdürülebilirlik anlamına gelen E4.0 ile üretim ekonomisinde sağlanacak verimlilik artışının %4-7 arasında olacağı belirtilmektedir. (Fortune 2017b).

Ayrıca E4.0'ın ülkelere makro açıdan sağlayacağı diğer faydalara bakıldığında, özellikle sağlık, eğitim, girişimcilik, teknoloji alanında oluşan E4.0 faydaları, toplum üzerinde sosyal bir inovasyon yaratmaktadır (Morrar, 2017: 16). E4.0 toplumların yaşam standardında iyileşmeler ortaya çıkarmaktadır (Prinz vd., 2016: 113). Akıllı devlet, akıllı şehir, akıllı işletme ve akıllı binalar ve bunların uygulamaları sayesinde insanların hayat kalitesinde, sağlık, eğitim, beslenme ve yaşam koşullarında önemli gelişmeler

yaşanmaktadır. Bu nedenle ülkelerin temel sorunlarının üstesinden gelebilmek için E4.0 potansiyel bir fırsat olarak görülmektedir (Li vd., 2017: 23; Drath ve Horch, 2014: 57).

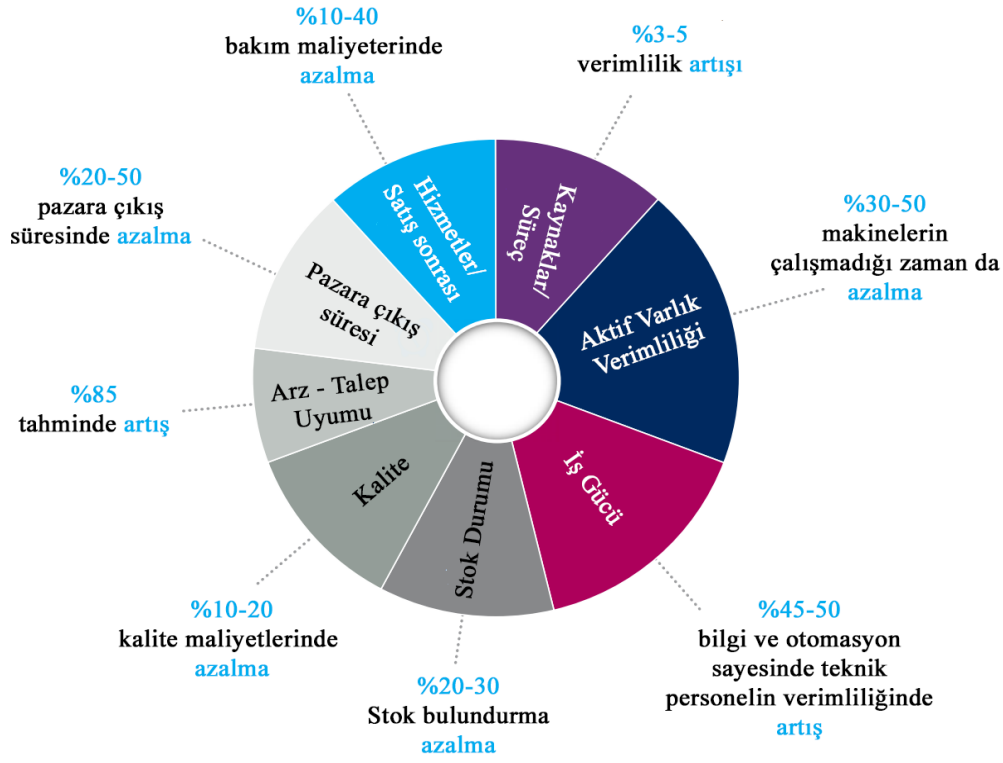
Bu bağlamda, E4.0'a geçişle ülkeler bir takım faydalar beklemektedir. Bunlar; ekonomik büyüme, istihdam ve sosyal istikrar, kalıcı değer ve iş güvenliği, daha fazla verimlilik ve yüksek yaşam standardı gibi faydalardır (ST E4.0, Nisan 2017). Bu faydalara ek olarak, diğer faydalarda aşağıdaki gibi sıralanabilir (Lasi vd., 2014: 239; Shafiq vd., 2015: 1149; Stock ve Seliger, 2016; Gilchrist, 2016: 205-206; Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 470; Özdoğan, 2017; Morrar, 2017: 13; Ovacı, 2017: 118-119);

- **Artan rekabetçilik ve esneklik:** E4.0'da üretim prosedürleri daha yapılandırılmış ve dinamiktir; kısa sürede meydana gelen kalite, zaman, risk gibi talep zinciri bozulmalarında veya talep değişikliklerine cevap vermektedir.
- **Yönetim sürelerinde azalma:** Sorunsuz veri toplama, nerede olursa olsun, üretimle ilgili verilerin kısa vadede karar vermede hızlı kullanılmasını sağlar. Örneğin, tüm dünya genelinde uygulanan e-devlet, e-sağlık, e-imza, e-eğitim, e-ticaret gibi uygulamalar bilişim teknolojileri sayesinde uzak ve kırsal alanlarda da hizmet verme ve sorunsuz bilgi toplama faaliyetleri hız kazanmıştır (Turan, 2017: 23).
- **Taleplerde özelleştirme ve müşteri odaklılık:** E4.0, tasarım, konfigürasyon, sipariş, planlama, üretim ve işletme ile ilgili konularda, bireysel müşteriye özgü özelliklerin olmasına ve kısa sürede uyarlamalar yapılmasına imkan tanımaktadır.
- **Sürdürülebilirlik:** E4.0 bilişim teknolojileri kullanarak ve çevreye duyarlı bir üretim anlayışı sunarak sürdürülebilir üretim imkânı sağlamaktadır. Ayrıca, akıllı ağlar sayesinde, enerji tasarrufu sağlanacak, çevre dostu enerji kullanımına büyük katkı sağlayacaktır (Rifkin, 2015: 89).
- **Maliyetleri azaltma:** Değer zincirlerini optimize eden ve üretim otomasyonunu artıran işletmelerin sermaye maliyetleri azalır. İşletmeler, enerji tesislerinin akıllı kontrolü sayesinde enerji maliyetlerini düşürebilir. Yine yüksek derecede otomasyona sahip işletmelerin vasıfsız çalışanlara olan ihtiyacı azalmakta böylece işçilik giderleri azalmaktadır.

- **Verimlilik ve inovasyon:** Modern ekonomilerin daha yenilikçi, yaratıcı olmasını, dolayısıyla üretkenliğin ve verimliliğin artmasını sağlamaktadır.
- **Merkezileşmeme:** E4.0 örgüt yapılanmasında karar verme sürecini kısaltan yapay zekâ teknolojilerini kullanır. Böylelikle hiyerarşinin azalmasını sağlayan yeni iş akış modelleri ile daha organik örgüt yapıları oluşturulabilmektedir.
- **Değerli fırsatlar:** Yeni ortaya çıkacak meslek grupları, yeni istihdam alanları, yeni teknolojik gelişmeler, ülke vatandaşlarının hayatlarını kolaylaştıracak yeni uygulamalar vb. gibi fırsatlar ile E4.0 ülke ekonomisine dinamiklik kazandırabilir.

E4.0'ın ülke ekonomisinde ve vatandaşlarının yaşam koşullarında yarattığı bu faydaların yanında, işletmeler için ne gibi potansiyel etkilere sahip olduğuna bakmakta fayda bulunmaktadır. Hızla değişen çevre koşullarında, işletmelerin ayakta kalması ve yüksek performans gösterme yetenekleri, çevresel değişimleri kavrama yeteneklerine ve bu çevresel değişimler için uygun yenilikler yaratmalarına bağlıdır (Kalmuk ve Acar, 2015: 164). Değişim konusunda Arie De Geus “Yaşayan Şirket” çalışmasında, uzun süre hayatta kalan işletmelerin en önemli özelliklerinin çevrelerine uyum yetenekleri olduğunu belirtmektedir (Akt: Tekin ve Zerenler, 2007). Bu bağlamda, işletmelerin yeni üretim teknolojilerine yatırım yapmalarının en önemli nedenlerinin hayatta kalmak ve performanslarını arttırmak olduğu gerçeği karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda McKinsey Dijital'in (2015) yılında yaptığı “E4.0: Üretim Sektörünün Dijitalleştirilmesi” adlı çalışmasında E4.0'ın üretim sektörüne etkisi konusunda aşağıda Şekil 3.1'de verilen sonuçlar açıklanmıştır.

Şekil 3.1. E4.0'ın İşletmelere Sağlayacağı Kazanımlar



Kaynak: McKinsey Dijital (2015) “Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector”, *McKinsey and Company*, s.25.

İşletmeler E4.0 ile, maliyet ve zaman verimliliğini, ürün kalitesini ve esnekliğini arttırmayı amaçlamaktadır (Albers vd., 2016: 262). E4.0 konusunda öncü olan Alman üretim endüstrisine bakıldığında bu amaçların gerçeğe dönüştüğü görülmüştür. (Prinz vd., 2016: 117). Örneğin, Siemens’in Amberg işletmesinde tamamen E4.0’a geçilmiş ve sonuçlar incelendiğinde, üretimin 5-10 kat daha hızlı yapıldığı, teslim güvenilirliği ve hızının %99,5’lara çıktığı, müşterilerin isteklerine karşı esnekliğin %20 arttığı, %73 oranında enerji verimliliği sağlandığı ve %40 oranında maliyetlerin azaldığı görülmüştür (Siemens, 2017).

İşletmelerin hayatta kalmasında ve büyümesinde kârlılıklarının, maliyetlerinin, satış rakamlarının, üretim miktarlarının, kapasitelerinin, üretim hızlarının ve ürün kalitelerinin önemi büyüktür. İşletmelerin örgütsel performansını yansıtan bu kriterler üzerinde E4.0’ın etkileri bulunmaktadır. Nitekim, E4.0 dikkate değer bir performans artışını beraberinde getirmektedir. Pek çok araştırma göstermektedir ki, E4.0

teknolojilerini kullanan işletmelerin toplam verimliliği %50'lerden %80'lere çıkmıştır. Ayrıca işletmelerin %45'ten fazlası, müşterilerin memnuniyetinin arttığını, ürün kusurlarında önemli ölçüde düşüş olduğu ve yüksek kaliteli ürünler konusunda artan talep nedeniyle yeni iş imkanlarının doğacağını belirtmişlerdir (Albers vd., 2016: 262-263). Örneğin, Bosch Rexroth fabrikasında eskiden tek hatta bir ürün ailesi geçerken, E4.0 teknolojileri sayesinde tek hatta sekiz ürün ailesi işlem görebilmektedir. RFID teknolojisiyle ürün süreci her an gözlemlenip, AG sayesinde çalışanlar işlerini ve yeni görevleri sanal olarak kolaylıkla öğrenebilmektedir (EKOIQ, 2014: 10).

E4.0 teknolojileri işletmelerin ürün kalitesini ve üretim hızını etkilemektedir. Özellikle üretim sürecinde hata oranlarının azalması, ürünlerde standartlaşma oranlarının artması ve üretim sürecinde yalınlaşma sağlayan E4.0, örgüt performansını olumlu yönde etkilemektedir (Oesterreich ve Teuteberg, 2016: 122; Brettel vd. 2014). Örneğin, Kaleseramik Çanakkale fabrikasında kullanılmaya başlayan üç boyutlu yazıcılarla, geleneksel yollarla bir lavabo geliştirmenin altı ay gibi bir sürede tamamlanırken, lavabonun baskısı, tasarım aşamasından sonra yazıcılarla yaklaşık 45 dakikada tamamlandığı belirtilmiştir. Ayrıca, bu yöntemle gerçekleştirilen baskıların katmanlı olarak yapılması, farklı renk ve malzemelerle yeni ürünlerin geliştirilmesini ve inovatif tasarımların ortaya çıkmasına da önemli bir katkı sağladığı açıklanmıştır (Can, 2018).

E4.0 teknolojileri ile işletme ve müşteri arasındaki ilişkilerin kalitesi de artmıştır. Müşterilerle olan iletişimin güçlenmesi, her an müşterinin isteklerini görebilme ve hızlıca geri dönüş sağlama, müşteriye özel üretim yapabilme ve yeşil üretim ile işletmelerin satışları ve pazar payları yükselmiş ve buna bağlı olarak örgütsel performansları olumlu yönde artmıştır (Li vd., 2017: 23-25).

E4.0 teknolojilerine sahip akıllı işletmelerin, yüksek derecede kâr elde edeceği, maliyetlerini ve hammadde kullanımlarını azaltacağı ve karbon ayak izlerini azaltacakları yapılan araştırmalarda belirtilmiştir (Qin vd., 2016: 174). Akıllı işletmelerin, özellikle büyük veri teknolojisi ile üretim süreçlerinde önleyici yöntemler geliştirmesi, bakım ve onarım gibi faaliyetlerde maliyetlerinin azalmasını sağlamaktadır (Albers vd., 2016: 263; Lee vd., 2013). Örneğin, Mercedes Benz Türkiye Aksaray fabrikasında, akıllı işletme uygulamaları ile araç başına düşen boya tüketimini %40 oranında düşürdüklerini açıklamışlardır (ST E4.0, Mart 2018). Yine, Mitsubishi Electric'in kendi üretim merkezi

olan Nagoya işletmesinde bulut ve IoT teknolojisine bağlı akıllı işletme konsepti kullanıma alındıktan sonra üretim kapasitesinde yaklaşık %190, üretimde yaklaşık %180 artış gibi etkileyici sonuçlar elde edilmiştir (ST E4.0, Mayıs 2017: 24). Yine Gaziantep Şölen Çikolata E4.0 teknolojileri sayesinde yüksek verimlilik sağlayarak, 2017 yılında 850 milyon TL net cirosunu E4.0'a atfetmiştir (Polat, 2018).

Üretimdeki duruşlar ve hata oranlarının azalması, önleyici bakım faaliyetleri ile E4.0 işletmelere önemli bir gelir sağlamaktadır (Gilchrist, 2016:8; ST E4.0, Nisan 2017). Örneğin, bir İtalyan firmasının üretimdeki duruşlar ve önleyici bakım konusunda E4.0 sayesinde, maliyetlerinde 9 ayda %25 azalma olduğunu belirtmesi bu duruma bir örnek teşkil edebilir (ST E4.0 Aralık 2017).

İşletme yöneticileri ile yapılan kapsamlı bir araştırmanın sonucunda, E4.0 teknolojilerinin, özellikle IoT, işletmelerin üretkenliklerini çok yüksek derecede arttırdığı belirtilmiştir. Hatta bu etki o kadar yüksektir ki, yöneticilerin tahminlerine göre, eski üretim yöntemleri çok kısa süre içerisinde geçerliliklerini yitirecek, işletmelerin E4.0 teknolojilerini kullanmaktan başka çaresi kalmayacaktır (Rifkin, 2015: 86). Örneğin, dünyanın en gelişmiş akıllı işletmelerinden olan Danfoss'un Çin'deki tesisi E4.0 teknoloji yatırımları sayesinde çalışan verimliliğinde %30 artış, maliyetlerde %20 düşüş, müşteri şikayetlerinde ise %57 oranında azalış sağlamıştır (ST E4.0, Mayıs 2019: 9; Çevik Onar ve Üstündağ, 2018: 30).

E4.0 zaman ve maliyet tasarrufunun yanında, kağıt ve kalemde vazgeçme, iş süreçlerini yerinde iyileştirme, makinelerin çalışmama süresini ve standart bakım ihtiyacını azaltma, tahmine dayalı bakım planlaması gibi konularda da faydalar sağlamaktadır (Ortakaya, ST E4.0 Mayıs 2017: 12). Bu bağlamda E4.0 hem ülkelerin hem de işletmelerin sürdürülebilir üretim yapmasına imkan tanımaktadır. Günümüzde işletmelerin en temel amaçları arasına giren sürdürülebilir üretim ve işletme konusunda E4.0 çok yüksek bir potansiyele sahiptir. Bu konuda yapılan bir çalışma da E4.0'ın sürdürülebilir üretim için yarattığı fırsatlar Tablo 3.1'deki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.1. E4.0'ın Makro ve Mikro Açıdan Sürdürülebilir Üretim İçin Fırsatları

Makro Açıdan	İş modelleri	E4.0'da, yeni gelişen iş modelleri, yeni hizmetleri sunmak için akıllı verilerin kullanılması ile sağlanmaktadır. Sürdürülebilir iş modelleri çevre ve toplum üzerinde pozitif etkiler yaratmakta veya negatif etkileri azaltmaktadır. Aynı zamanda uzun vadede sürdürülebilir üretim rekabet gücü ile özdeşleşir.
	Değer yaratma ağları	E4.0'daki değer yaratma ağlarının çapraz bağlanması, kapalı devre ürün ömrü döngülerini ve endüstriyel ortak yaşamı gerçekleştirmek için yeni fırsatlar sunar. Böylelikle, ürün ömrü boyunca ve de farklı işletmeler arasında ürün, malzeme, enerji ve su akışının etkin koordinasyonu sağlanır ve farklı işletmeler, ürün, malzeme, enerji, su ticareti ve alışverişinde bulunarak ve aynı zamanda yerel düzeyde bir akıllı veri alışverişinde bulunarak rekabet avantajı sağlar.
Mikro Açıdan	Ekipman	E4.0 mevcut üretim ekipmanlarına yeni özellikler ekleyerek, kullanım aşamasını genişletir, kolaylık ve maliyet etkinliği sağlar. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için uygundur ve yeni ekipman tedariki için düşük maliyetli bir alternatiftir.
	İnsan	İnsanlar E4.0'da değer yaratma organizatörleri olmaya devam edecektir. E4.0'daki sosyal zorluklarla baş etmek için üç farklı sürdürülebilir yaklaşım kullanılabilir; Yeni BT teknolojilerini birleştirerek çalışanların eğitim verimliliğini arttırmak, iş organizasyonu ve tasarımının yeni CPS tabanlı yaklaşımlarını oluşturarak içsel motivasyonu arttırmak ve yaratıcılık geliştirmek son olarak da, çalışan için bireysel teşvik sistemlerini uygulayarak dışsal motivasyonu arttırmak.
	Organizasyon	Akıllı bir işletmede, sürdürülebilir özerk organizasyon, CPS'nin dinamik kısıtlamalarını dikkate alarak, ürünlerin, malzemelerin, enerjinin ve suyun verimli tahsisi üzerine odaklanır; akıllı lojistik, akıllı şebeke, kendine yeterli tedarik veya müşteri gibi. Bütüncül bir kaynak verimliliğine yönelik bu kavram, E4.0'ın temel avantajlarından biri olarak tanımlanmaktadır.
	Süreç	Süreçlerin sürdürülebilir tasarımı, uygun üretim süreci zincirleri tasarlayarak veya yeni teknolojileri kullanarak E4.0'ın bütüncül kaynak verimliliği yaklaşımını ele alır.
	Ürün	E4.0 ürünlerinin sürdürülebilir tasarımı için yaklaşım, özel ürünün tekrar kullanılmasını ve yeniden üretilmesini sağlayarak veya eldeki kaynakları kullanırken tekrar kullanılabilirlik şeklinde tasarlamak, tüketimi azaltmak ve dolayısıyla üretilen atık ve israfı azaltmak şeklinde uygulayarak ürünlerin kapalı devre yaşam döngülerinin gerçekleştirilmesine odaklanmaktadır. Farklı yaklaşımlar aynı zamanda tüketicinin refahı için tasarlama üzerine de yoğunlaşmaktadır.

Kaynak: Stock, T. ve Seliger, G. (2016) "Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0", *Procedia CIRP* 40, s.540.

E4.0 ile akıllı işletmeler sürdürülebilir üretim fırsatlarına sahip olurken, bir yandan da, öğrenen ve sürekli kendini geliştiren işletmelere dönüşeceklerdir. Mevcut durum ve

çevre analizleri yaparak, yeniliklere açık, yeni gelişmelere kolay uyum sağlayan ve müşteri beklentilerine oldukça duyarlı olan akıllı işletmeler, verimliliklerini arttırarak ve rekabet avantajı kazanarak, örgütsel performanlarını arttırabileceklerdir (Neugebauer vd., 2016: 7 Thames ve Schaefer, 2016: 13; Jimenez ve Valle, 2011; İnce vd., 2016; Huang vd., 2016, Frank vd., 2019).

Kagermann(2015)'e göre, müşterilerin beklentilerini en iyi şekilde karşılayan, tedarikçilerle ilişkilerde güçlenen akıllı işletmeler, yüksek teknolojiye dayalı lojistik ve etkili tedarik zinciri yöntemleriyle, verimlilik ve maliyetlerinde önemli bir etkinlik sağlamaktadır (Xu vd., 2011: 632- 638). Örneğin, Bosch Manisa fabrikasında mal kabul noktasında kullanılan IoT teknolojisi sayesinde, eskiden barkod okutma ile yaklaşık 3 dakikada yapılan bir paletlik malzeme girişleri tamamen ortadan kaldırılmıştır (ST E4.0, Nisan 2018: 19). Nitekim, Rijkın (2015) E4.0 ve IoT ile işletmelerde sıfıra yakın bir marjinal maliyetten bahsetmektedir. Müşteri beklentilerinde, verimlilik ve maliyette sağlanan etkinlik ise, doğrudan örgütsel performansı etkileyerek, performansı olumlu yönde arttırmaktadır (Meissner vd., 2017: 165; Gaub, 2015: 401). Nitekim, Orlandi (2016) ve Hao ve Song (2016: 751) yaptıkları araştırmalarda, müşterilerin isteklerine, teknolojik değişimlere yanıt verme ve teknoloji odaklı stratejiler ile örgüt performansı arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. E4.0 ve buna bağlı olarak artan dijitalleşme, imalatla çeşitlilik, hızla değişen pazar koşulları ve müşteri beklentilerini en iyi şekilde karşılayan işletmelerin, yapılan çalışmalarda yüksek derecede rekabet avantajı sağladığı belirtilmektedir (Landherr vd., 2016).

E4.0 işletmelerde, verimlilik, kârlılık, maliyet, kalite, esneklik, satışlar, üretim miktarı, üretim hızı ve kapasite gibi iyileşmeleri sağlamasının yanında, yöneticilerin karar verme ve uygulama noktasındaki başarılarını da etkilemektedir. Yapılan araştırmalarda, özellikle dönüşümcü ve yeniliklere açık yöneticilere sahip olmak ile örgüt performansı arasında pozitif bir ilişki olduğu da belirtilmektedir (Samad, 2012: 486; Wahab vd., 2016: 596). Yeniliklere ve değişen teknolojilere açık yöneticiler, hem işletmelerine hem müşterilerine hem de topluma katma değer sağlamaktadır (Huang vd., 2016: 2187). Bu konuda, Melville vd. (2004: 28), Farhangi vd., (2013) ve Brynjolfsson ve Hitt (1996), Kalmuk ve Acar, (2015), Hao ve Song (2016) yaptıkları araştırmalarda işletmeler ve yöneticilerin bilişim teknolojilerine ve yeniliklere yaptıkları yatırımların örgüt

performansını olumlu bir şekilde etkilediği ve bu alanda yapılan yatırımların geri dönüş oranının yüksek katma değerli olduğu belirtilmektedir.

E4.0 teknoloji bileşenleri ile yöneticilerin isabetli karar almaları ve uygulama başarıları da artmaktadır. Hızlı analiz yapma, sonuçlandırma, gerçek zamanlı veri kullanma ve önleyici kontrol sistemlerine sahip olma yöneticilerin süreçlerdeki işlerini kolaylaştırmıştır (Gilchrist, 2016: 199; Wang ve Wang, 2016: 5; Schwab, 2016; Tonelli vd. 2016: 122-123), Aynı zamanda çalışanların işletme kararlarına katılması, süreçlerde etkin rol alması, kendi kendine inisiyatif kullanabilmesi gibi faktörlerin oluşmasına katkı sağlayan E4.0 işletmelerin örgüt performansını olumlu yönde etkilemektedir . (Zeiler ve Bertsch, 2017: 5680).

E4.0 bir bütün olarak tüm teknolojileriyle büyük bir sinerji ve verimlilik sağlarken, bu teknolojilerin biri veya bir kaçına sahip olan işletmeler de, her bir teknolojiden farklı alanlarda yüksek kazanımlar elde etmektedir. Çünkü E4.0 teknolojilerinin her biri başlı başına örgütsel performans üzerinde oldukça etkili sonuçlar vermektedir. Örneğin, bulut bilişim teknolojisi maliyet tasarrufları, performans izleme ve yönetme ve enerji tasarrufu, artan verimlilik, esneklik vb. fırsatlar sunmaktadır (Turan, 2017: 66). Büyük veri teknolojisi, çağın petrolü sayılmakta, daha kaliteli hizmet ve rakiplere karşı yüksek rekabet avantajı sağlamaktadır. Nitekim, büyük veriyi etkili bir şekilde kullanan Alphabet, Amazon, Apple, Facebook ve Microsoft dünyanın en değerli beş işletmesi arasında yer almaktadır. (GE Türkiye, 2018). Yine, robotik uygulamalar, daha hızlı üretim, çalışanların tatmin ve motivasyonunu artırma, yüksek hassaslık duyarlılıkları sayesinde standart ölçülere uygun üretim, esneklikleri sayesinde yeni işlere hızlı adaptasyon, meslek kazaları ve hastalıklarını önlemek gibi faydaları beraberinde getirerek işletme performansında olumlu etkiler yaratmaktadır (Tekin ve Zerenler, 2007: 100).

3D yazıcı ve yazılımlar ile Türkiye’de faaliyet gösteren Erkul Kozmetik Sanayi ve Tic. A.Ş. ambalaj tasarım sürecinde, üretim öncesi gerçeğe en yakın sonuçları elde ettiklerini, daha tasarım aşamasında bitmiş ürüne dokunma şansı elde ettiklerini belirtmişlerdir. Böylece sıfır hata ve yüksek kalitede üretim kazançları arasında yer almaktadır (ST E4.0, Nisan 2018). Bu örneklerle ilaveten, E4.0 teknolojilerini kullanan ve bunlardan daha spesifik olarak önemli örgütsel sonuçlar elde eden Türkiye’deki bazı işletme örnekleri ve sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Elvan Gıda: E4.0 gereksinimlerine uygun üretim yapan bir işletmede onay alan hammaddeler barkodlanarak akıllı depoya gönderilmektedir. Bu ürünün izlenebilirliğini sağlamaktadır. Ortam değerleri, makinenin hijyeni ve ürün ile ilgili parametreler anlık olarak takip edildiği için lezzet ve kaliteden en ufak bir sapma olmaması garanti altına alınmaktadır. Tüm süreçler birbirine bağlı ve iletişim halinde olduğundan en az durma ile en yüksek verimlilik elde edilmektedir. Ayrıca bu işletmede, her daim insan sağlığı gözetilerek üretim yapılmaktadır (ST E4.0, Ağustos 2019).
- Dirinler Makina: E4.0'ı ürünlerine uygulamak adına “DirinSmart 4.0” projesini hayata geçirmiştir. Üretim sürecine verimlilik artışı sağlanan bu proje ile, üretim süreçlerinin izlenebilirliği, esnekliği artmış, bu ise hata oranlarını ve maliyetlerini önemli ölçüde azaltmıştır (ST E4.0, Haziran 2019: 18).
- Hugo Boss: Hayata geçirdiği “Akıllı Hata Tahminleme Sistemi” proje sayesinde operatörlerin belirli bir model ve operasyonda yapacakları muhtemel hatalar, dijital ikiz tarafından önceden tahmin edilebilmektedir. Bu durum hata oranlarını neredeyse sıfıra indirgeyerek kalitede mükemmeliyet yakalanmaya çalışılmaktadır. Ayrıca, AG, sesli komut gibi uygulamalarının üretim hatlarına entegre edilmesi projeleri ile verimliliğini arttırmaktadır (ST E4.0, Mart 2019: 28)
- Farplas Otomotiv: Otomotiv yan sanayinin önde gelen üreticilerinden Farplas Otomotiv, operatör masasının dijital dönüşümü için akıllı masa projesini hayata geçirmiştir. Artık operatörün üzerinde işlem yaptığı bütün alan, aynı anda kalite kontrol istasyonuna ve ofisteki veri tabanı ile iletişim içerisinde iş istasyonuna dönüştürülmüştür. Bu durum maliyeti düşürmenin yanı sıra Farplas kalite ve hız açısından önemli kazanımlar sağlamıştır. Ayrıca maliyetteki düşüşlerin müşteriye yansmasıyla maliyet alanında başarı ödülü almışlardır (ST E4.0, Nisan 2017: 26).
- Oğuz Ambalaj: Oluklu mukavva üretim hatlarını online izleyip kayıpları minimize etmektedir. Ethernet üzerinden haberleşen paneller ve yazılımlar yardımıyla oluklu mukavva üretim hattının, operatör odasından, pres yanından ve GMT operatör paneli programı bulunan her bilgisayardan izlenebilmekte, böylece uzaktan izleyip anında müdahale ederek üretim kayıpları durdurulabilmektedir (ST E4.0, Eylül 2019: 16).

- Orkla Foods: İsveç merkezli gıda üreticisi olan bu işletme, elle paketleme yaparken, robot yatırımının ardından önemli kazanımlar elde etmiştir. Yatırımını 6 ay gibi kısa bir sürede amorti ederek, hem üretimini hızlandırmış hem de verimliliğini arttırmıştır (ST E4.0 Ekim 2019: 10).
- Abdi İbrahim: E4.0 projesi ile 65 ana üretim hattını online takip etmeye başlamıştır. Anlık ve geçmişe yönelik verileri kolaylıkla takip eden dev ilaç işletmesinde önemli bir verimlilik elde edilmiştir (ST E4.0 Ekim 2019: 12).
- GF Hakan Plastik: Dijital dönüşüm kapsamında, PLC yardımıyla aldığı verilerle, üretim ve depolama bölümlerinde dalgalanmaları yakından takip edebilmektedir. Böylece, önleyici kontrol sistemleri ile süreçlerde iyileşme sağlamıştır. Ayrıca enerji verimliliği uygulamalarıyla, enerji tüketimini optimum seviyelere indirerek, enerji tüketimini fabrikalarında %49 oranında azaltmıştır (ST E4.0, Aralık 2019: 18-19).

Buraya kadar, E4.0'ın örgütsel performans üzerindeki etkisini literatür ve E4.0 teknolojilerinin kullanan örnek işletmeler açısından açıklamaya çalıştık, bu noktadan itibaren ise araştırmamızın uygulama bölümüne geçerek, örgüt performansı üzerinde E4.0'ın etkisini bizim elde ettiğimiz sonuçlar açısından görmek yerinde olacaktır.

3.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

E4.0 konusu, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'nin gündemine hızla girmiş ve bu konuda somut adımlar atılmaya başlanmıştır. Türkiye'de E4.0 ile ilgili yönetmelikler, platformlar, stratejik planlar ve yol haritaları oluşturulmuş durumdadır. Devlet, hükümet, sivil toplum kuruluşları ve işletmeler çerçevesinde bir takım önlemler ve çalışmalar hızlıca yürütülmektedir.

Bununla birlikte akademik alanda da E4.0 yeni bir konu olması ve bu alanda yapılan çalışmaların yetersizliğinden dolayı büyük bir boşluk bulunmaktadır. Bu boşluğu bir nebze olsun doldurmak veya katkı sağlamak çalışmamızın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu bağlamda çalışmamızın amacı; Dördüncü Sanayi Devrimi veya diğer adıyla E4.0'a teorik alt yapıda katkı sağlamak ve uygulamada örgütsel performans üzerindeki etkilerini belirlemeye çalışmaktır. Daha geniş bir ifadeyle; "E4.0 teknoloji bileşenlerini kullanan işletmelerin, örgütsel performans kriterlerinde ne tür değişimler yaşandığını tespit etmek" çalışmamızın temel amacını oluşturmaktadır. Aynı zamanda,

bu araştırma ile E4.0 konusunda, bilgi edinmek isteyen diğer araştırmacı ve yöneticilere bilgi vermek, E4.0'ın ortaya çıkardığı olumlu etkileri göstermek amaçlanmaktadır. Bu araştırmanın yeni araştırma ve uygulamaları teşvik edeceği de düşünülmektedir.

