

**T.C.
MİLLÎ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ
ALPARSLAN SAVUNMA BİLİMLERİ VE MİLLÎ GÜVENLİK
ENSTİTÜSÜ
SAVUNMA YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI
SAVUNMA YÖNETİMİ PROGRAMI**

**SAVUNMA SANAYİ VE ENDÜSTRİ 4.0:
TÜRKİYE'DEKİ SAVUNMA VE HAVACILIK
ŞİRKETLERİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AYŞENUR TOPCU
188120**

DOÇ. DR. MEMDUH BEGENİRBAŞ

**ANKARA
HAZİRAN 2022**

T.C.
MİLLÎ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ
ALPARSLAN SAVUNMA BİLİMLERİ VE MİLLÎ GÜVENLİK
ENSTİTÜSÜ
SAVUNMA YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI
SAVUNMA YÖNETİMİ PROGRAMI

SAVUNMA SANAYİ VE ENDÜSTRİ 4.0:
TÜRKİYE'DEKİ SAVUNMA VE HAVACILIK
ŞİRKETLERİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞENUR TOPCU
188120

DOÇ. DR. MEMDUH BEGENİRBAŞ

ANKARA
HAZİRAN 2022

T.C.
MİLLÎ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ
ALPARSLAN SAVUNMA BİLİMLERİ VE MİLLÎ GÜVENLİK
ENSTİTÜSÜ
SAVUNMA YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
SAVUNMA YÖNETİMİ PROGRAMI

SAVUNMA SANAYİ VE ENDÜSTRİ 4.0:
TÜRKİYE’DEKİ SAVUNMA VE HAVACILIK
ŞİRKETLERİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA
YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞENUR TOPCU
188120

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 24/06/2022
Tezin Savunulduğu Tarih: 16/06/2022

Tez Oy birliği / Oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Unvan	Ad Soyad	İmza
Tez Danışmanı: Doç. Dr.	Memduh BEGENİRBAŞ	
Jüri Üyeleri : Doç. Dr.	Serhat ÇAKIR	
Dr. Öğr. Üyesi	Rukiye CAN YALÇIN	

ANKARA
HAZİRAN 2022

ÖZGÜNLÜK RAPORU

Tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve ç) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 124 sayfalık kısmına ilişkin, 12.06.2022 tarihinde şahsım tarafından Ithenticate adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezimin benzerlik oranı %6'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Millî Savunma Üniversitesi Alparslan Savunma Bilimleri ve Millî Güvenlik Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Usul ve Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Ayşenur TOPCU

12/06/2022

ETİK BEYAN

Milli Savunma Üniversitesi Alparslan Savunma Bilimleri ve Millî Güvenlik Enstitüsü Müdürlüğü Lisansüstü Tez Hazırlama Kılavuzu'nda yer alan kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir; aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Bu tezdeki düşünce, görüş, varsayım, sav veya tezler bana aittir; Millî Savunma Bakanlığı, Millî Savunma Üniversitesi ve Alparslan Savunma Bilimleri ve Millî Güvenlik Enstitüsü sorumlu tutulamaz.

Ayşenur TOPCU

24/06/2022

Mustafa Kemal Atatürk'e...



ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında önemli katkı yapan ve yönlendirmeleri ile yanımda olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Memduh BEGENİRBAŞ'a, tezimin savunmasında yer alan ve kıymetli zamanlarını ayırarak bilimsel desteklerini esirgemeyen saygı değer Doç. Dr. Serhat ÇAKIR ve Dr. Öğr. Üyesi Rukiye CAN YALÇIN'a,

Çalışmamda, bilgisini, deneyimini ve desteğini esirgemeyen kuzenim Seçil YEMEN KARPUZCU'ya,

Çalışmamdaki verilerin toplanmasına gönüllü olarak katılım sağlayan tüm şirketlere,

Bu süreçte bana maddi manevi destek olan eşim Murat TOPCU ile kızlarım E. Arya ve D. Maya'ya,

Son olarak açtığı ufukla bizlere muasır medeniyetlerin daha ilerisine geçme vizyonu ile önderlik eden ülkemizin kurucusu Mustafa Kemal Atatürk'e teşekkürü borç bilirim.

Ankara, Haziran 2022

Ayşenur TOPCU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZGÜNLÜK RAPORU
ETİK BEYANI
İTHAF
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR	xii
ÖZ.....	xiv
İNGİLİZCE ÖZ (ABSTRACT)	xv
1. GİRİŞ	1
2. ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI	5
2.1. Endüstri 4.0 Kavramının Tanımı ve Önemi.....	5
2.2. Endüstri 4.0'ın Özellikleri.....	7
2.3. Endüstri 4.0'ın Dönemleri.....	10
2.3.1. Birinci Sanayi Devrimi	10
2.3.2. İkinci Sanayi Devrimi	10
2.3.3. Üçüncü Sanayi Devrimi	11
2.3.4. Dördüncü Sanayi Devrimi.....	12
2.4. Endüstri 4.0 Vizyonu	13
2.5. Örgüt ve Endüstri 4.0 İçin Önemli Olan Boyutlar.....	16
2.5.1. Strateji	17
2.5.2. Organizasyon Yapısı	17
2.5.3. Kaynaklar	18
2.5.4. Bilgi Sistemleri	19
2.5.5. Kültür	19
2.6. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri.....	20
2.6.1. Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)	21
2.6.2. Bulut Bilişim (Cloud Computing).....	23
2.6.3. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)	24
2.6.4. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)	28
2.6.5. Otonom Robotlar (Autonomous Robots).....	29
2.6.6. Siber-Fiziksel Sistemler ve Güvenlik (Cyber-Physical Systems and Security).....	31

2.6.7. Büyük Veri ve Analiz (Big Data and Analysis).....	33
2.6.8. Simülasyon (Simulation).....	35
2.6.9. Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing).....	36
2.6.10. Dikey ve Yatay Sistem Entegrasyonu (Vertical and Horizontal System Integration).....	36
3. ENDÜSTRİ 4.0'IN SEKTÖR UYGULAMALARI.....	39
3.1. Endüstri 4.0'ın Savunma Sektöründe Uygulanması	41
3.2. Endüstri 4.0'ın Havacılık Sektöründe Uygulanması.....	43
3.3. Endüstri 4.0'ın Uzay Sektöründe Uygulanması.....	48
3.4. Endüstri 4.0'ın Eğitim Sektöründe Uygulanması	51
3.5. Endüstri 4.0'ın Gıda Sektöründe Uygulanması	52
3.6. Endüstri 4.0'ın İlaç Sektöründe Uygulanması	54
3.7. Endüstri 4.0'ın Otomotiv Sektöründe Uygulanması.....	54
3.8. Endüstri 4.0'ın Turizm Sektöründe Uygulanması	56
3.9. Endüstri 4.0'ın Lojistik Sektöründe Uygulanması.....	58
4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ VE UYGULANMASI.....	60
4.1. Araştırmanın Amacı	60
4.2. Araştırmanın Önemi.....	60
4.3. Araştırmanın Yöntemi.....	61
4.4. Araştırmanın Evren ve Örneklemi	63
4.5. Araştırmanın Kısıtları ve Sınırlılıkları	64
4.6. Araştırma Problemi	65
4.6.1. Araştırma Soruları.....	65
4.8. Analiz ve Bulgular	66
4.8.1. Tanımlayıcı İstatistikler: Şirketlerin Genel Özellikleri.....	66
4.8.2. Strateji Boyutu Bulguları ve Değerlendirmeleri	71
4.8.3. Organizasyon Yapısı Boyutu Bulguları ve Değerlendirmeleri	72
4.8.4. Kaynaklar Boyutu Bulguları ve Değerlendirmeleri	79
4.8.5. Bilgi Sistemleri Boyutu ve Değerlendirmeleri.....	84
4.8.6. Kültür Boyutu Bulguları ve Değerlendirmeleri	89
5. SONUÇ.....	92
5.1. Değerlendirmeler.....	95
5.2. Öneriler	98
5.2.1. Çalışanlara Öneriler	98
5.2.2. Sektöre Öneriler	99

5.2.3. Kamuya Öneriler.....	99
5.2.4. Araştırmacılara Öneriler.....	100
KAYNAKÇA	101
EKLER.....	108
Ek 1. Ölçme Aracı.....	108
Ek 2. Ölçek Kullanım İzni	122
ÖZGEÇMİŞ.....	123



TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1: Havacılık ve Savunma 4.0'daki çok sayıda mevcut ve gelişmekte olan uygulamalar.	40
Tablo 3.2: Endüstri Devrimi İle Birlikte Siber Fiziksel Sistemlerin Gelişi Ve Hareketi Sağlayan Teknolojiler.	42
Tablo 4.1: Katılımcı Şirketlerin Endüstri 4.0'ın Strateji Boyutu Hakkında Nitel Sorulara Verdiği Yanıtlar.	71
Tablo 4.2: Katılımcı Şirketlerin Endüstri 4.0'ın Organizasyon Yapısı Boyutu Hakkında Nitel Sorulara Verdiği Yanıtlar.	73
Tablo 4.3: Şirketlerin Organizasyon Yapısı Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.	76
Tablo 4.4: Katılımcı Şirketlerin Endüstri 4.0'ın Kaynaklar Boyutu Hakkında Nitel Sorulara Verdiği Yanıtlar.	80
Tablo 4.5: Şirketlerin Kaynak Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.	82
Tablo 4.6: Katılımcı Şirketlerin Endüstri 4.0'ın Bilgi Sistemleri Boyutu Hakkında Nitel Sorulara Verdiği Yanıtlar.	85
Tablo 4.7: Şirketlerin Bilgi Sistemleri Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.	86
Tablo 4.8: Şirketlerin Kültür Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.	89

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Endüstri 4.0'ın Zaman İçerisindeki Gelişim Aşamaları.	6
Şekil 2.2: Endüstri 4.0'ın Dönemleri.	13
Şekil 2.3: Endüstri 4.0'ın Kazanımlar-Riskler Ve Zorluklar Analizi.	15
Şekil 2.4: Endüstri 4.0'ın Bileşenleri.	21
Şekil 2.5: Nesnelerin İnterneti Zihin Haritası.	27
Şekil 3.1: Havacılık 4.0'ın Dönemleri.	44
Şekil 3.2: 3 Boyutlu Yazıcı ile Yapılan İlk Jet Motoru.	47
Şekil 3.3: Endüstri 4.0'ın Uzay İmalatı Sektörüne Getirebileceği Potansiyel Faydalar.	50
Şekil 3.4: Local Motors'un Katmanlı İmalatla Üretmiş Olduğu Araba.	55
Şekil 4.6: Katılımcı Şirketlerdeki Personellerin Eğitim Seviyelerine Göre Dağılımı.	66
Şekil 4.2: Katılımcı Şirketlerdeki Personellerin Eğitim Seviyelerine Göre Oransal Dağılımı.	67
Şekil 4.3: Katılımcı Şirketlerde Çalışan Mühendis Sayısı.	68
Şekil 4.4: Katılımcı Şirketlerde Çalışan Mühendis Sayısının Diğer Meslek Gruplarına Göre Oransal Dağılımı.	68
Şekil 4.5: Şirketlerin Son 3 Yıldaki Ortalama Ciro (TL).	70
Şekil 4.6: Şirketlerin Organizasyon Yapısı Boyutunda Nicel Cevaplarının Ortalaması.	79
Şekil 4.7: Şirketlerin Kaynaklar Boyutunun Nicel Cevap Ortalamaları.	84
Şekil 4.8: Şirketlerin Bilgi Sistemleri Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.	88
Şekil 4.9: Şirketlerin Kültür Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.	91

KISALTMALAR

A.I.	: Artificial Intelligence (Yapay Zekâ)
A.R.	: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ACATECH	: Deutsche Akademie Der Technik Wissenschaften (National Academy of Science and Engineering/ Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi)
AFR	: Automatic Flight Rules (Otomatik Uçuş Kuralları)
AFTN	: Aeronautical Fixed Terminal Network (Havacılık Sabit İletişim Ağı)
AMRC	: Manufacturing Research Centre (Gelişmiş Üretim Araştırma Merkezi)
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
B2B	: Business to Business (Şirketten Şirkete)
B2C	: Business to Customer (Şirketten Tüketicie)
BAE	: British Aerospace ve Marconi Electronic Systems (Havacılık ve Savunma sanayisinde etkinlik gösteren bir İngiliz şirkettir.)
BAKA	: Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı
BSTB	: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CNC	: Computer Numerical Control (Bilgisayar Sayımlı Yönetim)
CSIRO	: Commonwealth Scientific And Industrial Research Organisation (Federal Bilimsel Ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü)
EMO	: Elektrik Mühendisleri Odası
H&S	: Havacılık ve Savunma
ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)
IEC 62443	: Teknik raporlardan ve ilgili bilgilerden yararlanan ve güvenli Endüstriyel Otomasyon ve Kontrol sistemlerinin uygulama sürecini tanımlayan siber güvenlik yönetimi kontrolü için bir dizi standarttır.
IFR	: Instrument Flight Rules (Aletli Uçuş Kuralları)
IMG	: Integrated Manufacturing Group (Entegre Üretim Grubu)
IOT	: İnternet of Things (Nesnelerin İnterneti)
İ.K.	: İnsan Kaynakları

KOSGEB	: Küçük Ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme Ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
KPMG	: Klynveld Peat Marwick Goerdele (KPMG, merkezi Amstelveen, Hollanda'da bulunan ve çok uluslu bir profesyonel hizmetler ağıdır.)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
RFID	: Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı ile Tanımlama)
RPAS	: Remotely Piloted Aircraft System (Uzaktan Kumandalı Uçak Sistemleri)
SAHA İstanbul	: Savunma, Havacılık ve Uzay Kümelenmesi
SAP	: Systems Application Product (Sistem Uygulamaları Ve Ürünleri)
SWIM	: System Wide Information Management (Genişletilmiş Bilgi Yönetim Sistemi)
TAR	: Taktiksel Artırılmış Gerçeklik
TBD	: Türkiye Bilişim Derneği
TF	: Test-Fuchs
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TRIZ	: The Theory of Inventive Problem Solving (Yaratıcı Problem Çözme Teorisi)
TSA	: Transportation Security Administration (Ulaştırma Güvenlik İdaresi)
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
UTİKAD	: Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmetleri Üretenleri Derneği
ÜR-GE	: Üretim Geliştirme
VFR	: Visual Flight Rules (Görerek Uçuş Kuralları)
VR	: Visual Reality (Sanal Gerçeklik)
WEF	: World Economic Forum (Dünya Ekonomik Forumu)

ÖZ

Savunma Sanayi ve Endüstri 4.0: Türkiye’deki Savunma ve Havacılık Şirketlerine Yönelik Bir Araştırma

Ayşenur TOPCU

Millî Savunma Üniversitesi, Alparslan Savunma Bilimleri ve Millî Güvenlik Enstitüsü

Ankara, Haziran 2022

Bu araştırmada, Sanayi devriminin dördüncü basamağı olarak da adlandırılan Endüstri 4.0 kavramı ile ilgili çalışılmıştır. Sanayi devriminin zaman içindeki tarihsel gelişimi göz önünde bulundurularak Endüstri 4.0 kavramı ele alınmıştır. Bununla birlikte, literatürde günümüze kadar süregelen çalışmalar irdelenerek mevcut durum analizi yapılmıştır. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, son yıllarda önemi giderek artan ve çeşitli sektörlere entegre edilen Endüstri 4.0 kavramını, Türkiye’de Saha İstanbul üyesi olan çeşitli savunma ve havacılık şirketlerinde inceleyerek şirketlerin Endüstri 4.0’a verdikleri önem ve mevcut durumları arasındaki farkları ortaya koymaktır. Bu araştırmada endüstri 4.0’ın 5 boyutu olarak ele alınan strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür boyutlarından nasıl etkilendiği analiz edilerek savunma yönetimi yazınına katkı yapılması hedeflenmektedir. Diğer taraftan, bu araştırmanın Türk savunma sanayi çalışanlarına, sektörüne ve kamuya savunma sektörünün gelişimi ile gidişatının yönünün anlaşılması, bu sürecin yönetilmesi konusunda yol gösterici olacağı ve sektöre pozitif katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Araştırma sonucunda Endüstri 4.0 uygulamalarının önemsendiğini, ancak, bununla birlikte farkındalık, bilgi düzeyi, konuya ilişkin yatırım ve personel istihdamının yeterli düzeye gelmesi amacıyla üniversiteler, AB fonları, diğer ulusal fonlar veya kamu kaynaklarıyla Endüstri 4.0’ın yaygınlaştırılması ve uygulamalarının artması için teşvik ve desteklerle uygulamaların artabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler : Endüstri 4.0, Savunma, Havacılık, Havacılık & Savunma Sanayii, Savunma Yönetimi

Bilim Kodu :

Sayfa Sayısı : 124

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Memduh BEGENİRBAŞ

İNGİLİZCE ÖZ (ABSTRACT)

Defense Industry and Industry 4.0: A Research on Defense and Aviation Companies in Türkiye

Ayşenur TOPCU

Turkish National Defense University, Alparslan Defense Sciences and National Security Institute

Ankara, Jun 2022

In this research, the concept of Industry 4.0, also known as the fourth step of the Industrial Revolution, was studied. Considering the historical development of the industrial revolution over time, the concept of Industry 4.0 has been discussed. However, the literature has analyzed the current situation by studying the studies that have been going on until today. In this context, the aim of this study is to explore the concept of Industry 4.0, which has been increasingly important in recent years and integrated into various sectors, and to identify the differences between the importance and current situations of companies in Industry 4.0 by examining the various defense and aerospace companies that are members of SAHA Istanbul in Türkiye. This research aims to contribute to the defense management writing by analyzing the impact of strategy, organization structure, resources, information systems and culture dimensions as 5 dimensions of industry 4.0. On the other hand, it is considered that this research will guide the Turkish defense industry employees, the industry, and the state in understanding the development and course of the defense industry, and in the management of this process, and will contribute positively to the industry.. As a result of the research, it is believed that Industry 4.0 applications are important, but applications may increase with encouragement and support to promote Industry 4.0 with universities, EU funds, other national funds or public resources, to ensure that awareness, knowledge level, investment and employee employment are adequate.

Key Words : Industry 4.0, Defense, Aviation, Aviation & Defense Industry, Defense Management

Science Code :

Page Number : 124

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Memduh BEGENIRBAS

1. GİRİŞ

Küreselleşen dünyada son yıllarda iklim değişikliği, çevre kirliliği, sürdürülebilir büyüme, sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 kavramlarının öncelikli olarak karşımıza çıktığını görmekteyiz. İlk olarak Almanya’da 2011’de ismi koyulan Sanayi 4.0 kavramı, “Sanayi 4.0 Manifestosu” olarak Almanya’nın TÜBİTAK’ı olarak da adlandırabileceğimiz Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi (ACATECH) sayesinde ortaya çıkmıştır. Almanya’da ortaya çıkan bu kavram daha sonra ise sırasıyla Avrupa’da, ABD’de ve İngilizce konuşulmakta olan diğer gelişmiş ülkelere doğru yayılmıştır. Şimdi ise ülkemizin ve tüm dünyanın gündeminde Endüstri 4.0 vardır.

Ülkemizde ve aynı zamanda dünyada devamlı olarak gelişen savunma sanayi sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin yaşamsal faaliyetlerini idame ettirebilmeleri için sahip olmuş oldukları finansal, fiziksel, sosyal vb. tüm kaynakları etkin ve verimli kullanmaları gerekmektedir. Uzmanlık bilgileri, yapmış oldukları işin know-how’ını, sahip oldukları entelektüel sermayeyi, dünyada sürekli olarak gelişen ve değişen teknolojiyi ve inovasyonu kendi firmalarında da sürekli geliştirmeleri gerekmektedir. Günümüzde gittikçe önem kazanan teknolojik gelişme ve aynı zamanda inovasyon becerisi, savunma sanayinde faaliyet gösteren şirketlerin rekabet gücünü arttırmaktadır. Dünyanın her yerindeki, her türlü sanayi faaliyetlerinin gelişmesi ve de dönüşmesi savunma sektöründe faaliyet göstermekte olan şirketleri de etkilemektedir. Bu nedenle, bilişim teknolojilerindeki gelişim ve değişimleri ürün üretim süreçlerinin tüm zincirlerine entegre ederek üretilen ürünün yaşam döngüsünde aktif olarak yer alabilen şirketler endüstri 4.0’ı savunma sektöründe kullanabilmiş kabul edilmektedir. Sürecini Endüstri 4.0 seviyesine getirebilen firmaların ömürlerinin daha uzun olacağı ve dolayısıyla savunma sektörünü ciddi derecede etkileyeceği düşünülmektedir.

Türkiye’deki savunma ve havacılık sanayiindeki süreçleri kolaylaştırmak için şirketler ve kamu kurumları tarafından özel çabalar gerekmektedir. Bunu başarmanın ilk adımı, savunma ve havacılık sanayii sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileri hakkında araştırma yapmak ve farkındalığı artırmaktır. Bu çalışmanın temel amacı, çeşitli savunma ve havacılık şirketlerinde Endüstri 4.0’ın beş boyutu olarak ele alınan strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür boyutlarına verdikleri önemi ve mevcut durumları arasındaki farkları ortaya koymaktır. Bu kapsamda öncelikle

Endüstri 4.0'ın ne anlama geldiği, boyutları, yapay zeka, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, otonom robotlar, siber-fiziksel sistemler ve güvenlik, büyük veri ve analiz, nesnelerin interneti, simülasyon, katmanlı üretim, dikey ve yatay entegrasyon gibi bileşenleri ve bu konuda günümüze kadar hem farklı sektörlerde hem de savunma ve havacılık sektörlerinde yapılmış olan yayınlar ve alan yazını irdelenmiştir. Ayrıca, Endüstri 4.0'ın özellikleri, tarihsel süreç içerisindeki gelişimi, bu çalışma kapsamında ele alınan beş boyutu, bileşenleri ve uzay, eğitim, gıda, ilaç, otomotiv, turizm, lojistik gibi farklı sektörlerdeki uygulamaları araştırılmıştır.

Bununla birlikte, araştırma bulgularından yola çıkarak Türk savunma sanayi yöneticilerine, savunma sektörünün gelişimi ile gidişatının yönünün anlaşılması, bu sürecin nasıl yönetilmesi gerektiği konusunda yol gösterici olacağı ve sektöre pozitif katkı sağlayacağı değerlendirilen önerilerde bulunulacaktır.

Bu araştırma, Endüstri 4.0 teorisi bağlamında ele alınmıştır. Araştırma kapsamında, alan yazın taraması ve Savunma, Havacılık ve Uzay Kümelenmesi (SAHA İstanbul)'ne üye olan savunma ve havacılık şirketlerine anket uygulaması ve video konferans yöntemiyle görüşmeler yapılarak bu çalışmalar sonucu elde edilen veriler, betimleyici istatistikler aracılığıyla analiz edilerek bilgiye dönüştürülmüştür. Endüstri 4.0 boyutunun çeşitli Havacılık, Savunma ve Uzay Teknolojileri şirketlerinin 2020-2021 yıllarındaki durumu tespit edilmiştir.

Endüstri 4.0'ın özellikleri, tarihsel süreç içerisindeki gelişimi, beş boyutu, bileşenlerinin araştırıldığı ve yukarıda belirtilen amaçlara ulaşmak için, savunma ve havacılık şirketlerinin demografik özelliklerini ve Endüstri 4.0'ın beş boyutunun her biri için yani strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri, kültür boyutuna verdikleri önem ve şirket içerisindeki mevcut durum seviyesi arasındaki farkları analiz etmek amacıyla yapılan bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm olan, "Giriş" kısmında çalışmanın kapsamı, amaçları, önemi, kısıtları, yöntemi ile çok kısa olarak uzay, eğitim, gıda, ilaç, otomotiv, turizm ve lojistik gibi farklı sektörlerde yapılmış olan uygulamalardan bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, Endüstri 4.0'ın kavramının tanım, önem ve özelliklerinden, Endüstri 4.0'ın tarihsel süreç içerisindeki gelişim dönemlerinden, Endüstri 4.0 vizyonundan bahsedilmiştir. Endüstri 4.0 kavramının bu araştırma kapsamında örgüt için önemli olan beş boyutu olarak ele alınan strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi

sistemleri, kültür boyutlarından ve Endüstri 4.0 kavramının on bileşeni olarak yazında yer alan bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, otonom robotlar, siber-fiziksel sistemler ve güvenlik, büyük veri ve analiz, nesnelerin interneti, yapay zeka, simülasyon, katmanlı üretim, dikey ve yatay sistem entegrasyonu ile ilgili yazın taramasında elde edilen bilgilere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, havacılık ve savunma sektöründeki Endüstri 4.0 uygulamaları ele alınmaktadır. Devamında ise uzay, eğitim, gıda, ilaç, otomotiv, turizm ve lojistik sektöründe uygulanması gibi farklı sektörlerde yapılan bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, araştırmanın amacı, önemi, yöntemi, evren ve örnekleme, kısıtları ve sınırlılıkları, araştırma problemi ve soruları, araştırmanın geçerliliği ve şirketlerden elde edilen anket verileri ışığında analiz ve bulgulara yer verilmiştir. Bu bölüm kapsamında öncelikle araştırmanın amacı, önemi, yöntemi, evren ve örnekleme ve kısıtları ve sınırlılıkları ifade edilmiş ve daha sonra araştırma problemi ve soruları ortaya konulmuştur. Sonrasında ise şirketlerden elde edilen veriler ışığında analizler yapılarak, çeşitli bulgular elde edilmiştir. Araştırmanın amacı, Endüstri 4.0'ın ne anlama geldiği, boyutları, yapay zeka, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik, otonom robotlar, siber-fiziksel sistemler ve güvenlik, büyük veri ve analiz, bulut bilişim, simülasyon, katmanlı üretimi dikey ve yatay entegrasyon gibi bileşenleri ve bu konuda günümüze kadar hem savunma ve havacılık sektörlerinde hem de eğitim, gıda, ilaç, otomotiv, turizm, lojistik, uzay gibi farklı sektörlerde yapılmış olan yayınların ve alan yazının irdelenerek, Saha İstanbul üyesi olan çeşitli savunma ve havacılık şirketlerinde bu araştırma kapsamında Endüstri 4.0'ın beş boyutu olarak ele alınan strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür boyutlarına verdikleri önem ve mevcut durumları arasındaki farkları analiz etmektir. Savunma ve havacılık sanayii sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileri hakkında araştırma yapmak ve farkındalığı artırmak amacıyla araştırma Savunma, Havacılık ve Uzay Kümelenmesi (SAHA İstanbul) üyesi şirketlerde yapılmıştır. Analiz ve bulgular kısmında, teknik analiz ve bulgular ortaya konulmaktadır. Bu kapsamda, şirketlerin genel özelliklerini, demografik yapısını, bu araştırma kapsamında Endüstri 4.0'ın beş boyutu olarak ele alınan strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür kavramlarına şirketlerin verdikleri önem, şirketlerdeki mevcut durum ve ikisi arasındaki farkları ortaya koymak için betimleyici istatistiklere yer verilmiştir.

Beşinci ve son bölümde ise teknik değerlendirme ve yorumlar yapılarak ve dördüncü bölümde elde edilen bulgular ve analizler esas alınarak literatürü destekleyen, benzerlik ve farklılıklar gösteren bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, savunma ve havacılık sanayiinde çalışan personellere, savunma ve havacılık sanayiinde faaliyet gösteren şirketlere, paydaşlara ve araştırmacılara genel olarak önerilerde bulunulmuştur.



2. ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

Endüstri 4.0 kavramının açık bir şekilde ifade edilebilmesi için öncelikle Endüstri 4.0 kavramının tanımı ve önemi, özellikleri, tarihsel süreç içerisindeki dönemlerinin açıklanması faydalı olacaktır.

2.1. Endüstri 4.0 Kavramının Tanımı ve Önemi

Endüstri 4.0 kavramı günümüzde Dördüncü Sanayi Devrimi olarak da bilinmektedir. Hızla gelişen teknolojik potansiyeli sayesinde, üretim ve pazarlamada hız, maliyet, verimlilik ve yenilik yönelimi ile ulaşılan yeni bir seviyeyi temsil etmektedir. Endüstri 4.0'ın amacı, üretim sürecinin tüm birimlerinin birbirleriyle iletişim kurması, büyük verilere gerçek zamanlı olarak erişilebilmesi ve en yüksek seviyedeki beklentileri dahi karşılayabilecek çıktılara ulaşabilmektir.

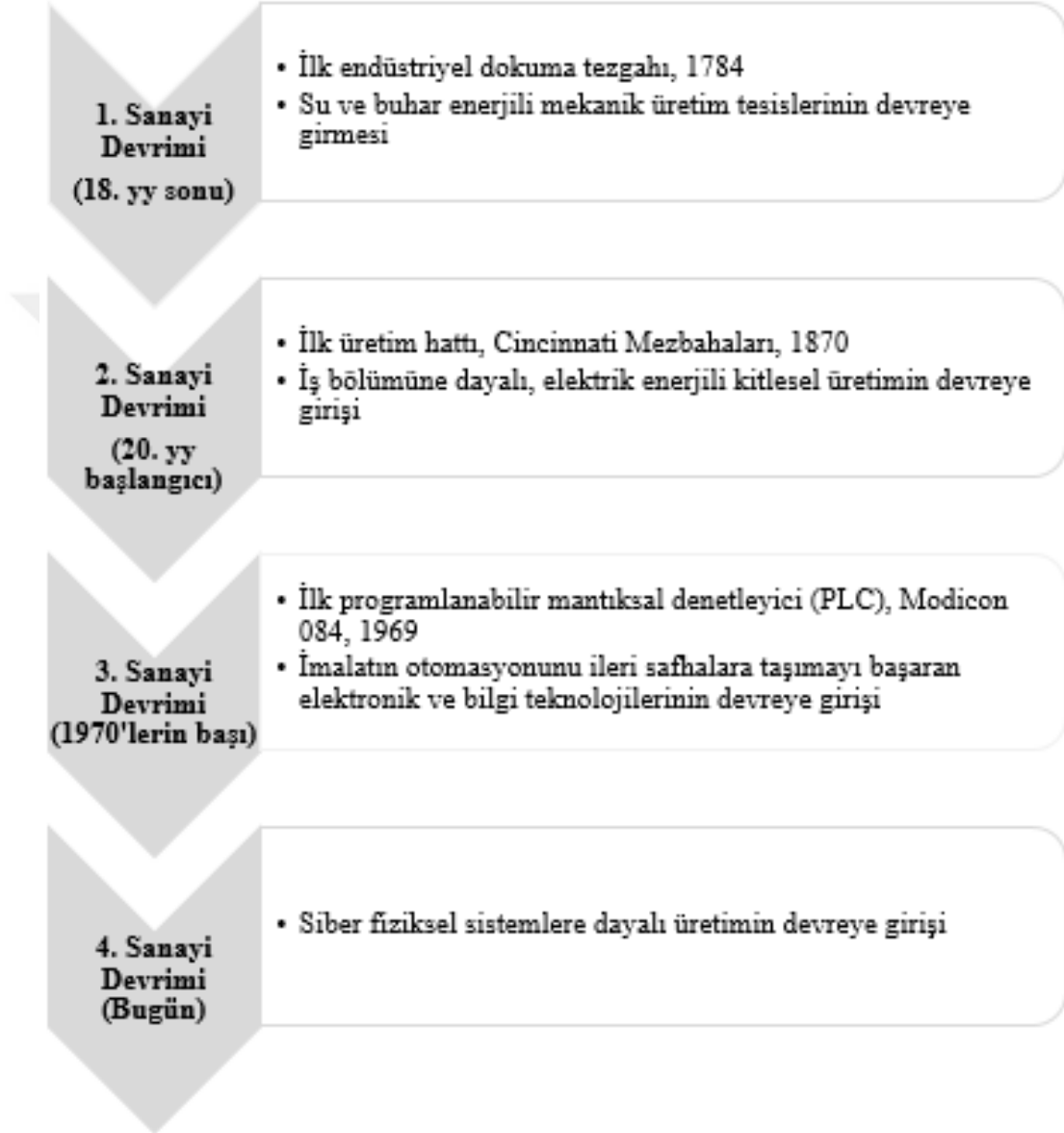
Dijital dünyada ortaya çıkan muazzam büyümeler ve bu büyüme ve gelişmenin ortaya çıkardığı nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler olarak adlandırılan ve milyarlarca birbirleriyle iletişim kurma kabiliyetine sahip cihaz, büyük veriyi işleme kapasitesi gibi bir dizi faktörler Endüstri 4.0 kavramını meydana getiren temel bileşenlerdir.

Dördüncü Sanayi Devrimi veya Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu kavram dünya çapında çokça konuşulmaktadır. Aynı zamanda tüm dünyada siyasal, ekonomik ve sosyal alanlarda önemli gelişmelerin işareti olarak kabul edilmektedir. Bu konuyu yalnızca üretim sistemleri açısından değerlendirmek derinliği olmayan bir bakış açısıyla yaklaşılmasına neden olacaktır. Çünkü aslında bu kavram ancak birçok açıdan ele alındığında anlamlı olmaktadır. Bu bağlamda, Endüstri 4.0'ın kavramsal gelişimini öncelikli olarak ortaya koymak faydalı olacaktır.¹

18. yüzyılın sonlarında başlayarak 19. Yüzyılın ortalarına kadar gelen “Endüstri Devrimi” küçük atölyelerin, el işçiliğinin zamanla büyük fabrikalara seri üretimlere

¹ Ali Soylu, “Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar”, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (2018):43-57, <https://doi.org/10.30794/pausbed.424955>.

dönüşmesini ifade etmektedir. Bu devrimle birlikte küçük ve üretim süreci yavaş olan atölyelerden seri ve verimli üretim yapabilen aletlerin keşfedilmesini sağlayan teknolojik bir değişim yaşanmıştır.² Teknolojinin gelişmesi ve değişmesiyle birlikte zaman içerisinde birbirini takip eden Endüstri Devriminin evreleri Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Endüstri 4.0'ın Zaman İçerisindeki Gelişim Aşamaları.

Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas, Wolfgang Wahlster, “Industrie 4.0 – Mit dem Internet Der Dinge Auf Dem Weg Zur 4. Industriellen Revolution”, (2011) kaynağından uyarlanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

² Donna Ellen Frederick, “Libraries, Data And The Fourth Industrial Revolution (Data Deluge Column)”, *Library Hi Tech News*, (2016):9-12, <https://doi.org/10.1108/LHTN-05-2016-0025>.

21. yüzyılın sonlarına gelinceye dek üç büyük sanayi devrimi gerçekleşmiştir. 18. Yüzyılın sonunda buhar makinalarının icadıyla başlayan ve o dönem için üretimin hızlandırılması amacıyla gerçekleşen ilk dönem Birinci Sanayi Devrimi olarak da nitelendirilen (Endüstri 1.0), 19. Yüzyılın sonu, 20. yüzyılın başlarında bant sistemlerinin kullanıma geçmesiyle birlikte seri üretime geçilmiş, ardından elektrik enerjisi ortaya çıkmıştır. Bu dönemi ise İkinci Sanayi Devrimi olarak da nitelendirilen (Endüstri 2.0) izlemiştir. Daha sonra ise, ürünlerin manuel olarak üretilmesi yerine dijitalleşmeye geçilmiştir ve bu da aynı zamanda Üçüncü Sanayi Devrimi olarak nitelendirilen Endüstri 3.0'ın meydana gelmesine neden olmuştur. İlk üç dönem kısaca, insan eliyle belli bir standardı olmayan benzersiz üretimler, elektrik kullanımının yaygınlaşmasıyla bantta standart sayılabilecek ürünler ve bilgi teknolojileriyle birlikte neredeyse birebir aynı standart ürünlerin üretilmesi şeklinde özetlenebilir. Tüm bu sanayide sıçrama aşamalarında asıl önem verilen husus verimliliğin artırılmasıdır.³

21. yüzyıl ile birlikte Endüstri 4.0'ın önemi artmış; maliyetleri düşürmek, kısa sürede hızlı ve hatasız üretim yapabilmek, enerji tüketimini en aza indirmek, üretim sistemi süreçlerini en güvenli şekilde gerçekleştirmek, insanlardan kaynaklanan hataları en aza indirmek, insan-makine işbirliğini arttırmak veya insandansa makine ile üretime odaklanmak, sürecin herhangi bir noktasında anlık olarak gerçekleşen durumları, hataları bildirmek önem kazanmıştır. Günümüzde ise son basamak olarak kabul edilen Endüstri 4.0 ile birlikte, üretim faaliyetleri sürecinde tüm akıllı cihazlar birbirleriyle iletişim kurabilir ve aynı zamanda birbirleriyle uyumlu bir şekilde aktif olarak çalışabilmektedir.

2.2. Endüstri 4.0'ın Özellikleri

Literatürde Endüstri 4.0'ın son basamağı kabul edilen dördüncü sanayi devrimini, üretim sistemlerinde süreç işlerken eş zamanlı olarak birbirleriyle bağlantılı olan tüm nesnelerin iletişimde olması, bu iletişim sonucunda elde edilen verilere eş zamanlı olarak ulaşabilmek ve işlenen veriler ile maksimum fayda, maksimum verim elde

³ Sabiha Kılıç, Reha Metin Alkan, "Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri", *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi* (2018):29-49, <https://doi.org/10.31006/gipad.417536>.

edilmesi oluşturmaktadır.⁴ Kavramı genel olarak açıklamak gerekirse en açıklayıcı tanım şu şekilde yapılmaktadır: “Endüstri 4.0, tüm üretim sistem ve ürünlerinin değer zincirlerinin organizasyonu ve yönetiminde 21. Yüzyıl ile birlikte ortaya çıkan yaşam döngüsü Dördüncü Sanayi Devrimi’ni açıklar. Bu döngüyle birlikte, günümüzde gittikçe artan müşteri talepleri doğrultusunda spesifik, biricik ürün üretimine odaklanır. Tüm bu sürecin ilk adımı olan düşünce basamağından başlayarak üretim geliştirme (Ür-Ge) ve üretim siparişinden, talep edilen ürünün nihai kullanıcıya ulaşması ve doğada geri dönüşümünü de kapsayarak tüm bu sistem zincirinde yer alan hizmetleri kapsar.”⁵ Farklı ifadeler ile anlam bakımından aynı açıklamalarla literatürde karşı karşıya gelmekteyiz.⁶ En kapsamlı tanım olarak kabul edilen bu açıklamadan da anlaşılacağı üzere, Endüstri 4.0 üretilen ürünün yaşam döngüsünün başından sonuna kadar hatta geri dönüşümüne kadar tüm adımlarda var olan işlemlerin gelişen/gelişmekte olan teknolojiler ile maksimum verimlilik, minimum enerji ile optimum seviyenin belirlenip rehabilite edilmesini ifade eder.

Endüstri 4.0 kavramı aynı zamanda, tüm süreç boyunca otonom olarak ilişki içerisinde olan teknolojilere ve cihazlara dayalı bir değer zinciri organizasyonunu tanımlamaktadır. Geleceğin akıllı fabrikaları olarak da tanımlanan bu yapı, esasında bilgisayarlar aracılığıyla kontrol edilebilen sistemlerin fiziksel prosesleri izleyebildiği, kendi kendilerini organize eden mekanizmalar bazlı, kendi kendilerine yani otonom olarak kararlar alınmasını sağlayan bir yapıyı tanımlamaktadır.⁷

Endüstri 4.0, üretim, planlama, mühendislik, lojistik ve operasyon proseslerinde maksimum kalite ile beraber maksimum dayanıklılık ve esnekliği temin eder. Ayrıca kaynak tüketimi, maliyet, kullanılabilirlik gibi çeşitli kriterlere göre optimizasyonu sağlanabilen eş-zamanlı olarak optimizasyonu sağlanmış, dinamik, otonom olarak organize bir değer zinciri oluşturmaktan bahsetmektedir..⁸

İhtiyaçlar, yeni bir icadın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle her gelişim ve değişimin sebebi bir ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır. Küreselleşmeyle birlikte ortaya çıkan pazarın yapısı da bunu gerektirmektedir. Şu ana kadar bahsetmiş olduğumuz

⁴ Malte Brettel ve diğ., “How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective”, (2017):47-56.

⁵ Tolga Şimşek, “Endüstri 4.0 ile Geleceğe Bakış ve Beklentiler”, <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-gelecege-bakis-ve-beklentiler/> [Erişim Tarihi: 04.05.2021].

⁶ Alasdair Gilchrist, *Industry 4.0* (Berkeley, Apress, 2016), 197.

⁷ Alasdair Gilchrist, a.g.e., 20.

⁸ Henning Kagermann ve diğ., a.g.r.

Endüstri 4.0'ın dönemleri de ihtiyaçlar doğrultusunda ortaya çıkmıştır. Küreselleşen dünyayla birlikte dünyanın her yerinden hammadde temin edilebilir ve dünyanın herhangi bir noktası bizim hedef pazarımız olabilir konuma gelmiştir. Bu gelişen, değişen ve küreselleşen dünyayla birlikte her ne kadar hammadde ve pazara ulaşım kolaylaşmış olsa da, bazı dezavantajları da beraberinde getirmiştir. Üretim sistemlerinin iyileştirilmesi ve limitinin arttırılmasıyla birlikte ortaya çıkan üretim fazlası akabinde, talep eğiliminin arttırılmasına yönelik faaliyetlerin de arttırılması ihtiyacını doğurmaktadır. Günümüz piyasası itibariyle gelenen durum arz ve talebin pık yaptığı yönündedir. Örnek vermek gerekirse Avrupa ile Amerika kıtalarında arz-talep dengeleri en yüksek seviyeye ulaşmış durumdadır. Bu verilerin sebep olduğu rekabet ortamı, küresel pazarda en üst seviyelere ulaşmış durumdadır.

Artan rekabet koşulları nedeniyle, arz-talep dengesinin üst seviyelere tırmanmış durumda olması Amerika'yla Avrupa kıtalarında minimum maliyet ve maksimum verim elde edebilmek amacıyla yeni uygulamalar hayata geçirme ihtiyacı ortaya çıkartmıştır. Bu çerçevede işgücü ücretlerinin daha düşük olduğu Hindistan, Çin, Arjantin, Türkiye, Tayland, Brezilya, Endonezya gibi gelişmekte olan ülkelerde üretim yapmaya başlamışlardır. Bu durum, bu ülkelerin de kazançlı çıkmasına neden olmaktadır. Zira, gelişmiş ülkeler ile pazarda rekabet edebilecek durumda değildirler.

Gelişmiş ülkelerin, örnek vermiş olduğumuz bu gelişmekte olan ülkelere yatırımlarını yöneltmeleri, aslında fırsat niteliğindedir. Çünkü bu ülkelerin yıllarca edinilmiş olan kümülatif bilgi birikimi ve sermayelerine erişebiliyor olmak gelişmekte olan ülkelerin lehine bir durumdur. Yukarıdaki örnekte bahsetmiş olduğumuz ve daha pek çok gelişmekte olan ülkeler, Endüstri 4.0'ın minimum maliyet– maksimum verim prensibi gereği sanayi faaliyetlerinin kendi ülkelerinde gerçekleşiyor olması, halihazırda sanayisi gelişmiş olan ülkelerdeki sermayenin ve kümülatif bilgi birikimlerini kolayca kendi ülkelerine taşıyabilecekleri düşüncesinden dolayı adeta bir fırsat olarak görülmektedir. Tüm bunlarla birlikte, kendi ülkelerinin pazarı doyma noktasına gelen gelişmiş ülkeler için, gelişmekte olan ülkeler yeni bir pazar demektir. Ama zaman içerisinde Çin tersine mühendislik ile büyük bir sıçrama noktasına ulaşmıştır. Bu şekilde pazar devleri arasında kendine yer edinebilmiştir. Zamanla Brezilya ile Hindistan da kendilerini geliştirerek bu rekabetçi ortama giriş yapmış ve pazar günümüzdeki rekabetçi ortamına ulaşmıştır.

Günümüz şartlarında, Almanya ve sanayisi ve teknolojisi gelişen ülkeler, pazardaki büyük dilimin sahibi olmak, minimum maliyet, maksimum verim prensibi gereğince dördüncü endüstri devrimini başlatmış oldular. İlerleyen süreçte, iş gücü yani emeğin maliyetini düşürmek amacıyla orta doğu ve uzak doğuya yatırım yapma ihtiyacının pek çok sektörde azalarak yok olacağı öngörülmektedir.

2.3. Endüstri 4.0'ın Dönemleri

2.3.1. Birinci Sanayi Devrimi

Literatürde Endüstri 1.0 olarak nitelendirilen dönem, 18. ve 19. Yüzyılın ortalarında İngiltere orijinli olarak başlamıştır.⁹ Birinci sanayi devrimini başlatan en önemli etken verimliliği arttırmak amacıyla buhar makinelerinin kullanılması olmuştur. İlk olarak İngiltere’de uygulanmaya başlanan buhar gücüyle çalışan fabrikalarla birlikte, tekstil üretimi yapan firmalar yüksek verim ile çok daha fazla ürün üretebilmeye başladıkları için geldikleri noktada daha fazla müşteriye ve dolayısıyla daha fazla hammaddeye ihtiyaç duymaya başlamışlardır. Bu devrim niteliğinde olayla beraber, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa’da karlılık artmış, dolayısıyla sermaye de artmıştır. Sermayenin artmasıyla birlikte toplumun refah düzeyinde belirgin bir artış söz konusu olmuştur. Yani alan yazınından da anlaşılacağı üzere buharın gücünden faydalanılarak fabrikaların kurulması sonrası az maliyetle ve yüksek verim ile üretim yapılması Endüstri 1.0’ın oluşumunu temellendirmiştir.

2.3.2. İkinci Sanayi Devrimi

Literatürde Endüstri 2.0 olarak nitelendirilen, elektrik kullanımına başlanmasıyla birlikte gelişen teknolojik imkanlar nedeniyle gerçekleşen teknoloji devrimi tanımı yapmak daha doğru olur. Bu dönemin, 19. ve 20. yüzyılın ortalarını kapsadığı söylenebilir.¹⁰ Demiryolu ulaşım sistemlerinin gelişmesi, demir ağların dünyanın hemen her yerine ulaşabilir hale gelmesiyle birlikte uzak noktalara da erişim kolaylaşmıştır. Bu hem ham maddeye, hem de yeni pazarlara erişimi kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte teknolojinin önlenemez gelişim-değişimi ve

⁹ Martin Jänicke, Klaus Jacob, “A Third Industrial Revolution? Solutions To The Crisis Of Resource-Intensive Growth” (Berlin, 2019), https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/20040/FFU_rep_02_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Erişim Tarihi: 14.01.2020].

¹⁰a.g.r., 3-8.

enerji elde edilen kaynakların kömürden elektriğe geçişi teknolojinin bir seviye ileri taşınmasını sağlamıştır. Bu da ikinci sanayi devriminin oluşmasına zemin hazırlamıştır.¹¹ Demir yerine çelik kullanımı yaklaşık olarak bu dönemlere tekabül etmektedir. Bununla birlikte kimyasal ham madde kullanılmaya başlanmıştır. Kömür ve buhar makinelerinden elde edilen enerji yerine petrol giderek yaygınlaşarak üretim hızı da buna mukabil artmıştır. Tüm bu sebepler dolayısıyla seri üretim de tetiklenmiştir.

Henry Ford, seri üretim bandını ilk kez kullanarak bu çağda önemli bir başarıya imza atmıştır.¹² Dönemin haberleşme aygıtlarından olan radyo, ucuz gazete kâğıdı, telefon, daktilo iletişimi hızlandırmıştır. Hızlanan ve aktif şekilde kullanılmaya başlanan bu haberleşme araçları sayesinde uzaklar yakın hale gelmiştir. Hayat standartlarındaki seviyeler, hayat biçimleri de farklılaşmıştır. Köyden kente taşınmalar artmış, merkezde ekonomisi ve siyasi durumu iyi olan devletler kurulmaya başlanmıştır. İlk olarak Amerika'da sonrasında ise sırasıyla Almanya ve Japonya'ya doğru dünya üzerindeki pek çok noktaya yayılım göstermiştir. Yani alan yazınından da anlaşılacağı üzere buhar ve kömürün yerini elektrik ve petrole bırakması, Endüstri 2.0'ın oluşumunu temellendirmiştir.

2.3.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Literatürde 1970'den itibaren kabul gören Endüstri 3.0 dijitalleşme ve otomasyon sistemlerinin yaygınlaşmasıyla ortaya çıkmıştır. Diğer sanayi devrimlerinin yanı sıra geç başlamış olmasının nedeni olarak II. Dünya Savaşı gösterilmektedir. Büyük buhranında etkili olduğunu söylemek mümkündür. Her ne kadar II. Dünya Savaşından dolayı, üçüncü endüstri devrimi geç başlamış gibi gözükse de aslında üçüncü sanayi devrimini tetikleyen unsur İkinci dünya savaşıdır demek doğru olacaktır; çünkü, savaş esnasında orduların, askeriye'nin duymuş olduğu ihtiyaçlar neticesinde yeni teknolojiler geliştirilmiştir.

Haberleşmenin, iletişimin ve teknolojik seviyenin artmasıyla birlikte üretim sürecinde otomasyona olan ihtiyacın öneminin anlaşılmasına neden olmuş ve bununla birlikte yazılım sektörü de gelişmiştir. Makinelerin çalışma mekanizmaları geliştirilmiş ve

¹¹a.g.r., 3-8.

¹² Samuel Alizon vd., *Virulence evolution and the trade-off hypothesis: history, current state of affairs and the future*, (Fransa, 2009), <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1420-9101.2008.01658.x> [Erişim Tarihi: 14.01.2020].

bilgisayar, fiber optik, telekomünikasyon, nükleer, mikro elektronik gibi çeşitli bilim dalları ortaya çıkmıştır. Artan iletişim ve erişim olanakları sayesinde globalleşmede giderek artış görülmüştür. Uzaklar, yaklaşarak saniyeler içinde insanlar birbirlerine ulaşabilir duruma gelmişlerdir.

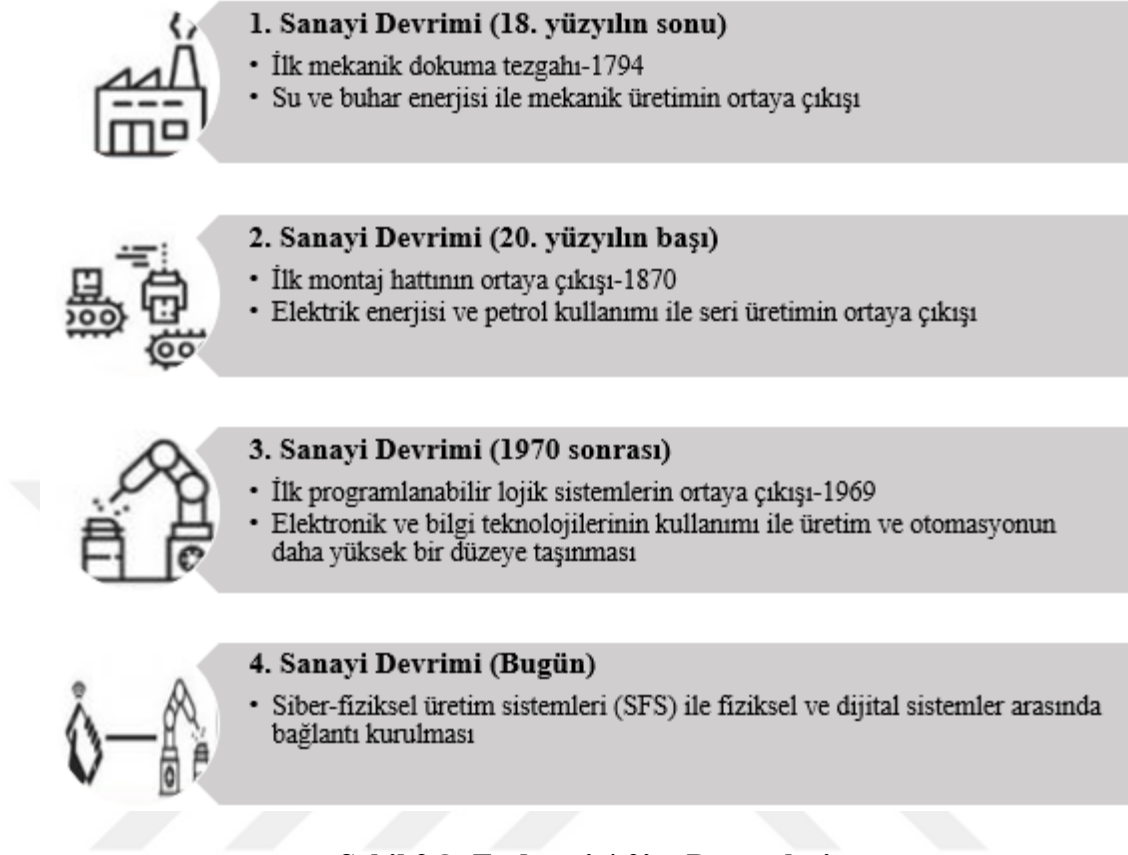
Tüm bunlarla birlikte, diğer sanayi devrimi dönemlerinde olduğu gibi bu dönemde de üretim sürecinde kullanılan enerjinin kaynağı değişime uğramıştır. Başarı oranı %100 olmasa da, yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan kömür ve petrol yerine, yenilenebilir ve çevre dostu olan rüzgâr, güneş, jeotermal ve hidroelektrik santralleri devlet desteğiyle kullanıma teşvik edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları yaygın olarak kullanılmaya çalışılmıştır. Bu çağın en önemli kavramı sürdürülebilir büyüme ile birlikte sürdürülebilirlik olmuştur.¹³ Yani alan yazınından da anlaşılacağı üzere elektrik ve petrolün yerini, otomasyona bırakması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim Endüstri 3.0'ın oluşumunu temellendirmiştir.

2.3.4. Dördüncü Sanayi Devrimi

21. yüzyıla yani günümüze baktığımızda, Almanya'nın ortaya atmış olduğu Endüstri 4.0 furçasının devamlı tekrar edildiği ve öneminin gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Endüstri devriminin dördüncü basamağı olarak da literatürde yer bulan Endüstri 4.0 kavramının, pazarda yer edinmiş olan pek çok sektörde devrim niteliğinde değişime neden olacağı tahmin edilmektedir. 14 Ocak 2020'de "Endüstri 4.0" anahtar kelimeleriyle yapılmış olan taramalarda Google'da yaklaşık 1.420.000, Google Scholar'da ise yaklaşık 8320 sonuç bulunmuştur. Buradan anlayabileceğimiz üzere Endüstri 4.0 kavramı artık günümüzde sık sık karşımıza çıkabileceğini göstermektedir. Alan yazınından da anlaşılacağı üzere otomasyonun yerini siber-fiziksel sistemlere

¹³ Michael Redclift, "Sustainable development (1987–2005): an oxymoron comes of age", <http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucessjb/S3%20Reading/redclift%202005.pdf> [Erişim Tarihi: 14.01.2020].

bırakıyor olması Endüstri 4.0'ın oluşumunu temellendirmiştir. Kısaca özetlemek gerekirse, Endüstri 4.0'ın oluşum kriterleri aşağıdaki Şekil 2.2'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.2: Endüstri 4.0'ın Dönemleri.

Mario Hermann, Tobias Pentek, Boris Otto, “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios”, (2016) kaynağından uyarlanarak, yazar tarafından hazırlanmıştır.

2.4. Endüstri 4.0 Vizyonu

Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasıyla birlikte genel beklentilerin yanısıra şirketlerin, işletmeler ve kurumlar temelinde de bazı beklentileri bulunmaktadır. Mckinsey'in 2015 yılında hazırlamış olduğu “Industry 4.0: How To Navigate Digitization Of The Manufacturing Sector” isimli raporundan yararlanılarak işletmelerin, şirketlerin ve kurumların beklentileri aşağıda maddeler halinde özetlenmektedir.¹⁴

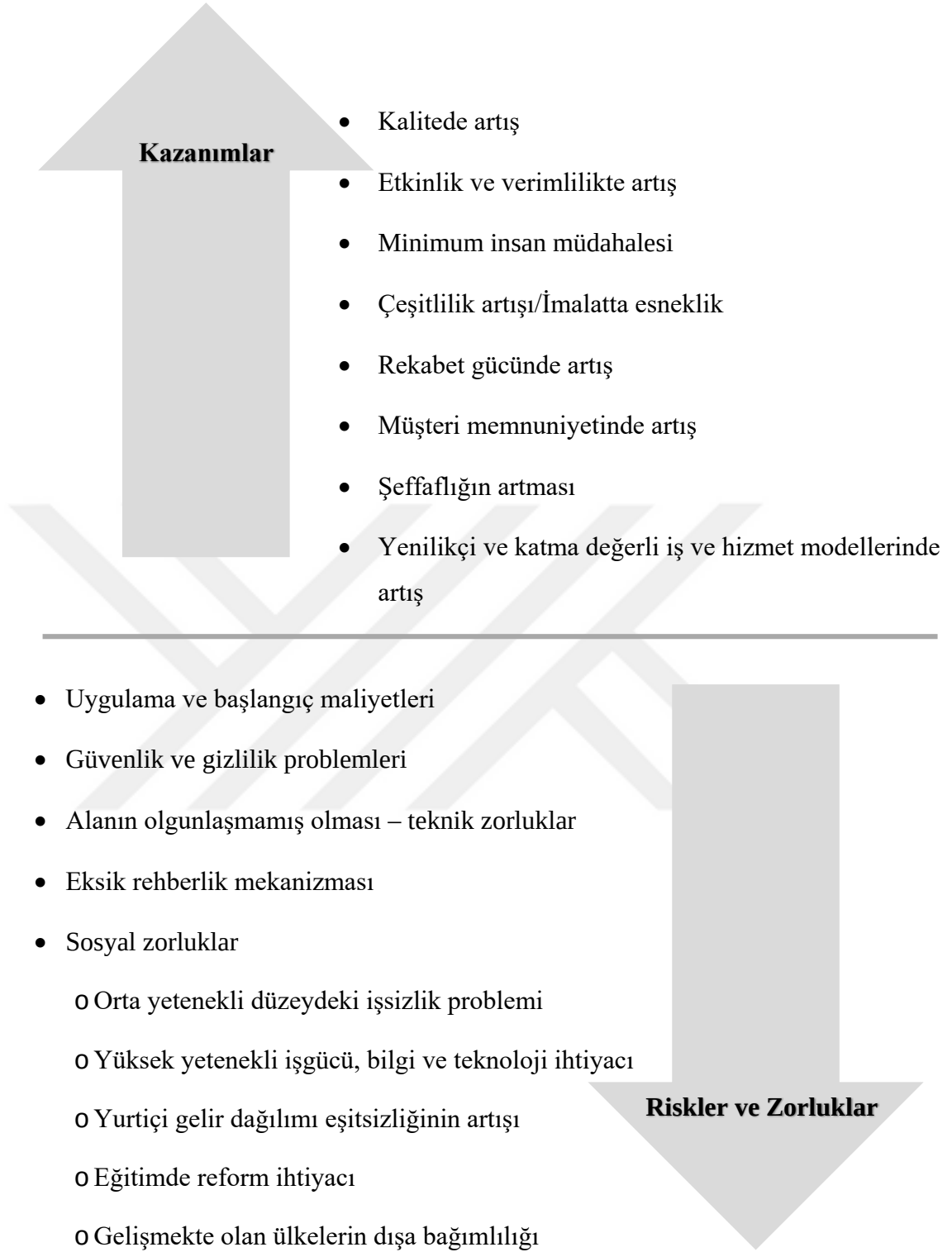
- %3-%5 verimlilik artışı

¹⁴ McKinsey&Company, “Global Media Report”, (Londra, 2015), <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/industry%2040%20how%20to%20navigate%20digitization%20of%20the%20manufacturing%20sector/in%20industry-40-how-to-navigate-digitization-of-the-manufacturing-sector.pdf> [Erişim Tarihi: 06.05.2022].

- Bilginin otomasyonu yoluyla teknik yeterlik isteyen mesleklerde %45-%55 verimlilik artışı
- Minimum insan gücü ile otomasyon sistemleri kullanılarak makine kullanımını %30-%50 artırmak
- Stok tutma maliyetlerinin %20- %30 azaltılması
- Üretim ve kalite maliyetlerinde %10- %20 azalma
- Tahmin hassasiyetinin %85 kadar artması
- %20 ila %50 oranında pazara sunma sürelerinin kısaltılması
- Bakım ve arızaların tespiti, sistem izleme ile maliyetlerin %10 ila %40 oranlarında azaltılması

Endüstri 4.0'a geçilebilmesi için teknolojik altyapı, köklü değişimler ve büyük yatırımlar gerekmektedir. Endüstriyel proseslerin geliştirilmesinin tanımlanması ve akıllı fabrikaları oluşturabilmek için gerekli yatırımların hayata geçirilmesi ile büyük bir sıçrama beklenmektedir.¹⁵ Şekil 2.3'te TÜBİTAK'ın 2016 yılında yayınlamış olduğu Endüstri 4.0'ın kazanımları ile risk ve zorlukları yer almaktadır.

¹⁵ Cemil Sağıroğlu, “Üretimde Dijital Dönüşüm”, (Ankara, TÜBİTAK, 2018), <https://dijitalakademi.bilgem.tubitak.gov.tr/wp-content/uploads/2018/01/EPID-BS-UretimdeDijitalDonusum.pdf> [Erişim Tarihi: 06.05.2022].



Şekil 2.3: Endüstri 4.0’ın Kazanımlar-Riskler Ve Zorluklar Analizi.¹⁶

Cemil Sağıroğlu, “Üretimde Dijital Dönüşüm”, (Ankara, TÜBİTAK, 2018)

¹⁶ Cemil Sağıroğlu, a.g.r., 11.

Dünya Ekonomik Forumunun 2016'da yayınlamış olduğu raporda Endüstri 4.0 devriminin önümüzdeki 5 sene içerisinde gelişmiş ekonomiye sahip 15 ülkedeki 5 milyon kişinin işini kaybedeceği öngörülmektedir.¹⁷ Üreticiler için ise toplam maliyette %4 - %7 civarı verimlilik artışı, dönüşüm maliyetinde ise %5 - %15 civarı verimlilik artışı öngörülmektedir. Üretim sektörüne baktığımızda ise artan verimlilikten elde edilen toplam karın en az 30 milyar lirayı bulabileceği ya da en iyi ihtimalle 50 milyar liraya kadar çıkabileceği tahmin edilmektedir.¹⁸ Sonuç olarak; Endüstri 4.0'a yapılacak olan yatırımların karşılığını kısa zamanda yatırımcı ve paydaşlara geri döneceği vaat edilmektedir.

2.5. Örgüt ve Endüstri 4.0 İçin Önemli Olan Boyutlar

Örgütler sosyo-teknik sistemlerdir. Sosyo-teknik örgüt boyutları insan, teknoloji, yapı ve bunu çevreleyen diğer unsurlardır. Bu nedenle örgütler için önemli olan geleceğe yönelik stratejileri, organizasyon yapısı ve barındırdığı teknolojilerdir. Bu kapsamda örgütün önemli olan boyutları ile ilgili olarak ACATECH bir çalışma yapmıştır ve Endüstri 4.0 kavramını 4 boyut altında incelemiştir. Bunlar organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültürdür. Bu alanda yapılan bir başka çalışma olan Akdeniz Üniversitesi, Antalya Bilim Üniversitesi, Akdeniz Üniversitesi Teknoloji Transfer Merkezi tarafından geliştirilen “Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti: Ölçeğin Geliştirilmesi Ve Pilot Uygulama Projesi” nde Endüstri 4.0 kavramı strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür şeklinde 5 boyut olarak ele alınmıştır. Endüstri 4.0 kavramının daha kapsamlı olarak ele alındığını düşünüldüğünden dolayı, bu çalışmada Akdeniz Üniversitesi, Antalya Bilim Üniversitesi, Akdeniz Üniversitesi Teknoloji Transfer Merkezi tarafından geliştirilen “Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum tespiti: Ölçeğin geliştirilmesi ve pilot uygulama projesi”ndeki Ek-1’de yer alan ölçek kullanılarak Savunma ve Havacılık sektöründeki Endüstri 4.0 durum tespiti yapılacaktır. Bu boyutlara ilişkin olarak açıklamalar kısaca aşağıda verilmiştir.

¹⁷ Klaus Schwab, “The Global Competitiveness Report”, (İsviçre, World Economic Forum, 2016), https://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf [Erişim Tarihi: 20.01.2020].

¹⁸ Cemil Sağıroğlu, a.g.r., 12.

2.5.1. Strateji

İşletmeler, çevrelerinde bulunan unsurların beraberinde getirebileceği belirsizlikleri minimize ederek faaliyetlerini kontrol edebildiği seviyede devam ettirebilmek ve bu çevresel değişimlerden organizasyonlarının olumsuz olarak etkilenmemelerini isterler. Bu durumu sağlayabilmek için ise ilgili olan çevresel unsurlar ile farklı kanallardan ilişki kurarlar. Hangi çevresel unsurlar ile ne zaman ve nasıl bir ilişki kurulacağı konularındaki kararlar stratejidir.¹⁹

Strateji, çevreyi dikkate alarak organizasyonun hedeflerine ulaşmak için ihtiyaç duyulan faaliyetleri ve kaynakların tahsisini tanımlayan bir eylem planıdır.²⁰

Strateji bir tür plandır. Strateji aslında esas olan hedeflediğimiz sonuçlara varmak için takip edilen yoldur. Stratejiler tıpkı planlardaki gibi yeterli bilginin olmadığı son derece belirsizlik durumunda ya da kısıtlı bilgilere sahipken yapılır. Stratejide hem şirket hem de şirketin içinde bulunduğu çevreye dikkat edilir. Kısaca özetlemek gerekirse, strateji, rakiplerin hamlelerinin de değerlendirilerek, hedefe ulaşmak için belirlenen, nihai sonuç odaklı, uzun vadeli ve dinamik yapıya sahip kararların hepsi olarak açıklanabilir.²¹

Bu araştırmanın boyutlarından biri olan strateji boyutuna ilişkin maddelerin tamamı açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Bu araştırmada şirketlerin Ar-Ge, Endüstri 4.0 ve inovasyon konularında kısa, orta ve uzun dönemli yazılı ya da yazılı olmayan stratejilerinin çalışmayı meydana getiren diğer dört boyut yani kültür, bilgi sistemleri, kaynaklar ve organizasyon yapısını da kapsayacak şekilde öğrenilmesi amaçlanmıştır.

2.5.2. Organizasyon Yapısı

Literatürde bir şirketin organizasyon yapısının önemi ile ilgili çok sayıda araştırma bulunmaktadır. A. Chandler tarafından 1962 yılında geliştirilen ve günümüzde halen tartışılmakta olan en önemli çalışmalardan biri strateji-yapı etkileşimidir. En ilkel olan işletmeden en gelişmiş olan işletmeye tüm işletmelerin bir yapıya ihtiyaçları vardır. Yönetim alanındaki ilk kuramsal çalışmaları yapan ve yönetim biliminin kurucusu

¹⁹ Tamer Koçel, *İşletme Yöneticiliği* (İstanbul: Beta Yayıncılık, 2015).

²⁰ Richard L. Daft, "Örgüt Kuramları ve Tasarımını Anlamak," (Çev. Ed. Timurcanday Özmen) Ankara: Nobel Yayıncılık, (2015), s. 17.

²¹ Hayri Ülgen, S. Kadri Mirze, *İşletmelerde Stratejik Yönetim*, (İstanbul, Beta Yayıncılık, 2018):13.

sayılan Henry Fayol, bir organizasyonu, bir işi yürütmek için gereken makineler, emek, doğal kaynaklar, sermaye gibi unsurlarla donatmak şeklinde tanımlamıştır.²²

Eğer işletme küçük bir işletme ise yapılabilecek işler sınırlıdır fakat işletme büyüdükçe yapılabilecek işler, yönetim seviyeleri ve iş bölümü ihtiyacı artar. Bu da tek bir kişinin bu işleri yapmasını zorlaştırır. Büyümekte olan bir işletmenin hedeflerine verimli ve etkin şekilde erişebilmesi için faaliyet alanlarının tanımlanması ve belirli bir düzen ve sıraya koyulması gerekir. Bu nedenle, yöneticilerin yönetimin fonksiyonlarından biri olan organizasyona ihtiyacı vardır.²³

Bu çalışmanın boyutlarından biri olan organizasyon yapısı altında, çalışmaya katılım sağlamış olan şirketlerin 2 ana alan faaliyetleri ele alınmaktadır. Bunlardan ilki organizasyon yapısı, bir diğeri ise değer zincirindeki konumudur. Bu 2 ana alan, 2 adet alt boyuttan oluşmaktadır. Alt boyutlarından ilki, esnek topluluklar, karar alma yönetimi, dahili organik organizasyon, çevik yönetim ve motivasyon sistemlerini kapsamaktadır. İkinci alt boyut ise, müşterilerin faydalarına odaklanma, iş ağı ile ortak çalışma ve değer zinciri ağlarıyla dinamik işbirlikleri yapabilme unsurlarını kapsamaktadır.²⁴

2.5.3. Kaynaklar

Örgütlerde kullanılan teknolojiler, girdiyi çıktıya dönüştürmek amacıyla kullanılabilen araçları, eylemleri ve teknikler demektir. Esnek üretim, gelişmiş bilgi sistemleri ve internet gibi konular da dâhil olmak üzere bir örgütün müşterilerine sağladığı ürünlerin ve hizmetlerin üretiminin nasıl olduğuyla ilgilidir.²⁵

Bir şirketin kalitesini esas olarak çalışanların kalitesi belirler. Birçok şirketin başarısı, şirketlerin hedeflerine ulaşmak için gerekli görevleri yerine getirebilecek bir işgücü bulmasına bağlıdır. Bir şirket doğru çalışanları işe aldığı anda ve işte tuttuğunda, çalışan bulma ve insan kaynakları yönetimi alanlarında başarılı demektir.²⁶

²² İlker Birdal, Bilgün Aydemir, *Yönetim Teorileri* (İstanbul, Sistem Yayıncılık, 1992).

²³ Murat Çubukçu, “Organizasyon Yapısını Belirleyen Faktörler ve Yapının Önemi”, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C.5, S. 2 (2018): 175-190, <https://doi.org/10.30803/adusobed.343212>.

²⁴ Olgun Kitapçı vd., “Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti: Ölçeğin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulama Projesi”, 2018, Antalya, <https://www.atso.org.tr/yukleme/dosya/b5397a8cdd23159c064f2957c269fbe4.pdf> [Erişim Tarihi: 10.01.2020].

²⁵ Richard L. Daft, a.g.e., 17.

²⁶ Stephen P. Robbins, David A. Decenzo, Mary Coulter, “Yönetimin Esasları” (Çev. Ed. Adem Ögüt) Ankara: Nobel Kitabevi, (2016), s.162.

Bu araştırmanın boyutlarından biri olan kaynaklar altında, çalışmaya katılım sağlamış olan şirketlerdeki mevcut altyapıları (İnsan kaynakları, makine-ekipman, malzeme ve nihai ürün) içerir. İnsan kaynağı yani işgücü, eldeki verilerden en iyi şekilde yararlanabilmek için belirli yeterliliklere sahip olmalıdır. Şirketler belirli işlevlerini yerine getirebilmenin yanı sıra, kaynaklarının fiziksel ve dijital dünya arasında bir arayüze sahip olmasını da sağlamaya çalışmalıdır. Endüstri 4.0'ın boyutlarından bir diğeri olan kaynaklar boyutu ise 2 adet alt boyuttan oluşmaktadır. Alt boyutların ilki, dijital kabiliyet, dijital kapasite, aktuatör ve sensör aracılığı ile otomatik olarak veri toplanması, aktuatör ve sensör aracılığı ile üretilmiş olan verilerin otonom şekilde kalibre edilmesi ve işlenmesidir. Aktuatör, bir sistemin veya mekanizmanın kontrol edilmesini sağlayan bir mekanizma anlamına gelmektedir. İkinci alt boyutunda ise etkili iletişim, yapısal iletişim ve görev temelli arayüz tasarımı yer almaktadır.²⁷

2.5.4. Bilgi Sistemleri

Bilgi sistemleri, bilginin daha ekonomik olarak hem insanlar hem de bilgi ve iletişim teknolojileri tarafından sağlandığı sosyo-teknik sistemlerdir. Veri ve bilgileri hazırlar, işler, depolar ve aktarırlar. Bir şirketin bilgi sistemlerinin konfigürasyonu, mevcut veri ve bilgilerin karar vermek için kullanılabilmesini sağlamanın anahtarıdır. İşletmelerin dijitalleşmesiyle ilgili kaydedilen ilerleme, üretim şirketlerinin dijital gölge yardımıyla bu verilere dayalı kararları gerçek zamanlı olarak almalarının giderek daha kolay hale geldiği anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, birçok üretici hala bu verileri ve bilgileri karar vericilerini desteklemek için kullanmakta başarısız olabilmektedir.²⁸

Endüstri 4.0'ın boyutlarından biri olan bilgi sistemleri boyutu 2 alt boyuttan ve 8 farklı araçtan meydana gelmektedir. Alt boyutlardan ilki, bilgilerin işlenmesi, verilerin analizi, ilişkilendirilmiş verilerin girişi, esnek bilgi teknolojilerinin altyapıları ve uygulamaların türlerine göre özelleştirilmiş olan kullanıcı ara yüzlerini kapsamaktadır. Alt boyutlardan ikincisi ise, data standardizasyonu, yatay-dikey entegrasyon (data yönetimi) ve entegrasyondan oluşmaktadır.²⁹

2.5.5. Kültür

Örgüt kültürü, bir örgütün üyelerinin davranışlarını etkileyen ortak değerler, ilkeler, gelenekler ve iş yapma biçimleri olarak tanımlanır. Birçok kuruluştaki bu paylaşılan

²⁷ Olgun Kitapçı, a.g.r.

²⁸ Günther Schuh vd., "Industrie 4.0 Maturity Index" (acatech, 2017).

²⁹ Olgun Kitapçı vd., a.g.r.

değerler ve uygulamalar zamanla gelişir ve “kurum içinde işlerin nasıl yapıldığını” büyük ölçüde belirler.³⁰

Kurum kültürü, personeller arasında paylaşılmakta olan inanç, değer, anlayış ve normların hepsini kapsar. Bu değerler ve normlar etik davranış, çalışanlara verilen taahhütler, müşteri hizmetleri ve üretkenlikle ilgili olabilir. Örgüt üyelerini bir araya getirmek için bir tutkal işlevi gördüğü söylenebilir. Örgüt kültürü yazılı değildir. Ama bu kültür; sloganlarda, hikâyelerde, kıyafetlerde, ofis düzeninde ve törenlerde gözlemlenebilir.³¹

Bu çalışmanın boyutlarından biri olan kültür altında, çalışmaya katılım sağlamış olan şirketlerde kullanılması planlanan ve/veya kullanılan dijital teknolojilerin şirket çalışanları tarafından kabul edilmesi ve yeni yöntemlerin ve uygulamaların çalışanlara tanıtılması ve uygulanmasında kullanılan yaklaşımların hangileri olduğu, 2 alt boyutta ve nicel sorular ile değerlendirilmiştir. Alt boyutlardan ilki, hata değerinin tanımlanması, değişimlerin eğilimi, yeniliklere açıklık, veri bazlı karar ve öğrenme, sürekli olarak profesyonel gelişim ve değişimi şekillendirme unsurlarını kapsamaktadır. İkinci alt boyut ise, açık iletişim, demokratik liderlik şekli, sosyal iş birlikler ve bilgi sistemlerine dayalı öğrenme ve karar alma unsurlarından oluşmaktadır.³²

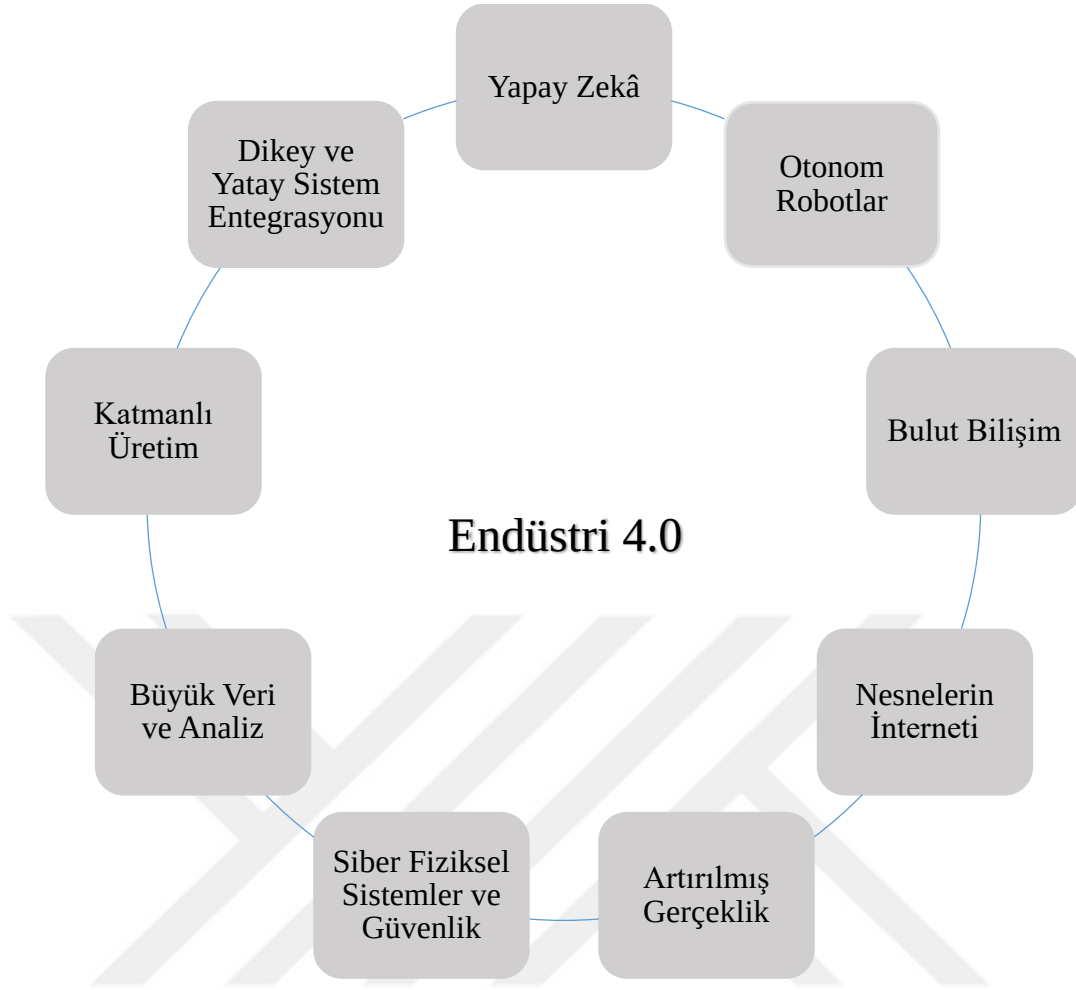
2.6. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Bilişim sistemleri ile birlikte Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0'ı uygulanabilir kılan en önemli teknolojilerin başında gelen ve Endüstri 4.0'ı uygulanabilir kılan bilişim sistemleri sayesinde günümüzde pek çok fiziksel nesne ve süreç internet ortamına entegre edilerek kontrol edilebilmektedir. Bu bölümde, Endüstri 4.0 kavramının meydana gelmesine neden olan ve onu geliştiren, aynı zamanda Endüstri 4.0 amaçlarına ulaşmak için gerekli olan teknolojik faktörlerden bahsedilecektir. Şekil 2.4'te Endüstri 4.0'ın bileşenleri yer almaktadır. Sonraki bölümde ise bu bileşenler kısaca açıklanmaktadır.