Aralık 2019 itibariye Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi sayfasında “Endüstri 4.0” anahtar kelimesi ile tarama yapıldığında birkaç tez karşımıza çıkmaktadır. “Akıllı üretim, nesnelerin interneti ve dördüncü sanayi devrimi anahtar” kelimeleri ile arama yapıldığında bu sayı artmaktadır. Özellikle “Endüstri 4.0 ve Örgüt Performansı” kelimeleriyle birlikte tarama yapıldığında ise hiçbir sonuç bulunamamaktadır. Bu anlamda E4.0 ile ilgili işletme alanında yapılan ilk tezler arasında, bu çalışmanın olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca, nitel veya nicel birçok araştırma konusu değerli olmakla birlikte, örgütsel performans konusunun yeri işletme alanında her zaman ayrıdır. Nitekim her işletmenin en temel hedefi yaptığı çalışmaların sonucunda örgüt performansının artmasıdır. Bu nedenle E4.0 gibi yeni bir konuda, örgütsel performans bağlamında sonuçların görülmesi değerlidir. Bunlara ek olarak, tez, makale ve bildiri türünde ki diğer araştırmalar incelendiğinde, büyük bir çoğunluğun E4.0 hakkında teorik bir bilgi verdiği, fakat uygulamalarının olmadığı görülmektedir. Olan uygulamaların da çoğunlukla E4.0 farkındalık algısını ölçen veya nitel araştırma yöntemleri ile yapıldığı gözlemlenmektedir. Somut anlamda E4.0 teknolojilerinin yaratacağı etkiyi belirlemek adına, bu araştırmanın hem teorik hem de uygulamayı aynı anda kapsamasının literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3.3.Araştırmanın Kapsam ve Sınırlılıkları

Araştırmamız genel olarak Türkiye’de E4.0 teknoloji bileşenlerini kullanan işletmeleri kapsamaktadır. Özellikle 2011 yılından itibaren Dördüncü Sanayi Devrimi’nin sonuçları kapsamında bu teknoloji bileşenlerine yatırım yapmış, E4.0’ı vizyon ve hedeflerinin arasına almış olan işletmeleri kapsamaktadır. Yapılan araştırma ve incelemeler neticesinde Türkiye’de E4.0’a tamamen geçmiş veya tam anlamıyla adapte olmuş işletme sayısının çok az olduğu görülmektedir. Bu nedenle araştırmanın en temel sınırlılığını E4.0 teknolojik bileşenlerini kullanan işletmeler oluşturmaktadır. Örgüt performansındaki sonuçları daha anlamlı bir şekilde görebilmek için E4.0’ a tam olarak geçmiş olan işletmeleri değerlendirmek daha doğru olacaktır. Şu an Türkiye’de birçok

işletme E4.0 geçiş sürecinde veya proje aşamasındadır. Özelikle Ar-Ge merkezi olan işletmeler sürece daha adapte olmakla birlikte en fazla sorun yaşayan grup ise KOBİ’lerdir.

İşletmelerin E4.0 sürecine adaptasyonu konusunda henüz geçiş aşamasında olmaları ve yaptıkları yatırımlar nedeniyle, örgütsel performanslarına yönelik rakamları paylaşmakta endişe duymaları veya rakiplerle paylaşabileceğini düşünmeleri araştırmanın önemli kısıtları arasındadır. Ayrıca, yöneticiler ile görüşmeler yapılırken, yöneticilerin E4.0 konusunda kendini sektördeki diğerk işletmelerle kıyaslayarak cevap vermeleri, işletmeleri konusunda objektif davranamamalarıda gözden kaçmamalıdır. Bu bağlamda, yöneticilerin E4.0 ve teknoloji bileşenleri konusunda yeterli düzeyde bilgi sahibi olduğu varsayılmıştır ve bu araştırmadaki sorular yöneticilerin anlama düzeyi ile kısıtlanmıştır.

Araştırmanın diğerk kısıtları zaman ve maliyetten kaynaklanmaktadır. Bu nedenle tüm Türkiye’deki E4.0 kullanan işletmelere ulaşmak mümkün görülmemektedir. Bu nedenle alan sınırlandırılmasına gidilmiştir. Alan sınırlandırılmasına gidilirken Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın yol haritası dikkate alınmıştır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018)’nin “Türkiye’nin Dijital Yol Haritası” kapsamında Türkiye’nin dijital dönüşümüne yardımcı olacak ve KOBİ’lerin dönüşümünü etkileyecek olan beş şehirde E4.0 model fabrikalar kurulması planlanmıştır. Bu şehirler E4.0 konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Ankara, İzmir, Gaziantep, Mersin, Konya ve Kayseri illerinden oluşan bu şehirler araştırma kapsamında incelenmiş, uygulama için Kayseri ili tercih edilmiştir.

Kayseri ilinin seçilmesinin daha dar kapsamlı nedenlerine bakıldığında, E4.0 konusunda farkındalığı yüksek bir organize sanayi bölgesinin olması, üretim sanayinde önemli markaları bünyesinde barındırması ve bölgedeki işletmelerin araştırmacılara veri toplama konusunda yardımcı ve istekli olmaları söylenebilir. Ayrıca, Kayseri, Türkiye’nin en önde gelen ticaret ve sanayi şehirlerinden birisidir. Aynı zamanda Kayseri şehrinin E4.0 konusunda farkındalığı da yüksektir. E4.0 konusunda önemli hedefleri ve faaliyetleri olan Kayseri organize sanayi bölgesinin bu çalışmaları kapsamında bazı gazete haberleri aşağıdaki gibi derlenebilir;

- Kayseri iş dünyası E4.0 sürecinde kümelenmeye odaklanmak istiyor. Kayseri OSB Yönetim Kurulu Başkanı Tahir Nursaçan, "OSB 'de 220 kapı ve 440 mobilya üreten işletmenin olduğunu, Kayseri'deki bin 200 firmanın 600'ü sadece 2 sektörden oluştuğu için kümelenmenin getirisinin yüksek olacağını" belirtmiştir (Fidan ve Fidan, 2016).
- Kayseri Sanayi Odası (KAYSO), Üniversite Sanayi Araştırma İşbirliği Vakfı (ÜSAİV) ve Mitsubishi Elektrik Türkiye işbirliğinde KAYSO üyelerine yönelik "4. Sanayi Devrimi Endüstri 4.0" konulu konferans düzenlenmiştir. Kayseri Sanayi Odası Yönetim Kurulu Başkanı Mehmet Büyüksimitci, Türkiye'de E3.0'ı uygulayan işletmeler olduğunu ancak birçoğunu daha E2.0'da olduğunu belirterek, "Türkiye'nin E4.0'ı kaçırmaması gerektiğini belirtmiştir. Başkan Büyüksimitci, daha önce Avrupa menşeli işletmeler tarafından E4.0 konusunda Odamızda sunumlar gerçekleştirildiğini, bu konuyu birde Japon firmasından dinlemek istediklerini belirterek, "Türk işletmeleri olarak Endüstri 4.0'a geçmenin ya da geçmemenin bizlere maliyetleri nedir, getirileri nedir bunları öğrenmek ve yol haritamızı oluşturmamız gerekmektedir, şeklinde açıklamalarda bulunmuştur (KAYSO, 2017).
- Kayseri Sanayi Odası ve Siemens tarafından işbirliğiyle düzenlenen "4. Sanayi Devrimi E4.0" paneli için Siemens Türkiye İcra Kurulu Üyesi ve Dijital Fabrikalar Direktörü Ali Rıza ERSOY, Kayseri Sanayi Odası Konferans Salonu'nda Kayserili sanayicilere, üniversitelerimize ve ilgili tüm kurum ve kuruluşlara E4.0'ı tanıtmıştır. KAYSO Yönetim Kurulu Başkanı Mustafa Boydak, "E4.0, mevcut üretim anlayışının ilerleyen teknolojik gelişmelerle birlikte yeniden şekillenmesi anlamına geliyor. Bu endüstri sayesinde daha kaliteli, daha ucuz, daha hızlı ve daha az israf yapan bir üretime kavuşmuş olacağız. Aslında bu sistem sadece sanayiye değil tüm sosyal yaşamımıza bir takım yenilikler getirecek. Gelişmiş ülkeler bu endüstriyi destekliyor ve gelecek hedeflerini E4.0'a uygun bir şekilde planlıyorlar. Bizde üyelerimizin dünya pazarlarında yerini alabilmeleri ve gelişmiş ekonomilerle daha rahat rekabet edebilmeleri için E4.0'ı kapsamlı bir şekilde tanıtmak istedik" şeklinde açıklama da bulunmuştur (KAYSO, 2016).

- Türkiye'nin önemli sanayi kentlerinden biri olan Kayseri'de 2017'de 1.9 milyar dolar ihracat yapan, bu yıl da 2.2 milyar dolar hedefleyen Kayseri'de üretimin kalbi, 3 OSB ve üretim ağırlıklı bir serbest bölge bulunmaktadır. Özellikle, üretimde büyük bir payı olan Boydak Holding, İstikbal, Bellona ve Mondi ile hem Türkiye'de hem de yurtdışında önemli bir büyüme rakamına ulaşmıştır. Hâlihazırda 53 milyon dolara mal olan altıncı fabrika yatırımıyla uğraşan grup işletmelerinden Boytaş başta olmak üzere Boydak'ta E4.0 konusundaki çalışmalar da hız kazanmıştır. Fabrikalarda robotların da katıldığı üretim süreçlerinde geline aşamaya ve üretim sürecini kısaltan, maliyet ve zaman avantajı kazandıran pek çok inovasyonun işletmenin Ar-Ge'sinden çıktığı görülmektedir (Kadak, 2018).
- Kayseri'de, "E4.0 Model Fabrika" kurulumu için çalışmalara başlanmıştır. KOBİ'ler başta olmak üzere mevcut işletmelerin yalın üretim teknikleri ve E4.0 teknolojileri elde etmesini amaçlayan bu fabrika için KSO, Abdullah Gül Üniversitesi, Kayseri Ticaret Odası, Mimar Sinan Organize Sanayi Bölgesi ve Oran Kalkınma Ajansı'nın katılımı ile yapılan toplantıda, Bakanlıkla koordinasyonu sağlamak ve çalışmaları yürütmek üzere icra komitesi oluşturularak yol haritası belirlenmiştir (Kayseri DHA, 2018).

3.4. Araştırmanın Anakütle ve Örneklemi

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda, araştırmanın anakütlesini Kayseri'de E4.0 teknolojilerini kullanan işletmeler oluşturmaktadır. Araştırma kapsamına en uygun işletmeler, üretim işletmeleridir. Üretim işletmelerinin büyük çoğunluğu ise, organize sanayilerde toplanmaktadır. Bu nedenle araştırmanın ana kütlesi için Kayseri organize sanayi bölgeleri tercih edilmiştir. Ana kütle kapsamında; Kayseri Merkez Organize Sanayi Bölgesi'nde 1180, Mimar Sinan Organize Sanayi Bölgesi'nde 380, İncesu Organize Sanayi Bölgesi'nde 41 ve Kayseri Serbest Bölgesi'nde 76 işletme, toplamda ise 1677 işletme bulunmaktadır (<https://www.kayseriosb.org.tr>, <http://www.incesuosb.org.tr/>, <http://www.mimarsinanosb.org.tr/>, <https://www.kayser.com.tr/tr>).

Türkiye'de henüz E4.0 konusunda neler yapıldığı, hangi işletmelerin hangi teknolojileri kullandığı veya kaç işletmenin E4.0'a geçtiğine dair bir istatistiksel rapor açıklanmamıştır. Yapılan araştırmalara bakıldığında çoğunlukla, farkındalık ve mevcut durum tespiti ve yol haritaları şeklindedir. Türkiye'nin genelinde olan bu durumun,

Kayseri içinde aynı şekilde olması şaşırtıcı değildir. Kayseri Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü ile yapılan görüşmelerde anakütle sayısını netleştirmek adına, “E4.0 teknolojilerini kullanan kaç firma olduğu sorusu” sorulmuştur. E4.0 teknolojilerini kullanan işletmeleri rakamsal olarak gösteren bir araştırmanın henüz yapılmadığı ve ellerinde net rakamı belirten bir istatistiğin bulunmadığını belirtmişlerdir. Yetkililerin tahminleri ve yapılan işletme ziyaretleri kapsamında, toplam işletmelerin ancak yüzde %4 ile %5’inin bu teknolojilere sahip olabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar olarak Kayseri Organize Sanayi Bölgelerinde yapılan saha araştırmaları kapsamında, tahmini olan %4 veya %5 rakamının doğru olabileceği gözlemlenmiştir.

Toplam işletmelerin %5’i anakütle olarak kabul edildiğinde, $(1677 * \%5 = 84)$ 84 işletme çalışmamızın anakütlesini oluşturmaktadır. Araştırmamız kapsamında 84 işletmenin tamamına ulaşılmaya çalışılmış fakat bu mümkün olmadığı için basit tesadüfi örneklem yöntemi tercih edilmiştir. Benimsenen örneklem yöntemi ile anakütleyi temsil edecek örneklem sayısı %95 güven aralığında ve % 5 lik hata payında 70 işletme olarak hesaplanmıştır. Anakütleyi temsil bakımından yeteri sayı 70 olarak hesaplanmasına rağmen toplam 79 işletmeye ulaşılmış ve veriler toplanmıştır.

Örneklemimizi oluşturan 79 işletmenin büyük bir çoğunluğunda, üst düzey yöneticiler ile yüz yüze görüşme sağlanarak, anket formlarındaki her bir soru açıklanarak, cevaplandırılmıştır. Bu süreçte, E4.0 teknolojilerini ciddi anlamda kullanmaya başlayan bazı işletmelerin üretim fabrikaları gezilmiş, üretim süreçlerinin önceden nasıl, şimdi ise nasıl olduğuna dair bilgiler yerinde gözlemlenmiştir. Yöneticilerin süreç hakkında ki görüşleri, elde ettikleri faydalar, yazılı olarak ta not edilmiştir. Birkaç işletmeden alınan ikinci el veri olan tablo ve grafiklerde araştırmanın hipotezlerini desteklemek adına araştırmamızda kullanılmıştır.

3.5.Araştırmanın Modeli ve Değişkenleri

Bu araştırmanın ana konusunu oluşturan E4.0 teknoloji bileşenleri araştırmanın bağımsız değişkenlerini oluşturmaktadır;

Bağımsız değişkenler

- Siber Fiziksel Sistemler
- Nesnelerin interneti

- Büyük veri
- Bulut bilişim
- 3D baskı
- Robotik uygulamalar
- Artırılmış gerçeklik

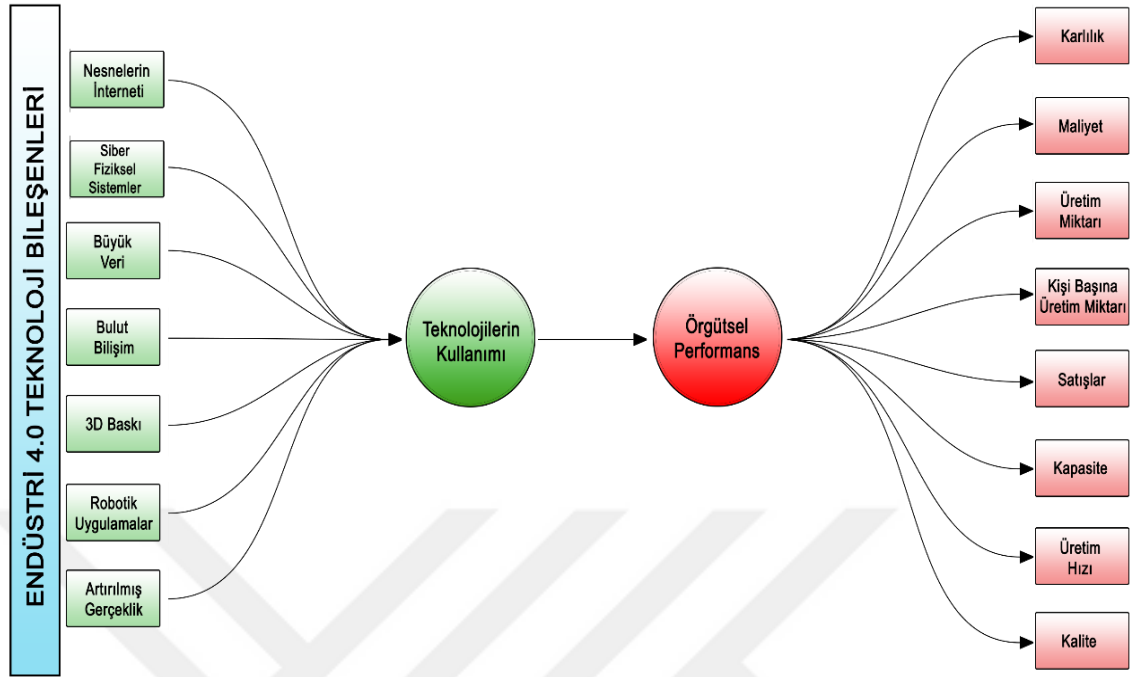
E4.0 teknolojilerini kullanan işletmelerin örgüt performansında yarattığı etkileri belirlemek amacıyla yaptığımız bu araştırmanın bağımlı değişkeni örgüt performansı ölçüm kriterleridir.

Bağımlı değişkenler

- Kârlılık
- Maliyet
- Satışlar
- Üretim Miktarı
- Kişi Başına Üretim Miktarı
- Kapasite
- Üretim Hızı
- Kalite

E4.0'ın örgütsel performansı etkileyeceğine dair doğrudan ya da dolaylı olarak açıklamalara yer veren araştırmalar olan Kagermenn vd (2013), Schuh, (2013), Lasi (2014), Hermann vd. (2014), Sabo (2015), Kagermann (2015), Stock ve Seliger (2016), Landerr (2016), Hao ve Song, (2016), Huang vd.(2016), Schwab (2016), Neugebauer vd. (2016), Moeuf vd. (2017), Long vd. (2017), Sung (2018), Banger (2018) ve Frank vd. (2019) dayanarak, araştırmanın bağımsız ve bağımlı değişkenlerine göre oluşturulan araştırma modeli aşağıda Şekil 3.2'deki gibi gösterilebilir.

Şekil 3.2. Araştırmanın Modeli



3.6. Araştırmanın Hipotezleri

Araştırma amacı doğrultusunda, kurulan ana ve alt hipotezler aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

Ana Hipotezler

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgüt performansı üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgüt performansı üzerinde etkisi yoktur.

Alt Hipotezler

Hipotez 1

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün kârlılığı üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün kârlılığı üzerinde etkisi yoktur.

Hipotez 2

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün maliyetleri üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün maliyetleri üzerinde etkisi yoktur.

Hipotez 3

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün satışları üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün satışları üzerinde etkisi yoktur.

Hipotez 4

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün üretim miktarı üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün üretim miktarı üzerinde etkisi yoktur.

Hipotez 5

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün kişi başına üretim miktarı üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün kişi başına üretim miktarı üzerinde etkisi yoktur.

Hipotez 6

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün kapasitesi üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün kapasitesi üzerinde etkisi yoktur.

Hipotez 7

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün üretim hızı üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün üretim hızı üzerinde etkisi yoktur.

Hipotez 8

H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün ürün kalitesi üzerinde etkisi vardır.

H₀: E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün ürün kalitesi üzerinde etkisi yoktur.

3.7. Veri Toplama Yöntemi

Araştırma da veri toplanması amacı ile anket tekniği ve yüz yüze görüşme yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca örgütsel performans göstergelerini oluşturan kriterler için ikinci elden veriler işletmelerden talep edilmiştir. Bu kapsamda işletmelerin çok az bir kısmı ikinci el veri vermeyi kabul etmiştir. Özellikle E4.0 teknolojilerini kullanmadan önce ve sonrasına dair iyileşmeleri ölçümlemek amacıyla istediğimiz ikinci el verileri almakta sorun yaşamamız araştırmanın saha uygulamalarının süresinin uzamasına neden

olmuştur. Yapılan görüşmelerde, işletmeler net rakamlar vermekten ziyade örgüt performanslarındaki değişimleri yüzdesel olarak vermeyi kabul etmişlerdir. Araştırmaya bu ölçütte devam edilmiştir.

Araştırmada kullanılan anket formu üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde işletmelere ait kurumsal bilgiler yer almaktadır. Özellikle işletmelerin yönetim şekli, çalışan sayısına bağlı olarak büyüklüğü, ciroları ve bizi en çok ilgilendiren soru olarak, işletmede ar-ge departmanının varlığı ve burada çalışacak çalışanların varlığı gibi sorulardan oluşmaktadır. Her işletmede bir anket uygulanmış ve bu anket büyük çoğunlukla üst yöneticilerden biriyle ve azınlık olarak mühendislerle görüşülerek, her soru birebir araştırmacı tarafından açıklanarak, soru cevap şeklinde doldurulmuştur.

Anket formunun ikinci bölümü işletmelerin E4.0 olgunluk düzeylerini ölçümlemek amacıyla hazırlanmıştır. Anket formunun bu kısmındaki sorular araştırmacılara aittir. E4.0 teknoloji bileşenlerine ait her bir teknolojinin temel özellikleri veya alt boyutlarının işletmelerde var olup olmadığını sorgulayacak sorular, literatür esas alınarak araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur. İşletmelerin E4.0 vizyonları ve hedeflerinin olup olmadığı, E4.0 teknolojilerini ne zaman kullanmaya başladığı ve E4.0 teknolojilerinin kullanım düzeyleri ilk sorulan sorular içerisinde yer almaktadır. Daha sonra E4.0 teknoloji bileşenleri olan yedi teknolojiye ait temel aşamaların işletme de uygulanıp uygulanmadığını sorgulayan sorular beşli likert ölçek ile sorulmuştur. Teknolojilerin işletmelerde gerçekleştirilme düzeyleri, “Gerçekleştirilmedi, Hazırlık Aşamasında, Fikrim Yok, Kısmen Gerçekleştirildi, Tamamen Gerçekleştirildi” cevap seçenekleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Ayrıca bu kısımda, E4.0 konusunda işletmeleri en çok zorlayan nedenleri öğrenmek için de iki soru sorulmuştur. Bu sorular kapsamında işletmeleri E4.0 konusunda zorlayan en önemli engelleri ve güvenlik kısmında yer alan siber güvenlik düzeyleri ölçümlenmeye çalışılmıştır.

Anket formunun üçüncü bölümünde yer alan sorular örgüt performansını ölçümlemek amacıyla sorulmuştur. İşletmelerin E4.0 konusundaki performans değerlerini ölçümlemek amacıyla bu bölümde sorulan sorularda araştırmacılara aittir. Özellikle E4.0 teknolojilerine bağlı kalite iyileştirmelerini, beşli likert tipi ölçeğe göre ölçümlenmiştir. Bu ölçekte E4.0 nitel örgütsel performans iyileşmeleri için “Kesinlikle

Katılmıyorum, Katılmıyorum, Fikrim Yok, Kısmen Katılıyorum ve Kesinlikle Katılıyorum” cevaplarına göre analizler yapılmıştır.

Örgüt performansının nicel boyutlarını oluşturan kârlılık, maliyet, satışlar üretim miktarı, kişi başına üretim miktarı, kapasite ve üretim hızı gibi bağımlı değişkenleri ölçümlemek amacıyla, işletmelerin E4.0 teknolojilerini kullanmalarına bağlı olarak artış ve azalış değişimlerini yüzdesel aralıklarla cevaplamaları istenmiştir. Bağımlı değişkenlerin örgütsel performansı azalttığına dair aralıklar “%(1-5, 6-10, 11-20, 21-30, 31 ve üstü)”, örgütsel performansı arttırdığına dair aralıklar “%(1-5, 6-10, 11-20, 21-30, 31 ve üstü)” olarak sınıflandırılmıştır.

3.8. Verilerin Analizi ve Bulguları

Araştırma verilerinin analizi için IBM SPSS 21 programı kullanılmıştır. Araştırmanın uygulama ve analiz kısmına başlanmadan önce araştırmacılar tarafından oluşturulan anket sorularının geçerliliğini ve güvenilirliğini tespit etmek amacıyla bir pilot uygulama yapılmıştır. Pilot uygulama için araştırmacıların bulundukları şehir olması, zaman ve maliyet avantajlarından dolayı Malatya Organize Sanayi Bölgesi’nde Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmaya kısmen veya tamamen başlamış işletmeler tercih edilmiştir.

Pilot uygulama sonucunda anket sorularının güvenirlik analizi alpha değeri 0,882 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) katsayısı, 0,738 bulunmuş ve Bartlett testi sonucu da 0,000 düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Bu doğrultuda güvenirlik analizi sonucunun 0,7’den yüksek olması ve anket sorularının geçerliliği için p değerinin 0,000 çıkması değişkenlerimizin analiz yapmaya uygun olduğunu göstermiştir. Araştırmacılara göre, KMO katsayısı 0 ile 1 arasında değer almaktadır. KMO’un 1 değerini alması değişkenlerin birbirlerini mükemmel bir şekilde, hatasız tahmin edebileceğini göstermektedir. Buna göre, 0,7 ile 0,8 arası değer “iyi” şeklinde yorumlandığı ifade edilmektedir (Durmuş vd., 2013: 80).

Pilot uygulama sonucunda anket sorularında anlaşılmayan veya yöneticilerle yapılan istişareler sonucunda farklı anlamlar yüklenebilecek anket sorularında düzeltmeler yapılmıştır. Teorik ile sahada ki gerçek uygulamalara göre sorulan sorulara yön verilmiştir ve araştırmaya başlanmıştır.

Veriler analiz edilmeden, ilk önce anket formların güvenilirlik analizi yapılmıştır. İlk olarak işletmelerin kurumsal bilgilerini gösteren bilgiler dışarıda tutularak, tüm anket formunun güvenilirlik analizi yapılmıştır. Buna göre anket formundaki soruların birbiriyle tutarlılığını ve güvenilirliğini ölçmek adına Cronbach Alpha güvenilirlik analizi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.2. Güvenilirlik Analizi

Güvenilirlik Analizi	Soru Sayısı	Alpha Değeri
E4.0 ve Örgütsel Performans Ölçeği	59	,874
E4.0 Ölçeği	41	,862
Örgütsel Performans Ölçeği	18	,883

Tablo 3.2’de sunulan güvenilirlik analizi sonuçları incelendiğinde, E4.0 ve örgüt performansını ölçmek için sorulan soruların güvenilirliği 0,874 olarak çıkmıştır. Cronbach’s Alpha değerinin 0,7 den yüksek olması güvenilirliğin yüksek olduğunun bir göstergesidir (Pallant, 2011).

E4.0 teknolojilerinin işletmelerde gerçekleştirilme düzeylerini ve olgunluğunu ölçen 41 soruluk anket formunun güvenilirliği 0,862’dir. Örgütsel performansa ait 18 soruluk anket formunun güvenilirliği ise 0,883’dür. Buna göre tüm alpha değerlerinin 0,7’den yüksek olması ile anket formlarının güvenilir ve tutarlı olduğunu tespit edilmiştir.

Tablo 3.3. KMO ve Bartlett Küresellik Testi Analizi

KMO and Bartlett's Test	
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	,726
Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square	2315,434
df	861
Sig.	,000

Tablo 3.3 incelendiğinde, anket formlarının yapı geçerliliğini gösteren KMO and Bartlett's Test sonuçlarına göre, anket sorularının geçerliliği için 0,726 değeri bulunmuş ve iyi düzeyde geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, sigma değerinin 0,000 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda anket formalarına ait açıklayıcı faktör analiz sonuçları aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.4. Endüstri 4.0 Anketi Açıklayıcı Faktör Analizi

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5,285	17,615	17,615	5,285	17,615	17,615	3,444	11,480	11,480
2	4,354	14,512	32,127	4,354	14,512	32,127	3,325	11,082	22,562
3	3,167	10,558	42,685	3,167	10,558	42,685	3,176	10,588	33,150
4	2,877	9,590	52,275	2,877	9,590	52,275	3,119	10,398	43,548
5	2,079	6,931	59,206	2,079	6,931	59,206	2,947	9,823	53,371
6	1,566	5,219	64,425	1,566	5,219	64,425	2,327	7,756	61,127
7	1,491	4,969	69,394	1,491	4,969	69,394	1,900	6,333	67,460
8	1,371	4,570	73,964	1,371	4,570	73,964	1,556	5,185	72,645
9	1,123	3,742	77,706	1,123	3,742	77,706	1,518	5,061	77,706

Faktör analizi açıklanan toplam varyans çıktısına göre, E4.0 teknoloji bileşenlerine ait ölçeğin özdeğeri 1’den büyük 9 faktör altında toplandığı görülmüştür. Buna göre, E4.0 teknoloji bileşenlerine ait olan anketin 9 boyuttan oluştuğu ve toplam varyansın %77,706’sını açıkladığı görülmektedir.

Tablo 3.5. Örgütsel Performans Anketi Açıklayıcı Faktör Analizi

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5,410	49,182	49,182	5,410	49,182	49,182	3,802	34,561	34,561
2	1,081	9,826	59,007	1,081	9,826	59,007	2,689	24,446	59,007

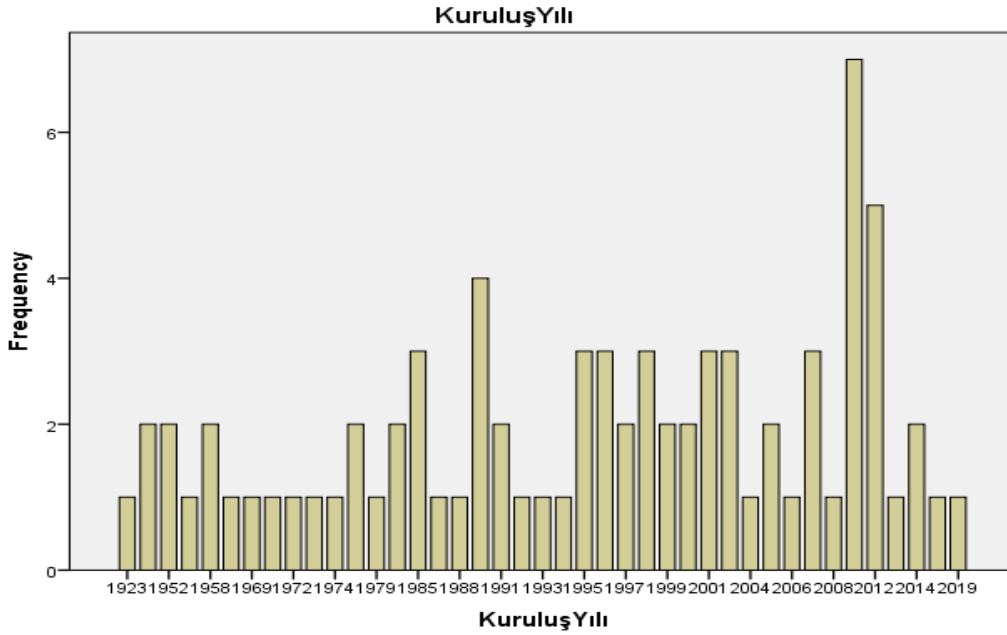
Faktör analizi açıklanan toplam varyans çıktısına göre, örgütsel performans anketine ait ölçeğin özdeğeri 1’den büyük 2 faktör altında toplandığı görülmüştür. Buna göre, örgütsel performansa ait olan anketin 2 boyuttan oluştuğu ve toplam varyansın %59,007’sini açıkladığı görülmektedir.