³⁰ Stephen P. Robbins, David A. Decenzo, Mary Coulter, a.g.e.,38.

³¹ Richard L. Daft, a.g.e.,17.

³² Günther Schuh, a.g.r.



Şekil 2.4: Endüstri 4.0'ın Bileşenleri.

Olgun Kitapçı ve diğ., “Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti Ölçeğin Geliştirilmesi Ve Pilot Uygulama Projesi”, (2018) kaynağından uyarlanarak, yazar tarafından hazırlanmıştır.

2.6.1. Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)

Artificial Intelligence (AI) yani dilimize yapay zekâ olarak geçmiş olan kavram, bilgisayarların minimum insan katılımıyla akıllı davranışları olarak tanımlanır. Yapay zekâ kavramının ortaya çıkışı robotların icadı ile birlikte başlamıştır.³³ Endüstri 4.0 kavramının literatüre girmesiyle birlikte, manuel yani insan eliyle yapılmakta olan pek çok işlem yapay zekâ sayesinde makineler tarafından yapılmaktadır. İşletmelerin taktiksel planlarında ve stratejik planlarındaki karar alınması süreçlerinde de

³³ Pavel Hamet, Johanne Tremblay, “Artificial Intelligence in medicine”, *Metabolism Clinical and Experimental*, (2017):36-40.

kullanılmaktadır.³⁴ Son dönemde pek çok teknoloji şirketinin yapay zekâ teknolojisine yaptığı yatırımları artırması, yapay zekâ uygulamalarının devam edeceğinin en güçlü göstergelerinden birisidir. Kendini geliştiren ve öğrenen günümüzde en iyi düzeydeki yapay zekâ uygulamaları için Microsoft, Facebook, Apple, Google gibi şirketler bu konuda çalışmalar yapmaktadır. Örnek olarak Facebook, kullandıkları verilerden bilgi çıkararak yapay zekâ uygulamaları aracılığıyla kişiler arasındaki iletişimi arttırmayı hedeflemektedir.³⁵ Google firması ise, yapay zekânın alt başlıklarından biri olan derin öğrenme tekniklerinden yararlanarak göz diyabetiğini araştırmaktadır.³⁶ Microsoft tarafından geliştirilmiş olan “Zo” adı verilmiş olan yapay zekâ ise sosyal medyanın arka planında bulunan büyük veri aracılığıyla tasarlanmış olup, duygusal ve akıllıca cevap verme yeteneğine sahiptir.³⁷

Asıl olarak insan zekâsının doğasında bulunan akıl yürütme, öğrenme, algılama, karar verme ve iletişim yetenekleri simüle edebilen yapay zekâyâ sahip bilgisayarlar olarak da açıklanabilir. Yapay zekâ tekniklerinin gelişmesiyle birlikte robotlar da çevrelerini algılayabilir ve yorumlayabilirler. Bununla birlikte, çevrelerinden edindikleri bilgiler ışığında kararlar alabilir ve sistemsal olarak hareketlerini bu kararlar çerçevesinde yönlendirebilirler. Tüm bu süreçleri yapay zekâ ile birlikte aynı zamanda sensörler vasıtasıyla da yapabilen sistemlerdir. Yapay zekâyı desteklemekte olan akıllı robotlar ve yapay zekâ, belirli algoritmalar ve yöntemlerle öğrenme yeteneğine sahip olarak insanlara özgü olan düşünme yeteneğini simüle edebilmektedirler. Öte yandan, bilim insanları, yapay zekânın her geçen gün hızla artmakta olan gelişiminin insanlığa tehdit oluşturabileceği ihtimali için yapay zekâyâ kaygıyla yaklaşmaktadırlar. Hâlbuki yapay zekânın kullanımıyla birlikte, insan beyninin işleyebilecek olduğu verilerden çok daha büyük sayıda ve insanların düşünme yeteneklerine oldukça yakın olarak, veriler analiz edilerek sonuçlar üretebilmektedir.³⁸

³⁴ Gökhan Silahtaroglu, Nihat Alayoğlu, “Using or not using business intelligence and big data for strategic management: An empirical study based on interviews with executives in various sectors”, 12th International Strategic Management Conference, 28-30 Ekim 2016, Ankara.

³⁵ Mehmet Ali Alhan, “Stratejik Yönetim Çerçevesinde Toplumsal Hareketlerin Yapay Zeka Yöntemiyle Açıklanmasına Yönelik Bir Model” (Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2021).

³⁶ Varun Gulshan vd., “Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs” <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/tr/pubs/archive/45732.pdf> [Erişim Tarihi: 02.02.2020].

³⁷ Mehmet Ali Alhan, a.g.t.

³⁸ Olgun Kitapçı vd., A.g.r.

2.6.2. Bulut Bilişim (Cloud Computing)

Nesnelerin İnternetinin, arka planda sunulan tüm sorunlarla uğraşmak zorunda kalacak olması dolayısıyla sanal bir işleme platformunu yönetmek, depolamak ve işlemek için bulut bilişimin özelliklerini kullanabileceğine dair varsayımlar bulunmaktadır.

Bu bağlamda, tek bir kaynaktan yazılım ve bilgi paylaşımı olan bulut bilişim, internet temelli bilgi işlem yaklaşımıdır. Büyük sunucu bilgisayarlar ve internete bağlı bilgisayar programları, çalışmalarınızı bu geniş ağ üzerinden paylaşmanıza olanak sağlar.³⁹ Küresel ekonominin rekabet ortamında işletmelerin günümüz koşullarında bilgiye erişme, bilgiyi yönetme ve değerlendirme aşamasında bilgi teknolojilerini kullanmaları gerekmektedir. Şirketlerin kendileri tarafından yürüttükleri bilişim faaliyetleri iş yükünü minimuma indirse de bu faaliyetler ilave maliyetler yaratmaktadır. Ayrıca bununla birlikte, özellikle küçük ölçekteki işletmeler için önemli finansal kaynaklar gerektirmektedir. Teknoloji yatırımları dikkate alındığında, şirketlerin maliyetleri en aza indirme çabaları, son on yılda önemli teknolojik ve ekonomik ilerlemeler kaydeden bulut bilişim teknolojisi ile doldurulabilir. Bulut bilişim, işletmelerin bilişim faaliyetlerini üçüncü şahıslara devretmelerine ve dış kaynak kullanımı yoluyla donanım, yazılım, teknik hizmetler ve nitelikli personel gibi teknik maliyetleri en aza indirmelerine olanak tanır. Küresel ekonomide bulut bilişimin yükselişiyle birlikte devletler, özellikle bilgi güvenliği, kişisel verilerin korunması ve verilerin depolandığı veri ihlalleri konusunda özel önlemler almaktadır. Bulut bilişimini etkin ve verimli olacak şekilde kullanabilmek ve daha güvenli şekilde süreçleri sürdürebilmek yalnızca devlet eliyle yürürlüğe koyulan yönetmelik ve kanunlar ile mümkün olabilmektedir. Ayrıca bulut bilişim konusundaki bu düzenlemeler içerisinde Türkiye'nin de dâhil olduğu pek çok ülkede halen yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir.⁴⁰

Modern dünyayla birlikte, üretim süreçleri, sürekli değişmekte olan müşteri talepleri dolayısıyla oldukça karmaşıklaşmıştır. Farklı coğrafi noktalardaki sayısız üretim tesisi, birden çok müşterinin taleplerini yanıtlayabilmek için faaliyet göstermektedir. Genellikle, farklı noktalarda üretilmiş olan parçalar birlikte monte edilmektedir. Bu

³⁹ Gürcan Banger, *Endüstri 4.0 ve akıllı işletme*, Ankara: Dorlion Yayınevi, (2016).

⁴⁰ Kutan Koruyan, Fatma İtir Bingöl, "Bulut Bilişim Hizmet Sağlayıcılarının Veriyi Koruyamamaları Durumuyla İlgili, Türk, Avrupa Birliği Ve Amerikan Hukukundaki Düzenlemeler", *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C.17, S.3, (2015): 367-388.

karmaşık senaryo dolayısıyla, üretim şirketleri, müşterilerin bu değişken taleplerine yanıt verebilecek kadar duyarlı ve esnek olmalıdır. Bunu başarabilmek için ise, klasik, özerk ve entegre bir sistem geliştirilmesine ihtiyaç vardır.⁴¹

2.6.3. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

1980'lerin sonunda, internet günlük hayata dâhil olmaktadır ve internete bağlanan nesnelerin (cihazların) sayısı artmaktadır. 1990'ların başında Quentin Stafford Fraser, Paul Jardetzky ve arkadaşları, Cambridge Üniversitesi'nde bulunmakta olan Trojan Room adlı yazılım geliştirme birimindeki kahve makinelerini elektronik bir şekilde bağlayarak, makinedeki kahve miktarını ölçebilmek amacıyla düzenli olarak resimlerini çekerek ilk veri iletişimi örneği sergilemişlerdir. Dolayısıyla, elektronik şekilde birbirlerine bağlı olan makineler ile “bağlı nesneler” kavramı da gündeme gelmiştir. 1990'da John Romkey, internet üzerinden açılıp kapatılabilen bir ekmek kızartma makinesini yani ilk internet bağlantılı nesneyi geliştirdi. 1990'dan 2005 yılına kadar olan zaman dilimi nesnelerin interneti kavramının zaman içerisindeki gelişiminin ilk aşaması olarak ifade edilmektedir. Nesnelerin interneti kavramıyla amaçlanan hedef, nesnelerin minyatürleşmesi ve fiziksel sensörlerinde gözle görülemeyecek kadar küçülerek günlük nesneler ile bütünleştirilmesi ve duyuşal düzeydeki bilgisayarlı öğeler olarak anlaşılabilir olmasıdır. İlerleyen yıllarda hızla gelişen teknoloji ile akıllı cihazlar, cep telefonları ve internete bağlanma yeteneğine sahip olan binlerce teknolojik cihaz geliştirilmiştir. Artık herhangi bir teknolojik veya elektronik unsur (cihaz/nesne) günümüzde ağ ortamında adreslenebilir ve kullanılabilir durumdadır.⁴²

Nesnelerin interneti kavramının ikinci aşaması ise 2005 yılında başlamış ve günümüze kadar süregelmiştir. Bu evreni oluşturacak teknolojilerin gelişmesi bahsedilen konudaki temel kaygıyı oluşturmaktadır. Sensörlerin kullanımıyla ortaya çıkan minyatürleşme ve her yerde bulunabilme olasılığı insan ve çevre arasındaki ilişkiyi değiştirme ihtimali son yıllarda tartışılmaktadır. Tüm bunların sonucu olarak, mevcutta bulunan hesaplama elemanları zaman içerisinde günden güne görsel olarak kaybolmaya başlayacaktır. Yıllardır süregelen araştırma ve makalelerden sonra dahi,

⁴¹ Nishikant Mishra vd., “Cloud-Based multi-agent architecture for effective planning and scheduling of distributed manufacturing”, *International Journal of Production Research*, (2016).

⁴² Tuğrul Çavdar, Ercüment Öztürk, “Nesnelerin İnterneti İçin Yeni Bir Mimari Tasarımı”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (2018).

nesnelerin interneti konusu hem kafa karıştırıcı bir konu olmaya hem de felsefi tartışmalara konu olmaya devam etmektedir.⁴³

Özetle, IoT, verileri görüntülemek, algılamak, düşünmek, karar vermek, veri paylaşmak ve birbirleriyle iletişim kurmak için fiziksel nesneleri kontrol eden veya düzenleyen bir sistem kümesidir.⁴⁴ Dolayısıyla, Nesnelerin interneti, Yakın alan iletişimi (Near Field Communication/NFC), Wi-Fi gibi kablosuz bağlantı alanı (Wireless Fidelity), Zigbee, Bluetooth, Radyo Frekans Kimlikleme (Radio Frequency Identification/RFID), Kablosuz kişisel alan ağı (Wireless Personal Area Network/WPAN), kısa mesafe radyo frekans (RF) gibi bağlantı seçenekleriyle beraber 3G-4G-5G, LTU, GPRS, GSM ve benzeri geniş alan ağları aracılığıyla her çeşitteki nesnelerin verilerinin elde edilerek, analiz edilmesi ve dağıtımına imkân veren sanal ağ sistemlerini kast etmektedir.⁴⁵

Nesnelerin internetinin, esasında fiziksel olarak var olan nesnelerin birbirine bağlı olduğu ya da daha büyük sistemlere bağlanmış olduğu bir iletişim ağı olduğu söylenebilir. İnternet altyapısı vasıtasıyla nesneler işaretlenerek birlikte çalışabilir hale gelirler. Bu da küçük parçaların toplamından daha fazla değer yaratılabilmesinin öngörülmesini sağlamıştır. Günümüzde pek çok akıllı cihaz bu alt yapıyı destekliyor olsa da esasında bu ağın mazisi endüstriyel imalat kuruluşlarına dayanmaktadır. Aydınlatmalar, buzdolapları, televizyonlar, çamaşır makineleri, tost makineleri, kahve makineleri ve daha pek çok makine internet aracılığıyla birbirleri arasında iletişim kurabilir durumdur.

Endüstri 4.0 yani 4. Sanayi devrimiyle sanayide, makinelerin inşa kaynağına ihtiyaç duymadan kendilerini ve üretim süreçlerini kontrol etmeye başlamasıyla meydana gelmektedir. Makinelerin sahip oldukları bu üst seviye ve güncel yapılar, iletişim, internet ve bilgisayar teknolojilerinin bir araya gelmesiyle meydana gelen bu karma teknoloji sayesinde. Nesnelerin interneti kavramı olarak da adlandırılmakta olan bu

⁴³ Dieter Uckelmann, Mark Harrison, Florian Michahelles, *Architecting The Internet of Things*, (Berlin, Springer, 2011).

⁴⁴ Ala Al-Fuqaha vd., "Internet Of Things: A Survey On Enabling Technologies, Protocols, And Applications", *IEEE Communication Surveys&Tutorials*, 2015.

⁴⁵ Gürcan Banger, a.g.e.

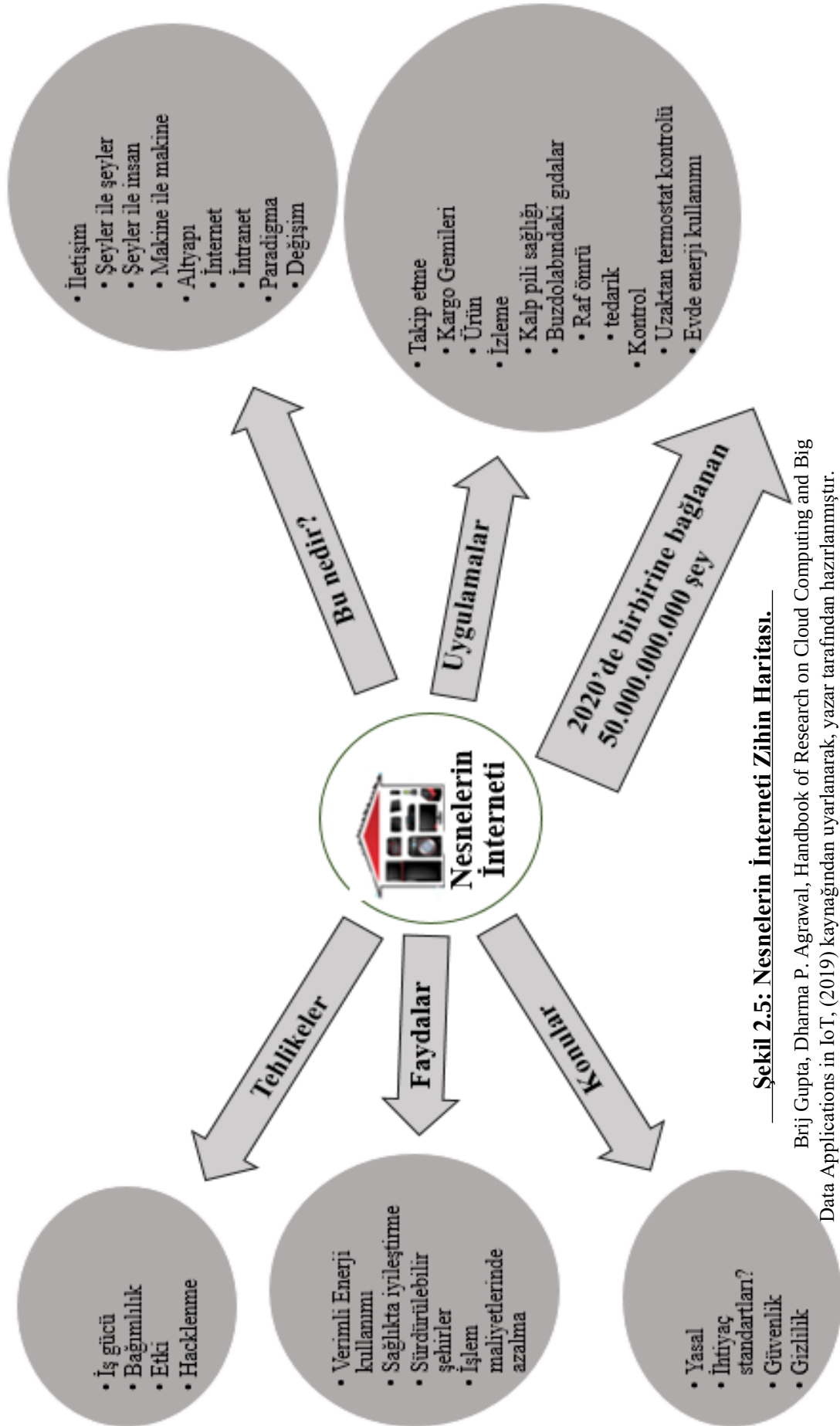
ileri seviyedeki gelişmiş yapı, imalat yapan fabrikaların neredeyse otonom şekilde yani kendi kendilerini yönetebilir hale gelmesine kadar genişlemiştir.⁴⁶

Aşağıdaki Şekil 2.5'te Nesnelerin internetinin zihin haritası verilmektedir. Zihin haritası üzerinde Nesnelerin internetinin beraberinde getirebileceği tehlikeler, faydalar, konular, uygulamalar verilmektedir.⁴⁷



⁴⁶ Ege Bölgesi Sanayi Odası, Sanayi 4.0 Uyum Sağlamayan Kaybedecek, (2015)
http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf [Erişim Tarihi: 07.05.2022].

⁴⁷ <https://www.biggerplate.com/mindmaps/1K7h9YNQ/the-internet-of-things-50-billion-things-connected> , [Erişim Tarihi: 03.05.2020].



Şekil 2.5: Nesnelerin İnterneti Zihin Haritası.

Brij Gupta, Dharma P. Agrawal, Handbook of Research on Cloud Computing and Big Data Applications in IoT, (2019) kaynağından uyarlanarak, yazar tarafından hazırlanmıştır.

2.6.4. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

Augmented Reality (AR) yani dilimize Artırılmış Gerçeklik olarak geçmiş olan kavram, bilgisayarlar aracılığıyla oluşturulan algısal bilgileri fiziksel dünya ile birleştiren bir ortam anlamına gelmektedir. AR uygulamaları, fiziksel dünyadaki görüntüleri gerçek zamanlı olarak algılayabilme kapasitesine sahip olup, bu fiziksel görüntüler üstüne sanal görüntüleri dinamik ve etkin bir şekilde birleştirebilmektedir. Esas amaç, fiziksel ve sanal gerçekliği birbirine bağlamak ve sanal ortamda fiziksel ortamda temsil edilemeyen görüntülerin, algıların veya imajın sunulmasını sağlamaktır. Bu yöntemde, insanların duyularına odaklanan girdiler, sensör aracılığıyla bilgisayar tarafından güçlendirilir ve bu gerçeklik, kullanıcının algısına geri iletilir. Günümüzde artırılmış gerçeklik aracılığıyla henüz hiçbir eğitime tabi tutulmadan bir makinayı söküp yeniden bir araya getirmeniz mümkün hale gelmektedir. Eğitim, sağlık, tasarım, tedarik zinciri, bakım gibi pek çok alanda artırılmış gerçeklik uygulamaları oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik, Sanayi 4.0'a geçiş için sanayi şirketlerinin dijitalleşme yolunda bu yola girmesini sağlayan iki temel teknolojidir.

Her ikisi de sanal ortamlar (Sanal Gerçeklik) kullanır veya süreç optimizasyonu için bilgi ve faydalı bilgiler sağlayan sanal öğeleri gerçekliğe dâhil eder (Artırılmış Gerçeklik). Spesifik olarak, bu teknolojilerin aşağıda listelenen dört uygulama alanı vardır.

- Tasarım optimizasyonu
- Tesis bakımı ve kontrolü
- Operasyon talimatı ve personel eğitimi
- Olay yardımı ve çözümü

Endüstri 4.0'da sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin avantajları ise şunlardır:

- Süreç geliştirme
- Minimum kesinti süresi
- Artan güvenlik
- Tasarruf

Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik aracılığıyla Endüstri 4.0 uygulaması, endüstriyel şirketler için pek çok fayda getirmektedir.⁴⁸

Arttırılmış gerçeklik, askerlerin görüş alanı içinde görüntülenen bilgilerin algılanmasına yardımcı olmaktadır. Böylece eğitim ve destek ihtiyaçlarını azaltabilmektedir.

Artırılmış gerçekliğin savunmadaki temel faydaları ise,

- Uzaktaki uzmanlardan yardım/destek
- Bilgi ekranı
- Kalite analizi olarak sıralanabilir.

ABD ordusunun Ar-Ge ekibi, Gece Görüş Gözlüğüne benzeyen ancak bundan çok daha fazlasını sunan Taktiksel Artırılmış Gerçeklik (TAR) üzerinde çalışmaktadır. TAR bir düşmanın tam yerini ve müttefik ve düşman kuvvetlerinin konumunu gösterebilmektedir. Gözlükle aynı şekilde kaska takılır ve gece ve gündüz çalışabilmektedir. TAR'ın, geleneksel el tipi GPS cihazının ve gözlüklerin gelecekte yerini alabileceği değerlendirilmektedir.⁴⁹

2.6.5. Otonom Robotlar (Autonomous Robots)

İmalatın tam otomatik şekilde gerçekleşmesi, Endüstri 4.0'ın hedeflemiş olduğu imalat prosesidir. Akıllı fabrikalardaki robotların aracılığıyla tedarikçi ve müşterilerden elde edilmiş olan veriler ışığında imalatı daha etkin kılacak analiz yapılarak imalatın gerçekleşmesi tahmin edilmektedir. Geleneksel olarak kullanılan imalat hattında hareket halinde olan maddeler akıllı robotlar vasıtasıyla sensör teknolojilerinden yararlanılarak nasıl bir işlem görmesi gerektiği bilinmektedir. Bir sonraki basamakta ise kendi aralarında iletişim kurabilen, bağlantılı cihazlar imal edilen ürünün kalite düzeyini tespit ederek imalat prosesindeki olası hataları daha süratli bir şekilde tespit edebilmektedir. Yukarıda bahsetmiş olduğumuz tüm bu proseslerin birbirleriyle entegre olan siber-fiziksel sistemler aracılığıyla yönetilmesi planlanmaktadır.⁵⁰

⁴⁸ <https://innoarea.com/en/noticias/industry-4-0-through-virtual-reality-and-augmented-reality/> [Erişim Tarihi: 17.02.2022].

⁴⁹ Sharadhi Babu, "Axiscades Engineering Technologies", (2020) <https://www.industr.com/en/industry-and-defence-manufacturing-2477298> [Erişim Tarihi: 17.02.2022].

⁵⁰ Ali Soyulu, a.g.m.

Birçok endüstrideki üretici, karmaşık görevleri üstlenmek için uzun zamandır robotları kullanmaktadırlar. Ancak robotlar daha da fazla yararlanılacak şekilde gelişmektedir. Daha özerk, esnek ve insanla birlikte çalışabilir hale gelmektedirler. Teknoloji geliştikçe maliyetleri de azalmaktadır. Gelecekte robot maliyetinin daha düşük olması ve bugün üretim alanlarında kullanılmakta olanlardan daha kapsamlı bir beceri yelpazesine sahip duruma gelmeleri beklenmektedir. Birbirleriyle etkileşime giren ve insanlarla birlikte güvenle çalışacak, öğrenebilen robotlar bugün için uzak bir vizyon olarak görülmemektedir. Henüz tam anlamıyla kullanılmaya başlayıp yaygınlaşmasa da örneklerine rastlanılmaktadır.⁵¹ Yakın gelecekte robotiğin standart yazılım, donanım ve yapı taşlarına erişim imkânının kolay olması gibi sebeplerle bir patlama yaşanması beklenmektedir.⁵²

Otonom robotlar, bütünleşik üretim sistemlerini güçlendirmenin yollarından biridir. Gelişmiş becerilere sahip özerk robotlar çalışan kişi sayısını azaltarak süreçlerde yaşanacak hata oranlarının azaltılmasına katkı sağlarlar. Üretimdeki verimliliği yükselterek bir dereceye kadar sistemi optimize eder. Bu verimli akışı başarmak için robotların eylemlerinin oluşumu ile ilişkilerini düzenlemek bilgi yönetim sistemleri ile entegrasyonunun takip edilmesi gerekir.⁵³ Robotların otonom sayılabilmesi için sahip olması gereken üç özellik vardır. Bunlar; görmek, düşünmek ve harekete geçmektir. Sensörler aracılığıyla etrafını algılaması, gelebilecek herhangi bir tehdit karşısında alacağı önlemleri düşünmesi ve düşündüklerini uygulamaya geçirmesi bir robotu otonom yapar. Tüm bunlar önceden ona yüklenen kodlarla mümkün hale gelir.

Otonom robotlardan yararlanmanın faydalarına bakılacak olursa; kalite standartlarında ve elde edilen üründe iyileşme, üretim sürecindeki maliyetlerin azalması, işin daha esnek hale gelmesi, yönetiminin daha kolay olması, daha uzun ömürlü olması ve riskli sayılabilecek ortamlarda dahi çalışabilmesi gelmektedir. Getirebileceği olumsuz etkilere bakılacak olursa ise; çalışan açısından iş kaybı, sorumlulukların ve hesap vermenin ağırlaşması, sosyal kabul gören kurallarda değişimler ve siber tehditler gösterilebilir.⁵⁴ Günümüzde eskiye oranla çok daha gelişmiş hareket kabiliyetine sahip

⁵¹ Michael Rübman vd., “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, (Boston Consulting Group, 2015).

⁵² Martin Ford, *Robotların Yükselişi* (Çev. Cem Duran), İstanbul: Kronik Kitap, 2018):24.

⁵³ Jania Astrid Saucedo- Martinez vd., “Industry 4.0 framework for management and operations: a review”, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, (2018):789-801.

⁵⁴ Nurullah Gür, Sadık Ünay, Şerif Dilek, *Sanayiye yeniden düşünmek*, (İstanbul: Seta Yayınları, 2018):93.

ve öğrenebilen robotlar vardır. Tek başlarına da çalışabilen robotlar artık insanlara ve diğer robotlara entegre olmaya başlamışlardır. Geleceğin robotlarının ise kendi kendilerini yönetecekleri, insandan ya da yanındaki robottan öğrenebilecekleri öngörülmektedir.

Çeşitli endüstrilerdeki üreticiler, işlerini yapmak için uzun süredir robotlardan yararlanmaktadır. Bugün, dünya çapında robot teknolojisi, yeteneklerini geliştirerek daha esnek, işbirliğine yatkın ve otonom hale gelmektedir. Aynı zamanda bu robotlara sahip olma maliyetleri de düşmektedir. Gelecekte robotlar daha fazla birbirleri ile etkileşimde olacak, insanlarla birlikte ve daha güvenli olacak şekilde çalışabilecek ve aynı zamanda öğrenme kapasitelerini artıracaklardır.

Örneğin “Kukla”, birbirleriyle etkileşime giren otonom robotlar üretmekte olan bir Avrupa şirkettir. Bu robotlar, hareketleri koordine ederek birlikte çalışabiliyor ve üretim hattındaki bir sonraki ürünlerin montajlarına hazırlıklı olabilmek amacıyla hareketlerini değiştirebilmektedir. Gelişmiş kontrol üniteleri ve sensörler aracılığıyla insanlarla işbirliği de yapabilmektedir. Aynı şekilde endüstriyel robot üreticisi olan “A38” şirketi, özellikle insanlar ile birlikte ürün montaj hattında çalışmak tasarlanmış olan üzere “Yum” adlı iki adet kola sahip olan robot üretmektedir.⁵⁵

Akıllı fabrikalar, robotları giderek daha az sayıda kalifiye çalışanla entegre ederek maliyetleri düşürecek ve üretkenliği artıracak bir geleceğin bizi beklediği düşünülmektedir.

2.6.6. Siber-Fiziksel Sistemler ve Güvenlik (Cyber-Physical Systems and Security)

Cyber-Physical Systems (CPS) yani dilimizde Siber-fiziksel sistemler olarak kullanılan kavram, pek çok güncel metotla insanlarla etkileşimde bulunabilen fiziksel becerilere ve entegre olarak hesaplama becerilerine sahip olan yeni nesil sistemler anlamına gelmektedir. İletişim ve kontrol aracılığıyla fiziksel dünya ile etkileşimde bulunma ve bu dünyanın becerilerini genişletme yeteneği ve hesaplama gelecekteki teknolojik gelişmeler için önemli bir katalizördür.

⁵⁵ TÜSİAD, “Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte olan Ekonomi Perspektifi”, (2016):26, <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8671-turkiyenin-sanayi-40-donusumu> [Erişim Tarihi: 02.02.2020].

Araştırmanın zorlukları ve fırsatları arasında yeni nesil uzay araçları ve uçaklar, hibrit gazlı ya da elektrikli araçlar, tamamen otomatik olan kentsel sürüş ve fiziksel nesneleri beyin sinyalleri aracılığıyla kontrol edilebilen protez cihazların geliştirilmesi ve tasarımı yer almaktadır.⁵⁶

Nesnelerin İnterneti ile Siber-Fiziksel Sistemler arasındaki farkları belirlemek kolay bir iş değildir. Bilimsel toplulukta, bunlar arasındaki sınır net olarak tanımlanmamıştır. Her iki kavram da, genellikle eş anlamlı olarak kabul edilen iki bağımsız topluluk aracılığıyla paralel olarak üretilmiş ve geliştirilmiştir.⁵⁷ Siber-Fiziksel Sistemlerde endüstriyel entegrasyon üretim sistemleri amacına yöneliktir. Basit ve genel bir ifadeyle Siber-Fiziksel Sistemler, minimum uygunluk ve uzmanlık eğitimi gerektiren kompleks görevleri yapabilmelerine olanak sağlayan sistemler olarak tanımlanabilir. Bu sistemler daha akıllı, üretken ve verimli şekilde hesaplama kapasitesini kullanabilmektedir. Fiziki bileşenleri, entegre ögeler arasında dinamik ve etkin bir şekilde iletişim sağlayabilmesi için İnternet ve Bulut Bilişim aracılığıyla verileri yakalayabilmek ve işleyebilmek amacıyla gerçek dünya ile zamansal ve uzamsal kapsamda etkileşime ve bütünleşmeye olanak sağlamaktadır.⁵⁸ Bu, farklı iletişim ağlarında, çeşitli düzeylerde ve çoklu ölçeklerde etkin ve dinamik olacak bir şekilde çalışmakta olan, fiziki bileşene veya her tür sisteme gömülü olan yazılım aracılığıyla entegrasyon yoluyla gerçekleşir. Yüksek seviyede kontrol ve otomasyon ile uyarlanabilir yetenekleri gerçekleştirir ve tekrar tekrar yapılandırarak, sistem ve operasyonun güvenilirliğini ve güvenliğini sağlamaktadır.

Bu sistemlerin siber ve fiziksel bileşenlerden oluşması, sistemin güvenliği konularına özel dikkat gösterilmesini gerektirmektedir. Her iki ögenin de başarısız olması muhtemel olduğundan, birinin başarısızlığı, özellikle gerçek zamanlı olarak çalışan sistemlerde öngörülemeyen davranışlar sergileyerek, diğerinin işlevsel kapasitesini en çeşitli ve karmaşık biçimlerde doğrudan etkileyebilir. Bu arızalara, sistemin düzgün işleyişini ve işleyişini bozmaya yönelik suç amaçlı dış müdahaleler de neden olabilir.⁵⁹

⁵⁶ Radhakisan Baheti, Helen Gill, “Cyber-physical Systems”, *The Impact of Technology*, 2011:161-166.

⁵⁷ Anis Koubaa, Björn Andersson, “A Vision of Cyber Physical Internet” (2009), https://www.researchgate.net/publication/228955564_A_Vision_of_Cyber_Physical_Internet [Erişim Tarihi: 05.02.2020].

⁵⁸ NIST, “Update on the Development of the Cybersecurity Framework”, (2013), https://www.nist.gov/system/files/documents/itl/nist_cybersecurity_framework_update_061813.pdf [Erişim Tarihi: 05.02.2020].

⁵⁹ Yi-Hung Wei vd., “RT-WiFi: Real Time High-Speed Communication Protocol for Wireless Cyber-Physical Control Applications”, IEEE 34th Real-Time Systems Symposium, 2013.

Özellikle daha kritik uygulamalarda bu sistemleri esnek bir şekilde tasarlamak kritik hale gelmektedir. Bu, Siber-Fiziksel Sistemlerin, arızaların veya dışarıdan gelen kötü niyetli saldırıların etkisi altındayken bile çalışabilirliği ve veri bütünlüğünü koruyarak fiziksel ortama uyum sağlayabilmesini gerektirmektedir.

2.6.7. Büyük Veri ve Analiz (Big Data and Analysis)

Big Data yani dilimizde olarak geçen Büyük veri kavramının nispeten yeni sayıldığı dönemlerde, yapılmak istenen analizlerin nihayete erdirilmesi için büyük miktarlardaki bilgilerin toplanması ve depolanması çok uzun zaman almaktaydı. Bu kavram, endüstri analisti olarak anılan Doug Laney'in Büyük veriyi 3V olarak tanımlamasıyla 2000'lerde ivme kazanmıştır. Bahse konu olan bu 3V, İngilizcede Volume (hacim), Variety (çeşitlilik) ve Velocity (hız) kelimelerinden oluşmaktadır. Zaman içerisinde bu kavramlara dördüncü bir V olan Value (değer) kelimesi de eklenmiştir.

Verinin hacmi, çeşitliliği, hızı ve sağlamış olduğu değer daima artış eğilimindedir. Bu artış, büyük veriyi yönetebilme ihtiyacı konusunu da gündeme getirmektedir. Endüstri 3.0'ın aksine bu dördüncü kavramı temsil eden değer (Value) dördüncü sanayi devriminin yani Endüstri 4.0'ın konusudur. Yalnızca büyük veriye sahip olmanın yeterli olmadığını, asıl vurgulanması gereken noktanın değer yaratabilecek olan iş verilerini seçmek, bu verileri kullanmak ve yönetmenin önemli olduğudur.⁶⁰

Hacim: Organizasyonlar; ticari işlemlerinden ve sosyal medyayı da kapsayan farklı kaynaklardan veriler sağlamakla beraber, sensörlerden ya da direkt olarak makinelerden bilgi sağlarlar. Bu veri ve bilgilerin depolanması geçmişte bir sorun iken, günümüzdeki yeni teknolojiler sayesinde (Hadoop gibi) bu yük hafifletilmiştir.

Çeşitlilik: Bilgi; geleneksel veri tabanlarındaki dijital verilerden yapılandırılmamış metin belgelerine, görsel-işitsel öğelere, borsa verilerine ve finansal işlemlere kadar herhangi bir şekilde sağlanabilmektedir.

Hız: Bilgi çok süratli bir şekilde bir yerden bir yere aktarılır ve işlemler doğru zamanda gerçekleşebilmektedir. Radyo Frekansı ile Tanımlama teknolojisi yani RFID etiketleri aracılığıyla, akıllı ölçümler yapılabilmekte, sensörler vasıtasıyla gerçek zamanlı olarak bilgi akışıyla karşı karşıya kalmayı mümkün kılmaktadır.

⁶⁰ Ogan Özdoğan, *Endüstri 4.0*, (Ankara: Pusula Yayıncılık, 2018):81-82.

Son dönemlerde dijital ortamda katlanarak artan pek çok bilgi üretilmektedir. Bu yüksek miktardaki veri hacmini geleneksel yöntemler aracılığıyla ayırt etmek, aralarındaki doğru ve yararlı bilgileri tespit etmek için çok fazla emek ve zaman harcanması gerekmektedir. Buna rağmen büyük veri analiz metotlarının sağladığı yarar sağlanamamaktadır. Tüm bu bahsedilen nedenler ve karmaşadan dolayı çözüm olarak büyük veri kavramı meydana gelmiştir. İçerisinde pek çok bilgiyi bulunduran ortamdaki güvenilir ve gerçek bilgilerin seçilerek, işlenebilir ve anlamlı hale çevrilmiş versiyonu olarak tanımlanabilen büyük veri kavramı, günümüzde en popüler kavramlardan biridir. Endüstri 4.0'ın yüksek rekabet ortamında, işletmelerin yol haritaları ve/veya yatırım alanları belirlenirken, şirketlerin ön plana çıkabilmek amacıyla fark yaratma gerekliliğinin bulunması, çok da önemli gibi gözükmeyen veri analizinin kimi zaman hayati öneme sahip olduğunu göstermektedir. Büyük veri sayesinde, işletmelerin sunucuya olan ihtiyaçları azalmaktadır. Aynı zamanda üretim yapılabilmesi için gerekli olan bilgileri süratli şekilde sunabilmektedir. İşletmelerin daha doğru ve hızlı şekilde kurum içi analizler yapabilmelerine imkân sağlayarak, risklerini yönetmesini kolaylaştırır.⁶¹

Büyük veri; farklı kaynaklardan örneğin sosyal medyadaki paylaşımlar, fotoğraflar, videolar, bloglar, ağ günlükleri ve sistem logları gibi elde edilerek, işlenen ve anlamlı bir veri biçimine dönüştürülebilir. ⁶² Karar alma sistemleri açısından oldukça öneme sahip olan Büyük veri, çeşitli sektörler ve uygulamalarda çok daha hızlı ve doğru kararlar alınmasını sağlayacaktır.