Faktör analizi ile anket formunun yapı geçerliliği ortaya konmaya çalışılmış, araştırmanın devamında anket soruları faktörlerine göre gruplanmayıp, topluca değerlendirmeye alınmıştır.

3.8.1. İşletmelerin Kurumsal Bilgilerine Ait Frekans ve Yüzdelere

Anket formlarının güvenilirlik analizi yapıldıktan sonra, işletmelerin kurumsal bilgilerini yansıtan sorulara dair tanımlayıcı istatistiklere bakılacaktır. Bu kapsamda ilk olarak işletmelerin kuruluş yılları dair veriler aşağıda grafikteki gibi gösterilebilir.

Şekil 3.3. İşletmelerin Kuruluş Yıllarına Ait Veriler



Şekil 3.3 incelendiğinde, örneklemimizi oluşturan işletmelerin büyük çoğunluğunu sektörde yıllardan beri var olan işletmeler oluşturmaktadır. Özellikle E4.0 teknolojilerini kullanma ve sürece adaptasyon açısından sektörde yer edinmiş ve yıllardan beri faaliyetlerine düzenli olarak devam eden işletmelerin daha avantajlı olduğu yapılan saha ziyaretleri kapsamında gözlemlenmiştir.

Araştırmamızda yer alan bu işletmelerin yönetim yapılarına dair veriler aşağıdaki tablo da gösterildiği gibidir.

Tablo 3.6. İşletmelerin Yönetim Yapısına Ait Frekans ve Yüzdelere

Yönetim Yapısı	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Aile Bireyleri	35	44,3	44,3
Aile Dışı Ortak	16	20,3	64,6
Profesyonel Yönetim	28	35,4	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.6 incelendiğinde, araştırmamızda yer alan 79 işletmenin %44,3' ünün aile işletmesi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, işletmelerin %20,3'ü aile bireylerinin yanında, dışardan ortaklarla, %35,4'ü ise profesyonel yöneticiler tarafından yönetilmektedir. İşletmelerin yönetim yapılarıyla ilgili gözlem sonuçlarını burada ifade edecek olursak, E4.0 konusunda Türkiye'de en iyi örneklerle sahip işletmelerin çoğunlukla profesyonel bir yönetime sahip olduğu karşımıza çıkmaktadır. Aile işletmelerinin ise, diğer aile işletmelerine nazaran daha kurumsallaşmış, işletmelerden oluştuğu, E4.0 konusunda önemli çalışmaları olan işletmeler olduğu söylenebilir. E4.0 konusunda önemli çalışmalar yapan işletmelerin cirolarını bilmekte yorumlama yapabilmemiz açısından önemlidir. Buna göre işletmelerin son 3 yıllık cirolarına ait veriler aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.7. İşletmelerin Son 3 Yıllık Ortalama Cirolarına Ait Frekans ve Yüzde

Ort. Ciro	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
1 milyon TL'den az	3	3,8	3,8
1-4 milyon TL	5	6,3	10,1
5-25 milyon TL	27	34,2	44,3
25 milyon TL'den fazla	44	55,7	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.7'deki veriler incelendiğinde, araştırmamızda yer alan işletmelerin ortalama cirolarının %55,7'sini 25 milyon TL ve üstünde gelir elde eden işletmeler oluşturmaktadır. Özellikle yıllık 125 milyon TL'nin üzerinde gelir elde eden bu işletmeler, cirolarına bağlı olarak büyük işletme sınıflandırmasına girmektedir. %34,2 ile bir sonraki çoğunluğu ise 5 ile 25 milyon TL arasında ortalama ciroya sahip işletmeler oluşturmaktadır.

Bu kapsamda, yöneticilerle yüz yüze yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bilgilere göre, araştırmamıza katılan işletmeler istikrarlı olarak kâr elde eden işletmelerden oluşmaktadır. Nitekim, dünyada ve Türkiye'de E4.0 konusunda öncü davranan işletmelerin, çoğunlukla sermaye yapısı güçlü ve istikrarlı olarak kâr elde eden ve düzenli olarak büyüyen işletmeler olduğu görülmektedir. Çünkü E4.0 teknolojileri ciddi bir emek ve sermaye yatırımı gerektirmektedir. Bu nedenle ilk etapta büyük

işletmelerin E4.0'a geçişi daha kolay olmaktadır. Özellikle Türkiye'de Arçelik, Vestel, Ford Otosan ve benzerleri gibi işletmeler bu duruma örnek verilebilir.

Araştırmamızda yer alan işletmelerin çalışan sayılarına ait veriler ise aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.8. İşletmelerin Çalışan Sayılarına Ait Frekans ve Yüzdelere

Çalışan Sayısı	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
10-49 kişi arası	13	16,5	16,5
50-249 kişi arası	25	31,6	48,1
250 kişi ve üzeri	41	51,9	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.8'deki çalışan sayılarına dair veriler incelendiğinde, araştırmamızda yer alan işletmelerin yarıdan fazlasını/ %51,9'unu 250 ve üzeri çalışana sahip büyük işletmeler oluşturmaktadır. Bu durum E4.0 teknolojilerine adaptasyon konusunda büyük işletmelerin daha iyi olduğunun da bir göstergesidir. Yapılan saha çalışmalarında bu işletmelerin çoğunluğunun yöneticiler tarafından 1000 ve üzeri çalışanları olduğu belirtilmiştir.

Diğer işletmelerin ise, %31,6'sını 50-249 çalışana sahip orta büyüklükteki işletmeler, %16'sını ise 10-49 arası çalışana sahip küçük işletmeler oluşturmaktadır. Araştırmamızda yer alan küçük işletmelerde teknolojilerin birçoğu henüz başlangıç aşamasındadır. Fakat buna rağmen, yaptıkları ufak yatırımlardan bile olumlu geri dönüşler aldıklarını belirtmişlerdir.

Araştırma kapsamında işletmelerde görüşme yaptığımız kişilerin pozisyonlarına ait veriler aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.9. Katılımcıların İşletmedeki Pozisyonlarına Ait Frekans ve Yüzdelere

Çalışılan Pozisyon	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Alt Yönetici	2	2,5	2,5
Orta Yönetici	30	38,0	40,5
Üst Yönetici	45	57,0	97,5
Diğer	2	2,5	100
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.9 incelendiğinde, görüşmelerin, %57 oranıyla üst yöneticilerle, %38 oranında orta yöneticilerle yapıldığı görülmektedir. Burada yer alan diğer pozisyon içindeki iki kişi ise konular hakkında bilgili mühendislerden oluşmaktadır. E4.0 konusunun stratejik bir konu olması ve örgütsel performansa dair bilgilerin en doğru alınabileceği yönetim düzeyinin üst yönetim olması, bu araştırmada üst yöneticilerle görüşülmesini gerektirmiştir. Nitekim, görüşmelerin yarısından fazlası üst yönetim ile birebir yapılmıştır.

Özellikle örgütsel performansı ölçümleme konusunda, işletme yöneticilerinin çekimser kaldığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, performans verilerini rakiplerle paylaşma ya da araştırmalarda yer almasına dair endişeler taşımalarından kaynaklanmaktadır. Bazı yöneticiler için örgütsel performans değerleri sır gibi görülmekte ve paylaşılmasının yanlış olduğu düşünülmektedir. Biz araştırmacıları saha da en çok zorlayan konu bu durum olmuştur. İşletme yöneticileri işletmelerinin kârlılık, maliyet, satış rakamları veya üretim miktarları gibi bilgilerini paylaşmak istememektedir. Bu nedenle bu rakamlar net değerleri ile değil, E4.0 teknolojilerini kullanmadan öncesine kıyasla yüzdelik artış ve azalış şeklinde verilmiştir. Bu nedenle üst yöneticiler ile araştırmacılar tarafından anket formundaki her bir soru dikkatle incelenerek ve yorumlanarak cevaplandırılmıştır.

Araştırmamıza katılan işletmelerin hukuki yapılarına dair veriler ise aşağıdaki gibi tablolandırılabilir.

Tablo 3.10. İşletmelerin Hukuki Yapılarına Ait Frekans ve Yüzdelere

Hukuki Yapı	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Tek Şahıs İşletmesi	5	6,3	6,3
Limited İşletme	25	31,6	38,0
Kollektif İşletme	2	2,5	40,5
Komandit İşletme	3	3,8	44,3
Anonim İşletme	44	55,7	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.10’da görüldüğü üzere, araştırmamıza katılan işletmeler %55,7 ile anonim, %31,6 ile limited işletme türündeki ortaklı sermaye işletmeleridir. Özellikle işletme içi ve dışı büyüme yöntemlerinde ve sermaye gerektiren yatırımlarda bu türdeki işletmelerin

diğer işletme türlerine göre daha kolay finansman sağladığı bilinmektedir. Buna göre E4.0'a geçiş konusunda bu hukuki türdeki sermaye işletmelerinin daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Araştırmamıza katılan işletmelerin faaliyet alanlarına veya sektörlerine dair veriler aşağıdaki gibi tablolaştırılabilir.

Tablo 3.11. İşletmelerin Faaliyet Alanlarına Ait Frekans ve Yüzdelere

Faaliyet Alanı	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Gıda	7	8,9	8,9
Tekstil	12	15,2	24,1
Çelik Kapı	18	22,8	46,8
Makina	10	12,7	59,5
Mobilya	22	27,8	87,3
Plastik	5	6,3	93,7
Diğer	5	6,3	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.11'de görüldüğü üzere, araştırmamıza katılan işletmelerin %22,8'i çelik kapı, %27,8'i ise mobilya alanlarında faaliyet göstermektedir. Kayseri Organize Sanayi için bu iki sektör oldukça önemlidir. Ana OSB'de yer alan yaklaşık 1200 işletmenin, yarısı bu iki sektöre aittir. OSB'nin ekonomik dinamikliği ve ihracat payında mobilya ve çelik kapı sektörlerinin payı büyüktür. Bununla birlikte, %15,2 ile tekstil, %12,7 ile makine sektörleri ve diğerleri araştırmamızda yer alan sektörlerdir.

E4.0 yatırımlarında ve çalışmalarında en önemli olan konu, işletmelerin yaptıkları ar-ge çalışmalarıdır. Kayseri Organize Sanayi Bölgesi ar-ge çalışmaları konusunda orta olgunlukta yer alan bir bölgedir. 2019 yılı itibarıyla on üç ar-ge merkezine sahiptir. Bu ar-ge merkezleri ile yeni teknolojiler ve ürün geliştirme ve yapılan bilimsel çalışmalar ile sanayi uygulamalarını birleştirmek adına faaliyetler yürütülmektedir. Bu ar-ge merkezlerine ek olarak işletmelerin kendi bünyelerinde yer alan ar-ge departmanının varlığı da E4.0 süreci için oldukça değerlidir. Bu kapsamda araştırmamıza katılan işletmelerin ar-ge departmanlarının varlığına dair veriler aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.12. İşletmelerin Ar-ge Departmanının Varlığına Dair Frekans ve Yüzdelere

Ar-Ge D. Varlığı	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Evet	72	91,1	91,1
Hayır	7	8,9	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.12'deki veriler incelendiğinde, araştırmamızda yer alan işletmelerin %91,1'inin ar-ge departmanı bulunduğu görülmektedir. Bu departmanlarda özellikle yeni ürün geliştirme, faaliyetleri ve ürün süreçlerini iyileştirme ve müşteri beklentilerine çözüm arayışlarına dair çalışmalar yapılmaktadır. Ar-ge departmanları olan işletmelerin E4.0 konusunda farkındalığı, ar-ge departmanı olmayan işletmelere göre oldukça yüksektir. Burada yer alan ve %8,9'luk paya sahip olan ar-ge departmanı olmayan işletmeler, çoğunlukla anketimize katılan küçük işletmelere ait verilerdir.

Ar-ge departmanlarında çalışabilecek çalışanların işletmelerde var olup olmadığı da bu araştırma için önem taşımaktadır. Nitekim burada bahsedilen E4.0 çalışanları, çoğunlukla mühendis çalışanları ifade etmektedir. Araştırmamıza katılan işletmelerin hepsinde E4.0 konusunda ve ar-ge departmanlarında çalışabilecek mühendis ve diğer çalışanlar bulunmaktadır.

Tablo 3.13. İşletmelerde E4.0 Konusunda Çalışabilecek Çalışanların Varlığına Dair Frekans ve Yüzdelere

E4.0 Çalışan Varlığı	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Evet	79	100,0	100,0
Toplam	79	100,0	

3.8.2. İşletmelerin E4.0 Olgunluk Düzeylerini Belirlemeye Yönelik Frekans ve Yüzdelere

Antalya Ticaret ve Sanayi Odası (2017) tarafından yapılan “Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti, Ölçeğin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulama Projesi” kapsamında, işletmelerin E4.0 konusunda farkındalık/olgunluk düzeylerini ölçmek için “Dışarıda Kalmış, Acemi, Orta Seviye, Tecrübeli, Uzman ve En İyi Uygulama Örneği” şeklinde bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırmayı temel alarak, Kayseri OSB'de

araştırmamızda yer alan işletmelerin E4.0 konusunda hangi aşamada veya olgunlukta olduğuna dair veriler aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.14. İşletmelerin E4.0 Aşamaları ve Olgunluk Düzeylerine Ait Frekans ve Yüzdelere

E4.0 Aşaması	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Dışarda kalmış	1	1,3	1,3
Acemi	13	16,5	17,7
Orta seviye	39	49,4	67,1
Tecrübeli	17	21,5	88,6
Uzman	9	11,4	100,0
En İyi Uygulama Örneği	0	0	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.14'deki veriler incelendiğinde, araştırmamız kapsamında yer alan işletmelerin, kendilerini E4.0 konusunda hangi aşamada gördüklerine dair sonuçlara bakıldığında, yaklaşık yarısının/%49,4 ile orta seviye olarak kendilerini tanımladıkları görülmektedir. Yine, %21,5 oran ile tecrübeli ve %11,4 ile uzman kategoride değerlendirilmektedirler. Anakütlemizde E4.0 teknolojilerini kullanan işletmelerin olduğu düşünülecek olursa, bu yüzdelere oldukça normaldir. Ayrıca, yöneticiler işletmelerinin E4.0 seviyesini ölçerken, tüm dünya örnekleri veya teoride nasıl olduğuyla değil, çevresindeki ve benzer işleri yapan diğer işletmelerle kıyaslayarak bu cevaplandırmaları yaptıkları gözlemlenmiştir. Bu durumda teoride olması gerekenden daha yüksek düzeyde E4.0 olgunluğuna sahip oldukları sonucunu doğurmuştur.

Bununla birlikte, E4.0 konusunda Kayseri OSB'nin tamamında E4.0 teknolojileri kullanan veya kullanmayan tüm işletmelerin olgunluk düzeyleri belirlenmek istenirse bu oranın düşeceği açıktır. Nitekim, Türkiye'nin bazı OSB'lerinde yapılan araştırmalarda, Antalya'da dahil olmak üzere, bu farkındalık düzeyinin "acemi" aşamasında olduğu belirtilmektedir.

İşletmelerin stratejik boyutta, ar-ge ve inovasyon hedeflerinin olup olmadığı ve bu hedeflerin içerisinde E4.0 hedeflerinin bulunup bulunmadığına dair sorulan sorulara işletmelerden aldığımız yanıtlar aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.15. İşletmelerin Tanımlı Ar-ge, İnovasyon ve E4.0 Hedeflerinin Varlığına Ait Frekans ve Yüzdelere

	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Stratejik Ar-ge ve İnovasyon Hedefleri			
Evet	79	100,0	100,0
Stratejik E4.0 Hedefleri			
Evet	79	100,0	100,0
Toplam	79	100,0	

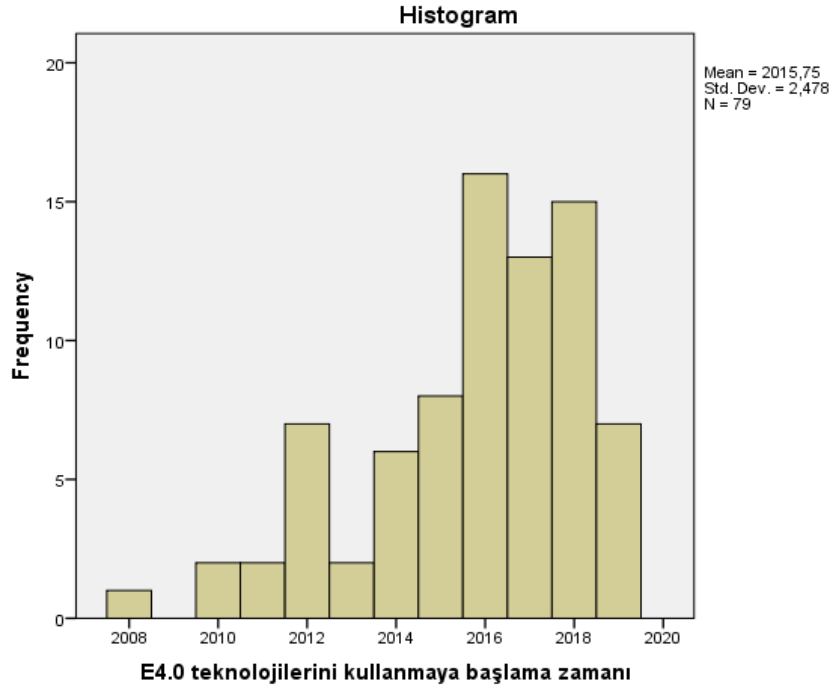
Tablo 3.15’te görüldüğü üzere, araştırmamızda yer alan işletmelerin tamamının tanımlı stratejik ar-ge, inovasyon ve E4.0 hedefleri bulunmaktadır. Bu durum işletmelerin E4.0 çalışmalarına verdiği önemin de bir göstergesidir. E4.0’ın işletmenin amaçları ve hedefleri arasında gösterilmesi, yöneticilerin ve çalışanların dikkatlerini amaca çekip, motivasyonlarını yükseltebilir.

Araştırmamızda yer alan işletmelerin E4.0 teknolojilerini ne zaman kullanmaya başladıklarına dair bir soru da sorulmuştur. Bu sorunun araştırma için önemi büyüktür. Nitekim bu soruya verilen cevap kapsamında, işletmelerin E4.0 teknolojilerini kullanmadan öncesine ve sonrasına dair örgütsel performans değişimlerine dair karşılaştırma yapılacaktır.

Tablo 3.16. İşletmelerin E4.0 Teknolojilerine Geçiş Zamanlarına Ait Frekans ve Yüzdelere

Yıllar	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
2008	1	1,3	1,3
2010	2	2,5	3,8
2011	2	2,5	6,3
2012	7	8,9	15,2
2013	2	2,5	17,7
2014	6	7,6	25,3
2015	8	10,1	35,4
2016	16	20,3	55,7
2017	13	16,5	72,2
2018	15	19,0	91,1
2019	7	8,9	100,0
Toplam	79	100,0	

Şekil 3.4. İşletmelerin E4.0 Teknolojilerini Kullanmaya Başlama Zamanı



Tablo 3.16 ve Şekil 3.4 incelendiğinde, araştırmamız kapsamında yer alan işletmelerin E4.0 teknolojilerini kullanmaya geçiş süreçleri yoğun olarak 2015 ve sonrası yıllarda olmuştur. E4.0 kavramının 2011 yılında ortaya çıktığı düşünüldüğünde bu tarihler oldukça önemlidir. Ayrıca, 2008, 2010 ve 2011 cevaplarını veren az sayıda ki işletmelerin çok önceden robot kollar, 3D baskı ve büyük veri gibi teknolojileri kullandığı gözlemlenmiştir ve bu nedenle işletmeler başlangıç tarihlerini daha erken belirtmişlerdir. Nitekim E4.0 sürecine ait teknolojiler, E4.0 kavramı ortaya çıkmadan da konuşulan ve kullanılan teknolojileri de içermektedir.

Araştırmamızda yer alan işletmelerin E4.0 teknolojilerinin hangilerini kullanıp kullanmadığı ve hangi aşamada olduklarına dair veriler ise aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 3.17. İşletmelerin Sahip Oldukları E4.0 Teknolojileri ve Kullanım Düzeyleri

Gerçekleştirilme Düzeyi	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Nesnelerin İnterneti (IoT)			
Uygulanmadı	1	1,3	1,3
Hazırlık Aşamasında	13	16,5	17,7
Başlangıç Aşamasında	12	15,2	32,9
Kısmen Uygulandı	25	31,6	64,6
Tamamen Uygulandı	28	35,4	100,0
Toplam	79	100,0	
Siber Fiziksel Sistemler (CPS)			
Uygulanmadı	1	1,3	1,3
Hazırlık Aşamasında	15	19,0	20,3
Başlangıç Aşamasında	16	20,3	40,5
Kısmen Uygulandı	23	29,1	69,6
Tamamen Uygulandı	24	30,4	100,0
Toplam	79	100,0	
Büyük Veri			
Uygulanmadı	1	1,3	1,3
Hazırlık Aşamasında	15	19,0	20,3
Başlangıç Aşamasında	9	11,4	31,6
Kısmen Uygulandı	24	30,4	62,0
Tamamen Uygulandı	30	38,0	100,0
Toplam	79	100,0	
Bulut Bilişim			
Uygulanmadı	10	12,7	12,7
Hazırlık Aşamasında	17	21,5	34,2
Başlangıç Aşamasında	14	17,7	51,9
Kısmen Uygulandı	21	26,6	78,5
Tamamen Uygulandı	15	19,0	97,5
5 Yıl İçinde Uygulanacak	2	2,5	100,0
Toplam	79	100,0	
Robotik Uygulamalar			
Uygulanmadı	10	12,7	12,7
Hazırlık Aşamasında	12	15,2	27,8
Başlangıç Aşamasında	3	3,8	31,6
Kısmen Uygulandı	34	43,0	74,7
Tamamen Uygulandı	18	22,8	97,5
5 Yıl İçinde Uygulanacak	2	2,5	100,0
Toplam	79	100,0	
3 Boyutlu Baskı/Yazıcı			
Uygulanmadı	16	20,3	20,3
Hazırlık Aşamasında	19	24,1	44,3
Başlangıç Aşamasında	10	12,7	57,0
Kısmen Uygulandı	10	12,7	57,0
Tamamen Uygulandı	13	16,5	98,7
5 Yıl İçinde Uygulanacak	1	1,3	100,0
Toplam	79	100,0	
Arttırılmış Gerçeklik (AG)			
Uygulanmadı	11	13,9	13,9
Hazırlık Aşamasında	14	17,7	31,6
Başlangıç Aşamasında	11	13,9	45,6
Kısmen Uygulandı	28	35,4	81,0
Tamamen Uygulandı	14	17,7	98,7
5 Yıl İçinde Uygulanacak	1	1,3	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.17’de verilen bilgiler üzerine, işletmelerin E4.0 teknolojilerinin tamamını kullanmadığı görülmektedir. Her işletmenin kendi sektörü, faaliyet alanı ve yaptığı işe göre ihtiyaç duyduğu teknoloji farklıdır. Örneğin, araştırmamızda yer alan tekstil işletmelerinde 3 boyutlu yazıcıya ihtiyaç duyulmazken, makine sektöründe yer alan işletmelerde 3 boyutlu yazıcı teknolojisi oldukça önemlidir. Buna göre, araştırmamızda yer alan işletmelerin sahip oldukları teknolojiler ve bunların gerçekleştirilme düzeyi yukarıda gösterildiği gibidir. Özellikle, veriler incelendiğinde, işletmelerin CPS %59, IoT %67 ve büyük veri %68 gibi oranlarla teknolojileri kısmen ya da tamamen kullanmaya başladıkları görülmektedir.

İnternet alt yapısıyla gerçek dünya ile sanal dünyanın birbirine bağlanması ve verilerin elde edilmesine dayalı olan CPS, IoT ve büyük veri teknolojileri hemen hemen farklı sektörlerde kullanılan ortak teknolojilerdir. Bununla birlikte robotik uygulamalar, 3D yazıcı gibi teknolojiler işletmelerin faaliyet alanlarına göre farklılık göstermektedir. Bulut bilişim teknolojisi en az kullanılan teknoloji olmakla birlikte, arttırılmış gerçeklik teknolojisinin çoğu işletme de kullanıldığı ve çoğunlukla da eğitim amaçlı kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, her işletmenin aynı teknolojileri farklı şekillerde kullandığı da görülmektedir. Örneğin, bazı işletmeler standart bir üç boyutlu yazıcı kullanırken, bazı işletmeler kendi ürünlerine göre üç boyutlu yazıcılarını tasarlamıştır. Yine bazı işletmeler büyük veri için sadece internet sayfalarındaki ve sosyal medya hesaplarındaki verileri kullanırken, bazı işletmeler makinelerin sensörlerden ürettikleri verileri kullanmaktadır.

Her işletmenin teknolojilere ait kullandıkları yazılımlar, donanımlar ve ekipmanlar değişmektedir. Bu kapsamda, işin mühendislik kısmına giren bu ayrıma göre bu araştırma için bir inceleme yapılmamıştır.

E4.0 teknolojilerinin her birine dair temel uygulamalar ve bu uygulamaların işletmelerde ne düzeyde gerçekleştirildiğine dair alt değişkenlere ait frekans ve yüzdeler ise aşağıdaki gibi tablolastırılabilir.

Tablo 3.18. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Alt Uygulamalarına Ait Frekans ve Yüzdelere

E4.0 Teknoloji Bileşenleri	Ortalama	Standart Sapma	Gerçekleştirilmedi		Hazırlık Aşamasında		Fikrim Yok		Kısmen Gerçekleştirildi		Tamamen Gerçekleştirildi		
			F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	
Nesnelerin İnterneti (IoT)													
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur.	4,54	,903	5	6,3	14	17,7	1	1,3	23	29,1	36	45,6	
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır.	4,63	,624	0	0	2	2,5	0	0	23	29,1	54	68,4	
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır.	4,25	1,103	2	2,5	9	11,4	1	1,3	22	27,5	45	57,0	
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır.	4,15	1,145	5	6,3	5	6,3	1	1,3	30	38	38	48,1	
Siber Fiziksel Sistemler (CPS)													
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur.	3,33	1,366	9	11,4	21	26,6	0	0	33	41,8	16	20,3	
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır.	3,47	1,413	8	10,1	20	25,3	2	2,5	25	31,6	24	30,4	
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir.	3,87	1,265	5	6,3	12	15,2	2	2,5	29	36,7	31	39,2	
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur.	3,90	1,326	5	6,3	14	17,7	1	1,3	23	29,1	36	45,6	
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur.	4,05	1,239	5	6,3	9	11,4	1	1,3	26	32,9	38	48,1	
Büyük Veri													
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır.	4,41	,994	2	2,5	5	6,3	2	2,5	20	25,3	50	63,3	
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir.	4,32	,941	1	1,3	6	7,6	2	2,5	28	35,4	42	53,2	
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır.	4,16	1,006	0	0	11	13,9	1	1,3	31	39,2	36	45,6	
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır.	4,14	1,034	1	1,3	10	12,7	1	1,3	32	40,5	35	44,3	
Bulut Bilişim													
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır.	3,16	1,523	15	19	20	25,3	1	1,3	23	29,1	20	25,3	
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır.	3,06	1,564	17	21,5	21	26,6	2	2,5	18	22,8	21	26,6	
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır.	3,28	1,593	18	22,8	12	15,2	4	5,1	20	25,3	25	31,6	
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler.	3,06	1,488	14	17,7	24	30,4	2	2,5	21	26,6	18	22,8	

Tablo 3.18. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Alt Uygulamalarına Ait Frekans ve Yüzdelere (Devamı)

E4.0 Teknoloji Bileşenleri	Ortalama	Standart Sapma	Gerçekleştirilmedi		Hazırlık Aşamasında		Fikrim Yok		Kısmen Gerçekleştirildi		Tamamen Gerçekleştirildi	
			F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Robotik Uygulamalar												
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır.	3,54	1,534	16	20,3	7	8,9	1	1,3	28	35,4	27	34,2
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir.	3,08	1,448	17	21,5	16	20,3	2	2,5	32	40,5	12	15,2
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır.	3,51	1,458	13	16,5	11	13,9	1	1,3	31	39,2	23	29,1
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir.	3,53	1,422	13	16,5	9	11,4	1	1,3	35	44,3	21	26,6
Üç Boyutlu Yazıcı												
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır.	2,52	1,376	21	26,6	31	39,2	0	0	19	24,1	8	10,1
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur.	2,22	1,247	28	35,4	29	36,7	2	2,5	17	21,5	3	3,8
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır.	2,30	1,314	27	34,2	28	35,4	2	2,5	17	21,5	5	6,3
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır.	2,32	1,296	27	34,2	27	34,2	1	1,3	21	26,6	3	3,8
Arttırılmış Gerçeklik (AG)												
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır.	4,16	1,265	5	6,3	9	11,4	0	0	19	24,1	46	58,2
İşletmemizde arttırılmış gerçeklik cihazları (sanal gerçeklik gözlüğü, optik projeksiyon sistemleri, monitörler, el ya da insan vücuduna takılan görüntüleme cihazları vb.) kullanılmaktadır.	3,61	1,295	7	8,9	13	16,5	6	7,6	31	39,2	22	27,8
İşletmemizde arttırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır.	3,51	1,386	9	11,4	16	20,3	2	2,5	30	38	22	27,8
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir.	3,78	1,278	6	7,6	12	15,2	2	2,5	32	40,5	27	34,2

Araştırmamızın bağımsız değişkenlerini oluşturan E4.0 teknolojileri ve bu teknolojilerin alt uygulamalarına verilen cevaplar oldukça önemlidir. Tablo 3.18'teki verilere bakıldığında, IoT teknolojisi ve alt uygulamalarına verilen cevapların, sırasıyla %76, %99, %84 ve %86 oranlarında uygulamaların işletmelerde kısmen ve tamamen gerçekleştirildiği sonucu görülmektedir. CPS teknolojisi ve alt uygulamalarına bakıldığında, sırasıyla, %62, %62, %76, %75 ve %80 oranlarında kısmen ve tamamen gerçekleştirildiği, büyük veri ve alt uygulamalarının ise işletmelerde, sırasıyla %88, %89, %85 ve %85 oranlarında kısmen ve tamamen uygulandığı görülmektedir. Daha önceden

bahsedildiği gibi, bu üç teknoloji sektör ve faaliyet alanı farklılığı gözetmeden araştırmamıza katılan şletmelerin sahip oldukları ortak teknolojiler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bulut bilişim ve alt uygulamalarına verilen cevaplar sırasıyla, %65, %49, %56 ve %49 oranlarında şletmelerde kısmen ve tamamen uygulandığı şeklindedir. Robot uygulamalar, sırasıyla, %70, %56, %68 ve %70 oranlarında şletmelerde kısmen ve tamamen uygulanmaya başlamıştır. E4.0 teknolojileri içerisinde şletmelerde en az karşımıza çıkan teknoloji üç boyutlu yazıcı teknolojisidir. Alt uygulamalarında verilen cevaplarda %%34, %25, %28 ve %29 oranların kısmen ve tamamen kullandığı görölmektedir. %34 gibi bir oranla da hazırlık ve başlangıç aşamasında olduğuna dair cevaplar alınmıştır. Son olarak AG teknolojisine ait alt uygulamalara verilen cevaplarda, sırasıyla, %82, %67, %65 ve %75 oranlarında şletmelerde kısmen ve tamamen uygulandığı belirtilmiştir. Yöneticilerle yapılan yüz yüze görüşmelerde, yöneticiler bu teknolojiyi en çok eğitimlerde ve ürün sürecini önceden tahmin edebilme gibi durumlarda kullandıklarını belirtmişlerdir.

Tablo 3.19. Faaliyet Alanlarına Göre İşletmelerin Kullandıkları Endüstri 4.0 Teknolojileri

Faaliyet Alanlarına Göre Kullanılan E4.0 Teknolojileri							
	Teknolojiler	Uygulanmadı	Hazırlık Aşamasında	Başlangıç Aşamasında	Kısmen Uygulandı	Tamamen Uygulandı	Toplam
Gıda	Siber Fiziksel Sistemler	0	2	3	1	1	7
	Nesnelerin İnterneti	0	0	1	4	2	7
	Büyük Veri	0	1	0	3	3	7
	Bulut Bilişim	0	0	1	6	0	7
	Üç boyutlu yazıcı	0	3	2	2	0	7
	Robotik Uygulamalar	1	0	0	4	2	7
	Arttırılmış Gerçeklik	0	1	2	4	0	7
Mobilya	Siber Fiziksel Sistemler	1	5	2	6	8	22
	Nesnelerin İnterneti	0	5	4	3	10	22
	Büyük Veri	0	7	4	1	10	22
	Bulut Bilişim	5	5	3	2	7	22
	Üç boyutlu yazıcı	5	8	1	3	5	22
	Robotik Uygulamalar	6	3	0	7	6	22
	Arttırılmış Gerçeklik	4	3	3	5	7	22
Çelik Kapı	Siber Fiziksel Sistemler	0	1	2	7	8	18
	Nesnelerin İnterneti	1	1	2	7	7	18
	Büyük Veri	0	1	2	8	7	18
	Bulut Bilişim	1	4	6	6	1	18
	Üç boyutlu yazıcı	5	1	3	6	3	18
	Robotik Uygulamalar	1	2	2	10	3	18
	Arttırılmış Gerçeklik	5	4	2	7	0	18
Tekstil	Siber Fiziksel Sistemler	0	2	3	5	2	12
	Nesnelerin İnterneti	0	3	3	4	2	12
	Büyük Veri	1	1	2	4	4	12
	Bulut Bilişim	2	4	2	2	2	12
	Üç boyutlu yazıcı	3	4	2	2	1	12
	Robotik Uygulamalar	1	5	0	4	2	12
	Arttırılmış Gerçeklik	2	2	1	4	3	12
Makina	Siber Fiziksel Sistemler	0	2	3	3	2	10
	Nesnelerin İnterneti	0	1	0	4	5	10
	Büyük Veri	0	2	0	5	3	10
	Bulut Bilişim	0	4	2	2	2	10
	Üç boyutlu yazıcı	2	1	2	3	2	10
	Robotik Uygulamalar	0	0	1	5	4	10
	Arttırılmış Gerçeklik	0	1	2	4	3	10
Plastik	Siber Fiziksel Sistemler	0	1	3	0	1	5
	Nesnelerin İnterneti	0	1	2	2	0	5
	Büyük Veri	0	1	1	2	1	5
	Bulut Bilişim	1	0	0	3	1	5
	Üç boyutlu yazıcı	0	1	0	3	1	5
	Robotik Uygulamalar	0	1	0	3	1	5
	Arttırılmış Gerçeklik	0	1	1	2	1	5
Diğer	Siber Fiziksel Sistemler	0	2	0	1	2	5
	Nesnelerin İnterneti	0	2	0	1	2	5
	Büyük Veri	0	2	0	1	2	5
	Bulut Bilişim	1	2	0	0	2	5
	Üç boyutlu yazıcı	1	2	0	1	1	5
	Robotik Uygulamalar	1	3	0	1	0	5
	Arttırılmış Gerçeklik	0	3	0	2	0	5

Tablo 3.19 incelendiğinde, işletmelerin faaliyet alanlarına göre kullandıkları teknolojilere dair şu yorumlamalar yapılabilir; Gıda sektöründe E4.0 teknolojilerinin henüz tam anlamıyla uygulanmaya başlanmadığı ve kısmen uygulandığı, bu uygulamaların ise çoğunlukla, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve arttırılmış gerçeklik teknolojisi olduğu görülmektedir. Mobilya sektöründe, teknolojilerin büyük oranda kısmen ve tamamen kullanıldığı görülmektedir. Özellikle nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, büyük veri ve robotik teknolojileri daha çok kullanılmaktadır. Çelik kapı sektöründe, teknolojilerin kısmen ve tamamen kullanıldığı ve çoğunlukla da nesnelerin interneti, büyük veri, siber fiziksel sistemler, üç boyutlu yazıcı ve robotik teknolojilerin kullanıldığı görülmektedir. Makina sektöründe, teknolojilerin başlangıç ve kısmen uygulanma aşamasında olduğu, çoğunlukla da nesnelerin interneti, büyük veri, robot uygulamalar ve arttırılmış gerçeklik teknolojilerini kullandıkları görülmektedir. Plastik sektöründe teknolojiler başlangıç ve kısmen uygulanma aşamasındadır ve en fazla bulut, üç boyutlu yazıcı ve robot teknolojilerin kullanıldığı görülmektedir. Diğer az sayıdaki sektörlerde ise siber fiziksel istemler, nesnelerin interneti ve büyük veri gibi teknolojilerin kullanıldığı görülmektedir.

Tablo 3.19 incelenirken şu noktaya da dikkat etmekte fayda olacaktır; yöneticiler işletmelerini değerlendirirken ve anketleri cevaplandırırken, işletmelerini sahiplenmeleri, objektif davranmakta zorlanmaları veya marka imajlarının bozulacağı endişelerini taşıyabilir. Bu nedenle teknolojileri kullanma noktasında, gözlemlerimize göre, sektörde benzer işleri yapan diğer işletmelerle kendilerini kıyaslayarak cevaplandırmada bulunmuşlardır. Bu bağlamda bazı teknolojiler belki de henüz kısmen veya başlangıç aşamasında olmasına rağmen tamamen uygulandığı düşüncesinden hareketle rakamların yüksek çıkmış olabileceği düşünülmektedir.

E4.0 konusunda araştırma yaparken ve yöneticilerle görüşürken E4.0'a geçiş konusunda kendilerini zorlayan birçok nedenin olduğuna dair cevaplar alınmıştır. Her işletmenin kendi özelliklerine göre, karşı karşıya kaldıkları engeller veya sorunlar farklılaşmaktadır. Bu nedenle anket formuna bu konuya dair soru eklenme ihtiyacı hissedilmiştir. Tablo 3.20'da işletmelerin E4.0 konusunda kendilerini en çok zorlayan nedene/soruna dair frekans ve yüzdelere gösterilmiştir.

Tablo 3.20. İşletmeleri E4.0 Konusunda En Fazla Zorlayan Nedenlere Ait Frekans ve Yüzdelere

Nedenler	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Finans Yetersizliği	6	7,6	7,6
Bilgi Eksikliği	9	11,4	19,0
Nitelikli Çalışan Yokluğu	35	44,3	63,3
Siber Güvenlik	6	7,6	70,9
Standartlaşmama	6	7,6	78,5
Araştırma ve Eğitim Maliyetleri	16	20,3	98,7
Diğer	1	1,3	100,0
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.20’deki veriler incelendiğinde, araştırmamız içerisinde yer alan işletmeleri E4.0 konusunda en çok zorlayan nedenler, %44,3 oranıyla nitelikli çalışan yokluğu ve %20 oranıyla araştırma ve eğitim maliyetleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitelikli çalışan yokluğu, sadece E4.0 konusunda değil, hemen hemen her konu da ve işte işletmelerin en önemli sorunları içerisinde yer almaktadır. Bugün farklı bir konuda araştırma yapıldığında ve işletmelere sorunları sorulduğunda, yine nitelikli çalışan yokluğu cevabının alınacağı düşünülmektedir. E4.0 kavramı henüz yeni olmakla birlikte, işletmelerdeki başta mühendisler olmak üzere mevcut çalışanlar değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Gerekli teorik ve uygulamalı eğitimler ile çalışanlar bilgilendirilmesi gerekebilir. Bunlara ek olarak, eğitimde, milli eğitim ve yükseköğretim tarafından nitelikli elamanı yetiştirecek müfredatların oluşturulması da gündeme alınması gereken önemli bir konudur.

İşletmelerin bir diğer önemli sorunu ise, araştırma ve eğitim maliyetleridir. E4.0 yoğun bir ar-ge çalışması gerektirmektedir ve bundan dolayı işletmeleri zorlamaktadır. Ayrıca ar-ge çalışmaları veya diğer gelişmeler sonucunda ortaya çıkan yeni koşullar içinde çalışanların eğitilmesi, E4.0 konusunda nitelikli hale getirilmesi için işletmelerin belli bir kaynak ayırması gerekmektedir. Yöneticilerle yapılan görüşmelerde, bu konuya ilişkin ortak endişeler şu şekildedir; “E4.0 için yapılan yatırımlar ilk aşamada oldukça maliyetlidir, yatırımın geri dönüşü uzun vadedir, fayda yaratıp yaratmayacağı belli değildir, mevcut düzeni değiştirip yeniliğe gitmek risklidir”. Dolayısıyla araştırma ve geliştirme yapmak bir sorun teşkil edebilir.

İşletmelerin yenilik konusunda en büyük sorunu olan finans yetersizliğinin bu araştırmada oranının %7,6 gibi düşük bir oranla çıkmasının nedeni ise, araştırmamızda yer alan işletmelerin, çoğunluğunun büyük ölçekli işletme olmasından ve bu cevabı kendilerine uygun bulmamalarından kaynaklanmaktadır.

Aynı zamanda E4.0 kavramı ile daha da popüler hale gelen ve bir sorun olan siber güvenlik konusunda araştırmamızdaki işletmelerin ne aşamada olduğu da merak uyandırmıştır. İşletmelerin E4.0'a olan adaptasyonları arttıkça, siber güvenliğe vermesi gereken önemin dereceside artmak zorundadır. İşletme bilgilerinin internet alt yapısında saklanması, üretim süreçlerinin sanal ortamlarda dijital ikizlerinin olması, işletmenin tüm departmanlarında internet teknolojilerini kullanması ve veriler üretmesi, işletmeleri siber saldırılara açık hale getirmektedir. Dolayısıyla işletmeler kendilerini korumak adına siber önlemler almak zorunda kalmaktadır. Bu nedenle işletmelerin siber güvenlik tedbir düzeylerini öğrenmek için anket formuna soru eklenmiş ve verilen cevaplara ilişkin bilgiler aşağıdaki gibi tablolastırılmıştır.

Tablo 3.21: İşletmelerin Siber Güvenlik Tedbir Düzeylerine Yönelik Frekans ve Veriler

Tedbir Düzeyi	Frekans	Yüzde (%)	Toplam Yüzde(%)
Güvenlik Yok	3	3,8	3,8
Düşük	9	11,4	15,2
Orta Seviye	40	50,6	65,8
Yüksek	19	24,1	89,9
Çok yüksek	6	7,6	97,5
Toplam	79	100,0	

Tablo 3.21 incelendiğinde, araştırmamızda yer alan işletmelerin siber güvenlik konusunda önemli çalışmaları olduğu gözlemlenmiştir. Verilen cevaplara bakıldığında, işletmelerin %50,6'sının orta seviye, %24,1'inin ise yüksek seviyede siber güvenlik konusunda tedbir aldıkları görülmüştür. Bu sonuçlar, işletmelerin E4.0 konusuna verdikleri önemin ve işletmelerine kurdukları internet alt yapısını güvence altına almaya çalıştıklarının da bir göstergesidir.

3.8.3. İşletmelerin Örgütsel Performanslarını Ölçümlemeye Yönelik Frekans ve Yüzdelere

Tablo 3.22. İşletmelerin Nitel Örgütsel Performans Ölçüm Kriterlerine Ait Cevapların Frekans ve Yüzdelere

Nitel Örgütsel Performans Ölçüm Kriterleri	Ortalama	Standart Sapma	Kesinlikle Katılmıyorum		Katılmıyorum		Fikrim Yok		Katılıyorum		Kesinlikle Katılıyorum	
			F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
E4.0 teknolojileri ürün kalitemizi arttırmaktadır.	4,53	,765	1	1,3	1	1,3	4	5,1	22	27,8	51	64,6
E4.0 teknolojileri ile üretim süreçlerinde iyileşme sağlanmaktadır.	4,72	,479	0	0	0	0	1	1,3	20	25,3	58	73,4
E4.0 teknolojileri müşterilerden gelen olumlu geri bildirimleri arttırmıştır.	4,76	,459	0	0	0	0	1	1,3	17	21,5	61	77,2
E4.0 teknolojileri karar almada etkinlik sağlamaktadır.	4,73	,445	0	0	0	0	0	0	21	26,6	58	73,4
E4.0 teknolojileri örgüt içi iletişimi arttırmaktadır.	4,57	,654	0	0	1	1,3	4	5,1	23	29,1	51	64,6
E4.0 teknolojileri çalışanların çalışma kalitesini ve iş güvenliğini arttırmaktadır.	4,71	,484	0	0	0	0	1	1,3	21	26,6	57	72,2
E4.0 teknolojileri ürün üretim ve teslimat hızını arttırmaktadır.	4,71	,484	0	0	0	0	1	1,3	21	26,6	57	72,2
E4.0 teknolojileri işletmenin verimliliğini arttırmaktadır.	4,75	,438	0	0	0	0	0	0	20	25,3	59	74,7
E4.0 teknolojileri işletmelerin rekabet gücünü arttırmaktadır.	4,72	,505	0	0	0	0	2	2,5	18	22,8	59	74,7
E4.0 teknolojileri işletmenin piyasadaki imajını arttırmaktadır	4,73	,499	0	0	0	0	2	2,5	17	21,5	60	75,9
E4.0 teknolojileri enerji verimliliğini arttırmaktadır.	4,75	,466	0	0	0	0	1	1,3	18	22,8	60	75,9

Tablo 3.22 incelendiğinde, E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütsel performansı iyileştirdiğine (özellikle süreç ve ürün kalitesi konusunda) dair sorduğumuz sorulara, katılımcıların büyük çoğunluğunun “katılıyorum, kesinlikle katılıyorum” cevaplarını verdikleri görülmektedir.

Araştırmamız kapsamında üst düzey yöneticilerle yaptığımız yüzyüze görüşmelerde, yöneticiler E4.0’ın işletmeler için ciddi getirileri olduğunu belirtmişlerdir. Yöneticilerin bu konuda verdiği cevapları değerlendirmek adına, Tablo 3.22’de verilere bakıldığında; yöneticiler, E4.0 teknolojilerinin; %92 oranla ürün kalitesini arttırdığını,

%93 oranla üretim süreçlerinde iyileşme sağladığını ve müşterilerden olumlu geri dönüş aldıklarını belirtmişlerdir. E4.0 teknolojileri ile daha kaliteli, daha standart, hata oranı daha az ürünler üretilmektedir. Aynı zamanda üretimin hızı da kullanılan teknolojilerden dolayı artmaktadır. Yöneticiler %99 oranla E4.0 teknolojilerinin üretim ve teslimat hızını arttırdığını belirtmiştir. Özellikle IoT, CPS, AG ve robot teknolojileri bu duruma imkan sağlamaktadır. Ayrıca, internet alt yapısı, işletme boyunca uçtan uca entegrasyon, bulut bilişim gibi teknolojiler sayesinde örgüt içi iletişim kanallarında da etkinlik sağlanmaktadır. Yöneticiler %94 oranla E4.0 teknolojilerinin örgüt içi iletişimi arttırdığı belirtilmiştir.

E4.0 teknolojileri üretim süreçlerinde verimliliği arttırmaya çalışırken, bir yandan da çalışanların çalışma yaşam kalitelerini ve iş güvenliklerini de arttırmaktadır. Özellikle tehlikeli çalışma alanlarında robotların çalışması, işletmeye uzaktan erişim, evden çalışabilme, iş yerinde her türlü teknolojik ekipmana sahip olma, AG teknolojisi ile eğlenceli, yaratıcı ve zengin eğitimler gibi durumlardan dolayı çalışma yaşamı kalitesi ve iş güvenliği yükselmektedir. Bu konuda yöneticilerden alınan cevapların oranı %99'la 'katılıyorum' şeklindedir.

İşletme yöneticilerin %100/tamamı E4.0 teknolojilerinin karar alma da etkinlik sağladığını ve işletme verimliliğini arttırdığını belirtmiştir. Büyük veri, IoT, CPS gibi teknolojiler ile fiziksel üretimin sanal ortamdan takip edilmesi, verilerin anlık alınması yöneticilerin daha doğru ve isabetli karar almalarına yardımcı olmaktadır. E4.0 teknolojileri işletmelerin verimliliği artmakta, maliyet ve kalite avantajlarına sahip olarak rekabet güçleri yükselmektedir. Yöneticiler %97 oranla E4.0 teknolojilerinin rekabet güçlerini ve piyasadaki imajlarını arttırdığını belirtmiştir. Ayrıca, E4.0 teknolojilerinin doğa dostu olması, etkin kaynak kullanımı ve üretim süreçlerini yalınlaştırarak kaynak israfına engel olması gibi faydalarından dolayı işletmenin enerji verimliliğini de yükselttiğine %99 oranla yöneticiler olumlu cevap vermiştir.

Tablo 3.23. İşletmelerin Nicel Örgütsel Performans Ölçüm Kriterlerine İlişkin Cevapların Frekans ve Yüzdelik Dağılımları

Üretim Hızı	Kapasite	Kişi başına Üretim Miktarı	Üretim Miktarı	Satışlar	Maliyet	Kârlılık	Nicel Örgütsel Performans Kriterleri		Ortalama		Standard sSapma	Azalmıştır						Artmıştır																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
												%1-5		%6-10		%11-20		%21-30		%31 ve üstü		%1-5		%6-10		%11-20		%21-30		%31 ve üstü																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
												F	%	F	%	F	F	%	F	%	F	F	%	%	F	%	%	%	F	%	F	%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
8,38	7,90	8,47	8,11	7,22	3,43	7,47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Tablo 3.23'te işletmelerin nicel performans değerlerini ölçümlemek amacıyla, yüzdesel aralıklarla sorduğumuz sorulara yöneticilerin verdiği cevaplar incelendiğinde, şu sonuçlar karşımıza çıkmaktadır: Yöneticiler, E4.0 teknolojilerinin, yaklaşık %90

oranla karlılığı ve satışları, %100 oranla/tamamı üretim miktarı, kişi başına üretim miktarı, kapasite ve üretim hızını arttırdığını, %88 oranla maliyetlerini azalttığını belirtmişlerdir. Araştırmıza katılan yöneticiler E4.0'ın işletmelerinde yaratacağı faydaların farkındadır. Fakat, burada belirtmek gerekirse yöneticiler şu konuda hem fikirdir: E4.0 teknolojilerine yapılan yatırımlardan kısa vadede büyük kazançlar beklemek yanlıştır. E4.0 bir süreçtir, sabır, emek ve çalışma gerektirir. Düzenli olarak yatırımlara devam edildiğinde, işletme süreçleri ve çalışanları E4.0 için uyumlaştırıldığında E4.0 uzun vadede çok büyük bir potansiyele sahiptir.

3.8.4. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgütsel Performansa Etkilerine Yönelik Regresyon Analizi Bulguları

Bu başlık altında, araştırmanın bağımsız değişkeni olan E4.0 teknolojilerinin (IoT, CPS, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu yazıcı, robot uygulamalar ve AG), araştırmanın bağımlı değişkenleri olan kârlılık, maliyet, satışlar, üretim miktarı, kişi başına üretim miktarı, kapasite ve üretim hızına olan etkileri regresyon analizi kurularak modeller oluşturulacaktır.

Bu araştırma da regresyon analizi kullanmamızın temel amacı, işletmelerin sahip oldukları E4.0 teknolojilerin örgüt performansına ne gibi etkileri olduğunu ortaya koymak ve model oluşturmak için, katsayıların tahminini yapmaktır. Regresyon analizi, bir bağımlı değişkenin, bağımsız değişken/değişkenler tarafından nasıl açıklandığını belirlemeye çalışır. Birden fazla bağımsız değişken olduğunda çoklu doğrusal regresyon analizi kullanılır (Durmuş vd., 2013: 154). Bu kapsamda, araştırmanın bağımsız değişkeni olan E4.0 teknolojilerinin tek tek değil, toplu olarak bağımlı değişkenlere etkisi çoklu doğrusal regresyon analizi ile incelenecektir.

3.8.4.1. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Kârlılıkla İlgili Regresyon Bulguları

Tablo 3.24. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Kârlılık Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi

Model	R	R ²	Adj. R ²	Tah. Std. Hata
1	,771	,594	,353	1,172

Anova

Model	SS	df	M. squra	F	Sig.
Regresyon	98,365	29	3,392	2,469	0,003
Resudial	67,306	49	1,374		
Toplam	165,671	78			

Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayı		Standart Katsayı	T	Sig .
	B	S.hata	Beta		
Sabit	3,426	1,625		2,108	,040
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur (X ₁)	,248	,141	,233	1,765	,044
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır (X ₂)	,170	,146	,164	1,163	,251
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir(X ₃)	-,017	,261	-,015	-,066	,948
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur(X ₄)	-,053	,253	-,048	-,208	,836
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur(X ₅)	-,193	,341	-,164	-,566	,574
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur. (X ₆)	,472	,219	,292	2,154	,036
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır. (X ₇)	,206	,344	,088	,599	,552
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır. (X ₈)	-,154	,204	-,116	-,755	,454
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır. (X ₉)	,072	,203	,056	,353	,025
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır. (X ₁₀)	,251	,234	,171	1,074	,288
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir. (X ₁₁)	,140	,266	,090	,527	,601
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır. (X ₁₂)	-,420	,265	-,289	-1,581	,120
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır. (X ₁₃)	,349	,241	,248	1,445	,045
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır. (X ₁₄)	-,143	,184	-,149	-,777	,441
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır. (X ₁₅)	-,241	,206	-,259	-1,168	,248
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır. (X ₁₆)	-,160	,152	-,175	-1,054	,297
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler. (X ₁₇)	,351	,218	,359	1,612	,113
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır. (X ₁₈)	-,122	,186	-,115	-,658	,013
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur. (X ₁₉)	-,059	,265	-,050	-,222	,825
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır. (X ₂₀)	-,009	,240	-,008	-,036	,971
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır. (X ₂₁)	,380	,258	,338	1,474	,047
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır. (X ₂₂)	,126	,238	,133	,529	,599
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir. (X ₂₃)	-,214	,131	-,213	-1,637	,008
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır. (X ₂₄)	,056	,233	,056	,240	,811
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir. (X ₂₅)	,083	,251	,081	,329	,743
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır. (X ₂₆)	,150	,181	,130	,826	,013
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları kullanılmaktadır. (X ₂₇)	-,122	,163	-,108	-,750	,457
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır. (X ₂₈)	-,061	,178	-,058	-,340	,035
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir. (X ₂₉)	-,130	,180	-,114	-,724	,472

Tablo 3.24'deki regresyon analizi sonucuna göre, F istatistiğinin p değeri $0,003 < 0,05$ olduğundan, sıfır hipotezi reddedilmiş ve modelin genel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre, H_1 : E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgüt kârlılığı üzerinde etkisi vardır, hipotezi kabul edilmiştir. E4.0 teknoloji bileşenlerine ait uygulamalardan en az bir değişkenin bağımlı değişken olan kârlılık üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Model 1'e ait olan tahmini regresyon modeli aşağıdaki gibi kurulabilir.

Model 1 tahmin edilen regresyon modeli

$$\text{KARLILIK: } 3,426 + ,248X_1 + ,472 X_6 + ,072X_9 + ,349 X_{13} + (-,122 X_{18}) + ,380 X_{21} + (-214X_{23}) + ,150 X_{26} + (-,061X_{28})$$

Bu modele göre, işletmelerde, radyo frekans tanımlama etiketlerinin bulunması, akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulması, nesnelerin interneti teknolojisinin lojistikte kullanımı, büyük veri ile ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılabilmesi, 3D teknolojisine sahip yazıcılar ve robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılması ve fiziksel üretim süreçlerinin bilgisayar ortamında sanal kopyalarının olması ve AG teknolojisi ile üretim süreçlerinde yaratıcılık ve zenginlik sağlanması gibi uygulamalar örgütün performansını etkilemektedir. Analiz sonuçlarına göre, E4.0 teknolojilerine ait olan bu uygulamaların işletmelerde kullanılması örgütün kârlılığını arttırarak, örgütsel performansını pozitif yönde etkilemektedir.

3.8.4.2. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Maliyetle İlgili Regresyon Bulguları

Tablo 3.25. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Maliyet Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi

Model	R	R ²	Adj. R ²	Tah. Std. Hata
2	,824	,679	,489	1,358

Anova					
Model	SS	df	M. square	F	Sig.
Regresyon	190,975	29	6,585	3,570	0,000
Residual	90,392	49	1,845		
Toplam	281,367	78			

Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayı		Standart Katsayı	T	Sig.
	B	S.hata	Beta		
Sabit	1,963	1,884		1,042	,302
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur (X ₁)	,096	,163	,069	,588	,559
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır (X ₂)	-,236	,169	-,176	-1,398	,168
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir(X ₃)	-,046	,302	-,031	-,154	,878
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur(X ₄)	,137	,294	,096	,468	,042
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur(X ₅)	,087	,396	,057	,221	,826
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur. (X ₆)	-,483	,254	-,229	-1,901	,023
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır. (X ₇)	,571	,398	,187	1,432	,158
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır. (X ₈)	,042	,236	,025	,180	,858
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır. (X ₉)	-,467	,235	-,281	-1,984	,033
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır. (X ₁₀)	-,216	,271	-,113	-,797	,429
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir. (X ₁₁)	,546	,308	,270	1,772	,013
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır. (X ₁₂)	-,010	,308	-,006	-,034	,973
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır. (X ₁₃)	,073	,280	,040	,260	,796
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır. (X ₁₄)	,641	,213	,514	3,005	,004
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır. (X ₁₅)	-,400	,239	-,330	-1,674	,000
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır. (X ₁₆)	,237	,176	,199	1,346	,184
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler. (X ₁₇)	-,417	,252	-,327	-1,651	,105
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır. (X ₁₈)	,942	,215	,682	4,374	,000
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur. (X ₁₉)	-,805	,307	-,529	-2,623	,012
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır. (X ₂₀)	-,200	,278	-,138	-,718	,476
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır. (X ₂₁)	,226	,298	,154	,756	,453
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır. (X ₂₂)	-,120	,276	-,097	-,434	,666
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir. (X ₂₃)	,031	,152	,023	,202	,840
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır. (X ₂₄)	,179	,270	,138	,664	,509
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir. (X ₂₅)	-,071	,290	-,053	-,245	,008
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır. (X ₂₆)	-,199	,210	-,133	-,948	,348
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları kullanılmaktadır. (X ₂₇)	,223	,188	,152	1,184	,022
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır. (X ₂₈)	,352	,206	,257	1,707	,044
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir. (X ₂₉)	-,345	,208	-,232	-1,656	,104

Tablo 3.25'deki regresyon analizi sonucuna göre, F istatistiğinin p değeri $0,000 < 0,05$ olduğundan, sıfır hipotezi reddedilmiş ve modelin genel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tabloda ki bağımsız değişkenler toplam varyansın %67,9'unu karşılamaktadır. Buna göre, H_1 : E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün maliyetleri üzerinde etkisi vardır, hipotezi kabul edilmiştir. E4.0 teknoloji bileşenlerine ait uygulamalardan en az bir değişkenin bağımlı değişken olan maliyet üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Model 2'ye ait olan tahmini regresyon modeli aşağıdaki gibi kurulabilir.

Model 2 tahmin edilen regresyon modeli

$$\text{MALİYET} = 1,963 + 1,137X_4 + (-,483X_6) + (-,467X_9) + ,546X_{11} + ,641X_{14} + (-,400X_{15}) + ,942X_{18} + (-,805X_{19}) + (-,071X_{25}) + ,223X_{27} + ,352X_{28}$$

Kurulan regresyon modeline göre, işletmelerde, akıllı cihazlar arasında ağ sistemlerinin kurulması, IoT teknolojisinin lojistik faaliyetlerinde kullanılması, Müşteri istekleri geri bildirim sisteminin oluşturulması, büyük veri ile sorunların tespiti, bulut bilişim teknolojisi alt yapı, kurulum ve platformlarına sahip olması, bulut bilişim ile veri transferi ve yedeklemesi, üç boyutlu yazıcıların kullanılması ve yazıcılar ile prototip üretilmesi, robotların ve robot kolların eylemlerinin uzaktan kontrol edilmesi, AG teknolojisine ait cihazların bulunması ve AG teknolojisi ile üretim süreçlerinde zenginleştirme ve yaratıcılık faaliyetlerinin yapılması ile işletmelerin örgütsel performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır. Buna göre, işletmelerin E4.0 teknolojilerine ait olan bu uygulamalara sahip olması örgütün maliyetlerini azaltarak, örgüt performansını pozitif yönde etkilemektedir.

3.8.4.3. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Satışlarla İlgili Regresyon Bulguları

Tablo 3.26. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Satışlar Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi

Model	R	R ²	Adj. R ²	Tah. Std. Hata
3	,812	,660	,459	1,372

Anova					
Model	SS	df	M. square	F	Sig.
Regresyon	179,076	29	6,175	3,279	0,000
Residual	92,266	49	1,883		
Toplam	271,372	78			

Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayı		Standart Katsayı	T	Sig.
	B	S.hata	Beta		
Sabit	1,897	1,903		,997	,324
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur (X ₁)	,288	,165	,211	1,747	,047
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır (X ₂)	,057	,171	,043	,332	,741
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir(X ₃)	,341	,306	,231	1,115	,270
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur(X ₄)	,216	,297	,154	,729	,009
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur(X ₅)	-,490	,400	-,326	-1,226	,026
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur. (X ₆)	,310	,256	,150	1,209	,232
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır. (X ₇)	,497	,403	,166	1,234	,023
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır. (X ₈)	-,346	,238	-,204	-1,449	,154
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır. (X ₉)	,136	,238	,083	,571	,571
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır. (X ₁₀)	,355	,274	,189	1,295	,001
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir. (X ₁₁)	-,210	,311	-,106	-,676	,502
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır. (X ₁₂)	-,199	,311	-,107	-,641	,525
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır. (X ₁₃)	,022	,283	,012	,080	,937
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır. (X ₁₄)	-,155	,215	-,126	-,718	,476
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır. (X ₁₅)	-,268	,242	-,224	-1,107	,274
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır. (X ₁₆)	-,213	,178	-,182	-1,197	,237
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler. (X ₁₇)	,568	,255	,453	2,229	,030
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır. (X ₁₈)	-,327	,217	-,241	-1,502	,140
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur. (X ₁₉)	-,025	,310	-,017	-,081	,936
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır. (X ₂₀)	,460	,281	,324	1,638	,008
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır. (X ₂₁)	-,166	,302	-,116	-,552	,583
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır. (X ₂₂)	,264	,278	,217	,948	,048
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir. (X ₂₃)	-,131	,153	-,102	-,855	,397
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır. (X ₂₄)	,166	,273	,130	,610	,545
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir. (X ₂₅)	-,207	,293	-,158	-,705	,484
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır. (X ₂₆)	,555	,212	,377	2,620	,012
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları kullanılmaktadır. (X ₂₇)	-,064	,190	-,045	-,339	,736
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır. (X ₂₈)	,039	,208	,029	,189	,851
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilir. (X ₂₉)	-,230	,211	-,158	-1,094	,279

Tablo 3.26'daki regresyon analizi sonucuna göre, F istatistiğinin p değeri $0,000 < 0,05$ olduğundan, sıfır hipotezi reddedilmiş ve modelin genel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tabloda ki bağımsız değişkenler toplam varyansın %66'sını karşılamaktadır. Buna göre, H_1 : E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütün satışları üzerinde etkisi vardır, hipotezi kabul edilmiştir. E4.0 teknoloji bileşenlerine ait uygulamalardan en az bir değişkenin bağımlı değişken olan satışlar üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Model 3'e ait olan tahmini regresyon modeli aşağıdaki gibi kurulabilir.