Büyük veri sayesinde hükümetlere ve şirketlere eş zamanlı olarak hizmet sunabilecek ve otomatik karar almalar sayesinde karmaşıklıkları minimum seviyeye indirgenebilecektir. ⁶³ Karar almada büyük veriyi kullanmanın avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Karar alma esnasında kullanılacak olan algoritmalara ve verilere güvenilmesi sistemin doğru ve etkin şekilde işleyebilmesi için çok önemlidir. ⁶⁴

⁶¹ Olgun Kitapçı vd., a.g.r.

⁶² Christoph Berger, "Characterization of Cyber-Physical Sensor Systems", *Procedia CIRP*, S.41, 2016:638-643.

⁶³ Usha Ramanathan, *Sustainable Supply Chains: Strategies, Issues, and Models* (İsviçre: Springer, 2020).

⁶⁴ Onur Altın, Ayşen Kaya, "Analysis Of The Casual Relationship Between R&D Expenditures And Economic Growth For Turkey", *Ege Akademik Bakış Dergisi*, C.9, S.1, (2009):251-259.

Büyük veri ve analitik, çeşitli kaynaklardan gelen verilerin değerlendirilmesine ve analizine yardımcı olur ve gerçek zamanlı karar vermeyi ve optimizasyonu etkin bir şekilde sağlamaktadır. Veriler ayrıca aşağıdakilere uygulanabilmektedir:

- Tanımlayıcı ve tahmine dayalı analitik
- Gerçek zamanlı izleme
- İnsan bağımlılığını azaltmak için yapay zekâyı kullanma

Yapay zekânın öğrenme yeteneği ile kullanılmasıyla birlikte, Hindistan savunma sektörü hızla dijitalle dönüştürülmektedir. Stratejik ve taktiksel olarak istihbarat işleme, artık tipik komuta merkezlerinden özerk ve güçlendirilmiş bir askeri istihbarat ağına taşınmıştır.⁶⁵

2.6.8. Simülasyon (Simulation)

Gerçekleşecek olan sistem veya donanımın işleyişini kavrayabilmek için mantığa ve matematiğe dayalı bilgiler içeren, sistem dışında bunu test edebilme olanağı sağlayan yöntemle simülasyon denir. Örnek olarak, bir firmanın işleyişi sırasındaki verimi ölçebilmek için fabrikanın kurulup faaliyete geçmesine gerek kalmadan, sanal ortamda bu işlemlerin önceden yapılıp, gerekli bilgi ve analizlere ulaşılmasına olanak sağlamak, üstelik fabrika geneliyle sınırlı kalmayıp tek tek makinaları da test ederek analiz edebilme imkânı sunmaktadır. Günümüzde 3 boyutlu simülasyon yöntemleri kullanılmakta olup simülasyon ile birlikte, gerçek verileri makine, ürün ve insanı da kapsayan bir sanal ortamda gösterilebileceği tahmin edilmektedir. Bu yöntem, kişilerin ürünleri fiziksel ortamda uygulamaya koymadan önce sanal ortamda ayar ve analizlerini test edip onaylamalarını, en uygun hale getirmelerini ve bununla birlikte kurulum aşamasındaki problemleri önceden tespit ederek kurulum etkinliğini ve kalitesini arttırmaktadır.⁶⁶

İleride henüz tasarım aşamasında olan ürünlerin, üretim süreçlerinin ve malzemelerin 3D (3 boyutlu) simülasyonlarından yararlanılarak simülasyonlar gelecekte fabrika üretiminde daha etkin bir şekilde kullanılacaktır. Gerçek zamanlı verilerle önceden hazırlanmış sanal modeller, ürünlerin daha verimli üretilmesini sağlar.⁶⁷

⁶⁵ www.industr.com [Erişim tarihi: 17.02.2022].

⁶⁶ Mehmet Oktay Eldem, Endüstri 4.0, TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni (2017).

⁶⁷ Seniye Ümit Fırat, Oktay Zihni Fırat, Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye, *Toprak İşveren Dergisi*, S.114, (2017).

Gelecekte, tüm nesnelerin biri gerçek dünyada atom ile, diğeri ise bilgisayarların simülasyon ortamlarında yani bit'ler ile sanal ortamda olacağı tahmin edilmektedir. Yapılmakta olan tahminler yalnızca fabrikaları ve hatları değil, buralarda çalışacak olan insanları da kapsamaktadır. İnsanları da simüle eden sistemler sayesinde hareketlerin ergonomik şekilde kaç kere tekrarlanabileceği gibi insan adına da verimli ve kaliteli sonuçlar sağlanabilmektedir.⁶⁸

2.6.9. Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing)

Katmanlı üretim teknolojisi, üretimi zor ya da mümkün olmayan her türlü geometrik şekle sahip ürünün çok hızlı ve ucuz şekilde üretimini sağlamaktadır. Temelini 3D yazıcılar oluşturmaktadır. Her türlü üretimin hayal gücüne bağlı olarak gerçekleştirilebildiği katmanlı üretim sınırsız olanak sağlar. Tasarımında esnek, maliyetsiz ve hızlı sonuç alma yönünde değişiklik yapılabilir. Genellikle otomotiv, havacılık, medikal gibi alanlarda kullanılmasına rağmen potansiyel başka alanlarda kullanımı da mümkündür.⁶⁹

Katmanlı üretim sistemleri günümüzde; 3D yazıcılarda daha çok tasarım yapmakta, hızlı prototipleşme sistemlerinde fonksiyonu arttırıcı olarak kullanılmakta ve hızlı imalat sistemlerinde doğrudan kullanılacak parça ya da ürün üretiminde kullanılmaktadır. Bilgisayar, bilgisayar destekli tasarım (CAD), makine ekipmanları ve katmanlı materyal kullanmayı gerektiren bu üretimin temel amacı tabandan tavana üretimi sağlamaktır. Bunun yanında kattığı artı değerler; tasarım esnekliği sunması, maliyeti azaltması, hızlı prototipleşme sağlama, kaliteyi arttırması ve hızlı gerçekleştirilebilmesidir.⁷⁰

2.6.10. Dikey ve Yatay Sistem Entegrasyonu (Vertical and Horizontal System Integration)

Yatay ve dikey sistem entegrasyonu, işletme içinde evrensel veri entegrasyon ağlarının gelişmesiyle birlikte işletmelerin, departmanların ve mevkilerin daha koordineli çalışmasıdır. Bu kavram ile üretim yapıldığında daha çok verim elde edilecektir. Süreç daha esnek, daha hızlı ve de sorunsuz şekilde işleyecektir. Sistem entegrasyonu ile, cihazlar yeni bir bileşen üretim sürecini tamamlayıp bir sonraki üretim aşamasına

⁶⁸ Günther Schuh vd., "Collaboration Mechanism to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0", *Procedia CIRP*, S.19, (2014):51-56.

⁶⁹ Michael Rüßman, a.g.r.

⁷⁰ Nurullah Gür vd., a.g.e.

başlar başlamaz diğer cihazlara ya da lojistik ekipmanlara bilgi aktarabilecektir.⁷¹ Sistemlerin işlevsellik kapasitesinin maksimize edilebilmesi ancak alt sistemler birbirleriyle entegre edilerek gerçekleştirilebilir.⁷²

İşletmeler bugünün bilgi teknolojileri sistemlerinin çoğuna tamamen entegre değildir. Tedarikçiler ve müşterilerin nadiren yakından bağlantılı oldukları görülmektedir. Mühendislik, üretim ve hizmet gibi bölümler de kesintisiz bir entegrasyona sahip değildir. Ancak, Endüstri 4.0 ile, işletme çapında ve evrensel veri entegrasyon arası ağları gelişmektedir. Tamamen otomatikleşme değer zincirlerini etkinleştirdiği için işletmeler, departmanlar, işlevler ve yetenekler daha uyumlu hale gelecektir. Bu noktada dikey ve yatay sistem entegrasyonu kavramları ortaya çıkmaktadır. Aslında temel hedefleri aynıdır: Çeşitli sistemler ve tüm süreçler arasında ekosistem çapında veri bilgisi, veri aktarım standartlarını kullanarak otomatik tedarik ve değer zinciri için temel oluşturmaktır.⁷³

Yatay entegrasyon; iş modellerinin gelişmesine katkı sağlar. Bunu yapabilmek için kendisine sektörel anlamda yakın olduğu bir işletmeyi baz alır. Uzun ve kısa vadeli risklerini analiz eder. Kendisine katkı sağlayacağını düşünürse de yakın olduğu bu rakip işletmeyi bünyesine dâhil eder. Bütünleşik ve uçtan uca bir sistem kurulmasını ağlarda üretici, tedarikçi ve tüm birimler arasında veri akışı sağlar. Dikey entegrasyon ise yatay entegrasyonun üzerinde yer alır. Sadece kesintisiz süreçlerde değil, bunun yanında müşteriler, tedarikçiler ya da farklı sektörlerden olan bir işletmeyle de birleşebilir. Dikey entegrasyonda planlamanın yanında geliştirme işleri de bir araya getirilir.⁷⁴

Sistem entegrasyonlarının temelinde iş birlikçi oluşturmak vardır. Bu iş birliği; mühendislik, üretim, tedarikçiler, pazarlama ve tedarik zinciri operasyonları otomasyon ve bilgi akışı seviyeleri vb. durumlarda yapılabilir. Entegrasyon için esneklik düzeyi belirleyici faktör olmaktadır. Yeni iş özellikleri kurmanın yanı sıra, endüstrideki iş modellerini yapılandırma planları Endüstri 4.0'a uyumlu olmalıdır. Bununla birlikte, sistem entegrasyonu başarılı olursa iş ve teknolojik anlamda küresel

⁷¹ Naci Atalay Davutoğlu, Birol Akgül, Erşan Yıldız, "İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı İle Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak", *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, S., 52, (2017): 544-567.

⁷² EBSO, a.g.r.

⁷³ Michael Rüßman, a.g.r.

⁷⁴ Lifang Wu vd., "Smart Supply Chain Management: A Review and Implications For Future Research", *The International Journal of Logistics Management*, S.27, (2016):412.

işleyişi de görselleştirir. Sorunlara daha hızlı cevap verir düzeye gelen işletme, kişiye özel üretim imkânlarını da arttırarak kendisine daha esnek bir yapı oluşturmuş olur.⁷⁵

Tedarik zinciri, dikey ve yatay sistem entegrasyonuna katkıda bulunmaktadır. Tedarik zinciri, müşteri beklentilerini karşılamaya yönelik tüm özellikleri kullanmaktadır. Tedarik zinciri birden fazla katılımcıdan oluşmaktadır. Bu nedenle, tedarikçiler arasında entegrasyon önemlidir. Nesnelerin İnterneti üzerine kurulu olması, aralarındaki şeffaflığa katkı sağlamaktadır. Ayrıca, tedarikçiler arasında bilgi kalitesini, bilgi erişimini ve bilgi hızını artırır. Gönderilen bilgiler kontrol edilebilirlik ve gizlilik özelliklerine sahiptir.⁷⁶

Endüstri 4.0, dikey ve yatay entegrasyona olanak tanıyarak şirketlerin üretim süreçlerindeki değişikliklere ve zorluklara hızla yanıt vererek, müşteri odaklı ve kişiselleştirilmiş ürünler sunarak ve kaynak verimliliğini artırarak küresel tedarik zincirlerinde optimizasyona olanak sağlamaktadır.⁷⁷

⁷⁵ Jania Astrid Saucedo- Martinez vd., a.g.m.,798.

⁷⁶ Lifang Wu vd.,a.g.m.,400.

⁷⁷ Mehmet Oktay Eldem, a.g.y.

3. ENDÜSTRİ 4.0'IN SEKTÖR UYGULAMALARI

Bu bölümde, endüstri 4.0 kavramının tarihsel süreç içerisinde gelişmesiyle birlikte, öncelikle savunma ve havacılık sektörlerindeki uygulamalardan bahsedilecektir. Sonrasında uzay, eğitim, gıda, ilaç, otomotiv, turizm ve lojistik gibi çeşitli sektörler üzerinde yapılmış olan uygulamaları incelenecektir.

Havacılık ve Savunma 4.0, yeni uygun maliyetli ürünler ve hizmetler geliştirmek, sensörler ve bağlantı kullanarak mevcut ürünleri daha akıllı hale getirmek ve katmanlı imalat gibi gelişmiş üretim süreçlerinden yararlanmak için Havacılık ve Savunma (H&S) endüstrisindeki Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanmasıdır.⁷⁸

Bazı Havacılık ve Savunma şirketleri bu teknolojilerin dönüştürücü etkilerini şimdiden fark etmişlerdir. Tablo 3.1'de bu şirketlerin mevcut uygulamaları, gelişen uygulamaları yer almaktadır. Maliyetleri azaltmak ve tedarik zincirlerini yeniden yapılandırmaktan teslimata kadar geçen süreyi hızlandırmaya ve kurul genelinde bağlantılı cihaz ve ürünler oluşturmaya kadar çeşitli boyutlarda önemli potansiyel değerleri keşfetmişlerdir. Örneğin, uçaktaki sensörlerden toplanan eş zamanlı uçuş verileri, yakıt tüketimini azaltmak, zamanlamayı iyileştirmek ve uçuş gecikmelerini en aza indirmek için kullanılmaktadır. Havacılık ve Savunma teknolojileri, varlık durumunu izlemek ve parça ve sistem arızalarını önceden tahmin etmek için verileri kullanarak satış sonrası deneyimi de geliştirmektedir.⁷⁹ Tablo 3.1'de Havacılık ve Savunma 4.0'daki mevcut ve gelişmekte olan uygulamalar verilmektedir.

⁷⁸ Robin Lineberger vd., "Aerospace And Defence 4.0 Capturing The Value Of Industry 4.0 Technologies", Deloitte Insights, 2019.

⁷⁹ Lineberger vd., a.g.r.

Tablo 3.1: Havacılık ve Savunma 4.0'daki çok sayıda mevcut ve gelişmekte olan uygulamalar.

Teknoloji	Mevcut Uygulamalar	Gelişen Uygulamalar
Katmanlı Üretim	Prototipleme, işleme, fonksiyonel nihai kullanım parça üretimi	Havacılık parçalarını ve aksesuarlarını geliştirmek için yeni malzeme türlerini birleştirmek
Gelişmiş Analitik	Eşzamanlı olarak uçak sağlık durumunu izleme, sistem tanımlama, önceden uçak parçası arızası, akıllı planlama yapma ve tahmin modelleri	Uçak bakım verilerinin ve programlarının büyük ölçekte sayısallaştırılmasının geliştirilmesi “bağlantılı uçak”ı etkinleştirerek iş ve işlevsel alanlar arasında sinerji yaratmak
Gelişmiş Robotik ve Bilişsel Otomasyon	Uçak imalatında daha az hata ve kalite sorunuyla daha verimli üretim için robotik kullanımı	Uçak, silah ve uydu performansı simülasyonlarını basitleştirme, yazılım ve donanım algoritmalarının zaman alıcı analiz ve testlerini önleme
Yapay Zekâ (AI)	Yapay zekânın robotiğe uygulanması, endüstriyel ortamlarda görev ve süreçlerin otomatik programlanması ve öneylemci bakımın sağlanması	Uçaktaki gelişmiş emniyet özelliklerini artırmak için yapay zeka ve bilgisayarla görme teknolojilerinden yararlanmak; gelişmiş yapay zekayı dronelere dâhil etmek ve yeni otonom uçaklarda insan yardımcı pilotlarının yerini alması tedarik zinciri güvenliğini artırmak için zaman damgası kayıtları
Dijital Gerçeklik (AR/VR/ Mixed Reality)	Montaj kılavuzları yerine akıllı gözlük ekranlarını kullanmak, kablolama üretim süresini önemli ölçüde azaltır	Fabrikaları optimize etmek ve tasarlamak, tüm fabrikayı veya depoyu simüle etmek için VR'ı kullanarak çalışanları ekipmanları daha güvenli

Tablo 3.1 – devam.

		ve verimli kullanma konusunda eğitmek
Nesnelerin İnterneti (IoT)	Sensörlerden toplanan verilere dayalı olarak uçak motor sağlığının izlenmesi ve motor performansının optimize edilmesi	Büyük verileri analiz ederek, entegre akıllı bağlantılı varlıklar ve operasyonlar ve nihayetinde özerk bir üretim ortamı sağlayarak malzeme maliyetlerini ve talep dalgalanmalarını yönetmek

Robin Lineberger ve diğ., “Aerospace and Defence 4.0”, Deloitte, 2019 kaynağından, yazar tarafından Türkçe’ye çevrilmiştir.

3.1. Endüstri 4.0’ın Savunma Sektöründe Uygulanması

Endüstri 4.0 dünyasında, savunma üreticileri, iş başarısıyla doğrudan bağlantılı önemli bir kararla karşı karşıya kalabilmekte ve ayrıca artan kâr, verimlilik, güvenlik ve memnuniyeti içeren potansiyel faydalar elde edebilmektedirler. Bununla birlikte, bu nitelikler, savunma üreticilerinin bir Savunma 4.0 stratejisi oluşturmalarına ve yürütmesine yardımcı olan bir yazılım kolaylaştırıcısının yardımı olmadan elde edilememektedir.⁸⁰

Yenilik, Avustralya’nın Savunma Sanayii Rönesans’ının merkezinde yer almaktadır. Ve gelişmiş üreticilerimiz için yenilik bugün "Endüstri 4.0" (veya i4.0) ile eş anlamlıdır. Endüstri 4.0, yapay zeka (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT), otonom makineler ve büyük veriler tarafından desteklenen siber-fiziksel sistemlerin yaklaşmakta olan bir çağı olan dördüncü sanayi devrimini ifade etmektedir. Mevcut "dijital" devrimimizden yeni bir bağlantılı teknolojiler ve veri odaklı anlayışlar çağına doğru bir sonraki evrimsel adımdır. Kesinlikle, i4.0 tüm sektörlerdeki üreticiler için büyük umutlar vaat etmektedir. Buna, ticari ve askeri alandaki ileri düzey üreticilerin 2016 Savunma Sanayi Politikası tarafından kara, deniz, hava ve uzay ortamları için otonom sistemler, robotik ve artırılmış gerçeklik çözümleri üretmeye yönlendirildiği Avustralya savunma sektörü de dâhildir. Sonuç olarak, işletmeler, insanı üretim

⁸⁰ <https://www.industr.com/en/industry-and-defence-manufacturing-2477298> [Erişim Tarihi: 17.02.2022].

makinesinden çıkarmanın getirdiği vaat edilen maliyet tasarrufu faydalarını ve performans iyileştirmelerini görmeye başlamaktadır. Daha fazla üretici akıllı, bağlantılı ve kendi kendini idame ettiren ekipmanlara yatırım yaptıkça, sahip olma maliyetinin düşmesini ve pazara giriş engellerinin aşınmaya başlamasını beklenmektedir. Bu teknolojiler, veri analitiği, bulut bilişim ve yapay zekâdaki gelişmelerle birlikte gelişmektedir. i4.0 ile üreticiler, ADF tedarik ihtiyaçlarını daha doğru tahmin etme ve bunlara yanıt verme, daha akıllı kaynak yönetimi elde etme ve envanteri ve diğer varlıkları daha iyi takip etmek ve yönetmek için çipler ve sensörler kullanma araçlarına sahip olmaları beklenmektedir. Sonuç olarak, i4.0'ın dijital tedarik zinciri unsurlarına yapılan yatırımlar pazara sunma hızını artırması, üretim maliyetlerini düşürmesi ve daha fazla işbirliğine dayalı inovasyonu kolaylaştırması beklenmektedir. Havacılık ve Savunma ürünlerinin önemli bir bölümünün tedarikçiler tarafından geliştirilmektedir. Bununla birlikte, Ayrıca i4.0'ın üreticilerin işlerine yaklaşım biçimlerini değiştireceğini söylemek de doğru olur. Sivil hayatta meydana geldiğini gördükten sonra, askeri/savunma versiyonunun da olabileceği değerlendirilmektedir.

Aşağıda Tablo 3.2'de Endüstri 4.0 ile birlikte siber fiziksel sistemlerin geliş ve hareketi sağlayan teknolojiler yer almaktadır.

Tablo 3.2: Endüstri Devrimi İle Birlikte Siber Fiziksel Sistemlerin Gelişi Ve Hareketi Sağlayan Teknolojiler.

Endüstri Devrimi			
Siber Fiziksel Sistemlerin Gelişi		Hareketi Sağlayan Teknolojiler	
1. Mekanikleşme	2. Otomasyon	Artırılmış Gerçeklik	Bulut
3. Dijitalleşme	4. Siber Fiziksel Sistemler	Veri ve Analiz	Dijital Eşleştirme
		Makine-makine iletişimi	Robotik

KPMG, "Industry 4.0: What Does it mean to Australian defence industry?" (2018) kaynağından, yazar tarafından çevrilmiştir.

Gelecekte bu konuda daha ileri noktalara gelebileceği tahmin edilmektedir. Yaklaşık bir tahminle, i4.0 pazarının sadece birkaç yıl içinde 1 trilyon ABD dolarını aşabileceğini söylenmektedir. Ancak bu, üreticilerin i4.0 devrimini gerçekten benimsemek ve emsallerinin önünde olmak için gereken ekipmana, entegre sistemlere, eğitime ve organizasyonel yeteneklere cesur yatırımlar yapmasını gerektirmektedir.⁸¹

3.2. Endüstri 4.0'ın Havacılık Sektöründe Uygulanması

Bütün dünya Endüstri 4.0'ı ya da diğer adıyla dördüncü sanayi devrimini konuşmaktadır. Bu, üretim teknolojilerinde daha yüksek seviyede otomasyon, dijitalleşme ve veri alışverişine yönelik günümüzdeki mevcut eğilim anlamına gelmektedir. Siber fiziksel sistemleri, nesnelerin internetini ve diğer teknolojik varlıkların yanı sıra bulut bilişimi içermektedir. Saniyede 10 GB'a kadar veri üreten 5000'den fazla sensörle, yeni modern uçak motorları, havacılık endüstrisinde yaklaşan Endüstri 4.0 devriminin bir parçası olarak dijitalleşmenin ve uçakların internetinin neler sağlayabileceğinin açık bir göstergesidir. Havacılık 4.0 olarak adlandırılan bu yeni dönem, hava taşımacılığının tüm önemli performans alanlarını iyileştirmeye yardımcı olma potansiyeline sahiptir.⁸²

Aşağıdaki Şekil 3.1'de Havacılık 4.0'ın dönemleri gösterilmektedir.

⁸¹ KPMG, "Industry 4.0: What Does it mean to Australian defence industry?" (2018).

⁸² Rosa Arnaldo Valdes, Victor Fernando Gomez Comendador, " Aviation 4.0: More Safety Through Automation and Digitization", *Safety and Security Engineering VII*, 2018:225-236.



Havacılık 1.0

- VFR
- Görsel işaretler



Havacılık 2.0

- IFR
- Hava araçlarının yerdeki cihazlardan aldıkları sinyaller



Havacılık 3.0

- Yardımcı sistemler ve emniyet ağları (SWIM, AFTN)
- Dijital veri işleme
- Dijital veri iletişimi



Havacılık 4.0 (Bugün)

- İnsansız hava araçları (RPAS), Otomatik uçuş kuralları (AFR), Sistemler tarafından verilen karar destek bilgisi
- Siber-fiziksel sistemler (RETINA)

Şekil 3.1: Havacılık 4.0'ın Dönemleri⁸³

Rosa Arnoldo Valdes, Victor Fernando Gomez Comendador, “ Aviation 4.0: More Safety Through Automation and Digitization”, *Safety and Security Engineering VII*, 2018:225-236 kaynağından özetlenerek, yazar tarafından hazırlanmıştır.

Havacılık endüstrisi gelişmiş üretim ve montaj sistemleri kullanmayı gerektiren bir sektördür. En yüksek düzeyde kalite ve güvenlik ihtiyacının olduğu alanlardan biridir. Havacılık endüstrisi, üretim hacminin düşük, ancak ürün çeşitliliğinin çok olduğu emek yoğun bir sektördür. Son dönemlerde otomasyona geçmek amacıyla hızlı aşamalar kaydedilmektedir. Özellikle de birleştirme ve montaj metotlarında ciddi ilerlemeler kaydedilmektedir. Elle perçinleme yerine, bu işlem bir Computer Numerical Control CNC yani bilgisayar sayımlı yönetim makineleriyle yapılmaktadır. Bu şekilde insan kaynaklı hatalar minimuma indirilmekte ve işlem için gerekli olan zaman kısalmaktadır. Kalıplar ve takımlar otomatik şekilde üretilmekte ve montaj sürecinde makineler daha fazla kullanılmaktadır. Zaman içerisinde kullanılan malzemeler de değişmektedir. Kompozit malzemelerden üretilen parçalar, metal parçaların yerini almaktadır. Teknolojik gelişmelerle birlikte havacılıkta alüminyum ve titanyum destekli kompozit yapıların gün geçtikçe daha çok tercih edileceği tahmin edilmektedir. Bahsedilen tarzdaki hibrit yapıların imalatın

⁸³ Rosa Arnoldo Valdes, Victor Fernando Gomez Comendador, a.g.m.

sanayileşmesinde yenilikçi metotların ve teknolojilerin ön planda olacağı beklenmektedir.⁸⁴

Nesnelerin İnterneti, Endüstri 4.0 trendinin önemli bir bileşenidir. Endüstrinin dijital dönüşümü, üretim süreçlerine ve ürün ve hizmet tekliflerine köklü bir dönüşüm getirmektedir. Endüstri 4.0 devrimi yani Endüstri 4.0 trendi, yalnızca üretim altyapılarını değil, aynı zamanda ürün ve hizmetlerin gelişimini ve hatta müşteri ilişkilerini de değiştirecek bir dönüştürücü güç olarak görülmektedir. Trend, bir dizi dijital teknoloji üzerine inşa edilmektedir Bunlar, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Yapay Zekâ ve dijital uygulamalar: işbirliği, mobilite, açık inovasyondur. Akıllı fabrikanın temel bileşeni olarak IoT “Akıllı Fabrika”, Endüstri 4.0 trendinin önemli bir unsuru olmakla birlikte, daha düşük üretim maliyetleri ve artan verimlilik vaatleri getirmektedir. Üretim için yeni araçlar, “Akıllı Fabrika” gelişiminin bir parçası olan üretimde yeni fırsatlar getiren yeni teknoloji olarak tanıtılmaktadır. Otomasyon ve robotik kullanımının artması veya artırılmış gerçeklik veya 3D baskı gibi yeni araçların kullanılması durumu bunlara güzel bir örnek olmaktadır. Bu yeni teknolojiler, özellikle havacılık alanındaki değişken üretim taleplerine yanıt vermek için uygun bir yapıya sahiptir. Dönüşümün temel taşı olarak bağlantılı nesneler ve bununla birlikte, bu yeni araçların ötesinde, “Akıllı Fabrika” hareketinin getirdiği büyük dönüşüm, tek bir ağ bağlantılı sistemde farklı BİT etkin bileşenlerin artan bağlantı ve entegrasyonunda yatmaktadır. Bu, üretim verilerinin analizi yoluyla üretim verimliliğinde önemli bir artış sağlamaktadır. Ayrıca, tedarik zincirinde artan esneklik ve dijital entegrasyon yoluyla üretim maliyetlerini düşürmektedir. Geniş bir tedarikçi ağına dayalı olan havacılık ve uzay endüstrisi, esneklikteki bu artıştan büyük ölçüde faydalanmaktadır.

Bağlantılı ürünler ve yeni hizmetler Endüstri 4.0'ın gelişimi, iş modellerini dönüştürecek ve yeni gelir fırsatları getirecek bağlantılı ürünlerin geliştirilmesini de gerektirmektedir. Bu, üretim araçları için geçerlidir, ancak giderek artan bir şekilde siber fiziksel bir sistem olarak kabul edilen uçağın kendi içindeki bileşenleri için de geçerli olmaktadır. Bir uçağın motorlarından gövdesi ve kabinine kadar çeşitli parçaları, artık uçağın davranışını gerçek zamanlı olarak izleyebilen elektronik ve sensörlerle donatılmaktadır. Ayrıca olası sorunları ve bakım ihtiyaçlarını uzaktan ve

⁸⁴ Fahrettin Öztürk, “4. Sanayi Devrimi ve Havacılık Uygulamaları”, *Bilim ve Teknik*, (2018):70.

zahmetsizce kontrol etmeyi sağlamaktadırlar. Bunlara bağlantı eklemek, bağlantının kendisi (uzaktan kumanda ve izleme uygulamaları) veya cihazlar tarafından oluşturulan veriler aracılığıyla yeni hizmetlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.⁸⁵

Havacılık firmaları, özellikle katmanlı imalat teknolojilerine önem vermektedir. GE Havacılık şirketi, bu alandaki uzman firmalardan biri olan Morris Technologies 2012'nin kasım ayında satın alarak, bünyesine katmıştır. Morris Technologies şirketi, Snecma ve GE havacılık şirketlerinin ortaklığıyla kurulmuş olan CFM şirketinin geliştirmiş olduğu Leap motorunun bir kısmını katmanlı imalat teknolojisi metoduyla üretmeyi planlamaktadır. Bu jet motoru, yüksek ısılara dayanıklı yeni malzemeler kullanılarak ve %15 yakıt tasarruflu şekilde üretilerek, Airbus A320neo serisi için de güç kaynağı seçeneklerinden biri olarak kullanılması düşünülmektedir. İlk olarak öne çıkan artılarından biri, çok karmaşık şekilleri ve geometrik özellikleri oluşturabilme yeteneğidir. Eğer parçalar, bilgisayar ortamında üç boyutlu yani 3d olarak modellenilebiliyorsa, bu sistem aracılığıyla katmanlara ayrılarak, üretilmektedir. Bu özellik sayesinde tasarımcıların inovatif tasarımlar oluşturması sağlanmaktadır.⁸⁶

Havacılık uygulamaları için katmanlı modellemede önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. Avusturyalı bilim adamları, bir 3D yazıcı kullanarak bir jet motoru yapmayı başarmışlardır. 3D yazıcı teknolojisi kullanılarak üretilen ilk jet motoru, Monash Üniversitesi, Emmaero Engineering, Federal Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü (CSIRO) ve Deakin Üniversitesi'nin ortak çalışmasının sonucu üretilmiştir. Motor ilk olarak Geelong, Avustralya'daki Avustralya Uluslararası Hava Gösterisi'nde (Avalon Airshow) 2015'te tanıtılmıştır. Bu şekilde üretilen jet motorları, muadillerine göre daha kısa sürede üretilmekte ve daha az yakıt tüketmektedir.⁸⁷

⁸⁵ European Commission, "Industry 4.0 in Aeronautics: IoT Applications", (2017), <https://ati.ec.europa.eu/reports/technology-watch/industry-40-aeronautics-iot-applications#:~:text=The%20deployment%20of%20connected%20objects,centered%20on%20a%20service%20approach.> [Erişim Tarihi: 07.05.2022].

⁸⁶ Necmi Kara, "Havacılıkta Katmanlı İmalat Teknolojisinin Kullanımı", *Mühendis ve Makina*, C.54, S. 636, (2013):70-75.

⁸⁷ <https://www.teknoloji-haber.net/donanim/3d-yazici-ile-ilk-kez-jet-motoru-yapildi.html> [Erişim Tarihi: 23.03.2022].



Şekil 3.2: 3 Boyutlu Yazıcı ile Yapılan İlk Jet Motoru

<https://www.teknoloji-haber.net/donanim/3d-yazici-ile-ilk-kez-jet-motoru-yapildi.html>,
[Erişim Tarihi: 15.03.2022].

Katmanlı üretim teknolojisi, havacılık uygulamaları için son derece kullanışlıdır. Katmanlı imalat ile geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, maliyet açısından %58 ve zaman açısından %92 avantaj elde edilmesi beklenmektedir.

Havacılık Sektöründe Otomatik İmalat Uygulamaları incelendiğinde; otomasyonun ve dijitalleşmenin yaşantımıza dâhil olmasıyla beraber havacılık endüstrisinde de inanılmaz değişimlerin meydana geldiği görülmektedir. Bir uçak üreticisi olan Airbus şirketinin Hamburg’da bulunan tesislerinde, otomasyonla gerçekleştirilen üretimin en çarpıcı örneklerinden biri görülmektedir. Airbus’un üretmiş olduğu en yeni uçaklarından biri olan A350, şimdiye kadar üretilmiş olan uçaklarla kıyaslandığında en yüksek kompozit oranına sahip olan uçaktır. Airbus’un stratejisinin en önemli parçalarından biri yeni üretim teknolojileridir. Uçak kanatlarının tamamıyla kompozitten oluşması, kanat parçalarının tamamıyla otomatik olarak üretilmesi yeni üretim teknolojilerine örnek olarak verilebilir. Airbus en yeni uçaklarından biri olan A350’nin üretimine ilk başlandığı zamanlarda kanatlarının iç yapısı üzerinde bulunan cildi el yapımı olarak hazırlanmıştır. Fakat şirket son zamanlarda, bahsedilen kanat kapaklarını otomatik fiber yerleşim aracılığıyla oluşturmaya başlamıştır.

Otomasyon temelli imalatın odak noktaları incelendiğinde, asıl odağın yalnızca havacılık endüstrisi üzerinde olmadığı görülmektedir. Sheffield Üniversitesi’nde bulunan cam duvarlardan oluşan Sheffield’de ki Advanced Manufacturing Research

Centre yani Gelişmiş Üretim Araştırma Merkezi'nde (AMRC), inşaat ve otomotiv gibi farklı sektörler için de otomasyona temelli üretim/imalat teknikleri araştırılmakta ve geliştirilmektedir. Bahsedilen merkezin katma değeri yüksek olan sektörlerle daha çok önem vermesiyle, havacılık endüstrisi özel bir uygulama alanı olarak değerlendirilmektedir. AMRC'nin birimlerinden olan Integrated Manufacturing Group (IMG) yani Entegre Üretim Grubunun yetkilisi Ben Morgen “ Tam otomatik sistemleri ve montaj tekniklerini, özellikle mühendislerin fabrikada çalışmasına yardımcı olan yardımcı teknolojileri keşfetmek için BAE Systems, Airbus ve Boing dâhil farklı havacılık üreticileri ve tedarikçileri ile çalışıyoruz.” demiştir. Ben Morgan ayrıca, “Fabrikaların kirli ve karanlık olduğuna dair yanlış anlaşılmayı düzeltmek ve farklı teknikleri test edebilmek amacıyla oluşturmuş olduğumuz Factory 2050 üzerinde çalışıyoruz.” ifadelerini kullanarak gelecekteki fabrikalar ile ilgili bizlere fikir vermektedir.⁸⁸

3.3. Endüstri 4.0'ın Uzay Sektöründe Uygulanması

Uzay 1.0 astronominin (ve hatta astrolojinin) ilk çalışmalarının olduğu dönemler olarak kabul edilmektedir. Bir sonraki dönem Uzay 2.0 ise Apollo ile aya inildiği dönem ile ortaya çıkmaktadır. Uluslararası uzay istasyonu kavramıyla birlikte bu istasyonların işbirliği ve işletilmesiyle Uzay 3.0 kavramı ortaya çıkmaktadır. Uzay 4.0 ise, uzay sektörünün yeni bir oyun alanı ile karakterize edilen yeni bir çağa evrimini temsil etmektedir. Bu çağ, hükümetler, özel sektör, toplum ve siyaset arasındaki etkileşim yoluyla gelişmektedir. Uzay 4.0, imalat ve hizmetlerde gelişim gösteren dördüncü sanayi devrimi olarak kabul edilen Endüstri 4.0'a benzeyen ve onunla iç içe olan bir kavramdır.

Bazı zorlukların önüne geçmek ve Uzay 4.0 kavramının farklı yönlerini proaktif olarak geliştirmek için Avrupa uzay sektörü, yalnızca Avrupa toplumu ve ekonomisine tam olarak entegre edilerek küresel olarak rekabetçi bir aktör haline gelebilir. Bu da toplum ve ekonominin yapısıyla yakından ilişkili sürdürülebilir bir uzay sektörünün olmasını gerektirir. Bunun olabilmesi için uzay, güvenli, emniyetli, kolay ve hızlı erişilebilir

⁸⁸ Hakan Kahraman, <https://www.endustri40.com/havacilik-sektorunde-uretimin-otomatikleştirilmesi/> [Erişim Tarihi: 16.02.2022].

olmalı ve de zaman içerisinde geniş kapsamlı ve devamlı olarak bilim ve teknolojiye mükemmellik temeli üzerine inşa edilmesi tavsiye edilmektedir.⁸⁹

NASA'nın uzay araştırmalarıyla ilgili en büyük sorunu araştırma tesisi kuramamasıdır. Ancak günümüzde, ekipman ve ürün alımı, NASA ve Made in Space işbirliğiyle geliştirilen, yer çekimsiz bir ortamda çalışabilen bir 3D yazıcı ile mümkün olmaktadır.⁹⁰ Şimdilik Ay'a üs inşa etme proje aşamasındadır. Projenin içeriğine bakıldığında, Ay'da binalar inşa edilecek ve bu Ay'da bulunan mevcut malzemeleri kullanabilen dev yazıcılar ile yapılacaktır. Bu binalar içinde yaşanılacak boyutta olacak ve projede resimlerinin dahi hazır olduğu söylenmektedir. Bu İngiltere merkezli bir mimarlık firması olan Foster& Partners'ın gelecekte hayata geçirmeyi planlamış olduğu bir projedir.⁹¹

Gelişmiş dijital teknolojiler, ürün geliştirme ve üretim sürecini optimize etmek, kalifikasyon maliyetlerini ve sürelerini azaltmak ve tedarik zinciri genelinde faydalar sağlamak ve teknoloji konusunda bilgili çalışanları sektöre çekmeye yardımcı olmak için kullanılabilir.⁹²

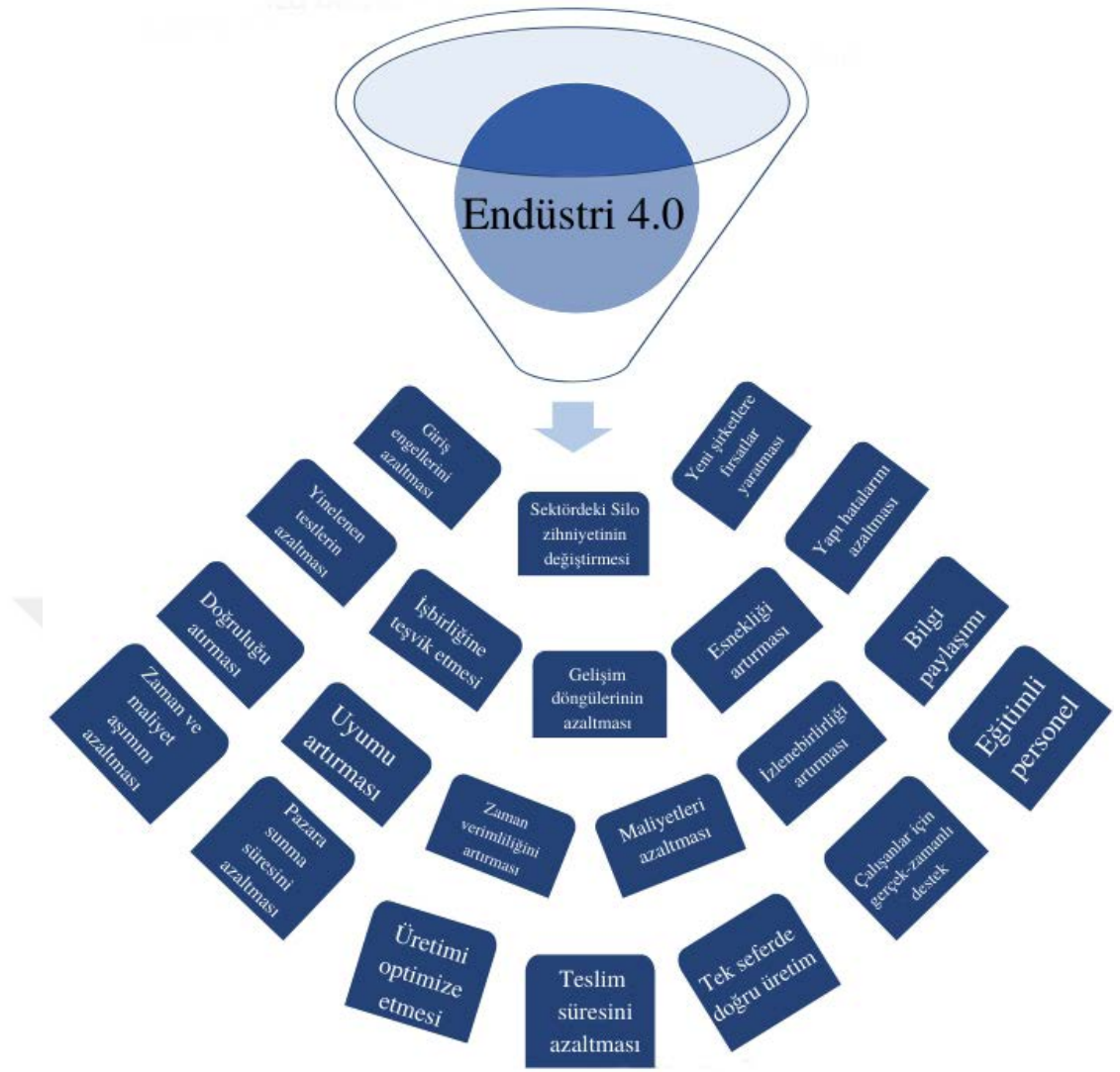
Spesifik dijitalleşme teknolojilerinin uzay imalatı sektörüne getirebileceği potansiyel faydalar aşağıdaki Şekil 3.3'te özet olarak verilmiştir.