Model 3 tahmin edilen regresyon modeli

$$\text{SATIŞLAR} = 1,897 + ,288X_1 + ,216X_4 + (-,490X_5) + ,497X_7 + ,355X_{10} + ,568X_{17} + ,460X_{20} + 264X_{22} + ,555X_{26}$$

Kurulan regresyon modeline göre, işletmelerde, makinalara radyo frekans tanımlama etiketlerinin verilmesi, müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemlerinin kurulması, yalın üretim sistemlerinin oluşturulması, ileri üretim teknolojileri ile ürünlerde güvenilirliğin artırılması, veri tabanı yönetim sisteminin kurulması, çalışanların bulut bilişim ile her yerden işletme bilgilerine ulaşabilecek sistemlerin kurulması, robotik cihazların işletmelerde kullanılması, üç boyutlu yazıcı ile müşteriye özel üretimlerin yapılabilmesi ve fiziksel üretim süreçlerinin bilgisayar ortamında sanal ikizlerinin oluşturulması uygulamaları ile örgütsel performans arasında bir ilişki bulunmaktadır. Buna göre, E4.0 teknolojilerine ait olan bu uygulamaların kullanılması örgütün satışlarını artırarak, örgütsel performansını pozitif yönde etkilemektedir.

3.8.4.4. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Üretim Miktarı ile İlgili Regresyon Bulguları

Tablo 3.27. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Üretim Miktarı Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi

Model	R	R ²	Adj. R ²	Tah. Std. Hata
4	,720	,518	,233	,672

Anova					
Model	SS	df	M. square	F	Sig.
Regresyon	23,832	29	,822	1,819	0,032
Residual	22,142	49	,452		
Toplam	45,975	78			

Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayı		Standart Katsayı	T	Sig.
	B	S.hata	Beta		
Sabit	7,437	,932		7,978	,000
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur (X ₁)	,146	,081	,260	1,809	,047
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır (X ₂)	,070	,084	,129	,839	,406
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir (X ₃)	,014	,150	,023	,092	,927
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur (X ₄)	-,264	,145	-,456	-1,817	,045
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur (X ₅)	-,041	,196	-,066	-,209	,836
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur. (X ₆)	-,060	,126	-,070	-,477	,635
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır. (X ₇)	-,083	,197	-,067	-,420	,676
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır. (X ₈)	,284	,117	,408	2,432	,019
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır. (X ₉)	-,050	,116	-,074	-,427	,671
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır. (X ₁₀)	,004	,134	,006	,033	,974
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir. (X ₁₁)	,168	,152	,206	1,101	,276
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır. (X ₁₂)	-,052	,152	-,068	-,343	,733
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır. (X ₁₃)	-,114	,138	-,154	-,824	,014
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır. (X ₁₄)	,011	,105	,022	,105	,916
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır. (X ₁₅)	,042	,118	,086	,356	,024
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır. (X ₁₆)	,047	,087	,098	,541	,591
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler. (X ₁₇)	,047	,125	,092	,378	,707
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır. (X ₁₈)	,231	,107	,415	2,171	,035
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur. (X ₁₉)	-,121	,152	-,197	-,797	,429
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır. (X ₂₀)	-,119	,138	-,204	-,866	,031
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır. (X ₂₁)	,155	,148	,262	1,049	,299
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır. (X ₂₂)	,106	,136	,211	,774	,043
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir. (X ₂₃)	-,092	,075	-,173	-1,223	,227
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır. (X ₂₄)	-,072	,134	-,136	-,536	,594
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir. (X ₂₅)	-,099	,144	-,183	-,689	,494
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır. (X ₂₆)	,194	,104	,319	1,866	,038
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları kullanılmaktadır. (X ₂₇)	-,167	,093	-,282	-1,795	,029
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır. (X ₂₈)	-,162	,102	-,292	-1,583	,120
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir. (X ₂₉)	,185	,103	,307	1,789	,080

Tablo 3.27’teki regresyon analizi sonucuna göre, F istatistiğinin p değeri $0,032 < 0,05$ olduğundan, sıfır hipotezi reddedilmiş ve modelin genel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tabloda ki bağımsız değişkenler toplam varyansın %51,8’ini karşılamaktadır. Buna göre, H_1 : E4.0 teknoloji bileşenlerinin üretim miktarı üzerinde etkisi vardır, alt hipotezi kabul edilmiştir. E4.0 teknoloji bileşenlerine ait uygulamalardan en az bir değişkenin bağımlı değişken olan üretim miktarı üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Model 4’e ait olan tahmini regresyon modeli aşağıdaki gibi kurulabilir.

Model 4’e ait olan tahmini regresyon modeli

$$\text{ÜRETİM MİKTARI: } 7,437 + ,146X_1 + (-,264X_4) + ,284X_8 + (-,114X_{13}) + ,042X_{15} + ,231X_{18} + (-,119X_{20}) + 106X_{22} + (-,167X_{27})$$

Kurulan regresyon analizi modeline göre, işletmelerde, makinaların radyo frekans tanımlama etiketlerini kullanılması, müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemlerinin kurulması, akıllı ölçüm tekniklerini kullanılması, büyük veri teknolojisi ile ürün kalitesi ile ilgili tahmin yapılması, bulut alt yapı, yazılım ve platformlarının bulunması, üç boyutlu yazıcıların, robot ve AG teknolojilerinin kullanılması ve üç boyutlu yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılması ile örgütsel performans arasında bir ilişki bulunmaktadır. Buna göre, E4.0 teknolojilerine ait olan bu uygulamaların kullanılması işletmenin üretim miktarını arttırarak, örgütsel performansını pozitif yönde etkilemektedir.

3.8.4.5. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Kişi Başına Üretim Miktarı ile İlgili Regresyon Analizi Bulguları

Tablo 3.28. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Kişi Başına Üretim Miktarı Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi

Model	R	R ²	Adj. R ²	Tah. Std. Hata
5	,713	,508	,217	,706

Anova					
Model	SS	df	M. square	F	Sig.
Regresyon	25,229	29	,870	1,744	0,042
Residual	24,442	49	,499		
Toplam	49,661	78			

Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayı		Standart Katsayı	T	Sig.
	B	S.hata	Beta		
Sabit	8,819	,979		9,004	,000
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur (X ₁)	,121	,085	,207	1,427	,160
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır (X ₂)	-,009	,088	-,017	-,106	,916
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir (X ₃)	,242	,157	,383	1,538	,030
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur (X ₄)	,136	,153	,225	,888	,379
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur (X ₅)	-,249	,206	-,387	-1,213	,031
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur. (X ₆)	,092	,132	,104	,695	,491
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır. (X ₇)	,097	,207	,076	,470	,040
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır. (X ₈)	-,119	,123	-,164	-,969	,337
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır. (X ₉)	-,055	,122	-,079	-,448	,656
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır. (X ₁₀)	-,047	,141	-,059	-,335	,739
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir. (X ₁₁)	,166	,160	,196	1,040	,004
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır. (X ₁₂)	-,291	,160	-,367	-1,822	,075
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır. (X ₁₃)	,130	,145	,169	,894	,376
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır. (X ₁₄)	-,116	,111	-,221	-1,045	,301
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır. (X ₁₅)	,291	,124	,570	2,339	,023
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır. (X ₁₆)	-,165	,091	-,330	-1,806	,077
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler. (X ₁₇)	-,069	,131	-,130	-,529	,599
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır. (X ₁₈)	,055	,112	,094	,489	,627
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur. (X ₁₉)	-,386	,160	-,603	-2,414	,020
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır. (X ₂₀)	,005	,145	,008	,033	,974
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır. (X ₂₁)	,231	,155	,375	1,488	,043
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır. (X ₂₂)	-,029	,143	-,055	-,201	,841
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir. (X ₂₃)	-,225	,079	-,408	-2,854	,006
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır. (X ₂₄)	,299	,140	,000	,001	,000
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir. (X ₂₅)	,080	,151	,142	,527	,601
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır. (X ₂₆)	-,023	,109	-,036	-,209	,835
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları kullanılmaktadır. (X ₂₇)	,092	,098	,149	,939	,353
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır. (X ₂₈)	,144	,107	,251	1,347	,184
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir. (X ₂₉)	-,258	,108	-,413	-2,379	,021

Tablo 3.28’te yapılan regresyon analizi sonucuna göre, F istatistiğinin p değeri $0,042 < 0,05$ olduğundan, sıfır hipotezi reddedilmiş ve modelin genel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tabloda ki bağımsız değişkenler toplam varyansın %50,8’ini karşılamaktadır. Buna göre, H_1 : E4.0 teknoloji bileşenlerinin kişi başına üretim miktarı üzerinde etkisi vardır, hipotezi kabul edilmiştir. E4.0 teknoloji bileşenlerine ait uygulamalardan en az bir değişkenin bağımlı değişken olan kişi başına üretim miktarı üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Model 5’e ait olan tahmini regresyon modeli aşağıdaki gibi kurulabilir.

Model 5’e ait olan tahmini regresyon modeli

$$\text{KİŞİ BAŞINA ÜRETİM MİKTARI: } 8,819 + ,242X_3 + (-,249X_5) + ,097X_7 + ,166X_{11} + ,291X_{15} + (-,386X_{19}) + ,231X_{21} + (-,225 X_{23}) + ,299X_{24} + (-,258X_{29})$$

Kurulan regresyon modeline göre, işletmelerde gerçek zamanlı verilerin elde edilmesi, yalın üretim sistemin hayata geçirilmesi, üretim süreçlerinde güvenliğin artması, büyük veri ile sorun tespitlerinin yapılması, bulut alt yapısı, yazılım ve platformlarının kurulması, üç boyutlu yazıcı ile esnek ve hızlı prototip yapılması ve yaratıcı ürün tasarımları yapılması, robotların beklenmedik durumlara müdahale edebilmesi, robot ve çalışanların birlikte çalışma uyumunun sağlanması ve AG teknolojileri ile çalışan eğitimlerinin yapılması ile örgüt performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır. Buna göre, E4.0 teknolojilerine ait olan bu uygulamaların işletmelerde hayata geçirilmesi işletmede kişi başına düşen üretim miktarını arttırarak, örgütsel performansı pozitif yönde etkilemektedir.

3.8.4.6. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Kapasite ile İlgili Regresyon Analizi Bulguları

Tablo 3.29. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Kapasite Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi

Model	R	R ²	Adj. R ²	Tah. Std. Hata
6	,728	,531	,253	,826

Anova					
Model	SS	df	M. squra	F	Sig.
Regresyon	37,775	29	1,303	1,190	0,022
Resudial	33,415	49	,682		
Toplam	71,190	78			

Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayı		Standart Katsayı	T	Sig.
	B	S.hata	Beta		
Sabit	7,081	1,145		6,183	,000
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur (X ₁)	-,017	,099	-,024	-,168	,867
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır (X ₂)	-,198	,103	-,292	-1,922	,040
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir(X ₃)	-,189	,184	-,250	-1,029	,309
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur(X ₄)	,388	,178	,538	2,171	,035
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur(X ₅)	,007	,241	,009	,030	,976
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur. (X ₆)	-,160	,154	-,151	-1,037	,305
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır. (X ₇)	-,090	,242	-,059	-,373	,711
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır. (X ₈)	,030	,144	,035	,212	,033
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır. (X ₉)	-,021	,143	-,025	-,147	,884
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır. (X ₁₀)	,021	,165	,022	,126	,000
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir. (X ₁₁)	-,152	,187	-,150	-,813	,020
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır. (X ₁₂)	,126	,187	,132	,671	,505
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır. (X ₁₃)	,081	,170	,087	,474	,637
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır. (X ₁₄)	,192	,130	,306	1,482	,145
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır. (X ₁₅)	-,250	,145	-,409	-1,718	,032
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır. (X ₁₆)	,244	,107	,407	2,284	,027
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler. (X ₁₇)	-,126	,153	-,196	-,821	,415
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır. (X ₁₈)	,096	,131	,138	,731	,469
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur. (X ₁₉)	-,306	,187	-,400	-1,640	,107
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır. (X ₂₀)	,701	,169	,964	4,146	,000
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır. (X ₂₁)	-,581	,181	-,788	-3,200	,002
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır. (X ₂₂)	-,228	,168	-,367	-1,363	,179
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir. (X ₂₃)	-,023	,092	-,034	-,246	,806
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır. (X ₂₄)	,105	,164	,160	,640	,025
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir. (X ₂₅)	,172	,177	,257	,976	,034
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır. (X ₂₆)	,205	,128	,272	1,608	,014
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları kullanılmaktadır. (X ₂₇)	,002	,115	,003	,021	,983
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır. (X ₂₈)	,126	,125	,183	1,005	,320
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir. (X ₂₉)	,019	,127	,025	,148	,883

Tablo 3.29’da yapılan regresyon analizi sonucuna göre, F istatistiğinin p değeri $0,022 < 0,05$ olduğundan, sıfır hipotezi reddedilmiş ve modelin genel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tablodaki bağımsız değişkenler toplam varyansın %53,1’ini karşılamaktadır. Buna göre, H_1 : E4.0 teknoloji bileşenlerinin işletmenin kapasitesi üzerinde etkisi vardır, hipotezi kabul edilmiştir. E4.0 teknoloji bileşenlerine ait uygulamalardan en az bir değişkenin bağımlı değişken olan kapasite üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Model 6’ya ait olan tahmini regresyon modeli aşağıdaki gibi kurulabilir.

Model 6’ya ait olan tahmini regresyon modeli

$$\text{KAPASİTE: } 7,081 + (-,198X_2) + ,388X_4 + ,030X_8 + ,021X_{10} + (-,152X_{11}) + (-,250X_{15}) + ,244X_{16} + ,701X_{20} + (-,581X_{21}) + ,105X_{24} + ,172X_{25} + ,205X_{26}$$

Kurulan regresyon modeline göre, işletmelerde, otomatik taşıt kumanda sistemleri kullanılması, müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sisteminin kurulması, akıllı ölçüm cihazlarının ve veri tabanı yönetim sistemlerinin bulunması, büyük veri ile sorun tespit edilmesi, bulut bilişim alt yapısı, yazılım ve platformlarına sahip olunması veya dışarıdan bulut hizmeti alınması, üç boyutlu yazıcı ile kişiselleştirilmiş üretim ve yaratıcı ürün tasarımları yapılması, robot teknolojilerine uzaktan erişim ve robotlar ile çalışanlar arasındaki uyumun sağlanması ve fiziksel üretim süreçlerinin sanal ikizlerinin kurulması ile örgütsel performans arasında bir ilişki vardır. Buna göre, E4.0 teknolojilerine ait olan bu uygulamaların işletmelerde hayata geçirilmesi işletmenin kapasitesini arttırarak, örgütsel performansını pozitif yönde etkilemektedir.

3.8.4.7. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Üretim Hızı ile İlgili Regresyon Analizi Bulguları

Tablo 3.30. E4.0 Teknoloji Bileşenleri İle Üretim Hızı Arasındaki İlişkiye Yönelik Regresyon Analizi

Model	R	R ²	Adj. R ²	Tah. Std. Hata
7	,737	,544	,274	,788

Anova					
Model	SS	df	M. square	F	Sig.
Regresyon	36,209	29	1,249	2,013	0,015
Residual	30,399	49	,620		
Toplam	66,608	78			

Değişkenler	Standartlaştırılmamış Katsayı		Standart Katsayı	T	Sig.
	B	S.hata	Beta		
Sabit	6,263	1,092		5,734	,000
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur (X ₁)	,272	,095	,402	2,882	,006
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır (X ₂)	-,018	,098	-,027	-,180	,858
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir(X ₃)	,304	,175	,415	1,731	,030
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur(X ₄)	,024	,170	,035	,142	,887
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur(X ₅)	-,183	,229	-,246	-,798	,029
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur. (X ₆)	,201	,147	,197	1,368	,177
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır. (X ₇)	,201	,231	,135	,869	,389
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır. (X ₈)	-,177	,137	-,211	-1,289	,003
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır. (X ₉)	-,036	,136	-,045	-,267	,791
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır. (X ₁₀)	,180	,157	,194	1,146	,257
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir. (X ₁₁)	-,002	,179	-,002	-,010	,992
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır. (X ₁₂)	-,112	,178	-,121	-,625	,035
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır. (X ₁₃)	,094	,162	,105	,578	,566
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır. (X ₁₄)	,086	,124	,142	,697	,489
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır. (X ₁₅)	-,038	,139	-,065	-,276	,783
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır. (X ₁₆)	-,147	,102	-,253	-1,442	,156
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler. (X ₁₇)	-,103	,146	-,166	-,704	,485
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır. (X ₁₈)	,198	,125	,294	1,583	,020
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur. (X ₁₉)	-,144	,178	-,194	-,806	,024
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır. (X ₂₀)	-,036	,161	-,051	-,224	,824
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır. (X ₂₁)	,211	,173	,296	1,218	,229
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır. (X ₂₂)	-,151	,160	-,251	-,944	,040
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir. (X ₂₃)	,048	,088	,075	,548	,586
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır. (X ₂₄)	,103	,156	,163	,659	,013
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir. (X ₂₅)	,050	,168	,078	,300	,766
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır. (X ₂₆)	-,009	,122	-,012	-,071	,044
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları kullanılmaktadır. (X ₂₇)	,044	,109	,062	,403	,689
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır. (X ₂₈)	-,043	,120	-,065	-,360	,720
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir. (X ₂₉)	-,258	,121	-,357	-2,137	,038

Tablo 3.30’da yapılan regresyon analizi sonucuna göre, F istatistiğinin p değeri 0,015<0,05 olduğundan, sıfır hipotezi reddedilmiş ve modelin genel olarak anlamlı

olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tablodaki bağımsız değişkenler toplam varyansın %54,4'ünü karşılamaktadır. Buna göre, H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerinin işletmenin üretim hızı üzerinde etkisi vardır, hipotezi kabul edilmiştir. E4.0 teknoloji bileşenlerine ait uygulamalardan en az bir değişkenin bağımlı değişken olan üretim hızı üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Model 7'ye ait olan tahmini regresyon modeli aşağıdaki gibi kurulabilir.

Model 7'ye ait olan tahmini regresyon modeli

$$\text{ÜRETİM HIZI: } 6,263 + ,272X_1 + ,304X_3 + (-,183X_5) + (-,177X_8) + (-,112X_{12}) + ,198X_{18} + (-,144X_{19}) + (-,151X_{22}) + ,103X_{24} + (-,009X_{26}) + (-,258X_{29})$$

Kurulan regresyon modeline göre, işletmelerde, makinalara radyo frekans tanımlama etiketlerinin tanımlanması, işletmelerde gerçek zamanlı verilerin elde edilmesi, yalın üretim sistemin hayata geçirilmesi, akıllı ölçüm cihazlarında ağ alt yapısının kurulması, büyük veri ile karar alınması, üç boyutlu yazıcılara sahip olunması ve bu yazıcılarla hızlı ve esnek prototip elde edilmesi, robotik cihazlar ve endüstriyel robotların bulunması, robotlar ve çalışanların uyumlu çalışması, fiziksel üretim süreçlerinin sanal ikizlerinin olması ve AG teknolojisi ile eğitimler düzenlemesi ile örgütsel performans arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Buna göre, E4.0 teknolojilerine ait olan bu uygulamaların işletmelerde hayata geçirilmesi ve kullanılması işletmenin üretim hızını arttırarak, örgütsel performansını pozitif yönde etkilemektedir.

3.8.5. E4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgütsel Performansa Etkilerine Yönelik Korelasyon Analizi Bulguları

Araştırmanın bu bölümünde, bağımlı değişkenlerimizden olan kalitenin, örgüt performansı ile arasındaki ilişki korelasyon analizi ile açıklanmaya çalışılacaktır. Bu doğrultuda, nitel örgütsel performans kriterleri ile E4.0 teknolojik bileşenleri arasında korelasyon analizi yapılacaktır. Korelasyon analizi, değişkenlerin bağımlı veya bağımsız olması dikkate alınmaksızın, aralarındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Durmuş vd. 2013: 143).

Tablo 3.31. E4.0 Teknoloji Bileşenleri ile Kalite Arasındaki İlişkiye Yönelik Korelasyon Analizi

	Ürün kalitesi	Üretim Süreçlerinde iyileşme	Müşterilerden olumlu geri dönüş	Karar almada etkinlik	Örgüt içi iletişim	Çalışma kalitesi ve İş güvenliği	Üretim ve teslimat hızı	İşletme verimliliği	Rekabet gücü	Piyasa imajı	Enerji verimliliği
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur	,088	,005	,128	,083	,012	,089	,147	,012	-,014	,036	,052
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır	,253*	,138	,156	,160	,110	,146	,277*	,091	,077	,189	,105
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir	,057	,567**	,322**	,259*	,181	,232*	,253*	,173	,105	,106	,268*
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur	,130	,218*	,086	,171	,171	,173	,293**	,132	,225*	,210	,082
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur	329**	,132	,089	,307**	,043	,132	,217	,048	,284*	,133	,289*
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur.	281*	,088	,072	,291**	,054	,074	,102	,298**	,259*	,126	,227*
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır.	,226*	,340**	,225*	,291**	,236*	,236*	,024	,266*	,200	,211	,250*
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır.	-,055	,371**	,389**	-,018	,135	,212	,044	,228*	-,010	383**	-,073
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır.	,319**	,431**	,491**	,030	,258*	,150	,081	,103	,141	,264*	,049
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır.	,337**	,186	,316**	,305**	,153	,275*	,142	239*	,228*	,268*	,197
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir.	,208	,227*	,225*	,296**	,349**	,261*	,258*	,166	,269*	,117	,156
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır.	,001	,123	,046	,214	,362**	,258*	,246*	,183	,167	,263*	,266*
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır.	,339**	,209*	,046	,360**	,184	,210	,289**	,220*	,247*	242*	,258*
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır	-,109	,222*	,188	,293**	,111	,101	,205	,236*	,238*	247*	,132
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır.	,100	,568**	,178	264*	,115	,075	,126	211	,026	255*	,093
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır	,259**	-,032	,287*	,088	,043	,240*	,043	,026	,034	,104	,044
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler.	,479**	,115	,351**	,181	,068	,097	,061	,123	,041	,127	,097
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır.	,201	428**	,289**	,103	,023	,421**	,172	,200	,137	,161	,248*
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur.	,233*	542**	,198	371**	,048	-,128	,020	,007	,322*	,147	,253*
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır.	,216	,116	,285**	475**	,070	-,020	,087	,046	,316*	,265*	,169

**Correlation is significant at the 0.01 level (2- tailed)

* Correlation is significant at the 0.05 level (2- tailed)

Tablo 3.31. E4.0 Teknoloji Bileşenleri ile Kalite Arasındaki İlişkiye Yönelik Korelasyon Analizi (Devamı)

	Ürün kalitesi	Üretim Süreçlerinde iyileşme	Müşterilerden olumlu geri dönüş	Karar almada etkinlik	Örgüt içi iletişim	Çalışma kalitesi ve İş güvenliği	Üretim ve teslimat hızı	İşletme verimliliği	Rekabet gücü	Piyasa imajı	Enerji verimliliği
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır.	,329**	,226*	,180	,014	,013	,070	,095	,120	,058	,248*	,198
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır.	,148	,000	,114	-,086	,025	,258*	,050	,083	,000	,254*	,382**
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir.	,139**	,105	,123	-,028	,173	,087	,264*	,137	,064	,035	,086
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır.	,196	,258*	,374**	,289**	,258*	,030	,287*	,268*	,020	,067	,040
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir.	,332**	,088	,249*	,125	,431**	0,23	,102	,331*	,137	,030	,109
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır.	-,110	,099	,258*	,214	,249*	-,088	,108	,253*	,027	,104	,248*
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları kullanılmaktadır	,190	,348**	,154	,308**	,307*	,354**	,190	,434**	,168	,109	,028
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır.	,375**	,152	,260*	,371**	,020	,324**	,130	,026	,204	,082	101
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir.	,079	,479**	,567**	,374**	,048	,022	-,062	,172	,122	,021	,018

**Correlation is significant at the 0.01 level (2- tailed)

* Correlation is significant at the 0.05 level (2- tailed)

Tablo 3.31’de E4.0 teknoloji bileşenlerinin kalite ile arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon sonuçlarında şu bulgulara ulaşılmıştır:

- Ürünlerin kalitesi ile işletmelerde, otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanımı, yalın üretim sistemleri, akıllı cihazlar arasında ağ sistemi kurulması, ileri üretim teknikleri kullanılması, lojistik faaliyetlerinde IoT teknolojisi kullanılması, büyük veri teknolojisi, işletme dışından sağlanan bulut hizmetleri, çalışanların bulut teknolojisine sahip olması, üç boyutlu yazıcılar ile hızlı prototipleme ve yaratıcı ürün tasarımları, robotların kendi kendine karar alması ve uzaktan erişime açık olması ve AG teknolojisi ile yaratıcı ürün süreçleri kullanması arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.

- Üretim süreçlerinde iyileşme ile işletmelerde, gerçek zamanlı verilerin elde edilmesi, müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi kurulması, ileri üretim teknolojileri kullanması, akıllı ölçüm cihazlarına sahip olması, IoT ile lojistik faaliyetleri yapılması, büyük veri ile sorun tespiti ve ürün kalitesi ile ilgili tahmin yapabilme, bulut bilişim kullanma ve alt yapı hizmetlerine sahip olma, üç boyutlu yazıcı kullanma, prototip üretebilme ve yaratıcı ürün tasarlama, robotlar ile çalışanların uyum içinde olması, AG teknolojisine sahip olma ve eğitimleri bu teknoloji ile yapma arasında anlamlı ve pozitif yönde bir ilişki bulunmaktadır.
- Müşterilerden gelen olumlu geri dönüşler ile işletmelerde, gerçek zamanlı verilerin elde edilmesi, ileri üretim teknolojileri kullanma, akıllı ölçüm tekniklerine sahip olma, IoT ile lojistik faaliyetleri, veri tabanı yönetim sistemine sahip olma, büyük veri ile sorun tespiti, işletme dışından bulut hizmeti sağlama ve çalışanlara sunma, üç boyutlu yazıcıya sahip olma ve bu yazıcılar ile kişiselleştirilmiş ürün üretme, robotlar ile çalışanların uyumu, robotların uzaktan erişime açık olması, fiziksel üretim süreçlerinin sanal ikizlerinin olması, AG ile yaratıcı ürün geliştirme ve eğitim faaliyetlerinde bulunulması arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.
- Karar almada etkinlik ile işletmelerde, gerçek zamanlı verilerin elde edilmesi, yalın üretim sistemi kurulması, akıllı cihazlar arasında ağ alt yapısı, ileri üretim teknolojilerine sahip olma, veri tabanı yönetim sistemi, büyük veri ile sorun tespit edilmesi ve ürün kalitesi ile ilgili tahmin yapılması, bulut bilişim ve alt platformlarına sahip olma, üç boyutlu yazıcı kullanma ve yazıcı ile kişiselleştirilmiş üretim yapma, AG teknolojisine sahip olma ve bu teknoloji ile yaratıcı ürün tasarımları ve eğitimler yapma arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.
- Örgüt içi etkili iletişim ile işletmelerde, ileri üretim teknolojileri kullanılması, IoT ile lojistik faaliyetleri, büyük veri ile sorunların tespit edilmesi ve karar alma da kullanılması, robotlar ve çalışanların uyum içinde çalışması ve AG teknolojisini sahip olma ve sanal ortamdan yaratıcı süreçlerin oluşturulması arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.
- Çalışanların çalışma kalitesi-iş güvenliği ile işletmelerde, gerçek zamanlı verilerin elde edilmesi, ileri üretim teknolojilerine sahip olması, büyük veri teknolojisi kullanma ve bu teknoloji ile karar alınması, sorun tespiti yapılması, dışardan

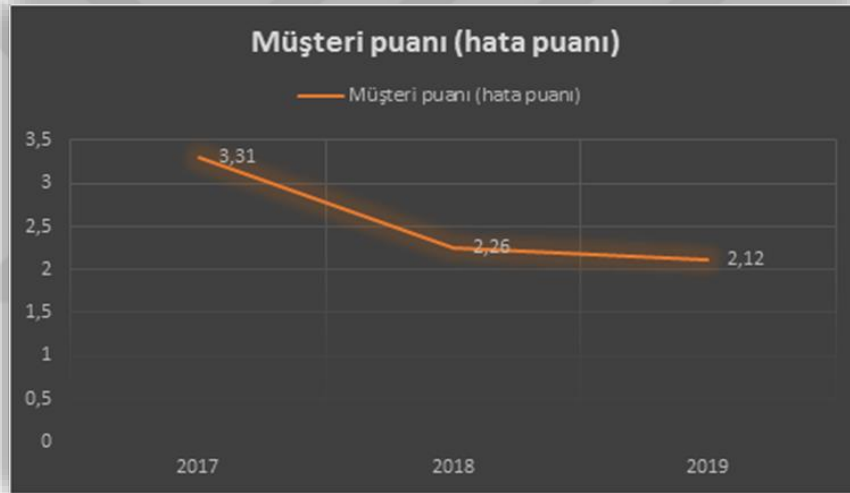
sağlanan bulut hizmetleri, üç boyutlu yazıcılara ve robot teknolojilere sahip olunması ve AG teknoloji kullanarak ürün süreçlerinde iyileştirme sağlanması arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki vardır.

- Üretim ve teslimat hızında yaşanan iyileşmeler ile işletmelerde, otomatik taşıt kumanda sistemleri, gerçek zamanlı veri elde edilmesi, müşteri isteklerine hızlı dönüş sistemi, büyük veri ve büyük veri ile sorun tespiti ve karar alınması, robotların beklenmedik durumlarda kendi kendilerine karar alabilmesi ve robotların çalışanlarla uyum içinde olmaları arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.
- İşletmenin verimliliği ile işletmelerde kullanılan cihazlarda ağ alt yapısının olması, ileri üretim teknolojileri ve akıllı ölçüm tekniklerine sahip olunması, veri tabanı yönetim sistemleri, büyük veri ile sorun tespiti ve karar alınması, robot teknolojilerine sahip olma ve robotların uzaktan erişime açık olması ve AG teknolojisine sahip olunması arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.
- Rekabet gücü ile işletmelerde, müşteri hızlı geri dönüş sistemleri, yalın üretim ve akıllı cihazlar arasında ağ alt yapısının kurulması, büyük veri kullanılması ve sorunların önceden tespit edilmesi, bulut bilişim ve üç boyutlu yazıcı teknolojilerine sahip olunması ve bu yazıcılarla kişiselleştirilmiş üretim yapılması arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.
- İşletmenin piyasa imajının iyileşmesi ile işletmelerde, IOT teknolojisi kullanma, veri tabanı yönetim sistemine sahip olma, büyük veri teknolojisi ile sorunları önceden tespit edebilme, karar alma ve ürün kalitesi ile ilgili tahmin yapabilme, üç boyutlu yazıcı ile kişiselleştirilmiş üretim ve yaratıcı ürün tasarımları yapabilme ve AG teknolojisi ile eğitim faaliyetlerinde bulunma arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.
- Enerji verimliliği ve çevre dostu üretim ile otomatik taşıt kumanda sistemlerine ve yalın üretim sistemlerine sahip olunması, akıllı cihazlar arasında ağ kurulumu, ileri üretim teknolojilerine sahip olunması, büyük veri teknolojisi ile karar alma ve ürün kalitesi ile ilgili tahmin yapabilme, üç boyutlu yazıcı kullanma ve prototip üretme, robot teknolojilerine sahip olunması ve fiziksel üretim süreçlerinin sanal ortamda ikizlerinin bulunması arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır.