⁸⁹ https://www.esa.int/About_Us/Ministerial_Council_2016/What_is_space_4.0 [Erişim Tarihi: 23.03.2022].

⁹⁰ Berk Çınar, "3D Yazıcıların Bugünü ve Yarını", *ST Endüstri 4.0 Dergisi*, S.5, (2016):32-34.

⁹¹ Berk Çınar, a.g.m.

⁹² Charlotte Duke, Greg Sadlier, Daniel Herr, "Industry 4.0 and the Future of UK Space Manufacturing Final Report", (London Economics, 2019).



Şekil 3.3: Endüstri 4.0'ın Uzay İmalatı Sektörüne Getirebileceği Potansiyel Faydalar.

Charlotte Duke, Greg Sadlier, Daniel Herr, "Industry 4.0 and the Future of UK Space Manufacturing Final Report", (London Economics, 2019) kaynağından, yazar tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

Endüstri 4.0 ile birlikte dijital ikiz kavramı da hayatımıza girmektedir. Dijital ikiz kavramı, bir hizmetin, sürecin ya da ürünün sanal ortamdaki modeli anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle, fiziksel olarak mevcut olan bir şeyin tam olarak karşılığının yapılması yani sanal ortamda ikizinin oluşturulması demektir. Yani fiziksel bir nesnenin sanal kopyasıdır. Bahsedilen bu kopya bir tren, jet motoru, makine, araba olabilir. Günümüzde dijital ikiz kavramı, Michigan Üniversitesi'nden

Michael Grieves'in terimi ilk olarak ortaya attığı 2002'den beri kullanılmaktadır. Ancak NASA, ilk olarak 1960'larda dijital ikiz teknolojisinin öncüsü olan eşleştirme teknolojisini kullanmıştır. Bu teknoloji, NASA mühendislerinin uzaydaki sistemlere uyması için sistemleri fiziksel olarak yer seviyesinde kopyalamasına yardımcı olmuştur. Ayrıca 1970 yılında Apollo 13 misyonunu nasıl kurtaracaklarını belirlemelerine de yardımcı olmuştur.

Bugün LMC, NASA'nın görevlerini desteklemek için dijital ikizleri kullanmakta ve şirket, Eylül'de Dünya'ya dönmeden önce Bennu 8 asteroitinden bir örnek alma göreviyle 2016 yılında başlatılan OSIRIS-REx gibi uzay gemilerinde bu teknolojiyi halihazırda uygulamaktadır. NASA, mühendisleri şirketin dijital ikiz olgunluk modelini kullanarak bu görevde LMC ile birlikte çalışmaktadır.⁹³

3.4. Endüstri 4.0'ın Eğitim Sektöründe Uygulanması

21. yüzyılın başarı kriterleri incelendiğinde, bilginin üretimi, değişim hızı ve eskime hızının yanı sıra Araştırma Geliştirme (Ar-Ge), girişimcilik ve inovasyon kavramlarının başarı kriterleri olarak değerlendirilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Günümüzün gereksinimleri, gelişmiş düşünme becerilerine sahip olan, dijital teknolojiyi kullanan, kişiselleştirilmiş verileri ve açık kaynak içeriklerini kullanabilen, bilgi üreten ve aktarabilen ve küresel çapta bağlantılı teknoloji dünyasının ihtiyaçlarını karşılayabilen, tasarımcı organizasyonlar ve bireylerdir. Bu kapsamda sanayileşme aşamalarını teknolojik ve analogik olarak eğitim alanına yansıttığımızda dört aşama ile karşılmaktadır. Eğitim 1.0 kavramı ezber ve anlatım temelli anlayışı, Eğitim 2.0 bilgisayar ve internet temelli anlayışı, Eğitim 3.0 bilgi üretimi temelli anlayışı, Eğitim 4.0 ise yenilik ve üretim temelli anlayışı kapsamaktadır.⁹⁴

Maker hareketi, tüm dünyada hızla gelişmekte olan “kendin yap” kültürü ile teknolojinin bir araya gelmesiyle oluşan bir trenddir. Kişi kendisini maker (yapan kişi, üretici, üretim yapan) olarak tanımladığında bahsedilen maker hareketi bağlamında bir maker sayılmaktadır. Maker hareketi bağlamında, model uçak yapmaktan, yemek pişirmeye, motor ve elektronik devreler vasıtasıyla yapılmış olan bir model araçtan 3D

⁹³ <https://www.entes.com.tr/dijital-ikiz-digital-twin-nedir-endustri-4-0-ve-dijital-ikizlerin-onemi/> [Erişim tarihi: 11.05.2022].

⁹⁴ Abdullah Demir, “Endüstri 4.0'dan Eğitim 4.0'a Değişen Eğitim Öğretim Paradigmaları”, *International Congress on Social Sciences*, 2018.

yazıcılar aracılığıyla yapılan baskı ve üretilmiş olan takılar, oyuncaklar, süs eşyaları gibi her şey maker ruhu ile yapılmış olarak düşünülmektedir.⁹⁵ Tasarımın, eğitim açısından en önemli ilerleme kaynaklarından biri olduğu düşünülmektedir. Günümüzde Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde öğrenciler tasarlamış oldukları nesneleri 3 boyutlu olarak uygulayabilmektedirler. Soyut nesneleri somut hale getirebiliyor olmak öğrenciler için harika bir tecrübe olmaktadır.⁹⁶ Eğitimde, proje bazlı ve problem temelli öğrenme faaliyetlerinde, robotik uygulamalarda ve öğrencilerin teknoloji ve üretim yeteneklerini gerçek zamanlı olarak kullanmalarına olanak sağlayan Maker Hareketi faaliyetlerinde 3 boyutlu yazdırma teknolojileri aracılığıyla materyaller üretilir. Maker hareketi faaliyetleri, öğrenci günlük hayatta karşılaştıkları sorunlara çözüm üretirken, zihinlerini somut nesneler üzerinde test etme imkânı sunmak için dizayn edilmiştir. 3 boyutlu baskı teknolojiyle öğrencilerin tüketerek değil, üretim yaparak öğrenmeleri beklenmektedir. Tüm bu süreçlerin öğrencilerin bilgi işleme kapasitelerini maksimuma çıkardığı ve öğrencilere yaratıcılık, araştırmacılık ve tasarımcılık gibi roller kazandırdığı düşünülmektedir.⁹⁷

3.5. Endüstri 4.0'ın Gıda Sektöründe Uygulanması

Endüstri 4.0'ın gıda sektöründe üretime etkilerini, geçmişten günümüze gelişimiyle birlikte endüstri 4.0 ile olan ilişkisini tespit etmek amacıyla alan yazınında çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar sonucunda gelecekteki gıda fabrikalarının akıllı ve çapraz bağlantılı olması beklenmektedir. Aynı zamanda akıllı fabrikalar sayesinde gıda üreticilerine ekonomik avantajlar sağlayacağı öngörülmektedir. Otonom sistemler sayesinde kaynak verimliliğinin artacağı, bireysel müşteri taleplerinin sisteme direkt olarak entegrasyonu ve sipariş, eldeki verilerin işlenmesiyle arz sürecinde daha makul şekilde talep arttırılarak ihtiyaç odaklı üretim ön plana çıkacağı, hızlı ve güvenilir şekilde ürünler istek üzerine teslim edilecek bu da teslimatta esneklik sağlayacak ve satışların artacağı düşünülmektedir. Bu avantajların yanı sıra karşılaşılabilecek güçlerin başında entelektüel sermayenin artabileceği, altın yakalılar olarak adlandırılan kesime olan ihtiyacın artacağı düşünülmektedir.

⁹⁵ <https://www.makerteknoloji.com/maker-hareketi-nedir> [Erişim Tarihi: 11.05.2022].

⁹⁶ Berk Çınar, a.g.m.

⁹⁷ Kadir Demir vd., "Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojilerinin Eğitim Alanında Kullanımı: Türkiye'deki Uygulamaları", *Ege Eğitim Dergisi*, C.17, S.2,(2016):481 - 503.

Küresel imalat piyasası da imalat sanayiindeki devrimi gerçekleştirmenin en zor aşamalarından biridir. Küresel imalat piyasası, gıda endüstrisinde endüstri devriminin en zor görevlerinden biri olmasına rağmen, büyüme ve gelişme ile birlikte üretim faktörlerinin de gelişmesiyle çalışma metotlarının değişeceğine herkesi ikna edeceği düşünülmektedir. Tüm bu faktörler, şirketlerin ilerleyen yıllardaki başarısını arttıracaktır. Aynı zamanda, iyi üreticilerin global imalat piyasasında nasıl rekabet edeceklerini belirleyecektir. Şirketlerin yakın gelecekte atacakları adımlarda dikkatli olmaları, gelecekte bahse konu zorluklarla karşılaşmamaları açısından önemlidir. Şirketlerin öncelikli olarak atması gerektiği düşünülen ilk adım, verileri analiz edip yorumlayabilen kişilere yatırım yapmalarıdır. Bu bağlamda, bir Amerikalı şirket olan AECOM, genç mühendisleri istihdam ederek ihtiyaç duydukları yetenekler konusunda eğitmekte ve geliştirmektedir.⁹⁸

Satış sistemleri, lojistik ve üretim kanallarından elde edilen büyük veri setleri ileri düzeyde analiz edilerek şirketlerin pazar taleplerini daha doğru şekilde yönetmelerini sağlayacaktır. Bu, pazarın doğru ürünü, doğru yere, doğru zamanda bulunmasını sağlayacaktır. Coğrafi düzeyde talep tahminlerini iyileştirmek, lojistik planlamanın optimize edilmesinde ve gıda ürünlerinin nakliyesi için birim ulaştırma maliyetlerini düşürecektir. Tedarikçiler, RFID ve sensörler aracılığıyla yatay entegrasyon gerçekleştirerek kişiye özel beslenme programları üretebilecek ve de beslenmenin toplam maliyetleri düşürebilecektir. Tarımda üreticinin yıl boyunca gerçekleştirdiği faaliyetler yönetim sisteminde kontrol edilerek baştan sona verimlilik artırılacaktır. Tedarikçinin verimi arttıkça, tam zamanında üretim gittikçe iyileşecek, stok maliyetleri azalacak ve paketleme hataları en aza indirilebilecektir. Üretim, lojistik ve satış sistemlerinin dikey entegrasyonu ve ileri seviye güvenlik protokolleri ile korunan bir bulut yapısında büyük veriler üretebilecekler. Bu verilerin analitik analizini, kapasite kullanımını iyileştirecek ve de eş zamanlı olarak performans izleme ve raporlamayı mümkün kılacaktır.⁹⁹

Gıda sektöründeki üretim sektörünün beyaz eşya, otomotiv gibi diğer sektörlerden farklı öncelikleri ve güvenlik gereksinimleri vardır. Otomasyonla robotlar bir araya

⁹⁸ Muhammed Ahmet Alkan, “Gıda Sektörü ve Endüstri 4.0”, <https://www.endustri40.com/gida-sektoru-ve-endustri-4-0/#:~:text=G%C4%B1da%20sekt%C3%B6r%C3%BCnde%20End%C3%BCstri%204.0%2C%20i%C5%9Fletmelerin,taleplerini%20tahmin%20etmesine%20olanak%20sa%C4%9Flar.> [Erişim Tarihi: 02.10.2021].

⁹⁹ TÜSİAD, a.g.r.

geldikçe böyle bir durum ortaya çıkmaktadır. Prosedürleri ve mekanizmaları gözlemleyebilmek için daha yüksek standartları sağlamak önem arz etmektedir. Gıda endüstrisi, pek çok açıdan modern otomasyon sistemleri aracılığıyla kar sağlayabilmektedir. Buna modifiye atmosferde gerçekleştirme, hijyendeki görevler, ürüne yakın sıcaklık, bağımsız ve esnek ambalajlama görevleri dâhildir.¹⁰⁰

Yapılan araştırmalar ışığında, 3 boyutlu gıda yazıcılarının kullanım potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir. Günümüzde butik üretim ve kişiselleştirilmiş gıda tasarımlarına olan talep oldukça artmıştır. Bunlar gibi taleplerin gıda sektörü tarafından karşılanabilmesi için doğru ve hatasız üretim beklentileri, hammadde kayıplarının minimuma indirilmesi ve kalifiye personel ihtiyacı gibi nedenler dolayısıyla 3 boyutlu gıda yazıcıları için ilerleyen yıllarda yapılacak olan çalışmaların tetikleyicileri olacaktır.¹⁰¹

3.6. Endüstri 4.0'ın İlaç Sektöründe Uygulanması

Endüstri 4.0 kapsamında, Türk ilaç firmalarının teknolojik dönüşüme hazır olup olmadıklarını ölçmek ve Endüstri 4.0 dönüşümünün gerçekleştirilmesi için yol haritası önerilerinde bulunmak amacıyla çalışmalar yürütülmüş ve sonucunda Türk ilaç sektörünün Endüstri 4.0 alaka düzeyinin oldukça düşük olduğu ve bu sebeple sektörün beklenen seviyelerde teknolojik değişim ve dönüşüme hazır olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında teknolojik dönüşümün basamakları çerçevesinde olabilecek politika önerileri şirketler bazında (mikro), sektörel düzeyde (meso) ve ulusal düzeyde (makro) yer verilmiştir. Bunlar farkındalık seviyesinin artırılması, önceliklerin ve ihtiyaçların belirlenmesi, dönüşüm için gereken yatırımın artırılması, dönüşüm için gerekli işgücünü sağlamak ve ihtiyaca göre yerli teknoloji tedarikçilerinin artırılması olarak beş ana başlıkta toplanmıştır.¹⁰²

3.7. Endüstri 4.0'ın Otomotiv Sektöründe Uygulanması

2014 SEMA otomobil fuarında halka açık olarak 44 saatte 3D baskı ile üretilen LM3D Swim, dünyaya bu teknolojinin ne denli ileri seviye olduğunu gösteren en önemli

¹⁰⁰ Semih Ötleş, "Endüstri 4.0: Gıda Sektörü Perspektifi", *Dünya Gıda Dergisi*, (2016):94.

¹⁰¹ Celalettin Değerli, Sedef Nehir El, "Üç Boyutlu (3D) Yazıcı Teknolojisi ile Gıda Üretimine Genel Bakış", *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, S.5, (2017):598.

¹⁰² Ömer İlhan, "Technological Transformations: The Case Of Industry 4.0 In Turkish Pharmaceutical Industry" (Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2019).

girişimlerden birisidir. Bu arabanın mucidi Local Motors, sektördeki herkesin dikkatini çekerek, katmanlı imalatla araba üretmenin mümkün olduğunu ve arabanın yolda çalışabileceğini göstermiştir.¹⁰³ Şekil 3.4'te Local Motors'un katmanlı imalatla üretmiş olduğu araba yer almaktadır.



Şekil 3.4: Local Motors'un katmanlı imalatla üretmiş olduğu araba.

Engin Buz, (2016, 1 Nisan). Local Motors'dan Dünyanın İlk 3d Arabası; LM3D SWIM, <https://printing3d.news/local-motorsdan-dunyanin-ilk-3d-arabasi/> [Erişim Tarihi:03.03.2022].

Montaj hattının otomasyonu ve esnekliği, üreticilerin bunu daha küçük miktarlarda yapma kapasitesini artırmaktadır. Montaj hattı, kendi aralarında ve diğer sistemlerle çalışabilen otonom robotlar tarafından otomatize edilmiş olup, aynı hat üzerinde birden fazla farklı parça ve tasarım modelini üretebilen esnek üretim hatları geliştirilebilecektir.¹⁰⁴

Endüstri 4.0'ın otomotiv sektörüne öngörülen etkilerini analiz etmek amacıyla bir çalışma yürütülmüş ve sonucunda yapılan analizler incelendiğinde; Endüstri 4.0 geliştirmekte olan ülkelerde örneğin Türkiye gibi ülkeler için daha yüksek katma değere sahip ve daha inovatif ürünlerin üretilmesini sağlanarak, ülkelerin refah düzeylerini artırma avantajı sağlamaktadır. Bu bağlamda; katma değer açısından bakıldığında ilk üç sektör arasında kendine yer edinmiş olan Türk otomotiv sektörü, öncelikli sektörlerin arasında bulunmalı, gerekli altyapılar ve ulusal vizyon oluşturulması

¹⁰⁴ TÜSİAD, a.g.r.

gerekmektedir. Endüstri 4.0'a uyum aşamasında öncelikli olarak üreticilerin farkındalıklarının artırılması sağlanarak, yapılması planlanan değişimler devlet eliyle de teşvik edilmelidir. Sanayi dönüşüm aşamasında üzerinde durulması gereken en mühim konularından birisi ise kalifiye işgücü sağlayabilmek amacıyla teknik eğitime daha fazla önem verilmesidir. Bu, daha az vasıf gerektiren işlerde otomasyona geçişi kolaylaştırmakta ve verimliliğin artmasına neden olacaktır.

Ulusal özellikte Ar-Ge merkezleri ana ve yan sanayide yenilik çalışmalarına önem verilerek, sayıları artırılmalıdır. Bu sayede; otomotiv sektöründe kısa, orta ve uzun vadeli olarak sürdürülebilir bir şekilde büyümesine olanak sağlanacaktır. İçerisin kamunun ve özel sektörün, üniversitelerin, araştırma yapan kuruluşların, sivil toplumun bulunduğu bir dönüşüm mekanizması oluşturularak yol haritası çizilmelidir. Pek çok ülkede olduğu gibi otomotiv sektörü Türkiye'de de çarpan etkisi yaparak ekonomiye etkileri bulunmaktadır. Bu nedenlerden ötürü sektörde dijitalleşme yoğun bir şekilde takip edilerek, müşteriye özel ve daha verimli üretim sağlanmalıdır. Endüstri 4.0 ile birlikte artan otomasyon ile beraber istihdam sorunu ortaya çıkabileceği düşünülmektedir. Bu istihdam sorununun oluşmaması için gerekli stratejiler belirlenmelidir. Yeni istihdam imkânları ile desteklenmelidir.¹⁰⁵

3.8. Endüstri 4.0'ın Turizm Sektöründe Uygulanması

Turizm sektörü diğer bir deyişle bacasız sanayi, ülke ekonomisinin güçlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ülke ekonomisine katkı sağlamak amacıyla hayata geçirilen dijitalleşme çağına geçiş, turizm sektörü açısından da oldukça büyük bir öneme sahiptir. Otomasyon sektöründen başlayıp tekstil sektörüne kadar geniş bir yelpazede kendine yer edinen teknolojik araçlar, turizm şirketleri için günden güne daha önemli hale gelmektedir. İnsan yaşamının ayrılmaz bir parçası olan teknolojilerin; rekabeti artırmada, sektörler arası verimliliği artırmada, şirketlerin pazardaki mevcut konumunu korumada ve ilerlemede önemli bir yere sahiptir.¹⁰⁶

Turizm, insanların işlerine bir süre ara verdikleri, rahat ve keyifli vakit geçirdikleri, yeni deneyimler elde etmek için seyahat ettikleri, kolay yolculuk, konaklama ve yeme-

¹⁰⁵ Nihal Gabaçlı, Meral Uzunöz, "IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü", *ICPESS*, 2017.

¹⁰⁶ Yunus Topsakal, Nedim Yüzbaşıoğlu, Murat Çuhadar, "Endüstri Devrimleri Ve Turizm: Türkiye Turizm 4.0 Swot Analizi Ve Geçiş Süreci Önerileri", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, S.23, (2018):1623-1638.

içme gibi gastronomik faaliyetlerden yararlanacakları bir hizmet sektörüdür. Dijital çağa uyum sağlamış olan, değişimlerden ve yeniliklerden haberdar olan bireyler, turizm faaliyetlerine katılırken beklenti ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek olan şirketlere yönelme eğilimindedirler.¹⁰⁷

Turizm sektörü faaliyetlerine katılan yerli ve yabancı turistler, geleneksel olarak onlara sunulan ürün ve hizmetlerin dışında, günümüze adapte olan değişimlere hızlıca ayak uyduran ve modern misyonu benimseyen şirketleri tercih etme eğilimindedirler. Bu sebeple özellikle turizm sektörü pazarda rekabet avantajı sağlayabilmek için modern çağı benimseyen turistlerin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayabilecekleri seviyede Ar-Ge faaliyetleri yaparak dijital çağa adapte olmalıdırlar. Turizm şirketleri teknolojilerini sürdürülebilir şekilde planlamalı ve değer sistemlerini de çağın rekabet şartlarına uyumlu hale getirmelidirler çünkü yerli ve yabancı turistler, günlük hayatlarındaki mevcut dijital kolaylıkların ve dijital ulaşılabilirliğin, gittikleri otellerde de olmasını beklemektedirler.¹⁰⁸ (Turizm Ajansı, 2018). Bu nedenlerden dolayı turizm sektöründe dijital otel konsepti güncel bir çözüm olarak düşünülmektedir. Günümüzde teknolojinin hızlı değişmesinden dolayı yerli ve yabancı turistlerin beklentileri de değişmektedir. Bu sebeple turizm şirketleri de beklentilere hızlı cevap verebilmek için sürekli değişen, esnek stratejiler belirlemelidir. Günümüz dijital dönüşümleriyle beraber artık seri/kitlesel olmayan, daha kişiye özel/bireysel düşünülerek farklılaştırılmış ve daha kaliteli hizmet ve ürünler sunmaya başlanmalıdır.¹⁰⁹

Endüstri 4.0'ın Türkiye'deki turizm işletmelerine, turizm ekonomisine ve turizm finansallarına etkisini analiz etmek amacıyla bir çalışma yürütülmüş ve sonucunda avantajlarının ve dezavantajlarının olacağı saptanmıştır. Avantajları açısından baktığımızda; doğru otomasyon sistemleri kullanılmasıyla turizm işletmelerinin karlarının artacağı ve dolayısıyla ülkenin turizm gelirinin de artacağı, ayrıca ülkelerin sanat ve tarihlerinin korunarak, daha düşük maliyetle çok daha fazla cazibe merkezleri oluşturulabilmesi bu sayede de turizm ekonomisinin çeşitli bileşenlerle daha da

¹⁰⁷ Berrin Filizöz, Ufuk Orhan, "İnsan Kaynakları Yönetimi Bağlamında Endüstri 4.0: Bir Yazın Çalışması." *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdare Bilimler Dergisi*, S.19, (2018):110-117.

¹⁰⁸ Turizm Ajansı, (2018, 22 Nisan), <https://www.turizmajansi.com/haber/otellerde-dijital-donusum-basladi-h22835> [Erişim Tarihi: 03.03.2022].

¹⁰⁹ Ali Soylu, a.g.m.

büyüyeceği öngörülmektedir. Dezavantajları açısından baktığımızda ise; insan sermayesine olan ihtiyacın olumsuz etkilenebileceği karşımıza çıkmaktadır.¹¹⁰

3.9. Endüstri 4.0'ın Lojistik Sektöründe Uygulanması

Siber sistemler ve psikolojik sistemlerin beraberinde getirmiş olduğu yenilik ve uygulamanın lojistik sektörüne entegrasyonu ile beraber lojistik 4.0 kavramı meydana gelmiştir. Kavram olarak lojistik 4.0 akıllı ürün ve akıllı hizmetleri kapsamaktadır. Akıllı ürün ve akıllı hizmetleri tanımlamaya yönelik odak noktası teknoloji olan bu yaklaşım literatürde “akıllı lojistik” olarak da geçmektedir. Akıllı lojistik, işletmenin esnekliğini artıran, pazar değişimlerine ve müşterilerin beklentilerine yaklaşım bir lojistik sistemdir. Bu sayede müşterilerin memnuniyet seviyesi maksimize, üretim optimize edilebilir. Bununla beraber üretim ve depolama maliyetleri minimize edilebilir.¹¹¹

Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği (UTİKAD)'nin üst düzey yetkililerinin açıklamalarına göre Endüstri 4.0 ile beraber lojistik sektöründeki iş süreçleri kesinlikle yeniden belirlenecektir. Doğru ürünün, doğru miktarda, doğru zamanda, doğru biçimde, doğru kaynaktan, doğru fiyatla ve doğru yolla sağlanması süreçleri lojistiğin 7 doğrusu olarak da bilinmektedir. Endüstri 4.0'da bu süreçlerin tamamını etkileyip, yeniden şekillendirecektir. Bunun temel nedeni, bu süreçlerin eş zamanlı olarak birbirleriyle iletişim kurmasına dayanan Endüstri 4.0 yaklaşımıdır.¹¹²

Süreci otomatik şekilde kontrol edebilen bilgisayarlı bir sistem sayesinde lojistik süreçleri verimli şekilde yönetilebilir. Tüm bunlara ek olarak otonom (sürücüsüz) araçlar, kaptanı olmayan gemiler, pilotu olmayan uçaklar, droneler vasıtasıyla gerçekleştirilen teslimatlar, bulut teknolojileri, süreçlerin dijital platformlara transfer edilmesi lojistik sektöründe yeni iş süreçlerinin ve lojistik 4.0'ın ortaya çıkmasına neden olmaktadır.¹¹³ Lojistik süreci dijital bir platforma taşındıkça, lojistik sürecinin

¹¹⁰ Burak Mil, Cüneyt Dirican, “Endüstri 4.0 Teknolojileri ve Turizme Etkileri”, Disiplinler Arası Akademik Turizm Dergisi, C.3, S.1, (2018):1-9.

¹¹¹ Aydın Özdemir, Mert Özgüner, “Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0”, *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, C.6, S.4, (2018):39-47, <https://doi.org/10.32479/iicd.147>.

¹¹² Şenel Özdemir, “Endüstri 4.0, Lojistik Sektörünü Nasıl Etkileyecek?”, <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/14666/endustri-4-0-lojistik-sektorunu-nasil-etkileyecek-> [Erişim Tarihi: 03.04.2022].

¹¹³ Şenel Özdemir, a.g.y.

güvenilirliği, çevikliği ve verimliliği artar ve geniş bilgi mevcudiyeti ve daha iyi iş birliğiyle işletmenin üretkenliğini ve karlılığını artırmaktadır.¹¹⁴

Lojistik sektörü iç faktörlerden etkilendiği kadar dış faktörlerden de etkilenmektedir. Yapılan analizler sonucunda Endüstri 4.0 uygulamalarında öncelikle finansal engellerle karşılaşıldığı tespit edilmiştir. Zira Endüstri 4.0 uygulamaları maliyetlidir. Bu sebeple şirketlerin devlet tarafından hibe desteği, üniversiteler ile işbirlikleri ve aynı alanda faaliyet gösteren diğer şirketlerle ortaklık kurmaları faydalıdır. Fakat bunun yanı sıra bazı uygulamalar da yalnızca şirketin kontrolünde olmalıdır. Tüm bu parametreler nedeniyle maliyetleri azaltmak kısa vadede pek mümkün gözükmemektedir.

Endüstri 4.0 uygulamalarının faydaları ise, çalışanlar tarafından esneklik, çeviklik, özgünlük, müşteri beklentilerini karşılayabilme ve verimlilik olarak belirlenmektedir. Bu faydalar maliyetleri düşürür, şirketin esnekliğini artırır ve müşterilerin memnuniyet seviyelerini artırır. Bu üç genel fayda, şirketin değerini artırır ve rekabetin yoğun olduğu sektörde ömrünü uzatır.

Endüstri 4.0 uygulamaları ile ilgili problemler daha çok maliyetler ve diğer finansal problemlerle ilgilidir. Ancak Endüstri 4.0 projelerinin mali yüklerini çözmek için şirketler Endüstri 4.0 ile ilgili devlet desteklerinden yararlanabilir. Endüstri 4.0 uygulamalarına yönelik hibeler Avrupa Birliği tarafından da sağlanmaktadır. Endüstri 4.0 uygulamalarının yatırımın geri dönüş kabiliyeti ile ilgili bir diğer noktası ise finansman açısından uzun vadeli faydalar sağlayarak, dolayısıyla gelecekteki yatırım maliyetlerini düşürme kabiliyetine sahip olmasıdır.

¹¹⁴ İbrahim Akben, İlker İbrahim Avcı, “Dijital Tedarik Zinciri ve Bulut Bilişim”, *1. Uluslararası El Ruha Sosyal Bilimler Kongresi*, 8-12 Kasım 2017, Şanlıurfa.

4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ VE UYGULANMASI

4.1. Araştırmanın Amacı

Türkiye’deki Savunma ve Havacılık sanayiindeki süreçleri kolaylaştırmak için şirketler ve hükümet tarafından özel çabalar gerekmektedir. Bunu başarmanın ilk adımının, Savunma ve Havacılık Sanayii sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileri hakkında araştırma yapmak ve farkındalığı artırmak olduğu düşünülmektedir. Dünyada da şirketlerin Endüstri 4.0’a önem verdiği bilinmektedir.¹¹⁵ Endüstri 4.0 uygulamalarının, Savunma ve Havacılık Sanayi şirketlerindeki gerekliliği yadsınamaz bir gerçektir. Bu kapsamda bu çalışmanın amacı, şirketlerin Endüstri 4.0’ın beş boyutuna dair beklentilerini ve mevcut durumdaki algılarını betimlemektir. Bu amaç doğrultusunda,

Savunma ve Havacılık şirketlerinin demografik özellikleri,

Bu şirketlerin Endüstri 4.0’ın boyutlarına (strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri, kültür) dair beklentileri,

Bu şirketlerin Endüstri 4.0 mevcut durum algıları,

Bu şirketlerin Endüstri 4.0 mevcut durum algıları ile beklentileri arasındaki farkları ortaya koymuştur.

4.2. Araştırmanın Önemi

Ülkemizdeki sektörlerde Endüstri 4.0’a dair yapılmış olan çalışmalarla ilgili literatür incelendiğinde, yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğunun havacılık ve savunma sektörü dışında kalan sektörlerde yapıldığı görülmektedir. Bu yüzden, bu çalışmanın Türk Savunma ve Havacılık literatüründeki eksikliği bir nebze de olsa dolduracağı, literatürde bu alanda yapılacak çalışmalara bir yol gösterici olabileceği ve akademik tarafların konuya dair farkındalıklarının artması açısından fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

¹¹⁵ Gary Hilton, James Needham, <https://www.boeing.com/features/innovation-quarterly/feb2019/btj-global.page> [Erişim Tarihi: 15.12.2021].

Bu çalışmanın sonuçları doğrultusunda, Savunma ve Havacılık Sanayiinde faaliyet gösteren şirketlerin Endüstri 4.0 farkındalıklarının artacağı düşünülmektedir. Öyle ki, bu çalışmanın şirketlere Endüstri 4.0 ile ilgili odaklanılması gereken noktalar, Endüstri 4.0 bağlamında faaliyet planlamaları ve uygulamaları hakkında bir rehber doküman olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca, yapılan bu çalışmada Türk Havacılık ve Savunma sanayiinde faaliyet gösteren şirketlerin, Endüstri 4.0'ın 5 boyutu olarak kabul edilen strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür boyutlarına verdikleri önemi ve mevcut durum seviyelerini anlayıp bu ikisi arasındaki farkı analiz etmek amacıyla, Savunma, Havacılık ve Uzay Kümelenmesi (SAHA İstanbul) üyesi olan şirketlerle paylaşılan anketler aracılığıyla bilgi toplanmıştır. Havacılık ve savunma sektörünün en önemli paydaşlarını bir araya getiren SAHA İstanbul platformu Türkiye'de faaliyet gösteren savunma, havacılık ve uzay sektörünün önemli bir bölümünü temsil etmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada Türk Savunma ve Havacılık Sanayiinin Endüstri 4.0 uygulamalarına yönelik 2020-2021 yılları arasındaki durumunu ortaya koymuştur.

Bu kapsamda, Türk savunma ve havacılık şirketlerinin Endüstri 4.0'ın 5 boyutuna verdikleri önem ve mevcut durum seviyeleri arasındaki farkı ölçmek amacıyla hazırlanan anket, bahse konu sektörde ana oyuncu olan 4 şirketin, 14191 personelini kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen anketin sonuçları irdelenerek, çıkarımlarda bulunulmuştur. Bu çıkarımlar, Türk Savunma ve Havacılık sanayiinde yönetici olarak karar verici kademelerde görev yapan kişilere yol gösterici olabilir. Ayrıca, bu çıkarımlar Savunma ve Havacılık sektörünün gelişimi ve gidişatının yönünün anlaşılmasına ve bu gelişim sürecinin yönetsel hususlarına ışık tutabilir.

Yukarıda bahsedilen hususlar dolayısıyla Savunma ve Havacılık sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 boyutlarını dikkate alarak yol haritalarını dizayn etmede bu çalışmanın katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

4.3. Araştırmanın Yöntemi

Bu araştırmanın amacı, Savunma ve Havacılık Sanayi şirketlerinin Endüstri 4.0'ın beş boyutuna dair beklentilerini ve mevcut durumdaki algılarını betimlemektir. Bu doğrultuda, var olan bir durumun var olduğu şekliyle betimlenmesi amaçladığı için

tarama modeli kullanılmıştır.¹¹⁶ Dolayısıyla, bu araştırmaya konu olan şirketler kendi koşulları içinde tanımlanmış ve betimlenmiştir.

Bu araştırma esnasında tüm dünyayı etkisi altına alan Koronavirüs sebebiyle salgın tedbirleri doğrultusunda uygulanan sokağa çıkma kısıtlamaları, şirketlerin ziyaretçi kabul etmemeleri ve uzaktan çalışma biçimleri dolayısıyla şirketlerle yüz yüze görüşme ihtimalini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu bağlamda, havacılık ve savunma sanayi şirketleri ile yapacak olduğumuz Endüstri 4.0 farkındalık analizinin tespit edilmesi için anket yöntemi kullanılmıştır. İlaveten nitel veri toplama yöntemi olan görüşme yönteminden istifade edilmiştir.

Bu ankette, alan yazını sonucu elde edilen bilgiler doğrultusunda, Türk Havacılık ve Savunma sanayinin, Endüstri 4.0 kapsamında şirketleri Endüstri 4.0'ın 5 boyutu araştırmada ele alınan strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür boyutlarına odaklanılmıştır. Bunlara ek olarak şirketlerin demografik özelliklerini betimleyici sorulara da yer verilmiştir. Bu şekilde ankette, şirketlere yöneltilmiş olan sorular betimleyici, açık uçlu ve 5'li Likert tipi olarak üç ana başlık altında toplanmaktadır.

Araştırma kapsamında ankette betimleyici 11 adet soru bulunmaktadır. Bu sorular, şirket hakkında genel bilgiler alınmasına yöneliktir. Endüstri 4.0'ın boyutlarına ilişkin (strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür) ise 62 soru bulunmaktadır. Bahsedilen 62 sorunun 37 adedi 5'li Likert tipi, 25 adedi açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Araştırma kapsamındaki şirketlerin yetenekleri ile potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek için ise açık uçlu sorular bulunmaktadır. Dolayısıyla, ankette toplamda 73 soruya yer verilmektedir.

Anketin uygulanmasına başlamadan önce, araştırma için Milli Savunma Üniversitesi Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü'nden ve Antalya Ticaret ve Sanayi Odası (ATSO)'nun yayınlamış olduğu “Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 durum tespiti: Ölçeğin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulama Projesi” nde Proje tasarım ve uygulama ekibinde en üst sırada yer alan ve Kitapçı¹¹⁷ tarafından geliştirilen ölçeği uygulamaya yönelik gerekli olan izin alınmıştır. Bahse konu izin belgesi Ek 2'dedir.

¹¹⁶ Şener Büyüköztürk ve diğ., *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, (Ankara, Pegem A Yayıncılık).

¹¹⁷ Olgun Kitapçı vd., a.g.r.

Araştırmada kullanılan ölçeğin kapsam geçerliliği ve bütünlüğü açısından değerlendirilmesi amacıyla Endüstri 4.0 konusunda uzman olan 3 kişiye ankette bulunan sorular iletilmiş ve bu soruların araştırma amacına uygunluğuna yönelik görüşleri alınmıştır. Uzmanların görüşleri neticesinde anketteki soruların kapsam geçerliliği teyit edilmiştir.¹¹⁸

Anketin, daha doğru ve sağlıklı şekilde doldurulabilmesi için açıklamalar gerekebileceği düşünülerek elden dağıtılması planlanmıştır. Fakat Covid-19 salgını nedeniyle E-posta üzerinden şirket yetkililerine iletilerek, sonrasında çevrimiçi ortamda görüşmeler aracılığı ile yüz yüze açıklamalar yapılmıştır. Anket öncelikle, 4 ana katılımcı olan şirket temsilcilerine iletilmiştir. Anketin ilk kısmında belirtilmiş olmakla birlikte, araştırmanın amacı ve muhtemel sonuçları hakkında ön bilgiler verilerek, şirket temsilcilerinin daha dikkatli ve istekli şekilde soruları cevaplaması teşvik edilmiştir. Anket verileri, betimleyici istatistikler yoluyla analiz edilmiştir.