Korelasyon analizi bulgularına göre, örgütün E4.0 teknoloji ve uygulamalarına sahip olması ile örgütsel performans arasında pozitif ve doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır. İşletme yöneticileri ile yapılan yüz yüze görüşmelerde, yöneticiler E4.0 teknolojilerinin örgütsel performansı olumlu yönde etkilediğine dair ifadeler kullanmışlardır. Buna göre, araştırmamızın alt hipotezi olan H₁: E4.0 teknoloji bileşenlerin örgütün ürün kalitesi üzerinde etkisi vardır, hipotezi kabul edilmiştir.

Hipotezimizi desteklemek adına, araştırmamızda yer alan tekstil işletmelerinin birine ait olan lazer ve robot teknolojisi kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan kalite iyileşmesi grafiği aşağıdaki gibi verilmiştir.

Şekil 3.5. Tekstil İşletmesinin Müşteri Hata Puanı İyileşme Grafiği (2018 y. E4.0 geçiş)



Ayrıca bu işletme tarafından oluşturulan gerçek zamanlı (anlık) performans izleme sistemi ile temizleme bölümünde ortaya çıkan işgücü verim ve performans artışı aşağıda grafikteki gibi verilmiştir.

Şekil 3.6. E4.0 Gerçek Zamanlı Görsel Performans Ölçüm Sistemi Verileri



Kalite iyileştirmeleri kapsamında, her çalışandan anlık olarak haberdar olmak, uzaktan izleme ve gerçek zamanlı olarak veri almak, çalışanların performanslarını ve işten alınan verimi arttırmıştır. E4.0 teknolojileri sayesinde bu fabrikada herhangi bir durma, hata veya iş akış sürecindeki olumsuzluklar anında görülerek müdahale edilmekte ve süreçlerde iyileştirme sağlanmaktadır.

3.8.6. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Örgütsel Performans Değişimini Belirlemeye Yönelik t-Testleri

Araştırmanın bu bölümünde E4.0 teknolojilerini kullanmaya başlamadan önce ve kullandıktan sonra örgütsel performansa ait verilerdeki farklılığı ölçümlemek amacıyla bağımlı gruplar için t-testi yapılacaktır. Bağımlı gruplar için t-testi, herhangi bir değişken ile ilgili olarak bir durumun öncesi ve sonrası ölçüm değerleri arasında bir değişiklik/fark olup olmadığını araştırmak için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir (Durmuş vd. 2013: 134).

Araştırmamız kapsamında sorulan “E4.0 teknoloji bileşenlerini ne zaman kullanmaya başladınız?” sorusuna istinaden işletmelerin verdikleri cevaplar kapsamında, öncesi ve sonrasına dair rakamsal veriler alınmıştır. Burada tekrar hatırlatılmak gerekirse, anket formunda örgütsel performansa ait ikinci el verilerin doğrudan araştırmacılarla paylaşılacak istenmemesi nedeniyle, örgütsel performansa ait veriler yüzdesel olarak paylaşılmıştır. Yüzdesel aralıklarla alınan verilerin öncesi

karşılaştırma yapabilmek için 100 kabul edilmiştir. Bu bilgiler ışığında, yapılan test sonuçlarına ilişkin tablolar aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

Tablo 3.32. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Kârlılık Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları

Bağımlı Gruplar İçin t-Testi								
Frekans	Ort.	Std. Sapma	Std.hata	%95Güven Aralığı		t	df	Sig.
				En düşük	En yüksek			
79	-13,177	13,117	1,476	-16,115	-10,239	-8,929	78	,000
Önce Kârlılık Ortalaması			100	Sonra Kârlılık Ortalaması			113,18	

Tablo 3.32 incelendiğinde, araştırmamıza katılan işletmelerin, E4.0 teknoloji bileşenleri öncesi ve sonrası kârlılık farkı, t-testine göre %95 güven aralığında test edilmiştir. Uygulanan test sonucunda arada anlamlı bir farklılığın olduğu kabul edilmiştir. Buna göre, işletmeler E4.0 teknolojilerini kullanmaya başladıktan sonra ortalama %13 oranında kârlılıklarını yükseltmişlerdir.

Tablo 3.33. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Maliyet Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları

Bağımlı Gruplar İçin t-Testi								
Frekans	Ort.	Std. Sapma	Std.hata	%95 Güven Aralığı		t	df	Sig.
				En düşük	En yüksek			
79	8,481	6,687	,752	6,983	9,979	11,273	78	,000
Önce Maliyet Ortalaması			100	Sonra Maliyet Ortalaması			91,52	

Tablo 3.33 incelendiğinde, araştırmamıza katılan işletmelerin, E4.0 teknoloji bileşenleri öncesi ve sonrası maliyet farkı, t-testine göre %95 güven aralığında test edilmiştir. Uygulanan test sonucunda arada anlamlı bir farklılığın olduğu kabul edilmiştir. Buna göre, işletmeler E4.0 teknolojilerini kullanmaya başladıktan sonra maliyetlerini ortalama %8,5 oranında azaltmışlardır.

E4.0 teknolojilerini kullanmaya başlamadan öncesi ve kullandıktan sonra farklılığın olumlu yönde olduğuna dair, araştırmamızda yer alan bir çelik kapı üreticisi olan işletmenin bir ürününde hata başına ortalama maliyetlerine ilişkin veriler aşağıdaki gibidir.

Tablo 3.34. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Satışlar Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları

Bağımlı Gruplar İçin t-Testi								
Frekans	Ort.	Std. Sapma	Std.hata	%95 Güven Aralığı		t	df	Sig.
				En düşük	En yüksek			
79	-13,342	12,164	1,369	-16,066	-10,617	-9,749	78	,000
Önce Satışlar Ortalaması			100	Sonra Satışlar Ortalaması			113,34	

Tablo 3.34 incelendiğinde, araştırmamıza katılan işletmelerin, E4.0 teknoloji bileşenleri öncesi ve sonrası satışlar farkı, t-testine göre %95 güven aralığında test edilmiştir. Uygulanan test sonucunda arada anlamlı bir farklılığın olduğu kabul edilmiştir. Buna göre, işletmeler E4.0 teknolojilerini kullanmaya başladıktan sonra ortalama %13 oranında satışlarını arttırmışlardır.

Tablo 3.35. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Üretim Miktarı Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları

Bağımlı Gruplar İçin t-Testi								
Frekans	Ort.	Std. Sapma	Std.hata	%95 Güven Aralığı		t	df	Sig.
				En düşük	En yüksek			
79	-19,139	7,491	,843	-20,817	-17,461	-22,708	78	,000
Önce Üretim Mik. Ortalaması			100	Sonra Üretim Mik. Ortalaması			119,14	

Tablo 3.35 incelendiğinde, araştırmamıza katılan işletmelerin, E4.0 teknoloji bileşenleri öncesi ve sonrası üretim miktarı farkı, t-testine göre %95 güven aralığında test edilmiştir. Uygulanan test sonucunda arada anlamlı bir farklılığın olduğu kabul edilmiştir. Test sonuçlarına göre, işletmeler E4.0 teknolojilerini kullanmaya başladıktan sonra üretim miktarlarını %19 oranında arttırmışlardır.

Tablo 3.36. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Kişi Başına Üretim Miktarı Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları

Bağımlı Gruplar İçin t-Testi								
Frekans	Ort.	Std. Sapma	Std.hata	%95 Güven Aralığı		t	df	Sig.
				En düşük	En yüksek			
79	-22,747	7,920	,891	-24,521	-20,973	-25,527	78	,000
Önce K.B.ÜMik. Ortalaması			100	Sonra K.B.ÜMik Ortalaması			122,75	

Tablo 3.36 incelendiğinde, araştırmamıza katılan işletmelerin, E4.0 teknoloji bileşenleri öncesi ve sonrası kişi başına üretim miktarı farkı, t-testine göre %95 güven aralığında test edilmiştir. Uygulanan test sonucunda arada anlamlı bir farklılığın olduğu kabul edilmiştir. Test sonuçlarına göre, işletmeler E4.0 teknolojilerini kullanmaya başladıktan sonra üretim miktarlarını %22,7 oranında arttırmışlardır.

İşletmelerin E4.0 teknolojilerini kullanmaya başladıktan sonra en önemli etkiyi üretim miktarlarında yaşadıkları işletmelerden alınan sonuçlarda karşımıza çıkmaktadır. Nitekim E4.0'ın en önemli amacı üretim süreçlerinde etkinliği sağlayarak üretim miktarını arttırmaktır. Üretim miktarı ve kişi başına üretim miktarı konusunda E4.0 teknolojilerinden sonra önemli derecede iyileşmenin olduğuna dair, araştırmamızda yer alan bir gıda işletmesinin iki üretim hattında elde ettikleri kazanımlar aşağıda tablodaki gibi verilmiştir.

Tablo 3.37. Gıda İşletmesi İki Üretim Hattına Ait E4.0 Öncesi ve Sonrası Veriler (E4.0 teknolojilerini 2017 Ocak ayında kullanmaya başlamıştır)

Ürün	Yıl	Fiili çalışma (saat)	Üretim Miktarı (Kg)	Saatlik üretim miktarı (kg)	Çalışan sayısı	Kişi başına üretim Miktarı (kg)*
Çikolata Üretim Hattı	2012	3.706,76	1.287,448	347,32	10	35
	2013	3.342,11	1.192,853	356,92	10	35
	2014	2.977,52	1.056.443	354,81	10	35
	2015	2.960,27	1.192,744	402,92	10	40
	2016	3.475,44	1.718,081	494,35	10	49
	2017	2.932,83	1.845,059	629,11	10	57
	2018	3.335,21	1.978,754	823,12	10	79
Çikolatalı Gofret Üretim Hattı	2012	4.495,66	2.792,815	621,22	15	41
	2013	3.892,84	2.616.418	672,11	15	44
	2014	3.302,76	2.493,296	754.91	15	50
	2015	2.687,27	1.854,421	690,08	15	46
	2016	2.322,99	1.869,497	804,78	15	53
	2017	1,542,24	1.653,696	1072,27	15	71
	2018	1.821,14	2.054.213	1452,13	15	96

*Rakamlar virgül ifadesinden kurtulmak için yuvarlanmıştır (örn: 34,73242562= 35)

Araştırmamızda yer alan bu gıda işletmesinin üst düzey yöneticisi ile yapılan yüz yüze görüşmede, E4.0 teknolojileri olan, büyük veri, CPS, IoT, 3D yazıcı ve robot gibi teknolojileri kullanmalarına bağlı olarak, çalışan sayısını değiştirmeden, kişi başına üretim miktarlarının önemli ölçüde arttığını belirtmiştir. Ayrıca, üretim miktarının artmasına bağlı olarak işletmenin üretim kapasitesinin de arttığını ve bu durumun örgütsel performanslarını yükselttiğini ifade etmiştir.

Tablo 3.38. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Kapasite Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları

Bağımlı Gruplar İçin t-Testi								
Frekans	Ort.	Std. Sapma	Std.hata	%95 Güven Aralığı		t	df	Sig.
				En düşük	En yüksek			
79	-16,924	8,506	,957	-18,829	-15,019	-17,684	78	,000
Önce Kapasite Ortalaması			100	Sonra Kapasite Ortalaması			116,92	

Tablo 3.38 incelendiğinde, araştırmamıza katılan işletmelerin, E4.0 teknoloji bileşenleri öncesi ve sonrası kapasite farkı, t-testine göre %95 güven aralığında test edilmiştir. Uygulanan test sonucunda arada anlamlı bir farklılığın olduğu kabul edilmiştir. Test sonuçlarına göre, işletmeler E4.0 teknolojilerini kullanmaya başladıktan sonra kapasitelerini %16,9 oranında arttırmışlardır.

Tablo 3.39. E4.0 Teknoloji Bileşenleri Öncesi ve Sonrası Üretim Hızı Farkını Gösteren t-Testi Sonuçları

Bağımlı Gruplar İçin t-Testi								
Frekans	Ort.	Std. Sapma	Std.hata	%95 Güven Aralığı		t	df	Sig.
				En düşük	En yüksek			
79	-21,861	9,196	1,035	-23,920	-19,801	-21,130	78	,000
Önce Ü.Hızı Ortalaması			100	Sonra Ü. Hızı Ortalaması			121,86	

Tablo 3.39 incelendiğinde, araştırmamıza katılan işletmelerin, E4.0 teknoloji bileşenleri öncesi ve sonrası üretim hızı farkı, t-testine göre %95 güven aralığında test edilmiştir. Uygulanan test sonucunda arada anlamlı bir farklılığın olduğu kabul edilmiştir. Test sonuçlarına göre, işletmeler E4.0 teknolojilerini kullanmaya başladıktan sonra üretim hızlarını %21,8 oranında arttırmışlardır.

E4.0 teknoloji bileşenlerinin işletmelerde sağladığı en önemli faydalardan biride eskiye nazaran daha hızlı üretim yapmalarıdır. Fabrika gezilerimizde, bazı işletmelerin çalışan sayılarını azaltarak, teknolojiler sayesinde daha hızlı üreterek aynı üretim miktarını yakaladığı, bazı işletmelerde ise çalışan sayısı sabit tutularak, daha hızlı üretimle daha fazla ürün üretildiği gözlemlenmiştir. Araştırmamız içerisinde yer alan bir tekstil işletmelerinden birine ait olan robot teknolojileri kullanarak yaptıkları kumaş spreyleme bölümündeki ikinci el verileri aşağıda Tablo 3.37’deki gibi verilmiştir.

Tablo 3.40. Tekstil İşletmesi Robot Teknolojisi Kullanmadan Önce ve Sonrası Verileri

	Operasyon sınıfları	Birim süre (dk)	Çalışan Sayısı (Kişi)	Biten ürün sayısı
Manuel Sprey Kabini	Rodeo Sprey	0,35	3	1
	Boy Sprey	0,5	3	1
	Rodeo+Boy Sprey	0,7	3	1
Sprey Robot Kabini	Rodeo Sprey	0,24	2	4
	Boy Sprey	0,35	2	4
	Rodeo+Boy Sprey	0,5	2	4
	Operasyon Sınıfları	Birim Süre		
Manuel Arka Cep Takma	Cep Takma	0,62		
	Cep Takma + Gaze	0,8		
	Büyük Cep Takma	0,95		
	Keçeli Cep Takma	0,96		
Robot Kol İle Cep Takma	Cep Takma	0,45		
	Cep Takma + Gaze	0,45		
	Büyük Cep Takma	0,47		
	Keçeli Cep Takma	0,48		

Sprey robotu ve cep takma robotunun üretim hattında yarattığı etki tablodan açıkça görülmektedir. Zaman, kişi ve biten ürün sayısındaki olumlu artış, işletmenin örgütsel performansını doğrudan arttırmaktadır. Aynı zamanda, tekstil işletme yöneticisi ile yapılan yüz yüze görüşmede robot teknolojisinin ürün kalitesinde standartlaşmayı artırması ve hata oranlarını azaltmasından dolayı ciddi bir kalite artışı sağladıklarını belirtmiştir.

Sonuç olarak, verilerin analizi ve bulgularına bakıldığında elde edilen sonuçların ana hipotezimiz olan H_1 : E4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütsel performans üzerinde etkisi vardır” hipotezini desteklediği ve kabul ettiği görülmektedir. H_0 hipotezi ise reddedilmiştir ve araştırma amacına ulaşmıştır. Bu doğrultu da genel olarak araştırmanın sonuç ve önerileri aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmanın temel amacı, E4.0 teknoloji bileşenlerinin işletmelerin örgütsel performanslarında ortaya çıkardığı etkileri belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda, E4.0 ve teknoloji bileşenleri, E4.0'ın sonucu olarak akıllı işletmeler ve örgütsel performans konularını daha iyi anlayabilmemiz açısından teorik bilgiler ilk bölümlerde verilmiştir. Araştırmanın son bölümünde, amacımıza ulaşmak ve hipotezlerimizi doğrulamak adına uygulama yapılmıştır. Elde edilen verilerle yapılan analizler sonucunda, E4.0 teknoloji bileşenlerini kullanan işletmelerin buna bağlı olarak örgütsel performanslarının etkilendiği ve bu etkinin olumlu/pozitif yönde olduğu görülmüştür. Araştırma sonucunda genel olarak aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır;

- E4.0 teknoloji bileşenleri, işletmelerin kârlılıklarını etkilemektedir. İşletmelerin teknolojileri kullanmadan önce ve sonrasına dair kârlılıklarında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Buna göre, E4.0 teknolojileri işletmelerin kârlılıklarını arttırarak örgütsel performansını pozitif yönde etkilemektedir.
- E4.0 teknoloji bileşenleri, işletmelerin maliyetlerinde önemli bir etkiye sahiptir. İşletmeler E4.0 teknolojilerini kullanmadan önce ve sonrasında farklılıklar elde etmiştir. Buna göre, E4.0 teknolojileri işletmelerin maliyetlerini azaltarak, örgütsel performansa olumlu bir etki sağlamaktadır.
- E4.0 teknoloji bileşenleri, işletmelerin satışları üzerinde bir etkiye sahiptir. E4.0 teknolojileri kullanmadan önce ve sonrasında, satışlar açısından, anlamlı farklılıklar elde etmişlerdir. Buna göre, E4.0 teknoloji bileşenleri örgütün satışlarını arttırarak, örgütün performansını pozitif yönde etkilemektedir.
- E4.0 teknoloji bileşenleri, işletmelerin üretim miktarı üzerinde etkiye sahiptir. İşletmeler E4.0 teknolojilerini kullandıktan sonra, kullanmadan önceye göre, üretim miktarlarını önemli ölçüde arttırmışlardır. Buna göre, E4.0 teknolojileri, işletmenin üretim miktarını arttırarak, örgütsel performansını pozitif yönde etkilemektedir.
- E4.0 teknoloji bileşenleri, işletmelerin kişi başına üretim miktarlarını etkilemektedir. İşletmelerin teknolojileri kullanmadan önce ve sonrasına dair önemli ölçüde farklılık bulunmaktadır. Bu doğrultuda, E4.0 teknoloji bileşenleri işletmelerin kişi başına düşen üretim miktarını arttırarak, örgütsel performansını pozitif yönde etkilemektedir.

- E4.0 teknoloji bileşenleri üretim miktarı ve kişi başı üretim miktarının arttırması dolayısıyla kapasite miktarını ve kapasite kullanım oranını da etkilemektedir. E4.0 teknolojileri kullandıktan sonra işletmeler daha yüksek oranlarda kapasite kullanmaya başlamışlardır. Bu nedenle, E4.0 teknoloji bileşenleri işletmelerin kapasitelerini arttırarak, örgütsel performansı pozitif yönde etkilemektedir.
- E4.0 teknoloji bileşenleri işletmelerin üretim hızlarını etkilemektedir. İşletmeler E4.0 teknolojilerini kullandıktan sonra, kullanmadan önceye göre, ürün başına düşen birim sürelerde önemli iyileştirmeler elde etmişlerdir. Buna göre, E4.0 teknolojileri işletmelerin üretim hızlarını arttırarak, örgütsel performansı pozitif yönde etkilemektedir.
- E4.0 teknoloji bileşenleri ürünlerin kalitesi üzerinde etkiye sahiptir. İşletmeler E4.0 teknolojilerini kullandıktan sonra, ürünlerinin kalitesinde iyileşmeler, standartlaşmalar, müşterilerden gelen olumlu dönüşler, hem çalışanlara, hem müşterilere hem de dış çevreye/doğaya karşı önemli kazanımlar elde etmişlerdir. Buna göre, E4.0 teknolojileri ürünlerin ve işletme süreçlerinin kalitesini arttırarak, örgütsel performansı pozitif yönde etkilemektedir.

Araştırma bulguları genel bir çerçevede değerlendirilirse bazı yorumlamalar yapılabilir. Bu bağlamda, işletmeler için E4.0 teknolojilerinin uzun vadede çok ciddi kazanımları sağlayacağı söylenebilir. Büyük veya küçük her işletmenin nihai amaçlarında olan örgütsel performansın yükselmesi E4.0 konusunda işletmeleri teşvik edebilir. Bu nedenle E4.0 dönüşümünü sağlayarak, işletmelerin akıllı işletmelere dönüşmesi kolaylaşabilir. E4.0 teknolojilerinin işletmelere sağladığı bu faydalara bakıldığında, Türkiye ekonomisinin E4.0'a ne kadar çok ihtiyacı olacağı görülebilir. Nitekim, Türkiye üretim sanayisinin GSYH içindeki payı 1998-2017 yılları arasında 4,8 puan azalarak %17,5'e düşmüştür (Dijital Türkiye Yol Haritası, 2018: 161). Bu azalış önlemek adına Türkiye'de politikaların oluşturulması ve eylem planları içerisine E4.0'ın bir çözüm yolu olarak alınması, teklif edilmiştir. Bu konuda sadece devlet ve ülke yöneticilerinin çalışmaları dönüşüm için yeterli değildir. Bu çalışmalara destek olacak şekilde, işletmelerimizin ve bireylerin ortak bir çabayla hareket etmesi, dijital dönüşüme ayak uydurmaya çalışması oldukça önemlidir.

Bazı uzmanlar E4.0 başarıyla hayata geçmesi için ilk önce zihniyetlerin değişmesi, kültürlerin değişmesi ve yaşam şekillerinin değişmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu nedenle, insanların ve toplumların dijital dönüşüme açık, teknolojileri kullanan ve teknolojileri üreten şekle dönüşmesi gerekmektedir. Bugün tüm dünyada akıllı işletmelerin dışında, şehirler ve toplumlar akıllı hale dönüşmektedir. Henüz 4.0 konuşulurken, Japonya tarafından ortaya atılan “Toplum 5.0” hedefi, Endüstri 5.0 kavramının tüm dünyada şimdiden konuşulmaya başlanması değişimin ne kadar hızlı ilerlediğini göstermektedir. Bu nedenle, teknolojiler toplumlar için bir tehdit değil, bir yardımcı olarak algılanmalı, toplumların yaşam kalitesini arttırmak için insansız teknolojilerin hayatımıza girdiği unutulmamalıdır. Dolayısıyla, bugün yaşanan devrimler eskiye nazaran, toplumlarla ülke yöneticilerin birlikte hareket etmesini ve birlikte dönüşmesini gerektiren devrimler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda sonuç olarak E4.0 dönüşümü için neler yapılabilir ya da hangi önerilerde bulunulabilir konusunda araştırmacılar olarak şu önerileri sıralayabiliriz:

Çalışanların E4.0 dönüşümünde yapabilecekleri üzerine öneriler;

- Bireysel olarak, E4.0 konusunda üzerimize düşen en büyük görev, kendimizi yeni çağın koşullarına göre şekillendirmektir. Araştırmacılara göre geleceğin en başarılı insanları kendi geleceklerini tasarlayan ve yaşayan insanlardır. Gelecekte korkmayan, üreten, girişimde bulunan ve teknolojiye uyum sağlayan insanlardır.
- Çalışanlar sadece teknolojiyi kullanan değil, teknolojiyi üreten yeteneklere ve becerilere sahip olma konusunda kendilerini yetiştirmelidir.
- Çalışanlar sadece uzman oldukları alanda sınırlı kalmayıp, yeni gelişmelere ve çalışma koşullarına göre kendilerini geliştirmeli, kariyer planlarını buna göre yapabilir.
- Çalışanlar, E4.0 ve getirdikleri konusunda bilgi sahibi olmalı ve işletmelerinin dönüşümü için çaba sarf edebilir. Dönüşüm sadece üst yönetimin istekleri veya direktifleriyle değil, çalışanların kendi istek ve düşüncelerinden geçenlerle de doğru yönlü olmalıdır.

İşletmelerin E4.0 dönüşümünde yapabilecekleri üzerine öneriler;

- E4.0 konusunda önemli adımlar atan ve başarı elde eden işletmeler, KOBİ'lere danışmanlık hizmeti sağlayabilir.
- KOBİ'lerin örgüt yapıları yeniden şekillendirilebilir, kurumsallaşma çalışmalarına ağırlık verilebilir ve ilk olarak bilişim teknolojileri yatırımlarına öncelik verilebilir. KOBİ'lere çözüm önerileri oluşturan ve danışmanlık veren kuruluşların sayısı arttırılabilir.
- Mevcut çalışanların E4.0 sürecinden korkmaması ve teknolojik işsizlik ile karşı karşıya kalmaması için düzenli olarak eğitilmesi ve eğitim programlarının İK departmanları ile oluşturulması sağlanabilir. Kariyer yönetimi ve kariyer yolculuklarına dair programlar dijital dönüşüme odaklı şekilde güncellenebilir. Örneğin, artık bir iş kolunda uzmanlaşmaya dayanan dikey kariyer yollarından ziyade, E4.0 farklı iş kollarında becerilere ve çok yönlü kariyere sahip çalışanlara ihtiyaç doğurmaktadır.
- Her konuda olduğu gibi E4.0 konusunda da başarıya ulaşmak için üst yönetimin tutumu oldukça önemlidir. Yeniliğe ve gelişmelere açık işletmeler ve yöneticiler E4.0 konusunda da oldukça değerlidir. Nitekim dünyada dijital dönüşümde başarılı işletmelere bakıldığında, yönetimlerinde CEO'ların yanında CDO (Chief Digital Officer-Dijital Dönüşüm Liderleri)'lerinde istihdam edildiği ve işletmelerin akıllı işletmelere olan yolculuğunda önemli bir katkıya sahip oldukları görülmektedir. Bu kapsamda Türkiye'deki işletmelerde CDO sayısı arttırılabilir ya da büyük ölçekli işletmeler, KOBİ'lere bu konuda danışmanlık sağlayabilir.

Sivil toplum kuruluşlarının E4.0 konusunda yapabilecekleri üzerine öneriler;

- E4.0 konusunda sivil toplum kuruluşlarının yapabileceği en önemli katkı, E4.0 ile ilgili toplumsal anlamda bilinçlendirme ve eğitim çalışmaları yapma noktasında olabilir.
- Özellikle E4.0 araştırma, tesis ve hizmet sağlama konusunda devlet ile işbirliğine giderek, daha hızlı yayılma, gecikmeleri önleme ve halkla iletişimi kurma konusunda fayda yaratabilir.

- STK'lar özellikle E4.0 konusunda toplum ile devlet arasında ilişkileri güçlendirebilir ve özellikle Toplum 5.0'a geçiş noktasında süper akıllı toplumların oluşturulmasında aracı bir rol üstlenebilir.

Sendikaların E4.0 konusunda yapabilecekleri üzerine öneriler;

- Sendikaların E4.0 sürecinde üzerine düşen en önemli sorumluluk istihdam alanındadır. E4.0'ın kısa vadede işsizliğe neden olacağı açıktır. Bu kapsamda, sendikalar çalışanların haklarının korunması, eğitilmesi ve çalışma yaşam şartlarının yumuşatılması konusunda aracı bir rol üstlenebilir.
- Özellikle E4.0 konusunda yetersiz/kalifiye olmayan çalışanların sorunlarını barışçıl yollarla çözerek yönetim ve işçiler arasındaki ilişkilerin iyileştirilmesinde yardımcı olabilirler.
- Sendikalar mevcut çalışanların E4.0 sürecinde mağdur olmaması ve krizin fırsata çevirilmesi noktasında işletme yöneticileri ve İK departmanları ile ortak çözümler üretme ve eğitimler düzenleme konusunda itikleyici bir faktör rolü üstlenebilir.

Ticaret ve Sanayi Odalarının Endüstri 4.0 dönüşümünde yapabilecekleri üzerine öneriler;

- Ticaret ve sanayi odaları bünyesinde E4.0 birimleri kurulabilir. Bazı şehirlerimizdeki sanayi odalarında bulunmakla birlikte sayıları yeterli değildir, sayıları arttırılabilir.
- Ticaret ve sanayi odalarında üniversite ve sanayi işbirliğine dair ortak projeler başlatılabilir. Akademik alandaki bilgiler ile E4.0'ın uygulamadaki sonuçlarını karşılaştırmak, akademisyen ile işletmecilerin buluşmasını sağlamak önemli sonuçlar doğurabilir.
- Ticaret ve sanayi odaları bünyesinde E4.0 için eğitimler düzenlenebilir. Farkındalığı arttırmak ve E4.0'ın yaratacağı sonuçlara karşı önlemler almak adına bilgilendirici ve geliştirici faaliyetler düzenlenebilir.

Devlet ve hükümetlerin E4.0 dönüşümünde yapabilecekleri üzerine öneriler;

- E4.0 dönüşümünde ülke yöneticilerinin üzerinde durması gereken ilk konu eğitimidir. Eğitim sistemi yeni devrimin koşullarına ve ihtiyaçlarına göre

uyarlanmalıdır. Özellikle nitelikli iş gücünü yetiştirmek adına ders müfredatları güncelenebilir, yeni meslek gruplarına ait bölümler kurulabilir.

- E4.0 teknoloji bileşenlerine ait teknolojik yenilikler, yazılımlar ve donanımlar büyük bir çoğunlukla yabancı ülkeler tarafından yapılmaktadır. Ülkemizin teknoloji üretme ve geliştirme açısından kapasitesini arttıracak, dışarıya bağımlılığını azaltacak, yerli ve milli girişimler teşvik edilebilir. Bu konuda, sanayi, devlet ve üniversite işbirliklerinin çok iyi bir şekilde kurulması için stratejiler geliştirilebilir.
- Türkiye'nin beş büyük iline kurulan beş E4.0 model fabrikanın sayısının artırılması ya da bu fabrikaların diğer illerdeki işletmelere internet alt yapısı ile ulaşarak danışmanlık faaliyetlerinde bulunması sağlanabilir.
- Bugün tüm dünyada E4.0 teknolojileri kullanılıp, akıllı işletme ve şehirlere dönüşüm yaşanırken, Türkiye'nin internet alt yapı hizmetlerinde hala bazı eksiklikler bulunmaktadır. Türkiye'nin en ücra köşesine bile internetin ulaşması, telefonların çekmesi oldukça önemlidir. Bu konuda önemli çalışmalar olduğu bilinmekle birlikte, internet alt yapısının güçlendirilmesi, internet erişiminin maliyetlerinin azaltılması ve gerekli siber güvenlik önlemlerinin alınması üzerinde daha ciddi bir şekilde durulabilir.
- Türkiye'nin farklı şehirlerindeki organize sanayi bölgelerinde, E4.0 dönüşümünde önemli bir rolü olan Ar-Ge merkezlerinin sayısı arttırılabilir. E4.0 konusunda önemli seviyelerde olan ülkelere mühendisler ve çalışanlar bu merkezlerde istihdam edilebilir.
- Devlet ve KOSGEB işbirliği ile E4.0 için alt yapı çalışmaları, eğitimler ve hibe programları düzenlenebilir. E4.0 ile ilgili devlet teşvikleri arttırılabilir.
- E4.0 ile ilgili farkındalığı arttırmak için, farklı şehirlerde fuarlar, eğitimler ve etkinlikler düzenlenebilir. Bu programlarda teknolojileri kullanan işletmeler ile kullanmayan işletmeler bir araya getirilip, teşvik ettirilebilir. Ayrıca, eksikliklerin, ihtiyaçların neler olabileceği konusunda karşılıklı fikir alışverişinde bulunulabilir.
- Türkiye'nin E4.0 dönüşümü, "Dijital Türkiye" adıyla da ifade edilmektedir. TC. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, Türk Girişim ve İş Dünyası Konfederasyonu (TÜRKONFED) tarafından geliştirilen KOBİ'lere yönelik

Dijital Dönüşüm Merkezi (DDM), TUSİAD Sanayide Dijital Dönüşüm, Bilişim Sanayicileri Derneği (TÜBİSAD) ile Dijital Dönüşüm, TC. Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı, TUBİTAK Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi kamu kurum ve kuruluşları tarafından yönlendirilmekte ve yürütülmektedir. Ayrıca bu kuruluşlara ek olarak,

<https://dijitaldonusumturkiye.com/>, <https://www.endustri40.com/> gibi internet sayfaları ve platformlar ile dijital dönüşüme katkı sağlamaktadır. Bu kamu kurum ve kuruluşlarına ek olarak özel kuruluşların girişimlerinin desteklenmesi, internet platform ve sayfalarının sayılarının artırılması da bir öneri olarak sunulabilir.