4.4. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Bu çalışma kapsamında SAHA İstanbul'a üye olan Savunma ve Havacılık şirketleri evren olarak belirlenmiştir. SAHA İstanbul'un bu çalışmada evren olarak seçilmesinin en önemli nedeni bünyesinde Savunma, havacılık ve uzay sanayiinde faaliyet gösteren Türkiye'nin en büyük, üyesi olduğu Avrupa havacılık kümeleri birliğinin ikinci büyük kümelenmesi olmasıdır.¹¹⁹ Bu nedenle Türkiye'deki Savunma ve Havacılık şirketlerini temsil ettiği düşünülmektedir. SAHA İstanbul'un ilk kurulduğu 2015 yılında üye sayısı 27'dir. Günümüzde ise üye sayısı 725'e ulaşmıştır ve her geçen gün üye sayısı artmaktadır.¹²⁰

Çalışmanın evrenini SAHA İstanbul üyesi olan 725 şirket oluşturmaktadır. Çalışmanın örnekleme ise gönüllülük kistasıyla ve Savunma ve Havacılık Sanayiindeki güvenlik açısından var olan sınırlılıklar nedeniyle uygun örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.¹²¹ Diğer bir deyişle, Savunma ve Havacılık alanında faaliyet gösteren

¹¹⁸ Yüksel Terzi, "Anket, güvenirlik-geçerlilik analizi", https://personel.omu.edu.tr/docs/ders_dokumanlari/1030_32625_1500.pdf, [Erişim Tarihi: 02.05.2022].

¹¹⁹ <https://www.sahaistanbul.org.tr/kurumsal/biz-kimiz> [Erişim Tarihi: 21.04.2022].

¹²⁰ (2022, 21 Mart), <https://www.savunmasanayi.org/saha-istanbul-7-yasinda/#:~:text=Gelinen%20a%C5%9Famada%20Derne%C4%9Fin%20%C3%BCye%20say%C4%B1s%C4%B1,org.tr%20internet%20adresinden%20ula%C5%9F%C4%B1labilir.> [Erişim Tarihi: 31.03.2022].

¹²¹ Şener Büyüköztürk ve diğ., *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, (Ankara: Pegem A Yayıncılık, 2008).

şirketlerin uyguladıkları gizlilik kuralları nedeniyle araştırmaya dört şirket katılım sağlamıştır. Anket dört savunma ve havacılık şirketi ve toplam 14191 personeli temsil etmektedir. Şirketler, havacılık ve savunma sanayiinin bir gereği olarak gizliliğe önem verdiğinden ve katılımcı şirketlerin isteği doğrultusunda şirketlerin adı ve faaliyet alanları açıklanmayacaktır.

Ancak yine de şirketlerin yapısal özellikleri kısaca aşağıda verilmiştir. Şirket 1, Havacılık ve Uzay Sanayii kapsamında çalışmalar gerçekleştirmektedir. Şirket 2, Havacılık ve Uzay Sanayii kapsamında uçak modül ve parçaları üretmektedir. Şirket 3, Savunma, Havacılık ve Uzay sanayii kapsamında yazılım alanlarında çalışmalar yapmaktadır. Şirket 4, Havacılık ve Uzay Sanayii kapsamında sertifikasyon ve eğitim alanlarında çalışmalar yapmaktadır.

4.5. Araştırmanın Kısıtları ve Sınırlılıkları

Tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 salgını nedeniyle alınmış olan tedbirler diğer tüm sektörlerde olduğu gibi Savunma ve Havacılık sektöründe de etkilerini göstermiştir. Çalışmanın tüm veri toplama süreci COVID-19 kısıtlamaları dâhilinde yapılmıştır. Şirketlerin ziyaretçi kabul etmemesi, uzaktan çalışma tarzı, sokağa çıkma kısıtlamaları gibi nedenlerden dolayı personellerle yüz yüze görüşme durumunu oldukça azaltmıştır. Bu nedenle anketler E-posta yoluyla şirketler ile paylaşılmış ve uygulanması sırasında çevrimiçi ortamda gerekli koordinasyonlar sağlanmıştır.

Savunma ve havacılık sektörlerinde faaliyette bulunan şirketlerin gizliliğe verdikleri önem, şirketler hakkında bilgileri paylaşma hususunda çekimserliğe neden olmuştur. Şirketlerin gizliliğine olan riayetimiz doğrultusunda şirketlerin ismi, şirketlerin faaliyet alanları ankete dâhil edilmemiştir. Şirketlerin isimleri ve faaliyet alanları MSÜ Alparslan Savunma Bilimleri ve Millî Güvenlik Enstitüsü'nün Etik Kurulu kararlarında yer almaktadır. Çalışmanın evrenini SAHA İstanbul üyesi olan 725 şirket ile sınırlıdır. Araştırma bulguları 4 savunma ve havacılık şirketi ve toplam 14191 personeli temsil etmektedir.

4.6. Araştırma Problemi

Bu araştırmanın problem cümlesi şu şekilde oluşturulmuştur:

“Türkiye’deki savunma ve havacılık şirketlerinin Endüstri 4.0’ın 5 boyutu olarak strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi teknolojileri ve kültür boyutlarının her birine verilen önem derecesi ile mevcut durum seviyelerinin tespit edilmesi”

4.6.1. Araştırma Soruları

Ana problemin çözümüne yardımcı olması maksadıyla ve konunun daha detaylı olarak araştırılmasına imkân sağlaması için yukarıdaki literatür taramasında ve daha önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında aşağıdaki alt sorular araştırma kapsamında geliştirilmiştir:

- Savunma ve havacılık şirketlerinin demografik özellikleri nelerdir?
- Savunma ve havacılık şirketlerinin Endüstri 4.0’ın strateji boyutuna verdikleri önem derecesi (beklenti) ile mevcut durum seviyeleri (algı) arasında fark var mıdır? Varsa bu farklar nelerdir?
- Savunma ve havacılık şirketlerinin Endüstri 4.0’ın organizasyon yapısı boyutuna verdikleri önem derecesi (beklenti) ile mevcut durum seviyeleri (algı) arasında fark var mıdır? Varsa bu farklar nelerdir?
- Savunma ve havacılık şirketlerinin Endüstri 4.0’ın kaynaklar boyutuna verdikleri önem derecesi (beklenti) ile mevcut durum seviyeleri (algı) arasında fark var mıdır? Varsa bu farklar nelerdir?
- Savunma ve havacılık şirketlerinin Endüstri 4.0’ın bilgi sistemleri boyutuna verdikleri önem derecesi (beklenti) ile mevcut durum seviyeleri (algı) arasında fark var mıdır? Varsa bu farklar nelerdir?
- Savunma ve havacılık şirketlerinin Endüstri 4.0’ın kültür boyutuna verdikleri önem derecesi (beklenti) ile mevcut durum seviyeleri (algı) arasında fark var mıdır? Varsa bu farklar nelerdir?

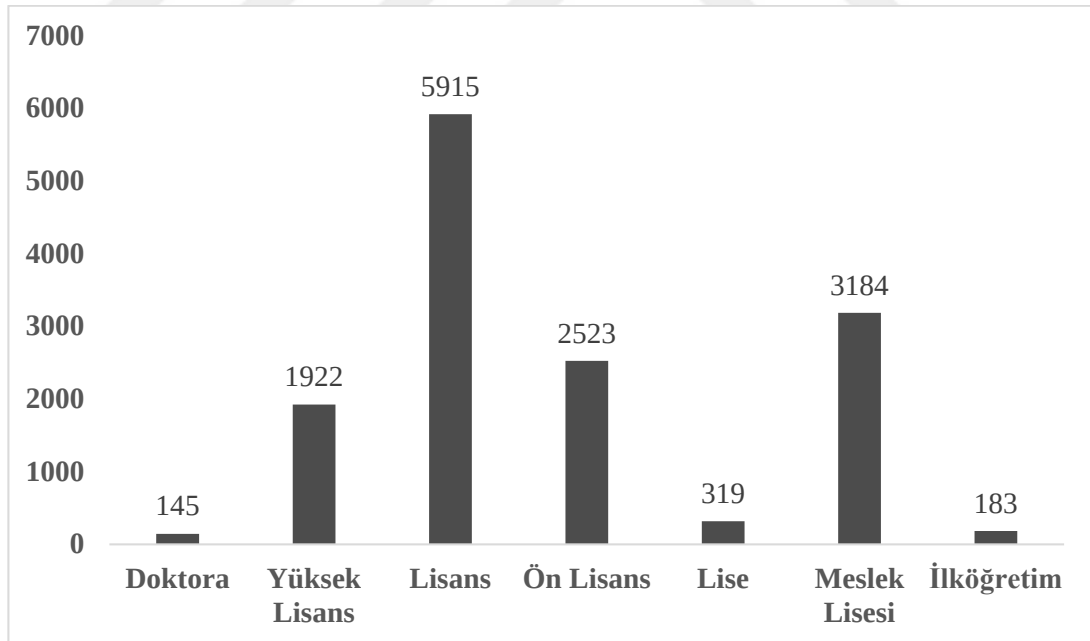
4.8. Analiz ve Bulgular

Çalışma kapsamında odaklanılan betimleyici istatistikler ile araştırmamızda Endüstri 4.0'ın beş boyutu olarak ele aldığımız strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri, kültür ile birlikte elde edilen bulgular aşağıda sırasıyla ele alınmıştır.

4.8.1. Tanımlayıcı İstatistikler: Şirketlerin Genel Özellikleri

Şirketlerin NACE kodları sorularak bu bölüme başlanmıştır. NACE kodu, şirketteki ekonomik faaliyetlerin dünya standartlarında tanımlanmasını ve karşılaştırılabilmesini sağlamaktadır.¹²² Dolayısıyla ülkemizde NACE kodu bulunan şirketlerin, Avrupa Birliği'ne uyum çalışmaları kapsamında faaliyetler gerçekleştirdiği söylenebilir. Anket sonuçları incelendiğinde, 4 şirketin 4'ünün de NACE kodunun bulunduğu görülmektedir.

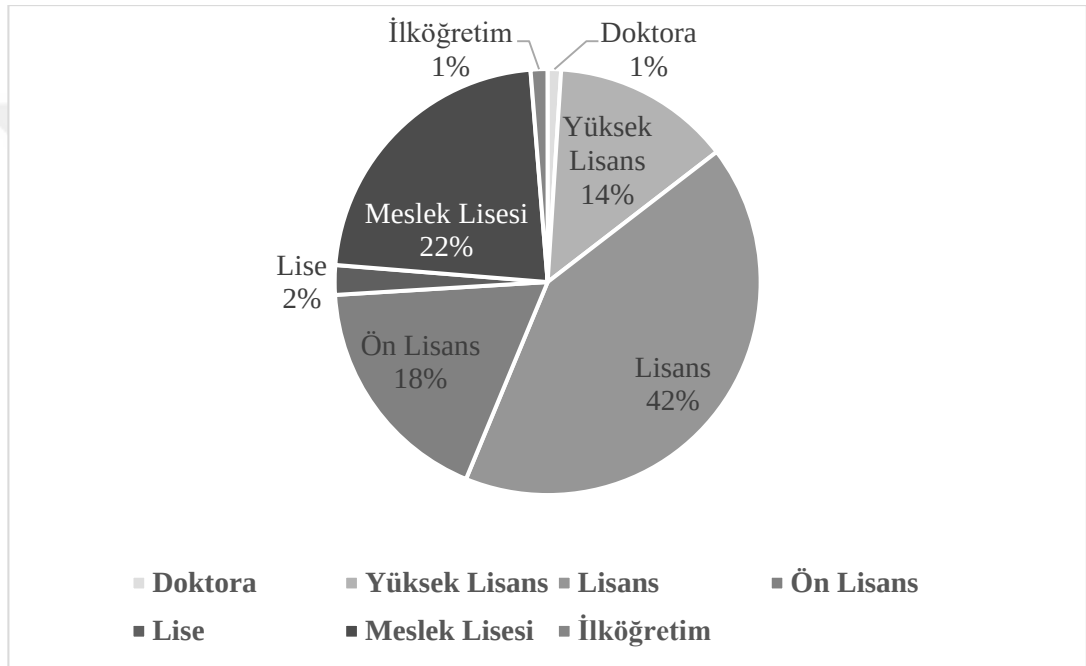
Çalışanların Eğitim Düzeyine Göre Dağılımı: Katılımcılardan şirkette çalışan toplam çalışan sayısını eğitim düzeylerine göre sınıflandırmaları istenmiştir. Şekil 4.1'de katılımcı 4 şirkette çalışan personelin eğitim seviyelerine göre dağılımları verilmektedir.



Şekil 4.1: Katılımcı Şirketlerdeki Personellerin Eğitim Seviyelerine Göre Dağılımı.

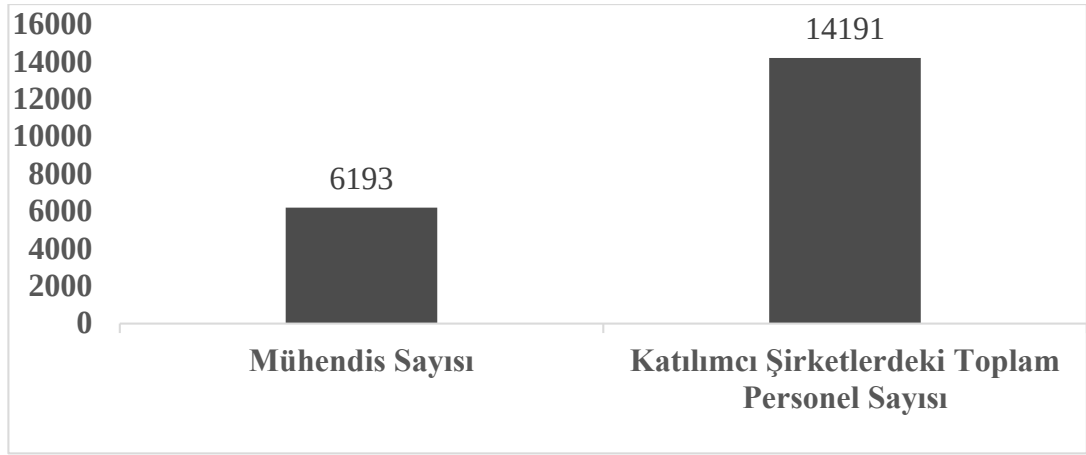
¹²²<https://www.isbank.com.tr/blog/nace-kodu-nedir#:~:text=NACE%20kod%C3%BCn%C3%BCn,faaliyet%20kod%C3%BCn%20olarak%20da%20bilinir.> [Erişim Tarihi: 03.04.2022].

Ankete katılan 4 şirketten gelen cevaplar ışığında, toplam personel sayısının 14191 olduğu saptanmıştır. Söz konusu işgücünün %1'inin ilköğretim mezunu %1, %22'sinin meslek lisesi, %2'sinin lise, %18'inin ön lisans, %42'sinin lisans, %14'ünün yüksek lisans, %1'inin doktora seviyesinde eğitim düzeyine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bahse konu işgücü ağırlıklı olarak %42 ile lisans mezunlarından oluşmaktadır. Lisansüstü programlardan mezun olan personellerin toplam personel sayısına oranı ise yalnızca %15 seviyesindedir. Aşağıdaki Şekil 4.2'de katılımcı şirketlerdeki personellerin eğitim seviyelerine göre oransal dağılımları verilmektedir.

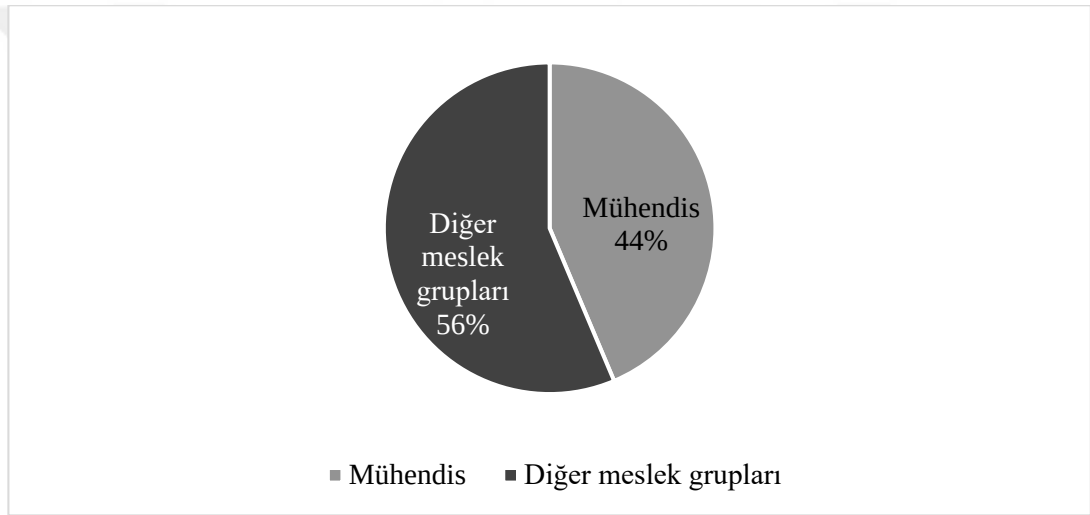


Şekil 4.2: Katılımcı Şirketlerdeki Personellerin Eğitim Seviyelerine Göre Oransal Dağılımı.

Şirkette Bulunan Mühendis Sayısı: Endüstri 4.0 terimi ile yakın ilişkisi nedeniyle mühendis olarak çalışan personel sayısı da ayrıca belirlenmiştir. Aşağıdaki Şekil 4.3'te katılımcı şirketlerde çalışan mühendis sayıları verilmektedir.



Şekil 4.3: Katılımcı Şirketlerde Çalışan Mühendis Sayısı.



Şekil 4.4: Katılımcı Şirketlerde Çalışan Mühendis Sayısının Diğer Meslek Gruplarına Göre Oransal Dağılımı.

Şekil 4.4'te ise mühendislerin diğer meslek gruplarına göre oransal dağılımları verilmektedir. Bu verilere göre, mühendis olarak görev yapan personelin toplam işgücüne oranının %44 olduğu tespit edilmiştir.

Ar-Ge Birimi Ve Çalışan Sayıları: Ankete katılım sağlayan 4 şirketin hepsinde Ar-Ge birimi bulunmaktadır. Bahse konu birimlerin 2 tanesi Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca (BSTB) Araştırma geliştirme (Ar-Ge) merkezi tescili almıştır. Diğer 2 şirket ise Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca (BTSB) Araştırma geliştirme (Ar-

Ge) merkezi tesciline sahip değildir. Bu bilgiler, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın Teknoağ portalından elde edilmiştir.¹²³

4 şirkette çalışan toplam personel sayısı 14191'tür. 4 şirketin 4 tanesi de Ar-Ge birimleri olduğunu belirtmiştir. 4 şirketten 3 tanesi Ar-Ge biriminde çalışan personel sayısını belirtmiştir. 3 şirketin toplam Ar-Ge personeli sayısı 3553'tür.

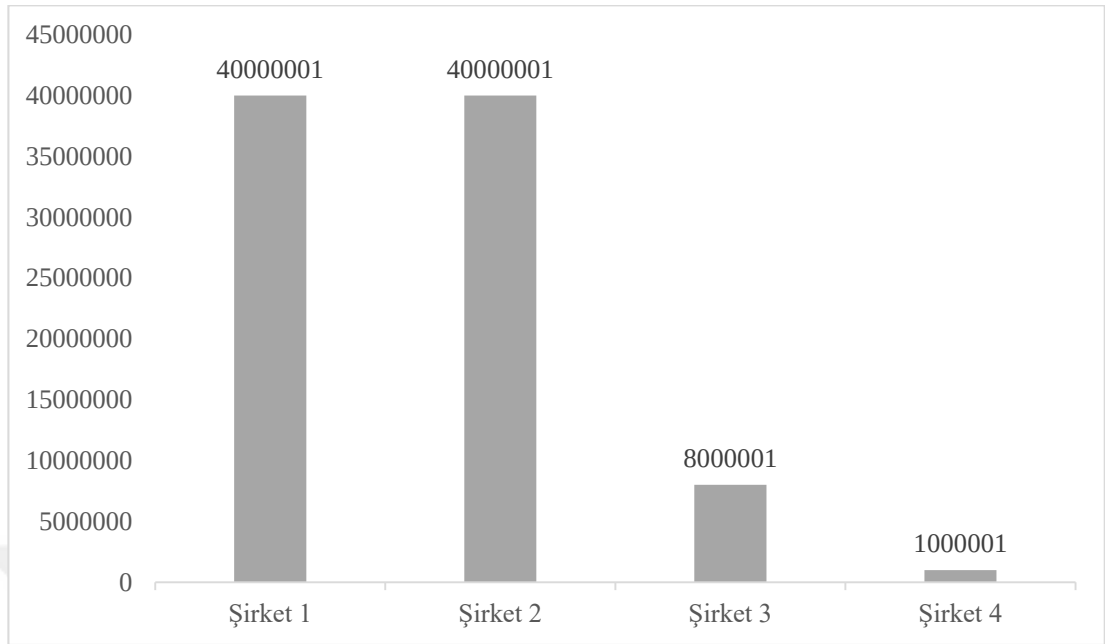
Ar-Ge biriminde çalışmakta olan toplam 3553 kişinin, toplam işgücüne oranı %25'tir. Bu oran Endüstri 4.0'a ilginin olduğunu fakat yine de bu bağlamda iyileştirme çalışmaları yapılabileceğini göstermektedir.

Endüstri 4.0 Alanında Çalışan Toplam Personel Sayısı: Araştırmaya katılım sağlayan şirketlere Endüstri 4.0 kapsamında çalışabilecek yeterliliklere sahip personel yetenekleriyle ilgili sorulmuş olan soruya verilen cevaplara yönelik dağılımlar şu şekildedir; 4 şirketten 3 tanesi Endüstri 4.0'a uygun bir yapıya sahip olduklarını belirtmiştir. Ancak gizlilik nedeniyle soruyu yanıtlayan 3 şirketten 2 tanesi personel sayısını belirtmemiştir. Cevap veren 1 şirket ise Endüstri 4.0 alanında çalışma niteliğine sahip 100 personeli olduğunu belirtmiştir. Şirketlerin, Endüstri 4.0 alanında çalışma yapan ya da yapabilecek yeterliğe sahip elektrik-elektronik, mekatronik, yazılım mühendisleri sayısı önemlidir. Çünkü bu alanlar, yaşam döngüsü ve tedarik zinciri süreçlerinin yönetimiyle ilgili olarak endüstriyel süreçlerde yenilik çalışmaları ve temel iyileştirmeler yapılması konularında kolaylıklar sağlamaktadır.¹²⁴

¹²³ <http://teknoag.sanayi.gov.tr/>, [Erişim Tarihi: 04.05.2022].

¹²⁴ ACATECH, a.g.r.

Şirketlerin Son 3 Yıldaki Ortalama Cirosu (TL Olarak):



Şekil 4.5: Şirketlerin Son 3 Yıldaki Ortalama Cirosu (TL).

Şekil 4.5'te, şirketlerin son 3 yıl içerisindeki ortalama ciroları incelendiğinde; 4 şirketten 2'sinin büyük ölçekli, 1'sinin orta ölçekli, 1'sinin küçük ölçekli olduğu tespit edilmiştir. Şirketlerin karlılıklarının son 5 yıl içerisindeki değişimlere göre, şirketlerin %50'sinin artan bir eğilimde, %50'sinin ise değişken bir eğilimde olduğu belirtilmiştir.

Şirketlerin Faaliyet Kapsamı:

Son olarak, şirketlerin faaliyet kapsamı incelenmiştir. Bahse konu dağılıma göre, şirketlerin hepsi havacılık ve savunma alanında faaliyet göstermektedir. Şirketlerden 2 tanesi uluslararası ölçekte, 2 tanesi ise küresel ölçekte faaliyet göstermektedir. Şirketlerin küresel ölçekte faaliyet göstermesi, birden fazla ülkede şube, ofisleri olduğu ve aynı zamanda ürünlerinin dünya genelinde dağıtımının yapıldığı anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, ürünlerinin satıldığı çeşitli ülkelerde yatırımları olduğu anlamına gelmektedir. Şirketlerin uluslararası ölçekte faaliyet göstermesi ise, ülkeler arası etkileşimi ifade etmektedir. Uluslararası ölçekte faaliyet gösteren şirketlerin, birbirlerinin ülkelerinde herhangi bir yatırımda bulunmadıkları anlamına gelmektedir.

4.8.2. Strateji Boyutu Bulguları ve Değerlendirmeleri

Katılımcı şirketlere, Endüstri 4.0'ın strateji boyutu hakkında 6 adet açık uçlu soru yöneltilmiştir. Alınan yanıtlar aşağıdaki Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Katılımcı Şirketlerin Endüstri 4.0'ın Strateji Boyutu Hakkında Nitel Sorulara Verdiği Yanıtlar.

Soru Numarası	Şirket 1	Şirket 2	Şirket 3	Şirket 4
1.1.	Evet	Evet	Evet	Evet
1.2.	Evet	Evet	Evet	Evet
1.3.	Evet.	Evet.	Evet.	Evet.
1.4.	Evet	Evet	Genel bir kanı bulunmakta.	Evet.
1.5.	Evet	Evet	Evet	Evet
1.6.	Evet	Evet	Evet	Cevapsız Bırakıldı.

1.1. soruda şirketlere “**Şirketinizin sahip olduğu vizyon nedir?**” sorusu sorulduğunda 4 şirketin vermiş olduğu, 4 yanıtında vizyon ifadesi içerdiği değerlendirilmiştir. Şirketlerin gizliliğine olan riayetimiz nedeniyle kullanılan vizyon ifadelerine yer verilmemiştir.

1.2. soruda şirketlere “**Şirketinizin sahip olduğu misyon nedir?**” sorusu sorulduğunda 4 şirketin vermiş olduğu 4 yanıtında misyon ifadesi içerdiği değerlendirilmiştir. Şirketlerin gizliliğine olan riayetimiz nedeniyle kullanılan misyon ifadelerine yer verilmemiştir.

1.3. soruda şirketlere “**Şirketinizin mevcut stratejisi var mıdır? Varsa mevcut stratejisi nedir?**” diye sorulduğunda 4 şirketin 4'ünün “evet” cevabını vermişlerdir. 3 şirket çeşitli seviyelerde strateji ifadelerini belirtmişlerdir. İletilen ifadeler incelendiğinde 3 şirketin stratejilerini net olarak ifade ettiği, diğer 1 şirketin cevabının

strateji ifadesi şeklinde değerlendirilemeyeceği gözükmemektedir. Ankete katılan 2 firmanın stratejilerinin belirlenmesi, yönetilmesi ve şirket içi yayılım hususlarında iyileştirmeye açık konuların olduğu değerlendirilmiştir.

1.4. soruda şirketlere **“Tanımlı stratejik hedefleriniz mevcut ise üst ve orta seviyedeki yöneticileriniz ve personellerinizce biliniyor mu? Açıklayınız.”** Diye sorulduğunda 4 şirketin 3 tanesi “evet” cevabını vermiştir. Diğer 1 şirket ise “*genel bir kanı olduğu*” ifadelerine yer vermiştir.

Stratejilerin şirket içi bilinirliği ile ilgili olarak 2 şirket stratejilerin sistematik olarak, belirlenen ortamlarda yönetici ve personellere aktarıldığını belirtmişlerdir.

1.5. soruda şirketlere **“Tanımlı Ar-Ge ve yenilik stratejik hedef(ler)iniz mevcut mudur? Evetse belirtiniz.”** Diye sorulduğunda 4 şirket *hâlihazırda mevcut bir Ar-ge ve inovasyon stratejilerinin mevcut olduğunu* belirtmiştir. 2 şirket ise çeşitli düzeylerde örnekler vermişlerdir. Verilen cevaplar incelendiğinde 2 şirketin olgunluk seviyesi yüksek, iyi izah edilmiş, yön belirten ve gelecekteki Ar-Ge harcamalarını yöneltebilecekleri konuların net olarak belirtildiği ifadeler olduğu değerlendirilmiştir. 1 şirket konuyla ilgili örnek vermemiş, 1 şirket ise genel geçer ifadeler kullanarak cevap vermiş, stratejiye yönelik herhangi bir cümle kurmamıştır.

1.6. soruda şirketlere **“Tanımlı Endüstri 4.0 stratejisi hedef(ler)iniz mevcut mudur? Evetse belirtiniz.”** Diye sorulduğunda 3 şirket “evet” cevabını vermiştir. 1 şirket soruya yanıt vermemiştir. Evet yanıtını veren firmaların 1 tanesinin derinliği yüksek sayılabilecek ifadelerden olduğu değerlendirilmiştir. *Organizasyon yapısı, dijitalleşme ve örgüt kültürünü* de kapsayan stratejik tanımlara rastlanılmıştır. 1 şirketin ise derinliği düşük sayılabilecek ifadelerden oluşan bir cevap verdiği değerlendirilmektedir.

4.8.3. Organizasyon Yapısı Boyutu Bulguları ve Değerlendirmeleri

Endüstri 4.0’ın organizasyon yapısı boyutu kapsamında katılımcı şirketlere 7 adet açık uçlu soru sorulmuştur. Açık uçlu sorulara verilen yanıtlar Tablo 4.2.’de gösterilmiştir. 7 adet açık uçlu soru ile beraber 10 adet 5’li Likert ölçeğiyle hazırlanmış anket sorusu sorulmuştur. Nicel sorulara verilen yanıtlar Tablo 4.3.’te gösterilmiştir. Yapılan analizler doğrultusunda, 10 önermenin 8 tanesi için atfedilen önem ile hâlihazırdaki mevcut durum arasında farklar olduğu değerlendirilmektedir.

Verilen önem, şirketlerin beklentileri anlamına gelmektedir. Mevcut durum ise, şirketlerin algıları anlamına gelmektedir. 10 önermenin 8 tanesine verilen önem seviyelerinin, önermelere yönelik içinde bulunulan durumdan daha yüksek düzeylerde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.2: Katılımcı Şirketlerin Endüstri 4.0'ın Organizasyon Yapısı Boyutu Hakkında Nitel Sorulara Verdiği Yanıtlar.

Soru Sayısı	Şirket 1	Şirket 2	Şirket 3	Şirket 4
2.1.	Evet, Yazılı İş Tanımı, Üst-Ast İlişkisi, Çapraz İletişim.	Evet, Yazılı İş Tanımı.	Hayır.	Evet.
2.8.	Evet.	Evet.	Evet.	Cevapsız bırakıldı.
2.9.	Evet.	Evet.	Yapı yok. Bazı alanlarda, çeşitli uygulamalarla geri bildirim verilebiliyor.	Hayır.
2.12.	Uygundur.	Uygundur.	Üretim hattı yok, Yazılım şirketi.	Üretim hattı yok, Sertifikasyon ve Eğitim Şirketi
2.15	Uygundur.	Uygundur.	Evet.	Evet.
2.16	Evet.	Evet.	Hayır	Evet.
2.17.	Evet.	Cevapsız bırakıldı.	Evet. İş yapış şekli, Çalışma ortamı, Kariyer planlaması, Hedef/yetkinlik bazlı performans sistemi, Eğitim sisteminde iyileştirmeler, Aday	Evet. Genel ofis çalışma kuralları, Özlük hakları

Tablo 4.2 – devam.

			mühendislik programı, Aday deneyimi anketi.	
--	--	--	--	--

2.1. soruda şirketlere, “**Şirket personellerinize uygulanabilir durumda olan yazılı iş tanımı, sözlü iş tanımı, usta-çırak ilişkisi vb. mevcut mudur? Mevcutsa belirtiniz.**” diye sorulduğunda, 4 şirketin 3’ü evet, 1’i ise hayır cevabını vermiştir. Evet cevabını veren şirketlerin 1 tanesi *etkin üst-ast ilişkileri ve birimler arası çapraz iletişim sayesinde, görev ve bilgileri uygun şekilde paylaşabildiklerini* belirtmiştir.

2.8. soruda şirketlere, “**Şirketinizde güncel olarak mevcut olan teknolojiler hakkında eğitim veriliyor mu? Cevabınız veriliyor ise, örnek yazınız.**” diye sorulduğunda, 4 şirketin 3 tanesi evet cevabını vermiştir. 1 şirket ise soruyu *cevapsız* bırakmıştır. Evet yanıtı veren 2 şirket örneklerle konuyu detaylandırmıştır. Şirketlerden 1 tanesi personellerine kendi bünyelerinde *makine öğrenmesi, aviyonik sistemler, kompozit malzemeler* gibi konularda eğitimler verdiklerini, güncel teknolojiler ile ilgili olarak da dış kaynaklardan eğitim sağladıklarını belirtmişlerdir. Diğer şirket ise *hava savunma sistemleri* ile ilgili eğitimler verdiklerini söylemişlerdir.

2.9. soruda şirketlere, “**Şirketinizde mevcut bir geri bildirim (feed-back) yapınız var mı? Var ise yazınız.**” diye sorulduğunda, 4 şirketten 2 tanesi evet yanıtını vermiştir. Evet yanıtı veren şirketlerden 1 tanesi, *belirli bir fonksiyonda görev yapan personelin diğer personelin tecrübelerinden faydalanması, ortaya çıkan veya çıkması muhtemel problemlerin tekrarlanmaması ve en iyi uygulamalardan yararlanılarak başarıların azami seviyeye çıkarılması amacıyla kurulmuş olan Tecrübe Paylaşım Platformu kurumsal sistemlerinin bulunduğunu* söylemiştir. Bununla birlikte, ayrıca *çeşitli operasyonlar kapsamındaki süreçlerin farkındalığı ve hizmetlerin memnuniyetini ölçmenin yanı sıra geri bildirimler toplamak amacıyla anket çalışmalarını* sistematik olarak gerçekleştirdiklerini belirtmiştir. Yanı sıra, *müşteri geri bildirimlerini sürekli olarak aldıklarını, müşteri verisi ve geri bildirimi analizi* gerçekleştirdiklerini ifade etmiştir. Evet yanıtı veren diğer şirket ise, *kurumsal yönetim süreçleri kapsamında yönetici – çalışan geri bildirim mekanizmasının bulunduğunu* söylemiştir.

2.12. soruda şirketlere, “**Şirketinizdeki mevcut organizasyon yapınız daha hızlı üretim ya da esnek üretim yöntemleri açısından ne düzeyde uygun? Değerlendiriniz.**” diye sorulduğunda, 4 şirketin 2’si evet yanıtı vermiştir. Evet yanıtı veren şirketlerden 1’i, Savunma ve Havacılıkta *yüksek güvenlik, kalite ve müşteri odaklı olma* ilkesinin ön plana çıktığını, havacılık endüstrisine uygun olabilecek *hızlı üretim ve otomasyon teknolojilerinin* şirketlerine kazandırılmasına yönelik faaliyetler sürdürdüklerini söylemiştir. Şirketin *organizasyon yapısı, yeni organizasyonel birimlerin oluşturulması, süreçlerin geliştirilmesi ve yetkin çalışanların istihdamı* açısından dinamiklik sağladığını belirtmiştir. Dolayısıyla, *dijital dönüşüm, yapay zekâ ve bilgi teknolojilerine yönelik organizasyonel yapılar etkin olduğunu, bu organizasyon yapısının da hızlı üretim ve esnek üretim yöntemlerini uygulanabilir kıldığı* ifadelerine yer vermiştir.

2.15. soruda şirketlere, “**Şirketinizin ortamı personellerinizin yaratıcılıklarını arttırmasına uygun mudur?”** diye sorulduğunda, 4 şirketin 4’ü de uygun olduğunu söylemiştir. 1 şirket ise şirket çalışanlarının yaratıcılıklarının artırılmasına yönelik *eğitimler (TRIZ, inovasyon, girişimcilik vb.) düzenlendiğini, Kurumsal Öneri Sistemi aracılığı ile çalışanların inovasyon önerileri toplanmakta olduğunu ve inovasyon süreçlerine katılımı sağladıklarını* belirtmiştir. Ayrıca, *açık inovasyon ve kurum içi girişimcilik faaliyetlerini yöneten bir organizasyonel birimin bulunduğunu, yanı sıra, çalışanlarının şirketin teknoloji yol haritasına, Ar-Ge ve teknoloji geliştirme faaliyetlerine katkı sağladığı* ifadelerine yer vermiştir.

2.16. soruda şirketlere, “**Şirketinizdeki personellerinizin özgüvenini olumlu yönde etkilemek amacıyla kullandığınız bir motivasyon sisteminiz mevcut mudur? Mevcutsa yazınız.**” diye sorulduğunda, 4 şirketin 3’ü evet yanıtı vermiştir. Evet yanıtı veren şirketlerden 1’, çalışanların motivasyonunu artırmaya yönelik pek çok faaliyet gerçekleştirdiklerini ve bu amaca yönelik, *ödüllendirme mekanizmaları, kişisel gelişimi destekleyici eğitimler, farklı disiplinlerde teknik eğitimler, kariyer yönetimi prosedürü, fikir toplama süreçlerine katılımın teşviki, lisansüstü çalışmaların teşviki, şirket içi sosyal aktiviteler ve motivasyonu artırıcı birçok faaliyeti kapsayan Yüksek İrtifa Programı* gibi uygulamaların mevcut olduğunu belirtmiştir. Evet cevabı veren bir diğer şirket ise, *çeşitli İ.K uygulamalarının* bulunduğunu söylemiştir.

2.17. soruda şirketlere, “**Anketimizin 2. bölümü olan organizasyon kısmındaki sorular dolayısıyla şirketinizde iyileştirmeler yapmayı düşünüyor musunuz?**”

Düşünüyorsanız, örnek veriniz.” diye sorulduğunda, 4 şirketin 3’ü evet yanıtını vermiştir. 1 şirket ise *cevapsız* bırakmıştır. Evet yanıtı veren şirketlerin biri, İş yapış şekli, çalışma ortamı, kariyer planlaması, hedef/yetkinlik bazlı performans sistemi, eğitim sisteminde iyileştirmeler,

aday mühendislik programı, aday deneyimi anketi konularında iyileştirmeler yapmayı düşündüklerini söylemiştir. Evet yanıtını veren diğer bir şirket ise, Genel ofis çalışma kuralları ve özlük hakları konularında iyileştirmeler yapmayı düşündüklerini belirtmiştir.

Aşağıdaki Tablo 4.3.’te ve Şekil 4.6’da şirketlerin nicel sorulara vermiş oldukları yanıtların ortalamaları ve ortalama farkları yer almaktadır. Ortalama önem düzeyi (beklenti) 4 şirketin ilgili sorulara verdikleri cevapların ortalaması demektir. Ortalama önem düzeyi 4 ve üzerinde ise o konunun şirketler için çok önemli olduğu söylenebilir. Ortalama mevcut durum (algı) ise 4 şirketin ilgili sorulara verdikleri cevapların ortalaması anlamına gelmektedir. Ortalama fark ise, ortalama önem düzeyi (beklenti) ile ortalama mevcut durum (algı) arasındaki fark demektir. Ortalama önem düzeyi ile ortalama mevcut durum arasında fark olması durumunda, şirketlerin o konulara odaklanıp, iyileştirmeler yapması gerektiği anlamına gelmektedir.

Tablo 4.3: Şirketlerin Organizasyon Yapısı Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.

Soru	Ortalama Fark	Ortalama Önem Düzeyi	Ortalama Mevcut Durum
1. Çalışanlar işletme hedefleri dâhilinde proje temelli disiplinler arası çalışmalarda ne sıklıkla yer almaktadır?	1.25	5	3.75
2. Çalışanlar ne sıklıkla farklı departmanlarda çalışmakta ve yetkinlik geliştirmektedir?	0.75	3.75	3.00
3.İşletmenizde çalışanlarınızın operasyonel süreçlerde karar/ inisiyatif alma düzeyi nedir?	0.25	4.00	3.75

Tablo 4.3 – devam.

4. Alınan bu kararların merkezi yönetim kararlarına etki düzeyi nedir?	0.75	4.00	3.25
5. Çalışanların organizasyonlardaki hatalarının işletmenin operasyonlarına etki düzeyi nedir?	2.00	4.50	2.50
6. Akıllı fabrika/ ürün/ üretim gibi kavramlar konusunda firma yöneticilerinin bilgi düzeyi nedir?	0.00	3.33	3.33
7. İşletme müşteriden ne sıklıkla geri bildirim alınmakta mıdır?	0.75	5.00	4.25
8. Müşterilerden alınan geri bildirimler ürün geliştirme süreçlerinde kullanılmakta mıdır?	0.75	5.00	4.25
9. Müşterilerinizin (b2b veya b2c) taleplerini/ problemlerine belirli teknolojiler ve yöntemler kullanmak suretiyle ne düzeyde yerine getirebilmekte/ çözüm bulabilmektesiniz?	0	3.75	3.75
10. Değişen pazar koşullarına uyum sağlama yetkinlik düzeyi nedir?	0.75	4.00	3.25

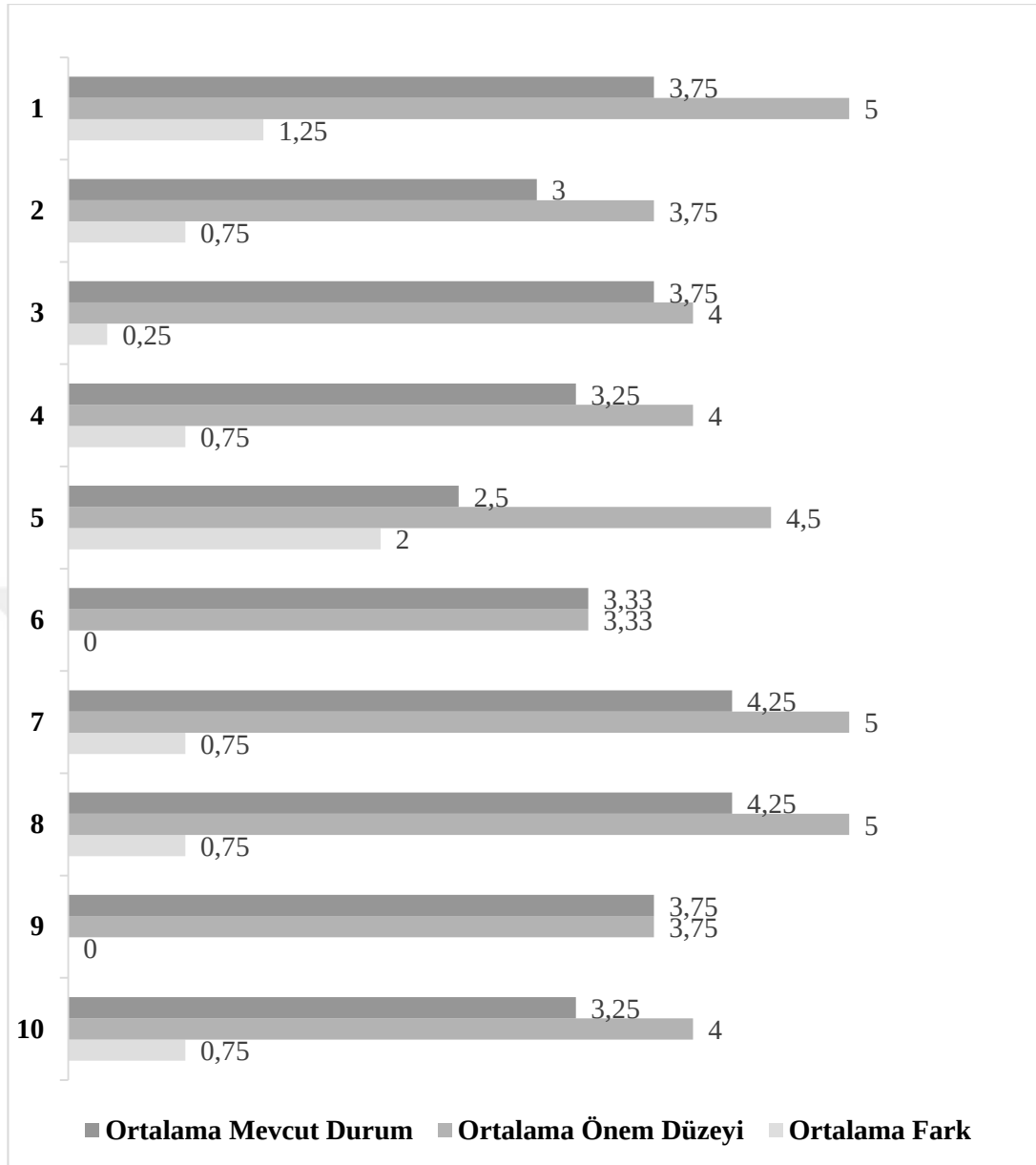
Sorulara verilen yanıtlardaki önem seviyelerine bakıldığında, organizasyon yapısı açısından şirketler için en önemli konuların, *personellerin şirket hedefleri dâhilinde proje temelli disiplinler arası çalışmalarda yer alma sıklığı, müşterilerden sıklıkla geri bildirim alınması ve müşterilerden alınan geri bildirimlerin ürün geliştirme süreçlerinde kullanılması* olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, *akıllı*

fabrika/ürün/üretim gibi kavramlar konularında şirket yöneticilerinin bilgi seviyesinin çok da önemli bir boyut olarak görülmediği söylenebilir.

Sorulara verilen yanıtlardaki, mevcut durumlara bakıldığında, *müşteri geri bildirimlerini almak ve bu geri bildirimleri ürün geliştirme süreçlerinde kullanma* konularında şirketlerin en iyi performansı sergiledikleri görülmektedir.

Şirketlerin verdikleri önem ile mevcut durum arasındaki farkın en fazla olduğu konunun, *çalışanların organizasyonlardaki hatalarının işletmenin operasyonlarına etki düzeyi olduğu*, ikincil olarak ise, *çalışanların işletme hedefleri dâhilinde proje temelli disiplinler arası çalışmalarda bulunma sıklıkları* konusu olduğu görülmektedir. Bu iki konuyu sırasıyla, *çalışanların çeşitli departmanlardaki yetkinlikleri, çalışanların inisiyatifleri doğrultusunda almış oldukları kararların merkezi yönetim kararlarına etkileri, müşterilerden alınan geri bildirimlerin sıklığı, müşterilerden alınmış olan bu geri bildirimlerin ürün geliştirme süreçlerine dâhil edilmesi ve değişen pazar şartlarına uyumlanma* konuları takip etmektedir.

Şekil 4.6’da şirketlerin sorulara vermiş oldukları yanıtların ortalamaları ve ortalama farkları yer almaktadır



Şekil 4.6: Şirketlerin Organizasyon Yapısı Boyutunda Nicel Cevaplarının Ortalaması.

İdeal durumlara en yakın performansın gözlemlendiği konular ise, *müşterinin(b2b veya b2c) talepleri ya da sorunlarını yerine getirebilmekte veya çözüm bulmakta, akıllı fabrika/ ürün/ üretim gibi kavramlarda şirket yöneticilerinin bilgi seviyeleri ve şirket personellerinin operasyonel aşamalarda inisiyatif almalarını* ifade eden konulardır.

4.8.4. Kaynaklar Boyutu Bulguları ve Değerlendirmeleri

Endüstri 4.0'ın kaynaklar boyutu kapsamında katılımcı şirketlere 10 adet açık uçlu soru sorulmuştur. Açık uçlu sorulara verilen yanıtlar Tablo 4.4.'te gösterilmiştir. 10

adet açık uçlu soru ile beraber 7 adet 5’li Likert ölçeğiyle hazırlanmış anket sorusu sorulmuştur. Nicel sorulara verilen yanıtlar Tablo 4.5.’te gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Katılımcı Şirketlerin Endüstri 4.0’ın Kaynaklar Boyutu Hakkında Nitel Sorulara Verdiği Yanıtlar.

Soru Sayısı	Şirket 1	Şirket 2	Şirket 3	Şirket 4
3.1.1.	Evet.	Cevapsız bırakıldı.	Evet.	Hayır
3.1.2.	Evet.	Evet.	Hayır.	Hayır
3.3.1.	Evet.	Evet.	Evet.	Hayır
3.3.2.	Evet.	Evet.	Hayır.	Hayır
3.3.6.	Evet.	Evet.	Hayır.	Hayır
3.3.9.	Evet.	Evet.	Evet.	Hayır.
3.3.10.	Evet.	Cevapsız Bırakıldı.	Evet. Güncel yazılım ve donanımlara geçişte iyileştirme.	Cevapsız Bırakıldı.

3.1.1. soruda katılımcı şirketlere *Yeni ve güncel teknolojilere yatırım amacıyla alabileceğiniz kredi imkânı ya da finansmanınız var mı?* Diye sorulduğunda; 4 şirkette 2 tanesi evet, 1 tanesi hayır yanıtını vermiş, 1 tanesi ise cevapsız bırakmıştır.

3.1.2. soruda katılımcı şirketlere *Hâlihazırda içinde bulunduğunuz sektör dışındaki alanlara yatırım yapma fikriniz var mı? Var ise örnek yazınız.* Diye sorulduğunda; 2 şirket evet yanıtı vermiş, 2 şirket ise hayır yanıtı vermiştir. Evet yanıtı veren 2 şirketten 1 tanesi örnekler vermiştir. Şirketlerin gizliliğine olan riayetimiz nedeniyle örnekler verilmemiştir.

3.3.1. soruda katılımcı şirketlere *Haberleşme portları ile operasyonlara arası veri alışverişi yapabiliyor musunuz? Evetse örnek yazınız.* Diye sorulduğunda; 4 şirketten 3’ü evet yanıtı vermiş, 1 şirket ise hayır yanıtı vermiştir. Evet yanıtı veren 3 şirketten 2 tanesi örnekler vermiştir. Şirketlerin gizliliğine olan riayetimiz nedeniyle örnekler verilmemiştir.

3.3.2. soruda katılımcı şirketlere **Endüstri 4.0 düzeyinde teknolojik makineleriniz var mı? (İnsansız, kendi kendine çalışıyor mu?)** Diye sorulduğunda; 4 şirketten 2 tanesi evet, 2 tanesi hayır yanıtı vermiştir. Hayır yanıtı veren şirketler, yazılım, eğitim ve sertifikasyon alanları faaliyet gösterdikleri için üretim hatları bulunmadığını belirtmiştir.

3.3.6. soruda katılımcı şirketlere **Operasyonunuzun üretim sürecinde sensör kullanabilmekte misiniz? Evet ise örnek yazınız.** Diye sorulduğunda; 4 şirketten 2 tanesi evet, 2 tanesi hayır yanıtını vermiştir.

3.3.9. soruda katılımcı şirketlere **Makinalar ve şirket personellerinizin arasındaki bilgi alışverişini sağlayan donanımlar, kablosuz bağlantı sistemleri gibi örneklerini verebilecek olduğumuz ara sistemler mevcut mudur?** Diye sorulduğunda; 4 şirketten 3'ü evet yanıtını vermiş, 1 şirket ise hayır yanıtını vermiştir. Evet yanıtını veren 3 şirketten 2 tanesi örnekler vermiştir. Şirketlerin gizliliğine olan riayetimiz nedeniyle örnekler verilmemiştir.

3.3.10. soruda katılımcı şirketlere **Anketimizin 3. bölümü olan kaynaklar kısmındaki sorular dolayısıyla şirketinizde iyileştirmeler yapmayı düşünüyor musunuz? Düşünüyorsanız, örnek veriniz.** Diye sorulduğunda; 4 şirketten 2'si evet yanıtını vermiş, 2 şirket ise cevapmış bırakmıştır. Evet yanıtı veren şirketlerden 1 tanesi sistemin daha iyi çalışması için güncel yazılımlara ve donanımlara geçiş konularında iyileştirmeler planladıklarını belirtmiştir.

Aşağıdaki Tablo 4.5'te nicel sorulara verilen yanıtların ortalaması gösterilmiştir. Ortalama önem düzeyi (beklenti) 4 şirketin ilgili sorulara verdikleri cevapların ortalaması demektir. Ortalama mevcut durum (algı) ise 4 şirketin ilgili sorulara verdikleri cevapların ortalaması anlamına gelmektedir. Ortalama fark ise, ortalama önem düzeyi (beklenti) ile ortalama mevcut durum (algı) arasındaki fark demektir. Ortalama önem düzeyi ile ortalama mevcut durum arasında fark olması durumunda, şirketlerin o konulara odaklanıp, iyileştirmeler yapması gerektiği anlamına gelmektedir. Ortalama önem düzeyi 4 ve üzerinde ise o konu şirketler için çok önemli demektir.

Tablo 4.5: Şirketlerin Kaynak Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.

Soru	Ortalama Fark	Ortalama Önem Düzeyi	Ortalama Mevcut Durum
1. Personelleriniz arası yatay formal iletişim ne düzeydedir?	0,5	4,75	4,25
2. Personelleriniz arası dikey formal iletişim ne düzeydedir?	0,25	4,25	4
3. Şirketinizdeki hâlihazırdaki mevcut cihazlarınızın haberleşme portlarını kullanım düzeyi nedir?	0	3,33	3,33
4. Şirketinizdeki halihazırdaki mevcut makinelerinizin/ekipmanlarınızın mevcut veya sensör entegre edilmiş olarak veri toplayabilme konusundaki bilgi düzeyiniz nedir?	0	3,33	3,33
5. Üretim öncesi ve üretim süreçlerinde şirketinizdeki halihazırda mevcut olan makinalarca, insandan bağımsız olarak yani otomatik olarak, hatalar tespit edilip ve kalibrasyon yapılabilmekte midir?	0	3,33	3,33
6. Personellerinizin sensör gibi dijital araçlar vasıtasıyla üretilen verileri stratejik kararlar alınırken kullanma seviyeleri nedir?	0,33	3,33	3
7. Üretim aşaması RFID / Akıllı sensörler vasıtasıyla takip edilip bununla birlikte bu sistemlerden toplanan veriler direkt olarak karar destek sistemlerini besleyecek şekilde midir?	0	3	3

Kaynaklar boyutunun verileri incelendiğinde, mevcut durumda 7 önermenin 2 tanesinin 4 ve üzeri olduğu görülmektedir. İlk 2 soruya 4 şirketin 4 tanesi, son 5 soruya ise 4 şirketin 3 tanesi cevap vermiştir.

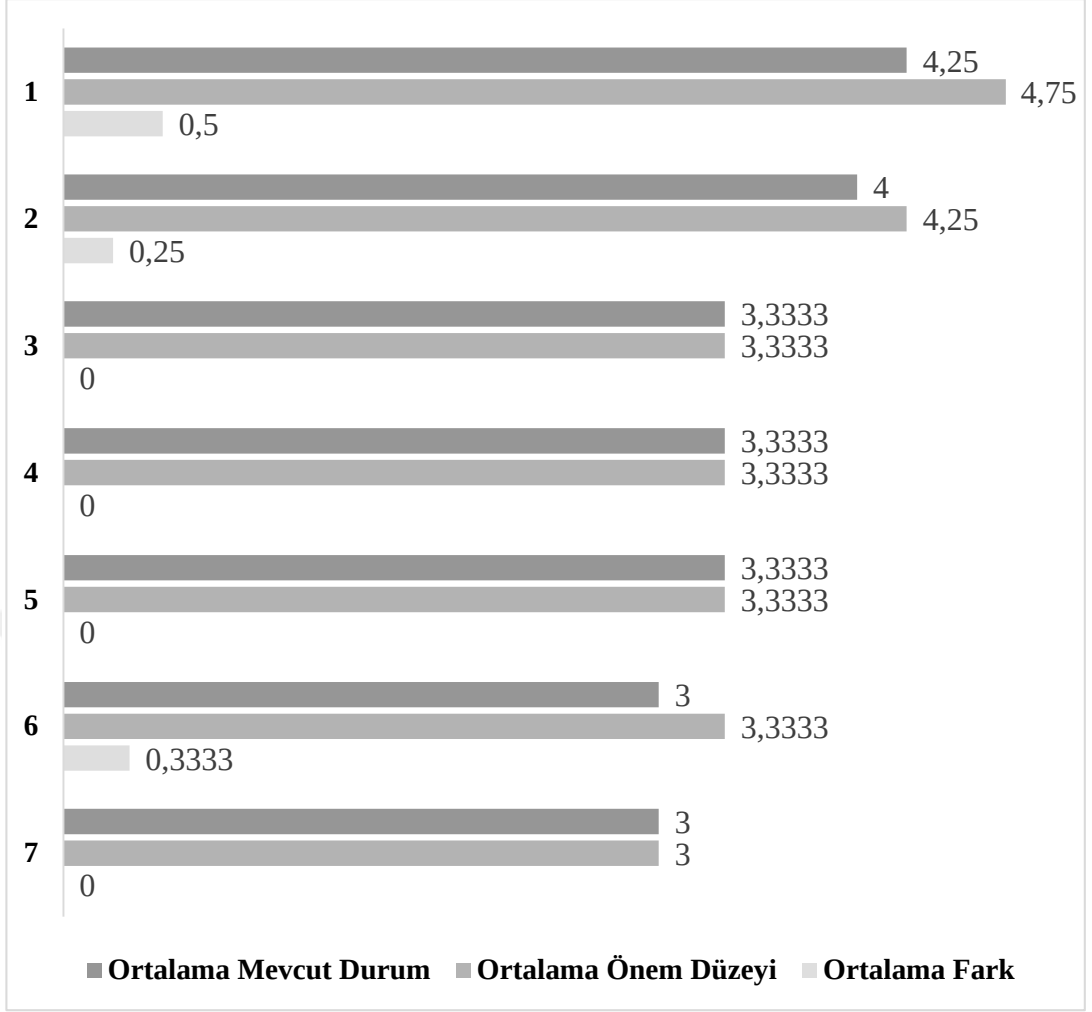
Ortalama önem düzeyi bölümüne baktığımızda ise, şirketlerin kaynaklar boyutu açısından en çok önemsendiği nokta *personeller arası yatay iletişim*, ikinci olarak ise,

dikey iletişim düzeyleri olduğu görülmektedir. Diğer önermeler de, aldıkları değerlendirmelere bakıldığında, mühim olarak görülmektedirler.

Yatay iletişim en önem verilen konulardan biri olmasına rağmen, şirketlerin mevcut durumda en fazla eksik kaldıkları nokta olarak görülmektedir, fakat hâlihazırda bulunulan durum ve ortalama önem düzeyi arasında fark olsa da yine de ideale oldukça yakındır. *Personellerin sensörler gibi dijital araçlardan çıkan verileri stratejik karar alma süreçlerine dâhil etmelerine* verilen önem ve mevcut durum arasında fark görülmektedir. Bu konuda iyileştirmeler yapılabilir. Bunların yanı sıra personellerin dikey iletişim düzeylerine verilen önem ve mevcut durum arasında da farklar görülmektedir. Bu durum da ideale yakındır, iyileştirilebilir.

İdeal durumlara en yakın performansın gözlemlendiği konular ise, *şirketlerdeki hâlihazırdaki mevcut cihazların haberleşme portlarını kullanım düzeyi, halihazırdaki mevcut makinelerin/ ekipmanların mevcut veya sensör entegre edilmiş olarak veri toplayabilme konusundaki bilgi düzeyi, üretim öncesi ve üretim süreçlerinde halihazırda mevcut olan makinalarca, insandan bağımsız olarak yani otomatik olarak, hatalar tespit edilip ve kalibrasyon yapılabilmesi ve Üretim aşamasının RFID / Akıllı sensörler vasıtasıyla takip edilerek bununla birlikte bu sistemlerden toplanan verilerin direkt olarak karar destek sistemlerini besleyecek şekilde olmasını* ifade eden konulardır.

Şekil 4.7’de şirketlerin sorulara vermiş oldukları yanıtların ortalamaları ve ortalama farkları yer almaktadır.



Şekil 4.7: Şirketlerin Kaynaklar Boyutunun Nicel Cevap Ortalamaları.

Yukarıdaki grafiğe bakıldığında, kaynaklar boyutunda şirketlerin yatay ve dikey iletişim düzeyleri ve dijital araçlar (sensörler gibi) vasıtasıyla üretilen bilgileri stratejik kararlar alırken kullanmaları konularında gelişme göstermeleri gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

4.8.5. Bilgi Sistemleri Boyutu ve Değerlendirmeleri

Endüstri 4.0'ın bilgi sistemleri boyutu kapsamında katılımcı şirketlere 4 adet açık uçlu soru sorulmuştur. Açık uçlu sorulara verilen yanıtlar Tablo 4.6'da gösterilmiştir. 4 adet açık uçlu soru ile beraber 12 adet 5'li Likert ölçeğiyle hazırlanmış anket sorusu sorulmuştur. Nicel sorulara verilen yanıtlar Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.6: Katılımcı Şirketlerin Endüstri 4.0'ın Bilgi Sistemleri Boyutu Hakkında Nitel Sorulara Verdiği Yanıtlar.

Soru Sayısı	Şirket 1	Şirket 2	Şirket 3	Şirket 4
4.1.1.	Evet.	Evet.	Evet.	Hayır.
4.1.2.	Evet.	Evet.	Evet.	Evet.
4.2.6.	Evet.	Evet.	Evet.	Evet.
4.2.8.	Evet. Büyük veri platformları, Yapay zekâ, AR ve VR kullanımını artırma.	Cevapsız Bırakıldı.	Evet. Güncel yazılım ve donanımlara geçişte iyileştirme.	Cevapsız Bırakıldı.

4.1.1. soruda katılımcı şirketlere, *Şirketinizde veri tabanı yönetim sistemi mevcut mudur? Mevcut ise yazınız.* Diye sorulduğunda; 4 şirketin 3'ü evet yanıtı, 1 şirket ise hayır yanıtı vermiştir. Evet yanıtı veren 3 şirketin 2'si örnekler vermiştir. Şirketlerin gizliliğine olan riayetimiz nedeniyle örnekler verilmemiştir.

4.1.2. soruda katılımcı şirketlere, *Şirketinizde kullanılmakta olan yazılımlar arasında ERP vb. gibileri aktif olarak kullanılmakta mıdır? Kullanılmakta ise örnek yazınız.* Diye sorulduğunda; 4 şirketin 4'ü de evet yanıtı vermiştir. 4 şirketin 2'si örnekler vermiştir. Şirketlerin gizliliğine olan riayetimiz nedeniyle örnekler verilmemiştir.

4.2.6. soruda katılımcı şirketlere, *Fiziki sunucu (server), bulut temelli sunucu (server), NAS yani ağa bağlı depolama, sistem yedekleme gibi bilişim teknolojilerine dayalı bir altyapınız mevcut mu?* Diye sorulduğunda; 4 şirketin 4'ü de evet yanıtı vermiştir.

4.2.8. soruda katılımcı şirketlere, *Anketimizin 4. bölümü olan bilgi sistemleri kısmındaki sorular dolayısıyla şirketinizde iyileştirmeler yapmayı düşünüyor musunuz? Düşünüyorsanız, örnek veriniz.* Diye sorulduğunda; 4 şirketten 2'si evet yanıtı vermiştir. 2 şirket ise cevapsız bırakmıştır. Evet yanıtı veren şirketler; büyük veri

platformları, yapay zekâ, AR ve VR kullanımını artırma, güncel yazılım ve donanımlara geçiş konularında iyileştirme planladıklarını belirtmiştir.

Aşağıdaki Tablo 4.7’de ve Şekil 4.8’de şirketlerin sorulara vermiş oldukları yanıtların ortalamaları ve ortalama farkları yer almaktadır.

Tablo 4.7: Şirketlerin Bilgi Sistemleri Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.

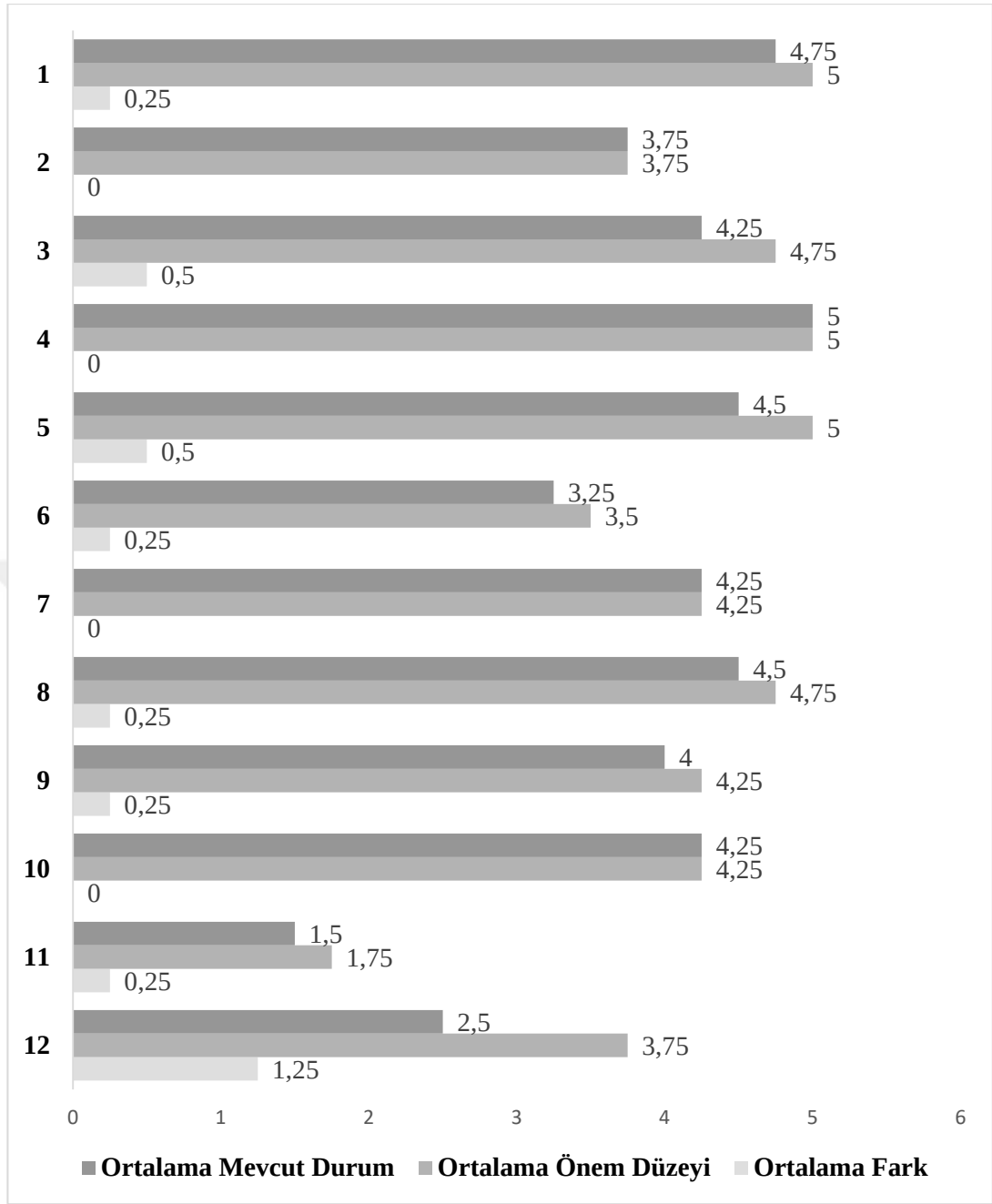
Soru	Ortalama Fark	Ortalama Önem Düzeyi	Ortalama Mevcut Durum
1. Bilişim sistemlerinin etkin şekilde kullanılma seviyesi nedir?	0,25	5	4,75
2. Farklı departmanlarda üretilen verilerin entegrasyon seviyesi nedir?	0	3,75	3,75
3. Bilgi kaynakları vasıtasıyla ortaya çıkan verilen standartlaşma seviyesi nedir?	0,5	4,75	4,25
4. Şirketinizde siber güvenlik amaçlı alınan tedbir seviyesi nedir?	0	5	5
5. Bilgi teknolojilerinin hâkim olduğu aşamalarda kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcının ayrımı ve veri akışının sağlanma seviyesi (IEC62443 standardı) nedir?	0,5	5	4,5
6. Şirket faaliyeti kapsamındaki operasyonların (üretim, pazarlama gibi) yetkililerine (yönetici, operatör gibi) operasyon işleyişi ve kritik süreçlerine dair yazılım uygulamaları aracılığıyla otomatik bilgilendirme ne seviyede yapılmaktadır?	0,25	3,5	3,25
7. İşletmenin fonksiyonlarından olan üretim, servis, Ar-ge, pazarlama ve lojistik gibi operasyonlarından anlık olarak veri çekebilme seviyeleri nedir?	0	4,25	4,25
8. Anlık olarak veri çekilebiliyor ise, çekilen verilerin eş zamanlı olarak izlenebilme seviyeleri nedir?	0,25	4,75	4,5

Tablo 4.7 – devam.

9. Üretilen verilen anlamlı olarak planlama kullanılabilme seviyeleri nedir?	0,25	4,25	4
10. Üretilmiş olan verilerin görev temelli olarak kullanılma seviyesi nedir?	0	4,25	4,25
11. Personellerin veri girişi yapabilmesi için, kişiselleştirilen (sesli komut, işaret gibi) metotları kullanma sıklıkları nedir?	0,25	1,75	1,5
12. Şirketinizin verilerine uzaktan erişebilme seviyeniz nedir?	1,25	3,75	2,5

Şirketlerin bilgi sistemleri boyutu incelendiğinde, *bilişim sistemlerinin etkin kullanılması, siber güvenlik tedbirleri, bilgi teknolojilerinin kullanıldığı yerlerde kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcı ayrımı ve veri akışının sağlanması* en önemli ve öncelikli konular olarak sıralanmaktadır. İkincil olarak ise *bilgi kaynaklarından elde edilen verilerin standardizasyonu ve anlık olarak çekilen verilerin eş zamanlı olarak izlenebiliyor olması* gelmektedir. Bilgi sistemleri boyutunda ele alınmış olan neredeyse tüm önermeler önemli konular olarak görülmektedir. *Verilerin personellerce kişiselleştirilen metotlarla girişinin yapılması* konusu ise, şirketler açısından öncelikli görülmemiştir.

Siber güvenlik tedbirleri verilen öneme paralel olarak, şirketler açısından en başarılı şekilde yerine getirilen konulardandır. Sonrasında ise yine verilen öneme paralel olarak *bilişim sistemlerinin etkin kullanımı* gelmektedir. Bununla birlikte, şirketlerde bilgi teknolojilerinin hâkim olduğu aşamalarda *kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcının ayrımı ve veri akışının sağlanması* konusuna verilen önem ile mevcut durum arasında fark gözükmemektedir. İlâveten *anlık olarak çekilebilen verilerin eş zamanlı izlenmesine* verilen önem ile mevcut durum arasında da fark vardır. Önem sıralaması göz önünde bulundurulduğunda şirketlerin şirket verilerine *uzak erişim* konusunda başarılı olmamaları kabul edilebilir olarak gözükse de iyileştirmeler yapılabilir. Bununla birlikte, önemli olduğu şirket tarafından vurgulanan bilgi teknolojilerinin hâkim olduğu aşamalarda *kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcının ayrımı ve veri akışının sağlanması, bilgi kaynakları vasıtasıyla ortaya çıkan verilen standardizasyonu* konularında iyileştirme yapılabileceği tespit edilmiştir.



Şekil 4.8: Şirketlerin Bilgi Sistemleri Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.

Şekil 4.8’de şirketlerin sorulara vermiş oldukları yanıtların ortalamaları ve ortalama farkları yer almaktadır. Mevcut durum ve ortalama önem seviyesi arasındaki fark, şirkette öncelikli olarak aksiyon alınması gereken konuların tespiti için öneme sahiptir. Bilgi sistemleri hususunda, en büyük fark şirket verilerine uzaktan erişebilme konusudur. Önem dereceleri ile birlikte ele almak gerekirse bilgi teknolojilerinin hâkim olduğu aşamalarda kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcının ayrımı

ve veri akışının sağlanması konusu ve bilgi kaynaklarından elde edilen verilerin standartlaştırılması şirketlerin odaklanması gereken önemli ve öncelikli konulardır.

4.8.6. Kültür Boyutu Bulguları ve Değerlendirmeleri

Endüstri 4.0'ın kültür boyutu kapsamında katılımcı şirketlere 1 adet açık uçlu soru sorulmuştur. 1 adet açık uçlu soru ile beraber 8 adet 5'li Likert ölçeğiyle hazırlanmış anket sorusu sorulmuştur.

5.9. soruda katılımcı şirketlere, *Anketimizin 4. bölümü olan bilgi sistemleri kısmındaki sorular dolayısıyla şirketinizde iyileştirmeler yapmayı düşünüyor musunuz? Düşünüyorsanız, örnek veriniz.* Diye sorulduğunda; 4 şirketten 2'si evet yanıtı vermiştir. 2 şirket ise *cevapsız* bırakmıştır.

Tablo 4.8'de ve Şekil 4.9'da şirketlerin sorulara vermiş oldukları yanıtların ortalamaları ve ortalama farkları yer almaktadır.

Tablo 4.8: Şirketlerin Kültür Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.

Soru	Ortalama Fark	Ortalama Önem Düzeyi	Ortalama Mevcut Durum
1. Personel hatalarının düzeltilmesine yönelik mekanizmaların şirket içindeki yayılım seviyesi nedir?	0	4,75	4,75
2. Personellerinizin yeni uygulama veya metotlara uyumlanma seviyesi nedir?	0,25	4,25	4
3. Personellerinizin bilişim teknolojileri (I.T.) konusunda yetkinlik seviyesi nedir?	0,25	3,75	3,5
4. Şirket operasyonlarınız esnasında ortaya çıkan sorunların sebepleri şirket içerisinde hangi seviyede yayılmaktadır?	0,75	4,25	3,5
5. Personellerinizin bilgi sistemleriyle verilen kararlara olan güven düzeyi nedir?	0,75	4,75	4

Tablo 4.8 – devam.

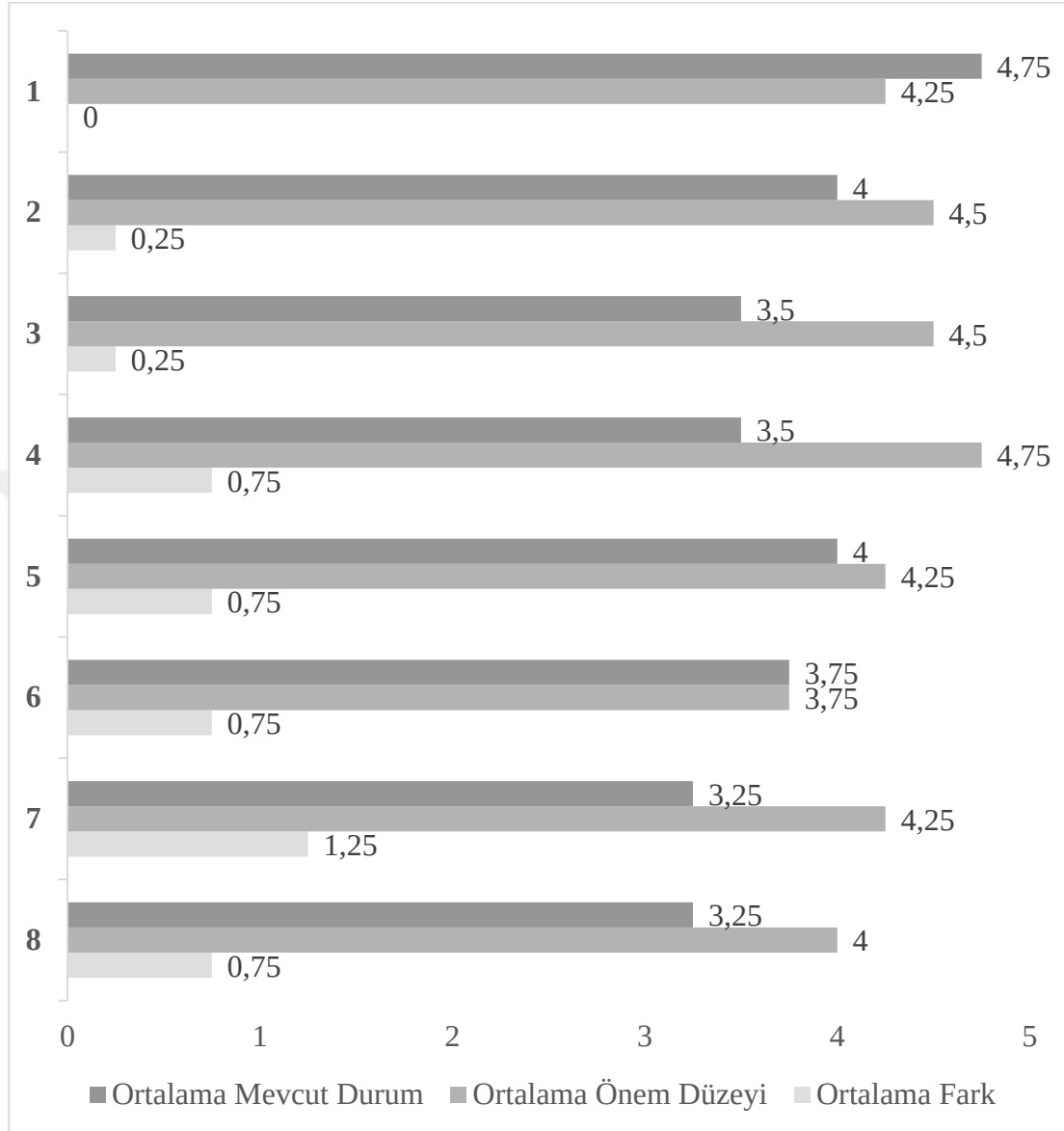
6. Personelleriniz ne sıklıkla yeni yetkinlikler geliştirmek amacıyla eğitim talebinde bulunur?	0,75	4,5	3,75
7. Personelleriniz sektörünüzle ilgili küresel yenilikleri şirketinizde uygulama konusunda ne sıklıkla değişiklik talep etmektedir?	1,25	4,5	3,25
8. Personellerinizden almış olduğunuz geri bildirimlere göre şirketiniz hangi sıklıkta strateji/işleyişe yönelik hızlı kararlar alır?	0,75	4	3,25

Şirketlerin kültür boyutu incelendiğinde, *personel hatalarının düzeltilmesine yönelik mekanizmaların şirket içindeki yayılımı ve bilgi sistemleri tarafından alınan kararlara personellerin güven seviyesi* gibi hususlar şirketlerin en çok önem verdikleri konulardır. Personel tutumuna odaklanan bu sorularla birlikte, *personellerin yeni yetkinlikler geliştirme amacıyla eğitim talebinde bulunması ve küresel yenilikleri şirkette uygulama talepleri* de öncelikli konular arasında yer almaktadır. Bununla beraber, kültür boyutundaki tüm önermelerin şirket açısından önemli olduğu görülmektedir.