- Genç nüfusun hayatında çok önemli bir yeri olan sosyal medya araçları E4.0 konusunda farkındalığı arttırmak ve gençleri teşvik etmek amacıyla kullanılabilir. E4.0 sosyal medya danışmanları ve büroları aktif hale getirilerek, E4.0 ile ilgili bilgilendirme ve gündemde tutma işlevlerini yerine getirebilir.

Araştırmanın sonuçları ve önerilerine ilaveten, gelecek araştırmalar ve araştırmacılar için E4.0 konusunda daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir. Bu genel öneriye ek olarak gelecek araştırmalar için nazikane şu önerilerde sıralanabilir;

- Yapay zeka, E4.0 ve E5.0 gibi konuların gelecekte öneminin daha da fazla artacağı ve tüm işletmelerin ve ülkelerin bu paradigmalara uyum sağlamak zorunda kalacağına dair varsayımlar bulunmaktadır. Bu nedenle araştırmacıların bu alanlarda araştırma yapması önemli avantajlar sağlayabilir.
- İşletme kapsamında, karanlık ve akıllı işletmelerin ortaya çıkaracağı değişiklikler, yeni yönetim anlayışları, çalışma şekilleri, E4.0, E5.0 ile birlikte çalışanların gelecekleri, kadın çalışanların durumu, yeni kariyer yöntemleri, işletme fonksiyonlarında meydana gelecek değişimler vb. gibi konular araştırılabilir.
- Zaman geçtikçe Türkiye’ni E4.0 konusunda farkındalığı daha da yükseldikçe daha somut sonuçlara ulaşmak, E4.0 öncesine ve sonrasına dair karşılaştırmalar yapmak kolaylaşacaktır. Bu nedenle daha kapsamlı, örneğin bölgesel bazda araştırmalar yapılabilir.
- E4.0’a ait olan her teknoloji başlı başına bir çalışma konusunu teşkil etmektedir. Nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, büyük veri, bulut bilişim ve artırılmış gerçeklik teknolojileri özellikle son zamanlarda oldukça merak edilen

ve üzerinde araştırmalar yapılan konular arasındadır. Bu teknolojilerin her birinin işletmeler ve çalışanlar üzerindeki etkileri araştırılabilir. Örneğin, yöneticilerin karar alma yöntemlerinde büyük veri, muhasebe ve finans faaliyetlerinde bulut bilişim, insan kaynaklarında eğitim faaliyetlerinde arttırılmış gerçeklik, üretim ve pazarlama faaliyetlerinde siber fiziksel sistemler, robotlar, nesnelerin interneti ve büyük veri gibi çalışma konularının işletme alanına yeni bakış açıları kazandıracağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, araştırmacılar tarafından kesinlikle kaçırılmaması gereken bir devrim diye tabir edilen E4.0 konusunda devletimiz, işletmelerimiz, çalışanlar ve akademisyenler olarak daha fazla çalışmak ve işbirliği içinde olmak zorundayız. Özellikle E4.0 teknolojilerine yatırım yapan işletmelerin örgütsel performanslarında bu sonucu fazlasıyla alacağı, bir bakıma E4.0'ı kalite yatırımı ve geleceğe yönelik stratejik bir adım olarak düşünmeleri ve planlamalarını buna göre yapmaları önemlidir. Bu konuda akademik/niversite ve sanayi işbirliğinin sağlanması sürecin katma değerini yükseltebilir. Xsentius'un dediği gibi *“Rüzgarın yönünü değiştiremediğin zaman, yelkenlerini rüzgara göre ayarlamalısın. Çünkü dünya, karşılaştığın fırtınalarla değil, gemiyi limana getirip getiremediğinle ilgilenir”*.

KAYNAKÇA

Accenture ve Vodofone “Accenture Türkiye Dijitalleşme Endeksi” Türkiye Bilişim Vakfı, <https://www.accenture.com/tr-en/insight-accenture-digitization-index-report-2016>.

Akal, Zuhul (2005), İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi, Çok Yönlü Performans Göstergeleri, Milli Prodüktive Yayınları No: 473, Ankara.

Akdemir, Bünyamin (2004) “Yeniden Yapılandırma Açısından Stratejik İnsan Kaynakları Yönetimi ve Özelleştirilen İşletmelerde Yapılan Bir Araştırma, Doktora Tezi, İstanbul Üniv. SBE., İstanbul.

Akaev, Askar A. and Andrey I. Rudskoi (2017) Economic Potential of Breakthrough Technologies and Its Social Consequences (pp.13-43), Industry 4.0: Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape, (Edt: Devezas, Tessaleno, Joao Leita, Askar Sarygulov), Springer International Publishing AG.

Aktaş, Faruk, Celal Çeken ve Yunus Emre Erdemli (2014), “Biyomedikal Uygulamaları için Nesnelerin İnterneti Tabanlı Veri Toplama ve Analiz Sistemi”, *Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi – TIPTEKNO’14*, Kapadokya.

Alaarij, Saad, Zainal Abidin-Mohamed and Umami Salwa Binti Ahmad Bustamam (2016), “Mediating Role of Trust on the Effects of Knowledge Management Capabilities on Organizational Performance”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 235, pp. 729-738.

Albers, Albert Bartosz Gladysz, Tobias Pinner, Viktoriia Butenko and Tobias Stürmlinger (2016), “Procedure For Defining The System Of Objectives in The Initial Phase Of An Industry 4.0 Project Focusing On Intelligent Quality Control Systems” *Procedia CIRP*, 5, pp.262- 267.

Alçın, Sinan (2016), “Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0”, *Journal of Life Economics*, 3 (2), ss. 19-30.

Ali, Murad, Konan Anderson Seny Kan and Marko Sarstedt (2016), “Direct and Configurational Paths of Absorptive Capacity and Organizational Innovation to Successful Organizational Performance”, *Journal of Business Research*, 69, pp. 5317-5323.

Altunoğlu, A.Ender ve Başak Doğan (2014), “Bilgi Yönetimi, Çevre, Teknoloji ve Örgütsel Performans İlişkileri”, *İnternet Uygulamaları ve Yönetimi Dergisi*, 5 (1), ss. 21-37.

Anderl, Reiner and Fleischer, Jürgen (2016) “Guideline Industrie 4.0: Guiding Principles for the Implementation of Industrie 4.0 in Small And Medium Sized Businesses” VDMA Verlag.

Antalya Ticaret ve Sanayi Odası (2017) “Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti, Ölçeğin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulama Projesi” ATSO, Akdeniz Üniversitesi TTO, Antalya Bilim Üniversitesi TTO, Antalya, <https://www.atso.org.tr/yukleme/dosya/b5397a8cdd23159c064f2957c269fbe4.pdf>.

Ashby, Barry (2017) “How Industry 4.0 will Impact Industry”, *Industrial Heating Magazine*, Washington.

Aslan, Tuğçe, Kozan Demircan ve Özlem A. Arda (2018), Endüstri 4.0 Neden Önemli ve Türkiye’de Nasıl Uygulanmalı?, Harward Business Rewiew, <https://hbrturkiye.com/blog/endustri-4-0-neden-onemli-ve-turkiye-de-nasil-uygulanmali>.

Apilioğulları, Lütfi (2018) Dijital Dönüşümün Yol Haritası Endüstri 4.0: Değişimin Getirdikleri, Agora Kitaplığı, İstanbul.

Atzori, Luigi, Antonio Iera and Giacomo Morabito (2017), “Understanding The Internet Of Things: Definition, Potentials, And Societal Role Of A Fast Evolving Paradigm”, *Ad Hoc Networks*, 56, pp. 122-140.

Avacı, Nuri (2019) İnsan Kaynaklarından Yetenek Yönetimine Endüstri 4.0, Kriter Yayınevi, İstanbul.

Aydın, Burak (2017), “Bilişimde Gelişim, Bilişimle Gelişim, Ar-Ge, Üretim, İstihdam: Verimlilik ve Sürdürülebilirlik”, Türkiye Bilişim Derneği, 24. Bilgi İşlem Merkezi Yöneticileri Semineri - BİMY’24, Antalya.

Azar, Goudarz and Francesco Ciabuschi (2017), “Organizational Innovation, Technological Innovation, and Export Performance: The Effects of Innovation Radicalness and Extensiveness”, *International Business Review*, 26, pp. 324-336.

Banger, Gürcan (2016) Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme, Dorlion Yayınları, Eskişehir.

Banger, Gürcan (2017), Endüstri 4.0 Ekstra, Dorlion Yayınları, Eskişehir.

Banger, Gürcan (2018), Endüstri 4.0 Uygulama ve Dönüşüm Rehberi, Dorlion Yayınları, Eskişehir.

Bartodziej, Christoph (2017), The Concept Industry 4.0, An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics, Best Masters, Springer Gabler, Germany.

Basl, Josef (2016), “The Pilot Survey of The Industry 4.0 Principles Penetration in The Selected Czech and Polish Companies”, *Journal Of Systems Integration*, 7 (4), pp. 3-8.

Bastian, Elvin and Munawar Muchlish (2012), “Perceived Environment Uncertainty, Business Strategy, Performance Measurement Systems and Organizational Performance”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, ss. 787-792.

Bauer, Wilhelm, Moritz Hämmerle, Sebastian Schlund and Christian Vocke (2015), “Transforming to a Hyper-Connected Society and Economy – Towards an Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing*, 3, pp. 417-424.

Bartodziej, C. Jan (2017) The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics, BestMasters, Springer Gabler, Germany.

Bayır Toplu, Dilek (1999), “Çalışma Yaşamının Kalitesinin Geliştirilmesi: Türkiye’deki Kamu Kurum Arşivleri Örneği”, *Türk Kütüphaneciliği*, 13 (3), ss. 223-251.

Bayram Barış ve Gökhan İnce (2018) “Advances in Robotics in the Era of Industry 4.0”, *Industry 4.0: Managing The Dijital Transformation*, (Edt. A. Üstündağ ve E.Çevikcan) Springer International Publishing, Switzerland.

Benešová, Andrea and Jiří Tupa (2017), “Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing*, 11, pp. 2195-2202.

Beyca, Ö. Faruk, G. Hançerlioğulları, ve İbrahim Yazıcı (2018) “Additive Manufacturing Technologies and Applications”, *Industry 4.0: Managing The Dijital*

Transformation, (Edt. A. Üstündağ ve E.Çevikcan) Springer International Publishing, Switzerland.

Bititci, Umit S., Trevor Turner and Carsten Begemann (2000), “Dynamics of Performance Measurement Systems”, *International Journal of Operations & Production Management*, 20 (6), pp. 692-704.

Bolotin, Michael Y. and Tessaleno C. Devezas (2017), Distribution and Clusters of Basic Innovations, (pp.117-137), *Industry 4.0: Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape*, (Edt: Devezas, Tessaleno, Joao Leita, Askar Sarygulov), Springer International Publishing AG.

Brettel, Malte, Niklas Friederichsen, Michael Keller and Marius Rosenberg (2014), “How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective”, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Information and Communication Engineering*, 8 (1), pp. 37-44.

Bulut, Ela ve Taner Akçacı (2017), “Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi”, *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 7, ss.50-72.

Büyük, Köksal, Nurcan Deniz, Uğur Keskin ve Fatih Temizel (2016), Verimlilik Yönetimi, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını, 1. Baskı, Eskişehir.

Camisón, Cesar and Ana Villar-López (2014), “Organizational Innovation as an Enabler of Technological Innovation Capabilities and Firm Performance”, *Journal of Business Research*, 67, pp. 2891-2902.

Can, Ahmet Vecdi ve Merve Kıymaz (2016), “Bilişim Teknolojilerinin Perakende Mağazacılık Sektörüne Yansımaları: Muhasebe Departmanlarında Endüstri 4.0 Etkisi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, CİEP Özel Sayısı, ss. 107-117.

Can, Ahmet (2018), Üç Boyutlu Lavabo, Hürriyet Ekonomi, <http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/3-boyutlu-lavabo-40984306>.

Carmigniani, Julie and Borko Furht,(2011) *Augmented Reality: An Overview*, Handbook of Augmented Reality, (Edt:B. Furht), Springer Science+Business Media.

- Chavez, Roberto, Wantao Yu, Mark A. Jacobs and Mengying Feng (2017), “Manufacturing Capability and Organizational Performance: The Role of Entrepreneurial Orientation”, *International Journal of Production Economics*, 184, pp. 33-46.
- Çalış Duman M. ve Akdemir B. (2019) “Akıllı İşletmeler: Yeni Nesil Çalışanlar” 1. Uluslararası İletişim ve Yönetim Bilimleri Kongresi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Callari, Jim (2017), “Smart Manufacturing Needs Smart People”, *Plastics Technology*, <https://www.ptonline.com/columns/smart-manufacturing-needs-smart-people>.
- Çavdar, Tuğrul ve Ercüment Öztürk (2018), “Nesnelerin İnterneti İçin Yeni Bir Mimari Tasarımı”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (1), ss. 39-48.
- Çeliktaş, M. Soner, Görkem Sonlu, Serkan Özgel ve Yusuf Atalay (2015) “Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası” *Mühendis ve Makine*, 56(662), ss.24-34.
- Da Xu, Li (2011), “Enterprise Systems: State-of-the-Art and Future Trends”, *IEEE Transactions On Industrial Informatics*, 7 (4), pp. 630-640.
- Da Xu, Li, Wu He and Shancang Li (2014), “Internet of Things in Industries: A Survey”, *IEEE Transactions On Industrial Informatics*, 10(4), pp.2233-2243.
- De Clercq, Dirk, Bulent Menguc and Seigyoung Auh (2008), “Unpacking the Relationship Between an Innovation Strategy and Firm Performance: The Role of Task Conflict and Political Activity”, *Journal of Business Research*, 62, pp. 1046-1053.
- Deloitte (2014), “Industry 4.0 Challenges and Solutions for The Digital Transformation and Use of Exponential Technologies”, Audit. Tax. Consulting. Corporate Finance.
- Demir, Mahmut (2011), “İşgörenlerin Çalışma Yaşamı Kalitesi Algılamalarının İşte Kalma Niyeti ve İşe Devamsızlık ile İlişkisi”, *Ege Akademik Bakış*, 11 (3), ss. 453-464.
- Dess, Gregory G. and Richard B. Robinson Jr. (1984), “Measuring Organizational Performance in the Absence of Objective Measures: The Case of the Privately-Held Firm and Conglomerate Business Unit”, *Strategic Management Journal*, 5 (3), pp. 265-273.

Devezas, Tessaleno, Joao Leita, Askar Sarygulov (2017) *Industry 4.0: Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape*, Springer International Publishing AG.

Dilberoglu, Ugur M, Bahar Gharehpapagh, Ulas Yaman ve Melik Dolen (2017), “The Role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing*, 11, pp. 545-554.

Dirhasan, Taşkın, (2017) Endüstri 4.0 Çağında Yeni İstihdam Fırsatları ve Tehditleri, <https://hbrturkiye.com/blog/endustri-4-0-caginda-yeni-istihdam-firsatlari-ve-tehditleri>).

Dombrowski, Uwe and Tobias Wagner (2014) “Mental Strain As Field Of Action in The 4th Industrial Revolution” *Procedia CIRP* 17 pp.100-105.

Dopico, M., Gomez, A., De la Fuente, D., García, N., Rosillo, R. ve Puche, J. (2019) “A Vision Of Industry 4.0 From An Artificial Intelligence Point Of View”, *Int'l Conf. Artificial Intelligence | ICAI'16*, ss.407-413.

Draghici, Anca, Anca-Diana Popescu and Luminita Maria Gogan (2014), “A Proposed Model for Monitoring Organizational Performance”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 124, pp. 544-551.

Drath, Rainer and Alexander Horch (2014), “Industrie 4.0: Hit or Hype?”, *IEEE Industrial Electronics Magazin*, pp. 56-58.

Drucker, Peter (1985), *Innovation and Entrepreneurship*, Harper&Row Publishers, New York.

Durmuş, Aydoğan (2019) *Endüstri 4.0+Eğitim 4.0+Liderlik 4.0+Toplum 5.0=?0*, Efe Akademi Yayınları, İstanbul.

Durmuş, Beril, E. Serra Yurtkoru ve Murat Çinko (2013), *Sosyal Bilimlerde SPSS’le Veri Analizi*, Beta Yayınları, 5. Baskı, İstanbul.

Dünya Gazetesi (2017), Şehirler Akıllandı, Tasarruf Arttı, 03.12.2017 <https://www.dunya.com/sirketler/sehirler-akillandi-tasarruf-artti-haberi-393071>.

Ekizler, Hüseyin (2019), *Dijital Çağın Anahtarı: Büyük Veri, Dijital Dönüşüm Ekseninde İşletme Uygulamaları* (Edt: Muazzez Babacan) ss. 77-97, Detay Yayıncılık, Ankara.

EKOIQ (2014) ““Akıllı” Yeni Dünya:Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Bilişimin Endüstriyle Buluştuğu Yer Türkiye “Akıllı” Üretime Hazır mı?”, <https://docplayer.biz.tr/763659-Endustri-4-0-akilli-yeni-dunya-dorduncu-sanayi-devrimi-ekoik-endustri-4-0-bilisimin-endustriyle-bulustugu-yer-turkiye-akilli-uretime-hazir-mi.html>.

Elnihewi, Ismail, Faudziah Hanim Fadzil and Rapih Mohamed (2014), “The Effect of Institutional Factors on The Organizational Performance Through Performance Measures of Commercial Banks in Libya”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 164, pp. 635-640.

Endüstri 4.0 Platformu, “Dördüncü Sanayi Devrimi'nde Kadın Çalışanlar”, <https://www.endustri40.com/dorduncu-sanayi-devriminde-kadin-calisanlar/>.

Erdem, Barış, Ayhan Gökdeniz ve Önder Met (2011), “Yenilikçilik ve İşletme Performansı İlişkisi: Antalya’da Etkinlik Gösteren 5 Yıldızlı Otel İşletmeleri Örneği”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26 (2), ss. 77-112.

Erdem, Barış, Kudret Gül ve Melike Gül (2013), “Pazar Yönlülük, İnovasyon Yönlülük ve Firma Performansı İlişkisi: Ankara’da Faaliyet Gösteren Dört ve Beş Yıldızlı Otel İşletmelerinde Bir Araştırma”, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 5 (2), ss. 74-104.

Eren, Müfide Şule ve Mustafa Kaplan (2014), “Kurumsal Yetkinliklerin Örgütsel Performans Üzerindeki Etkileri: Üretim Firmaları Üzerine Bir Araştırma”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 40, ss. 175-192.

Eren, Erol, (1982), *İşletmelerde Yenilik Politikası*, Formül Matbaası, İstanbul.

Erol, Selim, Andreas Jäger, Philipp Hold, Karl Ott and Wilfried Sihn (2016), “Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for The Future of Production”, *Procedia CIRP*, 54, pp. 13-18.

Esengün Mustafa ve Gökhan İnce (2018) “The Role of Augmented Reality in the Age of Industry 4.0”, *Industry 4.0: Managing The Dijital Transformation*, (Edt. A. Üstündağ ve E.Çevikcan) Springer International Publishing, Switzerland.

Faller, Clemens and Dorothee Feldmüller (2015), “Industry 4.0 Learning Factory for Regional SMEs”, *Procedia CIRP*, 32, pp. 88-91.

Fang, Edward Aihua, Xiaoyi Li and Jiajun Lu (2016), “Effects of Organizational Learning on Process Technology and Operations Performance in Mass Customizers”, *International Journal of Production Economics*, 174, pp. 68-75.

Farhanghi, Ali Akbar, Abbas Abbaspour and Reza Abachian Ghassemi (2013), “The Effect of Information Technology on Organizational Structure and Firm Performance: An Analysis of Consultant Engineers Firms (CEF) in Iran”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 81, pp. 644-649.

Fidan, Dilek ve İkbâl Fidan (2016), Kayseri Endüstri 4.0'a Kümelenerek Hazırlanacak, <https://www.dunya.com/yurttan-haberler/kayseri-endustri-40039a-kumelenerek-hazirlanacak-haberi-325902>. (31.12.2019)

Frank, Alejandro G., Lucas S. Dalenogare and Néstor F. Ayala (2019) “Industry 4.0 Technologies: Implementation Patterns in Manufacturing Companies, *International Journal of Production Economics*, in press. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004> (22.12.2019).

Fortune Türkiye, (2017a) Akıllı Üretim Çağı: Endüstri 4.0, <http://www.fortuneturkey.com/akilli-uretim-cagi-endustri-40-42841>.

Fortune Türkiye, (2017b) Türk Telekom ve GE Dijital Endüstri 4.0 için Güçlerini Birleştirdi, <https://www.fortuneturkey.com/turk-telekom-ve-ge-dijital-endustri-40-icin-guclerini-birlestirdi-49064> (22.12.2019).

Fortune Türkiye, (2017c) Bulutum.com, KOBİ'lerin Bilişim Giderini % 80 Düşürecek, <https://www.fortuneturkey.com/bulutumcom-kobilerin-bilisim-giderini-80-dusurecek-43177>. (28.12.2019).

Fukuyama, Mayumi (2018) “Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society” *Japan SPOTLIGHT*, pp.47-50.

Gabriel, Magdalena and Ernst Pessl, “Industry 4.0 And Sustainability Impacts: Critical” Discussion Of Sustainability Aspects With A Special Focus On Future Of Work And Ecological Consequences”, *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering*, 14(2) pp. 131-136.

Garbie, Ibrahim (2016), *Sustainability in Manufacturing Enterprises, Concepts, Analyses and Assesments for Industry 4.0*, Springer International Publishing, Switzerland.

Gaub, Heinz (2016) “Customization Of Mass-Produced Parts By Combining Injection Molding And Additive Manufacturing with Industry 4.0 Technologies” *Reinforced Plastics*, 60 (6), pp. 401-404.

GE Türkiye (2018), Yeni Ekonominin Petrolü: Büyük Veri-1, <https://geturkiyeblog.com/yeni-ekonominin-petrolu-buyuk-veri-i/> (12.11.2019).

Ghalayini, Alaa M., James S. Noble and Thomas J. Crowe (1997), “An Integrated Dynamic Performance Measurement System for Improving Manufacturing Competitiveness”, *International Journal of Production Economics*, 48 (3), pp. 207-225.

Gilchrist, Alasdair (2016), *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Springer Publishing, Apress Media, New York.

Giurgiua A. Mihaela, Manciu, Ionela and Lesea, Ioana (2016) “Technological Development - a Tool for Social and Economic Impact of the Chamber of Commerce and Industry of Mures County”, *Procedia Technology* 22, pp.1092-1099.

Gogan, Luminita Maria, Alin Artene, Ioana Sarca and Anca Draghici (2016), “The Impact of Intellectual Capital on Organizational Performance”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 221, pp. 194-202.

Gomes, Giancarlo and Rafaele Matte Wojahn (2017), “Organizational Learning Capability, Innovation and Performance: Study Insmall and Medium-Sized Enterprises (SMES)”, *Revista de Administração*, 52 (2), pp. 163-175.

Görçün, Ömer Faruk (2017) *Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0*, Beta Yayıncılık, İstanbul.

Grafton, Jennifer, Anne M. Lillis and Sally K. Widener (2010), “The Role Of Performance Measurement And Evaluation İn Building Organizational Capabilities And Performance”, *Accounting, Organizations and Society*, 35, pp. 689-706.

Greengard, Samuel (2017) Internet of Things (Nesnelerin İnterneti), Çev: Müge Çavdar, Optimist yayınları, İstanbul

Güleş, Hasan Kürşat ve Vural Çağlıyan (2003), “İleri İmalat Teknolojileri Kullanımının İşletme Performansına Etkileri: Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi İşletmelerinde Bir Uygulama”, *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 1 (5), ss. 63-85.

Gülmez, Hakan (2013), “Çalışanların Yaşam Kalitesini Etkileyen Faktörler”, *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 7 (4), ss. 74-82.

Gürsakal, Necmi (2017) Büyük Veri, 3. Basım, Dora Yayıncılık, Bursa.

Ha, Shiaw-T., May-C. Lo and Yin-C. Wang (2016) “Relationship between Knowledge Management and Organizational Performance: A Test on SMEs in Malaysia”, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 224, pp.184-189.

Hao, Shengbin and Michael Song (2016), “Technology-Driven Strategy and Firm Performance: Are strategic capabilities missing links?”, *Journal of Business Research*, 69, pp. 751-759.

Hassan, Narehan, Maamor Hairunnisa, Razak A. Norfadzillah ve Lapok Freziamella (2014), “The Effect of Quality of Work Life (QWL) Programs on Quality of Life (QOL) Among Employees at Multinational companies in Malaysia.”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 112, ss. 24-34.

Harvard Business Review Türkiye (2017), Aşırıya Kaçan Organizasyonlar, Aralık Sayısı.

Harvard Business Review Türkiye (2017), “Otomasyon, Hangi Beceriler İle Yapay Zekanın Önüne Geçersiniz?” Mart Sayısı.

Harvard Business Review Türkiye (2017), Akıllı Şehirler, Nisan Sayısı Dergi Özel Eki.

Harvard Business Review Türkiye (2017), Bir Başkadır Türkiye’nin Gençliği, Eylül Sayısı.

Hecklau, Fabian, Mila Galeitzke, Sebastian Flachs and Holger Kohl (2016) “Holistic approach for Human Resource Management in Industry 4.0” *Procedia CIRP*, 54.

Hermann, Mario Tobias Pentek ve Boris Otto (2016) “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios”, *49th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 3929-3937.

Herrmann, Mario, Pentek, Tobias and Otto, Boris (2015), “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review ”, Working Paper, *Business Engineering Institute* St. Gallen, Lukasstr. 4, CH-9008 St. Gallen.

Herrmann, Christoph, Schmidt, Christopher, Kurlle, Denis, Blume, Stefan, ve Thiede, Sebastian (2014), “Sustainability in Manufacturing and Factories of the Future”, *International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing-Green Technology* 1(4), pp. 283-292.

Hız, E.Özgecan (2017), “Dijital Dönüşümle “Uzaklaşan” İş Trendi” <https://hburturkiye.com/blog/dijital-donusumle-uzaklasan-is-trendi>. (18.10.2018).

Huang, Kuo-En, Jih-HwaWu, Shiau-Yun Lu and Yi-Chia Lin (2016), “Innovation and Technology Creation Effects on Organizational Performance”, *Journal of Business Research*, 69, pp. 2187-2192.

Hussein, Norashikin, Amnah Mohamad, Fauziah Noordin and Noormala Amir Ishak (2014), “Learning Organization and its Effect on Organizational Performance and Organizational Innovativeness: A Proposed Framework for Malaysian Public Institutions of Higher Education”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 130, pp. 299-304.

Ince, Huseyin, Salih Zeki Imamoglu ve Hulya Turkcan (2016) “The Effect of Technological Innovation Capabilities and Absorptive Capacity on Firm Innovativeness: A Conceptual Framework”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 235,ss.764-770.

Işığışok, Erkan (2008), “Performans Ölçümü, Yönetimi ve İstatistiksel Analizi”, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 7, ss. 1-23.

Ivanov, Cristian-Ionuț and Silvia Avasilcăi (2014), “Performance Measurement Models: An Analysis for Measuring Innovation Processes Performance”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 124, pp. 397-404.

Ivanov, Dmitry, Boris Sokolov and Marina Ivanov (2016) “Schedule Coordination In Cyber-Physical Supply Networks Industry 4.0”, *IFAC-PapersOnLine* 49-12, ss.839–844.

Jardim-Goncalves, Ricardo, David Romero and Antonio Grilo (2017), “Factories of The Future: Challenges and Leading Innovations in Intelligent Manufacturing”, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 30 (1), pp. 4-14.

Jiménez-Jiménez, Daniel and Raquel Sanz-Valle (2011), “Innovation, Organizational Learning, and Performance”, *Journal of Business Research*, 64, pp. 408-417.

Jingye, Li and Tanaka Takehiro (2016), “Practical Process for Introducing Smart Business Continuity Management of Smart City in Japan”, *Procedia Engineering*, 146, pp. 288-295.

Jonsson, Patrik and Magnus Lesshammar, “Evaluation and Improvement of Manufacturing Performance Measurement Systems – the role of OEE”, *International Journal of Operations & Production Management*, 19 (1), pp. 55-78.

Kabadayı, Ebru Tümer (2002), “İşletmelerdeki Üretim Performans Ölçütlerinin Gelişimi, Özellikleri ve Sürekli İyileştirme İle İlişkisi”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 6, ss. 61-75.

Kadak, Şelale (2018), Kayseri İşte Bu Şirketlerle Lig Atlıyor, <https://www.sabah.com.tr/yazarlar/kadak/2018/02/08/kayseri-iste-bu-sirketlerle-lig-atliyor>.

Kagermann H. (2015), “Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0”, In: Albach H., Meffert H., Pinkwart A., Reichwald R. (eds) *Management of Permanent Change*. Springer Gabler, Wiesbaden.

Kagermann, Henning, Wolfgang Wahlster ve Johannes Helbig (2013) “Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0” ACATECH – National Academy of Science and Engineering.

Kagermann, Henning and McDougall, W. Industrie 4.0 Smart Manufacturing For the Future, Germany Trade and Invest, <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/documents-folder/policies/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view> (01.01.2020).

Kahraman, Fatma (2019), “Toplum 5.0: Toplum İçin Teknoloji”, <https://hbrturkiye.com/blog/toplum-5-0-toplum-icin-teknoloji> (13.01.2020).

Kalmuk, Gülhan and A.Zafer Acar (2015), “The Mediating Role of Organizational Learning Capability on The Relationship Between Innovation and Firm’s Performance: A Conceptual Framework”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 210, pp. 164-169.

Kapanaoğlu M., S. Abdalla, Ö. Gültekin, F. Er ve H. Sönmez (2016), “İşletme Analitiği”, Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir.

Karaman, Rifat (2009), “İşletmelerde Performans Ölçümünün Önemi ve Modern Bir Performans Ölçme Aracı Olarak Balanced Scorecard”, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8 (16), ss. 410-427.

Karapınar, N., Göksu, N. Ve Koska, A. (2016)“Yerli Otomobil Üretiminde Zeki Algı Analizi” ss.724-730, Uluslararası Katılımlı 16. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İTÜ.

Karnouskos, Stamatis Armando W. Colombo and Thomas Bangemann (2014) “Trends and Challenges for Cloud-based Industrial Cyber-Physical Systems”, *Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems* (Edt:A. W. Colombo, T. Bangemann, S. Karnouskos J. Delsing, P.Stluka, R. Harrison, F. Jammes J. L. Lastra), pp 231-240, The IMC-AESOP Approach, Springer Link.

Kayışkan, Doğu (2019) İşletmelerde Bulut Bilişim Teknolojisi Kullanımı: Bulut CRM Örneği, *Dijital Dönüşüm Ekseninde İşletme Uygulamaları* (Edt: Muazzez Babacan) ss. 173-198, Detay Yayıncılık, Ankara.

Kayseri DHA (2018), Kayseri’de Model Fabrika Hamlesi, <http://www.hurriyet.com.tr/yerel-haberler/kayseri/kayseride-model-fabrika-hamlesi-40976256>. (21.12.2019)

KAYSO, (2016) Endüstri 4.0 İle Üretimimiz Sınıf Atlayacak, <http://www.kayso.org.tr/haber/11290/%20endustri-40-ile-uretimimiz-sinif-atlayacak>. (21.12.2019)

KAYSO, (2017) “Endüstri 4.0’ı Kaçırmamalıyız” <http://www.kayso.org.tr/haber/12463/endustri-40i-kacirmamaliyiz>. (21.12.2019)

Kerssens-van Drongelen, Inge C. and Andrew Cooke (1997), “Design Principles For The Development Of Measurement Systems For Research And Development Processes”, *R&D Management*, 27 (4), pp. 345-357.

King, Brett (2016), *Augmented (Aritılmış Gerçeklik)*, Çev: Kerem Balaban, MediaCat Kitapları, İstanbul.

Kocsi, Balázs and Judit Oláh (2017), “Potential Connections of Unique Manufacturing and Industry 4.0”, *Scientific Journal of Logistics*, 13 (4), pp. 389-400.

Kolberg, Dennis and Zühlke Detlef (2015), “Lean Automation Enabled by Industry 4.0 Technologies”, *IFAC Papers on Line*, 48 (3), pp. 1870-1875.

Korucu, Agâh T., Ertuğrul Usta, İsmail F.Yavuzaslan (2016), Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Teknolojilerinin Kullanımı: 2007-2016 Döneminde Türkiye’de Yapılan Araştırmaların İçerik Analizi, *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), ss.82-92.

Kozanoğlu, Hayri (2016) “Endüstri 4.0, İnsan Emeği ve Mühendis” *Elektrik Mühendisliği*, 459.

Landherr, Martin, Ulrich Schneider and Thomas Bauernhansl (2016), “The Application Center Industrie 4.0-Industry-Driven Manufacturing, Research And Development”, *49th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, pp.26-31.

Lasi, Heiner, Hans G. Kemper, Peter Fettke, Thomas Feld and Michael Hoffmann(2014), “Industry4.0”, *Springer Fachmedien Wiesbaden*, <http://www.wirtschaftsinformatik.de> DOI10.1007/s12599-014-0334-4, pp.239-242.

Lau, R.S.M. and Bruce E. May (1998), “A Win-Win Paradigm for Quality of Work Life and Business Performance”, *Human Resource Development Quarterly*, 9 (3), pp. 211-226.

Lee, Jay, Edzel Lapira, Behrad Bagheri and Hung-an Kao (2013), “Recent Advances and Trends in Predictive Manufacturing Systems in Big Data Environment”, *Manufacturing Letters*, 1, pp. 38-41.

Li, Xiaomin, Di Li, Jiafu Wan, Athanasios V. Vasilakos, Chin-Feng Lai and Shiyong Wang (2017), “A Review Of Industrial Wireless Networks in The Context of Industry 4.0”, *Wireless Netw*, 23, pp.23-41

Li, Ling (2017) “China's Manufacturing Locus in 2025: With a Comparison of “Made-in-China 2025” and “Industry 4.0”, *Technological Forecasting and Social Change*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.028>. (12.02.2019)

Long, F., P. Zeiler and B. Bertsche (2017), “Modelling the Flexibility Of Production Systems In Industry 4.0 For Analysing Their Productivity And Availability With High-Level Petri Nets”, *IFAC PapersOnLine* 50(1), pp.5680-5687.

Lu, Yang (2017), “Industry 4.0: A Survey On Technologies, Applications and Open Research Issues” *Journal of Industrial Information Integration* 6, pp.1-10.

M. Joseph Sirgy, David Efraty, Phillip Siegel and Dong-Jin Lee (2001), “A New Measure of Quality of Work Life (Qwl) Based on Need Satisfaction and Spillover Theories”, *Social Indicators Research*, 55, pp. 241-302.

Macit, İrfan (2017), “Kurumsal Kaynak Planlamasının Endüstri 4.0 Kazanımları: Bir Yapısal Çatı Modeli Önerisi”, *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi* 2(1), pp.50-60.

Meissner, Hermann, Rebecca Ilsen and Jan C. Aurich (2017), “Analysis of Control Architectures in the Context of Industry 4.0”, *Procedia CIRP* 62, pp. 165-169.

Mekni, Mehdi and Andr’e Lemieux, (2014) “Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends” *Applied Computational Science*, <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2014/Malaysia/ACACOS/ACACOS-29.pdf> (13.03.2019)

Melville, Nigel, Kenneth L. Kraemer and Vijay Gurbaxani (2004), “Information Technology and Organizational Performance: An Integrative Model of IT Business Value”, *MIS Quarterly*, 28 (2), pp. 283-322.

Mendlinga, Jan, Baesens, Bart, Bernstein, Abraham ve Fellmann, Michael (2017) “Challenges of Smart Business Process Management: An Introduction To The Special Issue”, *Decision Support Systems* 100, pp.1-5.

McKinsey Dijital (2015) “Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector”, *McKinsey and Company*.

Moeuf, Alexandre, Robert Pellerin, Samir Lamouri, Simon Tamayo-Giraldo and Rodolphe Barbaray (2017), “The Industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0” *International Journal of Production Research*, <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>. (21.11.2018)

Morrah Rabeh, Husam Arman, ve Saeed Mousa,(2017) “ -The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective” *Technology Innovation Management Review* 7 (11), pp.12-22.

Mrugalska, Beata and Magdalena K. Wyrwicka (2017) “Towards Lean Production in Industry 4.0” *Procedia Engineering*, 182, pp. 466- 473.

Munir Ahmad, M. ve Nasreddin Dhafr (2002), “Establishing and Improving Manufacturing Performance Measures”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18, ss. 171-176.

Muthuveloo, Rajendran, Narendran Shanmugam and Ai Ping Teoh (2017), “The Impact of Tacit Knowledge Management on Organizational Performance: Evidence From Malaysia”, *Asia Pacific Management Review*, 22 (4), pp. 192-201.

Neugebauer, R., Sophie Hippmann, Miriam Leis and Martin Landherr (2016), “Industrie 4.0 – From The Perspective Of Applied Research”, *Procedia CIRP*, 57, pp. 2-7.

Niesen Tim, Constantin Houy, Peter Fettke and Peter Loos (2016), “Towards an Integrative Big Data Analysis Framework for Data-driven Risk Management in Industry 4.0”, *49th Hawaii International Conference on System Sciences* pp.5065-5074.

Niesen, Tim, Fettke, Peter ve Loos, Peter (2016), “Towards an Integrative Big Data Analysis Framework for Data-driven Risk Management in Industry 4.0” *49th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 5065-5074.

Oesterreich, Thuy Duong and Frank Teuteberg (2016) “Understanding The Implications Of Digitisation And Automation in The Context Of Industry 4.0: A Triangulation Approach And Elements Of A Research Agenda For The Construction Industry” *Computers in Industry*, 83, pp. 121–139.

Orlandi, Ludovico Bullini (2016), “Organizational Capabilities in the Digital Era: Reframing Strategic Orientation”, *Journal of Innovation & Knowledge*, 1, pp. 156-161.

Ovacı, Ceyda (2017), “Endüstri 4.0 Çağında Açık İnovasyon”, *Maliye Finans Yazıları*, Özel Sayı ss.113-132.

Önday, Özgür (2017), *Dijital Dönüşüm*, Gazi Kitabevi, Ankara.

Özdoğan, Ogan (2016), *Büyük Veri Denizi*, Elma Yayınları, Ankara.

Özdoğan, Ogan (2017), *Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*, Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık A.Ş., İstanbul.

Özlü, Faruk, (2017) “Dördüncü Sanayi Devrimi Kamu Perspektifi” Türkiye Toprak Seramik Çimento ve Cam Sanayi İşverenleri Sendikası Dergisi, ss. 4-8.

Öztuna, Barış, (2017) Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi İle Çalışma Yaşamının Geleceği), Gece Kitaplığı, Ankara.

Öztürk, Emel ve Küçük Hüseyin Koç (2017), “Endüstri 4.0 ve Mobilya Endüstrisi”, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6 (3), 786-794.

Öztürk, Emrah, Muammer Mesci ve İzzet Kılınç (2013), “Yenilik Faaliyetlerinin İşletme Performansına Etkisi: Yat Limanları Üzerine Bir Değerlendirme”, *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 8 (2), pp. 97-118.

Özyakışır, Deniz ve Meryem Aybas (2018) Endüstri 4.0 Üzerine Yazılar, Savaş Kitabevi, Ankara.

Paksoy, H. Mustafa ve Nazlı Ersoy (2016), “Antalya’da Faaliyet Gösteren Dört ve Beş Yıldızlı Otel İşletmelerinde İnovasyon ve İşletme Performansı Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Yönelik Bir Araştırma”, *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 15 (2), ss. 413-433.

Pallant, Julie (2011), SPSS Survival Manual: A Step By Step Guide To Data Analysis Using The SPSS Program. 4th Edition, Mc Graw Hill, Open University Press.

Pan M. Sikorski J. Kastner C.A. Akyord., Mosbach S., Lau, R. and Kraft, M. (2015) “Applying Industry 4.0 to the Jurong Island Eco- Industrial Park”, The 7. International Conference on Applied Energy, ICAE, 75, pp. 1536-1541.

Pfohl, H. Christian, Burak Yahsi and Tamer Kurnaz (2015), “The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain”, Innovations and Strategies for Logistics 978-3-7375-4059-9, ISBN (print): 978-3-73 ISSN (online): 2365-5070, pp. 31-58.

Polat, Ferhat (2018), Şölen'den 5 yılda 5 kat büyüme hedefi, <https://www.dunya.com/sirketler/solenden-5-yilda-5-kat-buyume-hedefi-haberi-406016>.

Popovich, Anatoly A. Vadim Sh. Sufiiarov, and Alexey V. Grigoriev (2017) Additive Technologies - The Basis of Digital Custom Manufacturing, (pp.219-231), Industry 4.0:

Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape, (Edt: Devezas, Tessaleno, Joao Leitao, Askar Sarygulov), Springer International Publishing AG.

Rousseau, D.M. ve MClean, P.J. (1993). “The Contracts of Individuals and Organizations” (Edt. Cummings, L. L. and Staw, B. M.,) *Research in Organizational Behavior*, Greenwich, Ct: Jai Pres, 15, pp.1-43.

Prinz, Christopher, Friedrich Morlock, Sebastian Freith, Niklas Kreggenfeld, Dieter Kreimeier, and Bernd Kuhlenkötter (2016), “Learning Factory Modules For Smart Factories in Industrie 4.0, *Procedia CIRP* 54, pp.113-118.

PWC Türkiye (2018), Dijital IQ Araştırması, <https://www.pwc.com.tr/dijital-iq>.

Qin, Jian, Ying Liu and Roger Grosvenor (2016), “A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond”, *Procedia CIRP*, 52, pp. 173-178.

Rainey, I. Diaz, Gbenga Ibikunle and Anne L. Mention (2015) “The Technological Transformation Of Capital Markets” *Technological Forecasting and Social Change*, 99, ss. 277–284.

Rennung, Frank, Caius Tudor Luminosu and Anca Draghici (2016), “Service Provision in the Framework of Industry 4.0”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 221, pp. 372-377.

Richert, Anja, Mohammad Shehadeh, Sarah Müller, Stefan Schröder and Sabina Jeschke (2016), “Robotic Workmates: Hybrid Human-Robot-Teams in the Industry 4.0”, *The 11th International Conference on e- Learning – ICEL2016*, Kuala Lumpur.

Rifkin, Jeremy (2015), *The Zero Marginal Cost Society* (Nesnelerin İnterneti ve İşbirliği Çağı), Çev: Levent Göktem, Optimist Yayınları, İstanbul.

Roblek, Vasja, Maja Meško and Alojz Krapež (2016), “A Complex View of Industry 4.0”, *SAGE Open*, pp.1-11.

Sabo, Filip (2015) “Industry 4.0-A Comparison Of The Status In Europe and The Usa”, Austrian Marshall Plan Foundation.

Sainaghi, Ruggero, Paul Phillips and Emma Zavarrone (2017), “Performance Measurement in Tourism Firms: A Content Analytical Meta-Approach”, *Tourism Management*, 59, pp. 36-56.

Sakr, Dalia (2017), “Sustainability and Innovation: The Next Global Industrial Revolution”. *Journal of Cleaner Production* 142, pp.3355-3356.

Saldivar A. A. Flores, Li, Yun, Chen, Wei-neng, Zhan, Zhi-hui, Zhang, Jun ve Chen, L. Yi, (2015) “Industry 4.0 with Cyber-Physical Integration: A Design and Manufacture Perspective”, *Proceedings of the 21. International Conference on Automation and Computing, University of Strathclyde, Glasgow, UK*, 11-12.

Salem, Hanine (2003) *Organizational Performance Management and Measurement*, Economic and Social Commission for Western Asia, Beirut <http://docplayer.net/2368958-Organizational-performance-management-and-measurement-the-lebanese-experience-hanine-salem-performance-improvement-planning-consultant.html> 04.12.2019)

Salkın, Ceren, Mahir Öner, Alp Üstündağ ve Emre Çevikcan (2018) “A Conceptual Framework for Industry 4.0”, *Industry 4.0: Managing The Dijital Transformation*, (Edt. A. Üstündağ ve E.Çevikcan) Springer International Publishing, Switzerland.

Samad, Sarminah (2012), “The Influence of Innovation and Transformational Leadership on Organizational Performance”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 57, pp. 486-493.

Santos, M. Y., Jorge Oliveira Sá, Carina Andrade, Francisca Vale Lima, Eduarda Costa, Carlos Costa, Bruno Martinho and João Galvão (2017), “A Big Data System Supporting Bosch Braga Industry 4.0 Strategy”, *International Journal of Information Management*, 37, pp. 750-760.

Sarvari, P.A, A. Üstündağ, E. Çevikcan, İ. Kaya ve S. Cebi (2018), *Technogly Roadmap for Industry 4.0*, (2018), *Industry 4.0: Managing The Dijital Transformation*, Springer International Publishing, Switzerland, ss. 95-103.

Sazak, Tayfun ve Yalçın Albayrak “Nesnelerin İnterneti (IoT) Üzerine Ortam Verilerini Toplayan ve Uzaktan Takibini Sağlayan Bir Sistem Tasarımı” 19. Akademik Bilişim Konferansı, Aksaray.

Schlötzer, Fabian (2015), Industry 4.0: The World of Smart Factories, Master Thesis, Copenhagen Business School.

Schuh, G., T. Potente, C. Wesch-Potente and A. Hauptvogel (2013) “Sustainable Increase Of Overhead Productivity Due To Cyber-Physical-Systems” *11th Global Conference on Sustainable Manufacturing-Innovative Solutions*, Universitätsverlag der TU Berlin.

Schuh, Günther, Till Potente, Cathrin Wesch-Potente, Anja Ruth Weber and Jan-Philipp Prote (2014), “Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0” *Procedia CIRP* 19, pp.51-56.

Schumacher, Andreas Selim Erol ve Wilfried Sihn (2016) “A Maturity Model For Assessing Industry 4.0 Readiness And Maturity Of Manufacturing Enterprises”, *Procedia CIRP* 52, ss. 161- 166.

Schwab, Klaus (2016), The Fourth Industrial Revolution (Dördüncü Sanayi Devrimi, World Economic Forum), Çev: Zülfü Dicleli, Optimist Yayınları, İstanbul.

Schwab, Klaus (2019), Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek, (Çev: Nadir Özata) Optimist Yayınları, İstanbul.

Shafiq, Syed I., Cesar Sanin, Edward Szczerbicki and Carlos Toro (2015), “Virtual Engineering Object / Virtual Engineering Process: A specialized form of Cyber Physical System for Industrie 4.0”, *Procedia Computer Science*, 60, ss. 1146-1155.

Shanker, Roy, Ramudu Bhanugopan, Beatrice I.J.M. van der Heijden and Mark Farrell (2017), “Organizational Climate for Innovation and Organizational Performance: The Mediating Effect of Innovative Work Behavior”, *Journal of Vocational Behavior*, 100, pp. 67-77.

Shariatzadeh, Navid, Thomas Lundholm, Lars Lindberg and Gunilla Sivard (2016), “Integration Of Digital Factory With Smart Factory Based on Internet of Things”, *Procedia CIRP* 50, pp.512-517.

Siemens AG (2017), Leading as the Digital Enterprise Electronics Works Amberg Digitalization Practices, [siemens.com/digital-enterprise-suite](https://www.siemens.com/digital-enterprise-suite).

Siltanen, Sanni (2012) “Theory And Applications Of Marker-Based Augmented Reality, Julkaisija Utgivare-Publisher.

Sinclair, David and Mohamed Zairi (1995), “Effective Process Management Through Performance Measurement”, *Business Process Re-engineering & Management Journal*, 1 (1), pp. 75-88.

Speklé, Roland F. and Frank H.M. Verbeeten (2014), “The Use of Performance Measurement Systems in The Publicsector: Effects on Performance”, *Management Accounting Research*, 25, pp. 131-146.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.13, Mayıs 2017.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.20, Aralık 2017.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.23, Mart 2018.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.24, Nisan 2018.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.35, Mart 2019.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.37, Mayıs 2019.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.38, Haziran 2019.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.40, Ağustos 2019.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.41, Eylül 2019.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.42, Ekim 2019.

ST Endüstri Medya, Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Zirvesi Dergisi, S.44, Aralık 2019.

ST Endüstri Medya, Otomasyon Dergisi, S.100, Nisan 2018.

ST Endüstri Medya, Robot Yatırımları Dergisi, S.68, Nisan 2018.

Stock, T. and G. Seliger (2016), “Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0”, *Procedia CIRP*, 40, pp. 536-541.

Sung, Tae Kyung (2018), “Industry 4.0: A Korea Perspective”, *Technological Forecasting & Social Change*, 132, pp. 40-45.

Şener, Semih ve Birol Elevli (2017), “Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim”, Bilim, Mühendislik ve Teknoloji Yayınları, 2 (1), ss. 25-37.

Tangen, Stefan (2004), “Evaluation and Revision of Performance Measurement Systems”, A Doctoral Thesis, Woxén Centrum Department of Production Engineering Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden.

Tarhan, Ufuk (2019), T-İnsan, Destek Yayınları, 22. Baskı, İstanbul.

Taşçı, Deniz ve S.Nihan Çabuk (2013) Kalite Yönetim Sistemleri, Anadolu Üniversitesi AÖF Yayını: 2810, Eskişehir.

Taşkın, Erdoğan, (2014) “İşletmelerde Yenilik Yönetimi ve Önemi”, *Politik Ekonomik Durum Dergisi*.

T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018), “Dijital Türkiye Yol Haritası” <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf> (12.01.2020)

Tekin, Mahmut ve Muammer Zerenler (2007), Esnek İşletme, Nobel Yayın Dağıtım, 1. Baskı, Ankara.

Thames, Lane and Dirk Schaefer (2016), “Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0”, *Procedia CIRP*, 52, pp. 12-17.

The Boston Consulting Group ve TUSİAD (2016) Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte olan Ekonomi Perspektifi, TUSİAD-T/2016-03/576.

Think Act Industry 4.0 (2014), Industry 4.0: The New Industrial Revolution How Europe Will Succeed, Roland Berger Strategy Consultants, http://www.iberglobal.com/files/Roland_Berger_Industry.pdf.

Tokat, Bülent ve Derya Ergun (2004), İşletmecilik Bilgisi, Avcı Ofset, 6. Baskı, İstanbul.

Tonelli, F., Demartini, M., Loleo, A. and Testa, C. (2016), “A Novel Methodology for Manufacturing Firms Value Modeling and Mapping to Improve Operational Performance in the Industry 4.0 era”, *Procedia CIRP*, 57, pp. 122-127.

Toro, Carlos, Iñigo Barandiaran and Jorge Posada (2015), “A perspective on Knowledge Based and Intelligent systems implementation in Industrie 4.0”, *Procedia Computer Science* 60 pp.362-370.

Töre Başat, Hümeysra (2011), “Çok Boyutlu Bir Performans Ölçüm Modeli Olarak Performans Prizması ve “The London Youth”Örneği”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi* 13 (1), ss. 13-37.

Turan, Metin (2016), Bulut Bilişim, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Turunç, Ömer, Akif Tabak, Harun Şeşen ve Ali Türkyılmaz (2010), “Çalışma Yaşamı Kalitesinin Prosedür Adaleti, İş Tatmini, İş Stresi ve İşten Ayrılma Niyetine Etkisi”, *İş, Güç Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 12 (2), ss. 115-134.

Türkay, Oğuz (2015), “Çalışma Yaşamı Kalitesinin İş Memnuniyeti ve Bağlılık Üzerine Etkileri: Seyahat Acentaları Üzerine Bir Araştırma”, *Yönetim ve Ekonomi Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 22 (1), ss. 239-256.

Türkiye Bilişim Derneği (2016), Bimy’23 “Bilişimle Kalkınmada Sanayi 4.0” Etkinlik Sonuç Raporu, 23. Bilgi İşlem Merkezi Yöneticileri Semineri.

Tüzmen, Aylin (2017), Endüstri 4.0 İle Dönüşen Liderlik, HBR Türkiye, <https://hbrturkiye.com/dergi/endustri-4-0-ile-donusen-liderlik> (21.06.2018)

Uslander, Thomas (2016), “Agile Service-oriented Analysis and Design of Industrial Internet Applications”, *Procedia CIRP*, 57, pp. 219-223.

Usta, Öcal (2012) İşletme Finansı ve Finansal Yönetim, 5 Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara.

Ustasüleyman, Talha (2008), “Çevikliğin İşletme Performansına Etkisine Yönelik Yapısal Bir Model Önerisi”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10 (2), pp. 161-178.

Uyargil, Cavide, (2013), Performans Yönetim Sistemi, Beta Yayıncılık, İstanbul.

Üstündağ, Alp ve Çevikcan, Emre (2018), Industry 4.0: Managing The Dijital Transformation, Springer International Publishing, Switzerland.

- Van Heck Eric and Peter Vervest (2009), “Smart Business Networks: Concepts and Empirical Evidence”, *Decision Support Systems*, 47, pp. 275-276.
- Wahab, Samsudin, Adlan Rahmat, Mohd Sukor Yusof and Badrisang Mohamed (2016), “Organization Performance and Leadership Style: Issues in Education Service”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 224, pp. 593-598.
- Walrave, Bob ve Raven, Rob (2016) “Modelling The Dynamics Of Technological Innovation Systems”, *Research Policy* 45, pp.1833-1844.
- Wang, Lidong and Guanghui Wang (2016) “Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0” I.J. *Engineering and Manufacturing*, 4, pp.1-8.
- Wang, Shiyong, Jiafu Wan, Daqiang Zhang, Di Li and Chunhua Zhang (2016), “Towards Smart Factory For Industry 4.0: A Self-Organized Multi-Agent System With Big Data Based Feedback and Coordination”, *Computer Networks*, 101, pp. 158-168.
- Weyer, Stephan, Mathias Schmitt, Moritz Ohmer and Dominic Gorecky (2015), “Towards Industry 4.0-Standardization As The Crucial Challenge For Highly Modular,Multi-Vendor Production Systems” *IFAC-PapersOnLine* 48(3), pp. 579-584.
- Wittenberg, Carsten (2016) “Human-CPS Interaction-Requirements and Human-Machine Interaction Methods for the Industry 4.0”, *IFAC-PapersOnLine* 49(19), pp.420-425.
- Yavuz, Çağla (2010), “İşletmelerde İnovasyon-Performans İlişkisinin İncelenmesine Dönük Bir Çalışma”, *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 5 (2), ss. 143-173.
- Yazıcı, Erdinç ve Hıdır Düzkaya (2016) “Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga Ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır Mı?”, *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama*, 7(13), ss.49-88.
- Yükçü, Süleyman ve Gülşah Atağan (2009), “Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23 (4), ss. 1-13.
- Yüksel, İhsan (2004), “Çalışma Yaşamı Kalitesinin Tipik ve Atipik İstihdam Açısından İncelenmesi”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 5 (1), ss. 47-58.

Yüreğir, Oya H. ve Gülsün Nakıboğlu (2007), “Performans Ölçümü Ve Ölçüm Sistemleri: Genel Bir Bakış”, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16 (2), ss. 545-562.

Zairi, Mohamed (1994), *Measuring Performance for Business Results*, Springer Science+Business Media Dordrecht, London.

Zerenler, Muammer (2005), “Performans Ölçüm Sistemleri Tasarımı ve Üretim Sistemlerinin Performansının Ölçümüne Yönelik Bir Araştırma”, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1, ss. 1-36.

Zerenler, Muammer, Necdet Türker, Esen Şahin(2007), “Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ve Yenilik İlişkisi” *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*.

Zezulka, F. P. Marcon, I. Vesely and O. Sajdl (2016) “Industry 4.0-An Introduction in the Phenomenon” *IFAC-PapersOnLine* 49-25, pp. 8–12.

Zhong, Ray Y., Xun Xu, Eberhard Klotz and Stephen T. Newman (2017), “Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review”, *Engineering* 3, pp-616-630.

EKLER

EK: ANKET FORMU

1. İşletmenize ait kurumsal bilgileri lütfen işaretleyiniz.

KURUMSAL BİLGİLER

İşletme Adı	
İşletme Kuruluş Yılı	
Yönetim Yapısı	☐ Aile bireyleri ☐ Aile dışı ortak ☐ Profesyonel yönetici
İşletmenizin son 3 yıllık ortalama cirosu	☐ 1 milyon TL'den az ☐ 1-4 milyon TL ☐ 5-25 milyon TL ☐ 25 milyon TL'den fazla
Çalışan Sayısı	☐ 1-9 kişi arası ☐ 10-49 kişi arası ☐ 50-249 kişi arası ☐ 250 kişi ve üzeri
Ar-Ge departmanının varlığı	☐ Evet ☐ Hayır
Endüstri 4.0 alanında çalışabilecek çalışanların varlığı	☐ Evet ☐ Hayır
Çalıştığınız Pozisyon	☐ Alt yönetici ☐ Orta yönetici ☐ Üst yönetici ☐ Diğer:.....
Hukuki Yapı	☐ Tek şahıs ☐ Limited ☐ Kollektif ☐ Komandit ☐ Anonim ☐ Diğer:.....
Faaliyet Alanı	☐ Gıda ☐ Tekstil ☐ Otomotiv ☐ Çelik Kapı ☐ Hizmet ☐ Makina ☐ Mobilya ☐ Plastik ☐ Diğer:.....

ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK DÜZEYİ ÖLÇÜMÜ

- Endüstri 4.0 proje veya uygulamalarını kullanmaya ne zaman başladınız?
.....
- Endüstri 4.0 konusunda hangi aşamada olduğunuzu lütfen işaretleyiniz?
☐ Dışarıda kalmış ☐ Acemi ☐ Orta Seviye ☐ Tecrübeli
☐ Uzman ☐ En iyi uygulama örneği
- Tanımlı stratejik Ar-Ge ve İnovasyon hedefleriniz var mıdır?
☐ Evet ☐ Hayır
- İşletmenizin Ar-Ge ve İnovasyon hedefleri arasında Endüstri 4.0 hedefiniz bulunmakta mıdır?
☐ Evet ☐ Hayır
- İşletmenizin Endüstri 4.0'a teknolojilerini uyguladığı ve bu uygulamaların kullanım düzeyini gösteren aşağıdaki tabloda, size en uygun olanını lütfen işaretleyiniz.

Endüstri 4.0 Teknolojileri	Kullanım Düzeyleri					5 yıl içinde Uygulanacak
	Uygulanmadı	Hazırlık Aşmasında	Başlangıç Aşamasında	Kısmen Uygulandı	Tamamen Uygulandı	
Nesnelerin İnterneti	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Büyük Veri	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Siber Fiziksel Sistemler	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bulut Bilişim	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Robotik Uygulamalar	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3D Baskı	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Artırılmış Gerçeklik	☐	☐	☐	☐	☐	☐

6. İşletmenizde E4.0 teknoloji bileşenlerinin temel uygulamalarının gerçekleştirilme düzeyleri ile ilgili aşağıda belirtilen ifadelerden size en uygun olanlarını lütfen işaretleyiniz.

E4.0 TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ UYGULAMALARI	Gerçekleştirilmedi	Hazırlık Aşamasında	Fikrim Yok	Kısmen Gerçekleştirildi	Tamamen Gerçekleştirildi
Siber Fiziksel Sistemler					
İşletmemizdeki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur.					
İşletmemizde otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır.					
İşletmemizde gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir.					
Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur.					
İşletmemizde yalın üretim sistemi oluşturulmuştur.					
Nesnelerin İnterneti					
İşletmemizde akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur.					
İşletmemizde ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır.					
İşletmemizde akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır.					
İşletmemizde nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır.					
Büyük Veri					
İşletmemizde veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır.					
İşletmemizde büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir.					
Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır.					
Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır.					
Bulut Bilişim					
İşletmemizde bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır.					
İşletmemizde bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır.					
İşletmemiz dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır.					
İşletmemiz çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler.					
3 Boyutlu Yazıcı					
İşletmemizde katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır.					
İşletmemizde 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur.					
İşletmemizde 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır.					
3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır.					
Robotik Uygulamalar					
İşletmemizde robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır.					
İşletmemizde robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir.					
İşletmemizde robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır.					
İşletmemizde robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir.					
Artırılmış Gerçeklik					
Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır.					
İşletmemizde artırılmış gerçeklik cihazları (sanal gerçeklik gözlüğü, optik projeksiyon sistemleri, monitörler, el ya da insan vücuduna takılan görüntüleme cihazları vb.) kullanılmaktadır.					
İşletmemizde artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır.					
İşletmemizde bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir.					

7. Endüstri 4.0'a geçiş konusunda işletmenizi zorlayan en önemli sorun hangisi olduğunu lütfen işaretleyiniz.

☐ Finans yetersizliği ☐ Bilgi eksikliği ☐ Nitelikli çalışan yokluğu ☐ Siber güvenlik
☐ Standartlaşa ☐ Araştırma ve eğitim maliyetleri ☐ Diğer.....

8. İşletmenizde siber güvenlik için alınan tedbir düzeyini lütfen işaretleyiniz.

☐ Güvenlik yok ☐ Düşük ☐ Orta Seviye ☐ Yüksek ☐ Çok yüksek

ÖRGÜTSEL PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

9. İşletmenizde Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmanızın örgütsel performansınızda yarattığı iyileşmeleri lütfen işaretleyiniz.

Örgütsel Performans Kriterleri	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Fikrim Yok	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
Endüstri 4.0 teknolojileri ürün kalitemizi arttırmaktadır.					
Endüstri 4.0 teknolojileri ile süreçlerde iyileştirme sağlanmaktadır.					
Endüstri 4.0 teknolojileri müşterilerden gelen olumlu geri bildirimleri arttırmıştır.					
Endüstri 4.0 teknolojileri karar almada etkinlik sağlamaktadır.					
Endüstri 4.0 teknolojileri örgüt içi iletişimi arttırmaktadır.					
Endüstri 4.0 teknolojileri çalışanların çalışma kalitesini ve iş güvenliğini arttırmaktadır					
Endüstri 4.0 teknolojileri ürün üretim ve teslimat hızını arttırmaktadır					
Endüstri 4.0 teknolojileri işletmenin verimliliğini arttırmaktadır					
Endüstri 4.0 teknolojileri işletmenin rekabet gücünü arttırmaktadır.					
Endüstri 4.0 teknolojileri işletmenin piyasadaki imajını arttırmaktadır.					
Endüstri 4.0 teknolojileri enerji verimliliğini arttırmaktadır.					

10. İşletmenizde Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanma faydalarının bir göstergesi olarak, örgütsel performansınızda meydana gelen azalış ve artış değişimlerini yüzdesel olarak lütfen işaretleyiniz.

Örgütsel Performans Kriterleri	Azalmıştır (%)					Artmıştır (%)				
	1- 5	6-10	11-20	21-30	31 ve üstü	1- 5	6-10	11-20	21-30	31 ve üstü
Kârlılık	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Maliyet	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Satışlar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Üretim Miktarı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kişi başına üretim miktarı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Kapasite	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Üretim Hızı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