Bir başka açıdan bakıldığında ise, *personellerin küresel yenilikleri şirkette uygulama talepleri* konusu, kültür boyutunun en problemlili önermesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bulguları göz önüne aldığımızda, şirket operasyonları esnasında çıkan problemlerin sebeplerinin şirket içindeki yayılım seviyesi, personellerin bilgi sistemleri aracılığıyla verilen kararlara olan güven seviyesi, personellerin yeni yetkinlikler geliştirmek amacıyla eğitim talebinde bulunma sıklığı ve personellerden alınan geri bildirimlere göre strateji/ işleyişe yönelik hızlı kararlar alınması konularında farklar olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.8’den ve Şekil 4.9’dan anlaşılabacağı üzere, Endüstri 4.0’ın kültür boyutunda öncelikli olarak geliştirilmesi gereken konu, *personellerin küresel yenilikleri şirkette uygulama talepleri* hususunda yaşanan problemi çözmektir. Devamında, şirket operasyonları esnasında ortaya çıkan problemlerin sebeplerinin şirket içinde yayılım seviyesi, bilgi sistemlerine olan güven düzeyleri, personellerden gelen geri bildirimler doğrultusunda şirketin stratejik ve işleyişe yönelik hızlı kararlar alması konularında da

yeterli seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Bahse konu hallere neden olan etkenlerin tespit edilmesi önemli ve öncelikli bir adım olarak görülmektedir.



Şekil 4.9: Şirketlerin Kültür Boyutunun Nicel Cevaplarının Ortalaması.

5. SONUÇ

Bu araştırmanın amacı, Endüstri 4.0'ın beş boyutuna dair beklentilerini ve mevcut durumdaki algılarını betimlemektir. Araştırmaya SAHA İstanbul üyesi 4 şirket katılım sağlamıştır. Araştırmaya katılım sağlayan bu 4 şirkette toplam 14191 personel çalışmaktadır. Toplam işgücü ağırlıklı olarak %42 ile lisans mezunlarından oluşmaktadır. Lisansüstü programlardan mezun olan personellerin toplam personel sayısına oranı ise yalnızca %15 seviyesindedir. Endüstri 4.0 ile yakın ilişkisi nedeniyle mühendis olarak çalışan personel sayısı da belirlenmiştir. 14191 personelin, 6193'ü mühendistir. Mühendislerin, toplam personel sayısına oranı %44'tür. Araştırmaya katılan 4 şirketin, 4'ünün de Ar-Ge birimi bulunmaktadır. 2 şirketin Ar-Ge birimi ise BTSB tescillidir. 4 şirketten 3'ü Ar-Ge biriminde çalışan personel sayısını belirtmiştir. 3 şirketin toplam Ar-Ge personeli sayısı 3553'tür. Ar-Ge biriminde çalışmakta olan toplam 3553 kişinin, toplam işgücüne oranı %30'dur. Endüstri 4.0 kapsamında çalışabilecek yeterliliklere sahip personel yetenekleri sorulduğunda; 4 şirketten 3 tanesi Endüstri 4.0'a uygun bir yapıya sahip olduklarını belirtmiştir. Ancak gizlilik nedeniyle soruyu yanıtlayan 3 şirketten 2 tanesi personel sayısını belirtmemiştir. Cevap veren 1 şirket ise Endüstri 4.0 alanında çalışma niteliğine sahip 100 personeli olduğunu belirtmiştir.

Şirketler, son 3 yıldaki ortalama ciroları açısından incelendiğinde 2 şirketin büyük ölçekli, 1 şirketin orta ölçekli, 1 şirketin ise küçük ölçekli olduğu tespit edilmiştir. Şirketlerin son 5 yıldaki kârlılık durumları 2 şirkette artan bir eğilimde, 2 şirkette ise değişken bir eğilimdedir. Şirketlerin hepsi Savunma ve Havacılık alanında faaliyet göstermektedir. 2 şirket uluslararası, 2 şirket ise küresel ölçekte faaliyette bulunmaktadır.

Endüstri 4.0'ın strateji boyutunda, kurumsal stratejinin belirlenmesinde, stratejik yönetimde, stratejik yayılım ve şirketler için yeni sayılabilecek hususların stratejilere dâhil edilmesi alanlarında şirketlerin iyi durumda olduğu, kat edilmesi gereken mesafenin az olduğu izlenimi edinilmektedir.

Endüstri 4.0'ın organizasyon yapısı boyutu içerisinde, şirketler için en önemli 3 şu konu şu şekildedir;

Birincisi, personellerin şirket hedefleri dâhilinde proje temelli disiplinler arası çalışmalarda yer alma sıklığı ikincisi, müşterilerden sıklıkla geri bildirim alınması ve üçüncüsü müşterilerden alınan geri bildirimlerin ürün geliştirme süreçlerinde kullanılması olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, akıllı fabrika/ ürün/ üretim gibi kavramlar konularında şirket yöneticilerinin bilgi seviyesinin, şirketler tarafından önemli bir konu olarak görülmediği söylenebilir. Müşteri geri bildirimlerini almak ve bu geri bildirimleri ürün geliştirme süreçlerinde kullanılması konularında şirketlerin en iyi performansı sergiledikleri görülmektedir.

Endüstri 4.0'ın organizasyon yapısı boyutunda, şirketlerin verdikleri önem ile mevcut durum arasındaki farkın en fazla olduğu konunun, çalışanların organizasyonlardaki hatalarının işletmenin operasyonlarına etki düzeyi olduğu, ikincil olarak ise, çalışanların işletme hedefleri dâhilinde proje temelli disiplinler arası çalışmalarda bulunma sıklıkları konusu olduğu görülmektedir. Bu iki konuyu sırasıyla, çalışanların çeşitli departmanlardaki yetkinlikleri, çalışanların inisiyatifleri doğrultusunda almış oldukları kararların merkezi yönetim kararlarına etkileri, müşterilerden alınan geri bildirimlerin sıklığı, müşterilerden alınmış olan bu geri bildirimlerin ürün geliştirme süreçlerine dâhil edilmesi ve değişen pazar şartlarına uyumlanma konuları takip etmektedir. İdeal durumlara en yakın performansın gözlemlendiği konular ise, müşterinin talepleri ya da sorunlarını yerine getirebilmekte veya çözüm bulmakta, akıllı fabrika/ ürün/ üretim gibi kavramlarda şirket yöneticilerinin bilgi seviyeleri ve şirket personellerinin operasyonel aşamalarda inisiyatif almalarını ifade eden konulardır.

Endüstri 4.0'ın kaynaklar boyutu içerisinde, ortalama önem düzeyi bölümüne bakıldığında ise, en çok önemsenen nokta personeller arası yatay iletişim, ikinci olarak ise, dikey iletişim düzeyleri olduğu görülmektedir. Diğer konular da, önemli olarak görülmektedirler. Yatay iletişim en önem verilen konulardan biri olmasına rağmen, şirketlerin mevcut durumda en fazla eksik kaldıkları nokta olarak görülmektedir. Fakat hâlihazırda bulunan durum ve ortalama önem düzeyi arasında fark olsa da yine de ideale oldukça yakındır. Personellerin sensörler gibi dijital araçlardan çıkan verileri stratejik karar alma süreçlerine dâhil etmelerine verilen önem ve mevcut durum arasında fark görülmektedir. Bu konuda iyileştirmeler yapılabilir. Bunların yanı sıra

personellerin dikey iletişim düzeylerine verilen önem ve mevcut durum arasında da farklar görülmektedir. Bu durum da ideale yakındır, iyileştirilebilir.

İdeal durumlara en yakın performansın gözlemlendiği konular ise, şirketlerdeki hâlihazırdaki mevcut cihazların haberleşme portlarını kullanım düzeyi, halihazırdaki mevcut makinelerin/ ekipmanların mevcut veya sensör entegre edilmiş olarak veri toplayabilme konusundaki bilgi düzeyi, üretim öncesi ve üretim süreçlerinde halihazırda mevcut olan makinalarca, insandan bağımsız olarak yani otomatik olarak, hatalar tespit edilip ve kalibrasyon yapılabilmesi ve üretim aşamasının RFID / Akıllı sensörler vasıtasıyla takip edilerek bununla birlikte bu sistemlerden toplanan verilerin direkt olarak karar destek sistemlerini besleyecek şekilde olmasını ifade eden konulardır.

Şirketlerin bilgi sistemleri boyutu incelendiğinde, bilişim sistemlerinin etkin kullanılması, siber güvenlik tedbirleri, bilgi teknolojilerinin kullanıldığı yerlerde kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcı ayrımı ve veri akışının sağlanması en önemli ve öncelikli konular olarak sıralanmaktadır. İkincil olarak ise bilgi kaynaklarından elde edilen verilerin standardizasyonu ve anlık olarak çekilen verilerin eş zamanlı olarak izlenebiliyor olması gelmektedir. Bilgi sistemleri boyutunda ele alınmış olan neredeyse tüm önermeler önemli konular olarak görülmektedir. Verilerin personellerce kişiselleştirilen metotlarla girişinin yapılması konusu ise, şirketler açısından öncelikli görülmemiştir.

Siber güvenlik tedbirleri verilen öneme paralel olarak, şirketler açısından en başarılı şekilde yerine getirilen konulardandır. Sonrasında ise yine verilen öneme paralel olarak bilişim sistemlerinin etkin kullanımı gelmektedir. Bununla birlikte, şirketlerde bilgi teknolojilerinin hâkim olduğu aşamalarda kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcının ayrımı ve veri akışının sağlanması konusuna verilen önem ile mevcut durum arasında fark gözükmemektedir. İlaveten anlık olarak çekilebilen verilerin eş zamanlı izlenmesine verilen önem ile mevcut durum arasında da fark vardır. Önem sıralaması göz önünde bulundurulduğunda şirketlerin şirket verilerine uzak erişim konusunda başarılı olmamaları kabul edilebilir seviyede olarak gözükse de iyileştirmeler yapılabilir. Bununla birlikte, önemli olduğu şirket tarafından vurgulanan bilgi teknolojilerinin hâkim olduğu aşamalarda kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcının ayrımı ve veri akışının sağlanması, bilgi kaynakları vasıtasıyla ortaya

ıkan verilen standardizasyonu konularında iyileştirme yapılabilceği dşnlmektedir.

şirketlerin kültür boyutu incelendiğinde, personel hatalarının düzeltilmesine yönelik mekanizmaların şirket içindeki yayılımı ve bilgi sistemleri tarafından alınan kararlara personellerin güven seviyesi gibi hususlar, şirketlerin en çok önem verdikleri konulardır. Personellerin yeni yetkinlikler geliştirme amacıyla eğitim talebinde bulunması ve küresel yenilikleri şirkette uygulama talepleri de öncelikli konular arasında yer almaktadır. Bununla beraber, kültür boyutundaki tüm önermelerin şirket açısından önemli olduğu görülmektedir. Bir başka açıdan bakıldığında ise, personellerin sektörle ilgili küresel yenilikleri şirketlerde uygulama konusundaki değişiklik talepleri sıklığının beklenen seviyede olmaması, kültür boyutunun en problemli önermesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bulguları göz önüne aldığımızda, personel hatalarının düzeltilmesine yönelik mekanizmaların şirket içindeki yayılımı verilen önemle paralel olmasına karşın, personellerin sektörle ilgili küresel yenilikleri şirketlerde uygulama konusundaki değişiklik talepleri sıklığının beklenen seviyede olmadığı anlaşılmaktadır. Devamında, şirket operasyonları esnasında ortaya çıkan sorunların sebeplerinin şirket içinde yayılım seviyesi, bilgi sistemlerine olan güven düzeyleri, personellerden gelen geri bildirimler doğrultusunda şirketin stratejik ve işleyişe yönelik hızlı kararlar alması konularında da iyileştirmeler yapılabilceği dşnlmektedir.

5.1. Değerlendirmeler

2018 yılında, Kitapçı vd. tarafından tarım/kimya, turizm, plastik makine metal, enerji, maden, gıda, sağlık ve orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren, bünyesinde 8281 personeli barındıran 29 şirket ile Endüstri 4.0 alışması yapılmıştır.¹²⁵ Bu araştırma ise, Savunma ve Havacılık sektöründe faaliyet gösteren, bünyesinde 14191 personeli barındıran 4 şirket ile yapılmıştır.

şirketlerin başarılarının mihenk taşlarından biri de gelecekle ilgili trendlerin doğru tespit edilmesidir. Potansiyel problemler, pazar fırsatları, yeni trendler, müşteri dinamikleri, rekabet koşulları, yeni teknolojiler gibi konular şirketlerin başarılarının hatta yaşam sürelerinin uzunluğuna karar veren hususlardır. Stratejinin gl bir

¹²⁵ Olgun Kitapçı ve diğ., a.g.r.

şekilde tanımlandığı ve yönetildiği şirketlerin rekabet koşullarında her zaman lider olduğu bilinen bir gerçektir. Bu araştırmada sorgulanan yönlerden biri stratejidir. Katılımcı şirketlerin stratejik yönetim yaklaşımları uygulayıp uygulamadıklarını ve nispeten yeni ama hızla gelişen bir kavram olan Endüstri 4.0 konusunu şirketlerinin gelecek yönelimleri içine dâhil edip etmedikleri merak edilmiştir. Endüstri 4.0 kavramının konusu, yeni nesil fabrikalar dijitalleşen altyapılar, yeni makinelerin ötesinde şirketlerin kurumsal yapılarının evrimidir. Endüstri 4.0'ın başarısının önemli bir parçası, şirketin stratejiye ne ölçüde ve nasıl katıldığı veya şirketin bu konuyu ve genel olarak stratejiyi belirleme refleksine sahip olup olmadığıdır.

Bu araştırma sonucunda Savunma ve Havacılık alanında faaliyet gösteren şirketlerin stratejilerini Endüstri 4.0 ile ilgili olarak oluşturduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Eke'de bu şekilde tespit etmiştir.¹²⁶ Fakat yine de şirketlerin stratejilerinin belirlenmesi, yönetilmesi ve şirket içi yayılım hususlarında iyileştirmeye açık konuların olduğu değerlendirilmiştir.

Bu araştırmada, organizasyon yapısı boyutunda, şirketlerin ideale en yakın olduğu konuların, müşteri geri bildirimlerini almak ve bu geri bildirimleri ürün geliştirme süreçlerinde kullanmak olduğu tespit edilmiştir. Bu durum Kitapçı'nın çalışmasıyla paralellik göstermektedir.¹²⁷ Bu benzerliğin sebebi, 21 yüzyılda şirketlerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için üretimlerini, talebe göre şekillendirmesi gerekliliği olabilir. Öte yandan, mevcut araştırmada gözlemlenen en zayıf performans, çalışanların organizasyonlardaki hatalarının işletmenin operasyonlarına etki düzeyiyle ilgili olduğu tespit edilmiştir. Bu açıdan bahse konu çalışmadan farklı sonuç elde edilmiştir. Bu farklılığın sebebi, şirketlerin yapısal farklılıklarından kaynaklanan ihtiyaçları olabilir. Ek olarak, bu çalışma sonrası şirketler iş yapış şekli, çalışma ortamı, kariyer planlaması, hedef/ yetkinlik bazlı performans sistemi, eğitim sisteminde iyileştirmeler, aday mühendislik programı, aday deneyimi anketi, genel ofis çalışma kuralları ve özlük hakları konularında iyileştirmeler yapmayı düşündüklerini belirtmektedir.

Kaynaklar boyutunda, şirketler için en önemli konu yatay iletişimidir. Fakat, şirketlerin mevcut durumda en fazla eksik kaldıkları nokta olarak da görülmektedir. Hâlihazırda bulunan durum ve ortalama önem düzeyi arasındaki fark yüksek olsa da yine de

¹²⁶ Erol Eke, "Lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin ölçülmesi", (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018).

¹²⁷ Olgun Kitapçı ve diğ., a.g.r.

ideale oldukça yakındır. Personellerin sensörler gibi dijital araçlardan çıkan verileri stratejik karar alma süreçlerine dâhil etmelerine verilen önem ve mevcut durum arasında farklar görülmektedir. Bunların yanı sıra, personellerin dikey iletişim düzeylerine verilen önem ve mevcut durum arasında da farklar görülmektedir. Şirketlerin yatay ve dikey iletişim düzeyleri ve dijital araçlar (sensörler gibi) vasıtasıyla üretilen bilgileri stratejik kararlar alınırken kullanmaları konularında gelişme göstermeleri gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu durum, Kitapçı'nın çalışmasıyla farklılık göstermektedir.¹²⁸ Savunma ve Havacılık sektöründeki organizasyon yapısından kaynaklanan ast-üst ilişkisinin bulunması olabilir. Ek olarak, bu araştırma sonrası şirketler, güncel yazılımlara ve donanımlara geçiş konularında iyileştirmeler planladıklarını belirtmiştir.

Bilgi sistemleri boyutunda, şirketler açısından geliştirilmesi gereken en önemli konu, verilere uzaktan erişim sağlanabilmesidir. Önem dereceleri ile birlikte ele almak gerekirse bilgi teknolojilerinin hâkim olduğu aşamalarda kullanıcının tanımlanması, yönetici ve kullanıcının ayrımı ve veri akışının sağlanması konusu ve bilgi kaynaklarından elde edilen verilerin standartlaştırılması şirketlerin odaklanması gereken önemli ve öncelikli konulardır. Bu durum Kitapçı'nın çalışmasıyla farklılık göstermektedir.¹²⁹ Bu farkın sebebinin, Savunma ve Havacılık sektörünün yapısı gereği siber güvenlik tedbirlerinin ileri seviyelerde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Öte yandan, mevcut araştırmada en iyi performansın görüldüğü konular ise, farklı departmanlarda üretilen verilerin entegrasyon seviyesi, siber güvenlik amaçlı alınan tedbir seviyesi olarak görülmektedir. Bu da yukarıda bahsedilen farkın sebebini açıklar niteliktedir. Devamında ise üretim, servis, Ar-Ge, pazarlama ve lojistik operasyonlardan anlık veri çekilebilmesi ve verilerin görev temelli olarak kullanılabilmesi gelmektedir. Ek olarak, bu araştırma sonrası şirketler, büyük veri platformları, yapay zekâ, AR ve VR kullanımını artırma, güncel yazılım ve donanımlara geçiş konularında iyileştirme planladıklarını belirtmiştir.

Kültür boyutunda, şirketler açısından geliştirilmesi gereken en önemli konu, personellerin küresel yenilikleri şirkette uygulama taleplerinin beklenen düzeyde olmamasıdır. İlave olarak, şirket operasyonları esnasında ortaya çıkan sorunların sebeplerinin şirket içinde yayılım seviyesi, bilgi sistemlerine olan güven düzeyleri,

¹²⁸ Olgun Kitapçı ve diğ., a.g.r.

¹²⁹ Olgun Kitapçı ve diğ., a.g.r.

personellerden gelen geri bildirimler doğrultusunda şirketin stratejik ve işleyişe yönelik hızlı kararlar alması konularında da yeterli seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Bahse konu hallere neden olan etkenlerin tespit edilmesi önemli ve öncelikli bir adım olarak görülmektedir. Bu durum Kitapçı'nın çalışmasıyla farklılık göstermektedir.¹³⁰ Bu farkın sebebi, Havacılık ve Savunma Sektöründeki şirketlerde çalışanlara yönelik, küresel yeniliklerle ilgili bir teşvik mekanizmasının yeterli seviyelerde olmaması varsa da yatay-dikey iletişim problemleri dolayısıyla yeterince çalışanlara aktarılamamasından kaynaklanabilir. Ataman'ın çalışmasıyla ise paralellik göstermektedir.¹³¹ Benzer şekilde, Ataman'da Endüstri 4.0 araçlarının kullanımının artırılması için motivasyon ve destek çalışmaları yapılması gerektiğini düşünmektedir.

5.2. Öneriler

Bu araştırma kapsamında yukarıda öne sürülen tespitlerin ışığında, çalışanlara, sektöre, kamu kurumlarına ve araştırmacılara Endüstri 4.0'a hızlı şekilde adapte olabilmeleri ve gündemlerinde tutarak yol haritalarını oluşturmalarına yardımcı olmak için öneriler getirilmektedir. Temel olarak ihtiyaç duyulan unsurlar ülkemizde halihazırda mevcuttur. Bu noktada asıl önemli olan konu, bu unsurların doğru şekilde yönetilerek bir araya getirilmesidir.

5.2.1. Çalışanlara Öneriler

- Endüstri 4.0 ile ilgili küresel yeniliklerin takip edilerek, şirkete bu konuda öneriler sunulması,
- Endüstri 4.0 ile ilgili lisansüstü eğitim faaliyetlerinde bulunulması,
- Endüstri 4.0 yapılarına entegrasyon konulu eğitim programlarına katılınması,
- Bilgi sistemlerine olan ilginin, yetkinliğin ve güvenin artması için çalışmalar yapılması,
- Şirketlere, sahada karşılaşılan konular ile ilgili gönüllü raporlamalarda bulunulması,
- İletişim becerilerinin geliştirilmesi,
- Dijital araçlar aracılığıyla elde edilen verileri, okuma ve stratejik kararlar esnasında kullanabilir hale gelinmesi,
- Proje temelli disiplinler arası çalışmalarda yer alınması,

¹³⁰ Olgun Kitapçı ve diğ., a.g.r.

¹³¹ Ahmet Can Ataman, "Savunma Sanayinde Endüstri 4.0 Olgunluk Parametrelerinin Tereddütlü Bulanık AHP Yöntemi ile Önceliklendirilmesi", (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.):68.

- Farklı departmanlar ile çalışıp, yetkinlik geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

5.2.2. Sektöre Öneriler

- Şirketlerdeki stratejik düşünce yapısının geliştirilmesi,
- BTSB tescilli Ar-Ge merkezlerinin ve Ar-ge merkezlerine verilen önemin artırılması,
- Disiplinler arası bir bakış açısıyla, Endüstri 4.0 bileşenlerini şirketlere entegre eden insan kaynaklarının oluşabilmesi için, eğitim programları geliştirilmesi gerektiği,
- Kurumsal altyapının, Endüstri 4.0 çerçevesinde oluşturulması,
- Sektörde, bire bir sahadan elde edilen veriler doğrultusunda eğitim ihtiyacı duyulan konuların tespit edilmesi, üniversitelerden bu konularda destek alınması, işbirliği yapılması gerektiği düşünülmektedir.

5.2.3. Kamuya Öneriler

- Endüstri 4.0'ın bileşenlerine ilişkin eğitim eksikliği olduğu, 2022 yılında artık Endüstri 4.0 farkındalığından ziyade, uluslararası eğitim programlarına katılınması ve konuyla ilgili bir eğitim programı oluşturulmasının gerektiği,
- Kamu-Üniversite-Sanayi işbirliği aracılığıyla Teknoloji ve İnovasyon alanlarında yüksek lisans, doktora, sertifika ve eğitim programlarında teşvikler uygulanması,
- 2-3 yıllık planlamalarla farkındalık programlarının yapılması ve Endüstri 4.0'ın gündemde tutulmasının sağlanması,
- Endüstri 4.0 alanında, küresel, uluslararası ve ulusal seviyelerde başarılı olan şirket temsilcilerinin düzenlenen etkinliklerde konuşmacı olarak dinlenmesi,
- Endüstri 4.0 alanında geliştirilmek istenen alanlardaki şirketler için, yurtdışında benzer alanda başarılı olan şirket yöneticilerine saha analizleri yaptırılarak, görüşlerinin alınması,
- Endüstri 4.0 ile ilgili başarı hikayelerinin derlenip, şirketler ile paylaşılması,
- KOSGEB, BTSB teşvik programlarının oluşturulması gerektiği düşünülmektedir.

5.2.4. Araştırmacılara Öneriler

- Bu araştırmanın, bütçe, zaman kısıtı ve örneklem boyutu nedeniyle yalnızca uygulama yapılan şirketler ile ilgili fikir verebileceği düşünölmektedir.
- Pandemi nedeniyle şirket ile birebir görüşmeler yapılamadı. Şirketlerin izin verdiği ölçüde görüşmeler ve saha gözlemlerinin yapılmasının Savunma alanına katkı sağlayacağı düşünölmektedir.
- Bu araştırma SAHA İstanbul kümelenmesi üyesi 4 şirket ile yapılmıştır. Türkiye’de toplam 7 adet Savunma Sanayi Kümelenmesi vardır. OSTİM Savunma ve Havacılık Kümelenmesi, HAB Ankara Uzay ve Havacılık İhtisas Organize Sanayi Bölgesi ve ODTÜ Teknokent Savunma Sanayi kümelenmesi olmak üzere 3’ü Ankara’da yer almaktadır. Eskişehir Havacılık Kümelenmesi olarak 1 tane Eskişehir’de, BTSO Uzay ve Havacılık Kümelenmesi olarak 1 tane Bursa’da, İzmir Havacılık ve Uzay Kümelenmesi olarak 1 tane de İzmir’de bulunmaktadır. Bu kümelenmelere üye olan farklı şirketler ile çalışmalar yapılmasının Savunma alanına katkı sağlayacağı düşünölmektedir.
- Farklı sektörlerdeki şirketler ile çalışmalar yapılmasının Endüstri 4.0 alanına katkı sağlayacağı düşünölmektedir.

KAYNAKÇA

- Akben İ., İlker İbrahim Avşar, “Dijital Tedarik Zinciri ve Bulut Bilişim”, 1. *Uluslararası El Ruha Sosyal Bilimler Kongresi*, 8-12 Kasım 2017, Şanlıurfa.
- Al-Fuqaha A. ve diğ., “Internet Of Things: A Survey On Anabling Technologies, Protocols, And Applications”, *IEEE Communication Surveys&Tutorials*, 2015.
- Alhan M. A., “Stratejik Yönetim Çerçevesinde Toplumsal Hareketlerin Yapay Zeka Yöntemiyle Açıklanmasına Yönelik Bir Model” (Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2021).
- Alizon S. Hurford A., Mideo N., Van Baalen M., Virulence evolution and the trade-off hypothesis: history, current state of affairs and the future, *Journal of Evolutionary Biology*, S.22 (Fransa, 2009):245-259, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1420-9101.2008.01658.x> [Erişim Tarihi: 14.01.2020].
- Alkan M. A., “Gıda Sektörü ve Endüstri 4.0”, <https://www.endustri40.com/gida-sektoru-ve-endustri-4-0/#:~:text=G%C4%B1da%20sekt%C3%B6r%C3%BCnde%20End%C3%BCstri%204.0%2C%20i%C5%9Fletmelerin,taleplerini%20tahmin%20etmesine%20olnak%20sa%C4%9Flar.> [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Altın O., Kaya A., “Analysis Of The Casual Relationship Between R&D Expenditures And Economic Growth For Turkey”, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, C.9, S.1, (2009):251-259.
- Astrid Saucedo- Martinez J. vd., “Industry 4.0 framework for management and operations: a review”, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, (2018):789-801.
- Ataman A.C., “Savunma Sanayinde Endüstri 4.0 Olgunluk Parametrelerinin Tereddütlü Bulanık AHP Yöntemi ile Önceliklendirilmesi”, (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.):68.
- Babu S., “Axiscades Engineering Technologies”, (2020) <https://www.industr.com/en/industry-and-defence-manufacturing-2477298> [Erişim Tarihi: 17.02.2022].
- Baheti R., Gill H., “Cyber-physical Systems”, *The Impact of Technology*, 2011:161-166.
- Banger G., *Endüstri 4.0 ve akıllı işletme*, Ankara: Dorlion Yayınevi, (2016).

- Berger C., "Characterization of Cyber-Physical Sensor Systems", *Procedia CIRP*, S.41, 2016:638-643.
- Birdal İ., Aydemir B., *Yönetim Teorileri* (İstanbul, Sistem Yayıncılık, 1992).
- Brettel M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M., "How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective", (2017):47-56.
- Buz E., (2016, 1 Nisan). Local Motors'dan Dünyanın İlk 3d Arabası; LM3D SWIM, <https://printing3d.news/local-motorsdan-dunyanin-ilk-3d-arabasi/> [Erişim Tarihi:03.03.2022].
- Büyüköztürk Ş. Ve diğ., *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, (Ankara: Pegem A Yayıncılık, 2008).
- Camillo J., (2021, 18 Ağustos), <https://www.assemblymag.com/articles/96562-aerospace-defense-and-industry-40> [Erişim Tarihi: 17.02.2022].
- Çavdar T., Öztürk E., "Nesnelerin İnterneti İçin Yeni Bir Mimari Tasarımı", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (2018).
- Çınar B., "3D Yazıcıların Bugünü ve Yarını", *ST Endüstri 4.0 Dergisi*, S.5, (2016):32-34.
- Çubukçu M., "Organizasyon Yapısını Belirleyen Faktörler ve Yapının Önemi", *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C.5, S. 2 (2018): 175-190, <https://doi.org/10.30803/adusobed.343212>.
- Daft R. L., "Örgüt Kuramları ve Tasarımını Anlamak," (Çev. Ed. Timurcanday Özmen) Ankara: *Nobel Yayıncılık*, (2015), s. 17.
- Davutoğlu N. A., Birol Akgül, Erşan Yıldız, "İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı İle Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak", *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, S., 52, (2017): 544-567.
- Değerli C., El S. N., "Üç Boyutlu (3D) Yazıcı Teknolojisi ile Gıda Üretimine Genel Bakış", *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, S.5, (2017):598.
- Demir A., "Endüstri 4.0'dan Eğitim 4.0'a Değişen Eğitim Öğretim Paradigmaları", *International Congress on Social Sciences*, 2018.
- Demir K., Kuzu Demir E. B., Çaka C., Tuğtekin U., İslamoğlu H., Kuzu A., "Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojilerinin Eğitim Alanında Kullanımı: Türkiye'deki Uygulamaları", *Ege Eğitim Dergisi*, C.17, S.2,(2016):481 - 503.
- Duke C., Sadlier G., Herr D., "Industry 4.0 and the Future of UK Space Manufacturing Final Report", (London Economics, 2019).
- Ege Bölgesi Sanayi Odası, Sanayi 4.0 Uyum Sağlamayan Kaybedecek, (2015) http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf [Erişim Tarihi: 07.05.2022].

- Eke E., “Lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin ölçülmesi”, (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018).
- Eldem M. O., Endüstri 4.0, TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni (2017).
- European Commission, “Industry 4.0 in Aeronautics: IoT Applications”, (2017), <https://ati.ec.europa.eu/reports/technology-watch/industry-40-aeronautics-iot-applications#:~:text=The%20deployment%20of%20connected%20objects,centered%20on%20a%20service%20approach.> [Erişim Tarihi: 07.05.2022].
- Fırat S. Ü., Fırat O. Z., Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye, *Toprak İşveren Dergisi*, S.114, (2017).
- Filizöz B., Orhan U., “İnsan Kaynakları Yönetimi Bağlamında Endüstri 4.0: Bir Yazın Çalışması.” *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdare Bilimler Dergisi*, S.19, (2018):110-117.
- Ford M., *Robotların Yükselişi* (Çev. Cem Duran), İstanbul: Kronik Kitap, 2018):24.
- Frederick, D. E. “Libraries, Data And The Fourth Industrial Revolution (Data Deluge Column)”, *Library Hi Tech News*, (2016):9-12, <https://doi.org/10.1108/LHTN-05-2016-0025>.
- Gabaçlı N., Uzunöz M., “IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü”, *ICPESS*, 2017.
- Gilchrist ., *Industry 4.0* (Berkeley, Apress, 2016), 197.
- Gulshan V. vd., “Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs” <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/tr//pubs/archive/45732.pdf> [Erişim Tarihi: 02.02.2020].
- Gupta B., Agrawal D. P., *Handbook of Research on Cloud Computing and Big Data Applications in IoT*, (2019).
- Gür N., Ünay S., Dilek Ş., *Sanayiye yeniden düşünmek* , (İstanbul: Seta Yayınları, 2018):93.
- Hamet P., Tremblay J., “Artificial Intelligence in medicine”, *Metabolism Clinical and Experimental*, (2017):36-40.
- Hermann M., Pentek T., Otto B., “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios”, *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2016: 3928-3937, doi: 10.1109/HICSS.2016.488.
- Hilton G. and Needham J., <https://www.boeing.com/features/innovation-quarterly/feb2019/btj-global.page> [Erişim Tarihi: 15.12.2021].
- <https://www.biggerplate.com/mindmaps/1K7h9YNQ/the-internet-of-things-50-billion-things-connected> , [Erişim Tarihi: 03.05.2020].

<https://www.atso.org.tr/yukleme/dosya/b5397a8cdd23159c064f2957c269fbe4.pdf> [Erişim Tarihi: 10.01.2020].

Koçel T., *İşletme Yöneticiliği* (İstanbul: Beta Yayıncılık, 2015).

Koruyan K., Bingöl F. I., “Bulut Bilişim Hizmet Sağlayıcılarının Veriyi Koruyamamaları Durumuyla İlgili, Türk, Avrupa Birliği Ve Amerikan Hukukundaki Düzenlemeler”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C.17, S.3, (2015): 367-388.

Koubaa A., Andersson B., “A Vision of Cyber Physical Internet” (2009), https://www.researchgate.net/publication/228955564_A_Vision_of_Cyber_Physical_Internet [Erişim Tarihi: 05.02.2020].

Lineberger vd., “Aerospace And Defence 4.0 Capturing The Value Of Industry 4.0 Technologies”, Deloitte Insights, 2019.

McKinsey&Company, “Global Media Report”, (Londra, 2015), <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/industry%2040%20how%20to%20navigate%20digitization%20of%20the%20manufacturing%20sector/industry-40-how-to-navigate-digitization-of-the-manufacturing-sector.pdf> [Erişim Tarihi: 06.05.2022].

Mil B., Dirican C., “Endüstri 4.0 Teknolojileri ve Turizme Etkileri”, *Disiplinler Arası Akademik Turizm Dergisi*, C.3, S.1, (2018):1-9.

Mishra N. vd., “Cloud-Based multi-agent architecture for effective planning and scheduling of distributed manufacturing”, *International Journal of Production Research*, (2016).

NIST, “Update on the Development of the Cybersecurity Framework”, (2013), https://www.nist.gov/system/files/documents/itl/nist_cybersecurity_framework_update_061813.pdf Erişim Tarihi: 05.02.2020].

Orduna N., “5 ways to swim, not sink as part of a ‘liquid workforce’” <https://www.weforum.org/agenda/2019/11/liquid-workforce-job-skills-swim-not-sink/#:~:text=One%20way%20is%20the%20concept,environment%20they%20find%20themselves%20in> [Erişim Tarihi: 09.03.2022].

Ötleş S., “Endüstri 4.0: Gıda Sektörü Perspektifi”, *Dünya Gıda Dergisi*, (2016):94.

Özdemir A., Özgüner M., “Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0”, *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, C.6, S.4, (2018):39-47, <https://doi.org/10.32479/iicd.147>.

Özdemir Ş., “Endüstri 4.0, Lojistik Sektörünü Nasıl Etkileyecek?”, <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/14666/endustri-4-0-lojistik-sektorunu-nasil-etkileyecek-> [Erişim Tarihi: 03.04.2022].

Özdoğan O., *Endüstri 4.0*, (Ankara: Pusula Yayıncılık, 2018):81-82.

Öztürk F., “4. Sanayi Devrimi ve Havacılık Uygulamaları”, *Bilim ve Teknik*, (2018):70.

Ramanathan U., *Sustainable Supply Chains: Strategies, Issues, and Models* (İsviçre: Springer, 2020).

Redclift M, “Sustainable development (1987–2005): an oxymoron comes of age”, *Sustainable Development* S.13, <http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucessjb/S3%20Reading/redclift%202005.pdf> [Erişim Tarihi: 14.01.2020].

Robbins S. P., Decenzo D. A., Coulter M., “Yönetimin Esasları” (Çev. Ed. Adem Öğüt) Ankara: *Nobel Kitabevi*, (2016), s.162.

Rodoplu Şahin D., Umedjon Haitmurodov, Pınar Turan, “Industry 4.0; Opportunities, Challenges of Airport and Airline Management Practices”, *The European Proceeding of Social & Vehavioural Sciences*, (2019), <https://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2019.01.02.48>.

Rübman M. vd., “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, (Boston Consulting Group, 2015).

Sağiroğlu C., “Üretimde Dijital Dönüşüm”, (Ankara, TÜBİTAK, 2018), <https://dijitalakademi.bilgem.tubitak.gov.tr/wp-content/uploads/2018/01/EPID-BS-UretimdeDijitalDonusum.pdf> [Erişim Tarihi: 06.05.2022].

Schuh G. vd., “Collaboration Mechanism to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0”, *Procedia CIRP*, S.19, (2014):51-56.

Schuh G. vd., “Industrie 4.0 Maturity Index” (acatech, 2017).

Schwab K., “The Global Competitiveness Report”, (İsviçre, World Economic Forum, 2016), https://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf [Erişim Tarihi: 20.01.2020].

Silahtaroğlu G., Alayoğlu N., “Using or not using business intelligence and big data for strategic management: An empirical study based on interviews with executives in various sectors”, 12th International Strategic Management Conference, 28-30 Ekim 2016, Ankara.

Soylu, A. “Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar”, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (2018):43-57, <https://doi.org/10.30794/pausbed.424955>.

Şimşek T., “Endüstri 4.0 ile Geleceğe Bakış ve Beklentiler”, <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-gelecege-bakis-ve-beklentiler/> [Erişim Tarihi: 04.05.2021].

Terzi Y., “Anket, güvenirlilik-geçerlilik analizi”, https://personel.omu.edu.tr/docs/ders_dokumanlari/1030_32625_1500.pdf, [Erişim Tarihi: 02.05.2022].

- Topsakal Y., Yüzbaşıoğlu N., Çuhadar M., “Endüstri Devrimleri Ve Turizm: Türkiye Turizm 4.0 Swot Analizi Ve Geçiş Süreci Önerileri”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, S.23, (2018):1623-1638.
- Turizm Ajansı, (2018, 22 Nisan), <https://www.turizmajansi.com/haber/otellerde-dijital-donusum-basladi-h22835> [Erişim Tarihi: 03.03.2022].
- TÜSİAD, “Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte olan Ekonomi Perspektifi”, (2016):26, <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8671-turkiyenin-sanayi-40-donusumu> [Erişim Tarihi: 02.02.2020].
- Uckelmann D., Harrison M., Michahelles F., *Architecting The Internet of Things*, (Berlin, Springer, 2011).
- Ülgen H., Mirze S. K., *İşletmelerde Stratejik Yönetim*, (İstanbul, Beta Yayıncılık, 2018):13.
- Valdes R. A., Comendador V. F. G., “ Aviation 4.0: More Safety Through Automation and Digitization”, *Safety and Security Engineering VII*, 2018:225-236.
- Wei Y. vd., “RT-WiFi: Real Time High-Speed Communication Protocol for Wireless Cyber-Physical Control Applications”, *IEEE 34th Real-Time Systems Symposium*, 2013.
- Wu L. vd., “Smart Supply Chain Management: A Review and Implications For Future Research”, *The International Journal of Logistics Management*, S.27, (2016):412.
- www.industr.com, [Erişim tarihi: 17.02.2022].

EKLER

Ek 1. Ölçme Aracı

Değerli Katılımcı,

- Bu anket, Milli Savunma Üniversitesi Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü bünyesinde yürütülen bir yüksek lisans tez çalışması kapsamında gerçekleştirilmektedir.
- Soruların doğru ya da yanlış cevabı yoktur. İçinizden geldiği gibi cevaplamanız büyük önem taşımaktadır.
- Araştırmanın başarısı sorulara vereceğiniz içten ve samimi cevaplara bağlıdır.
- Anket soruları kapsamında açık kimliğinizi ortaya çıkaracak nitelikte soru bulunmamaktadır. Araştırma açısından kimliğiniz değil cevaplarınız önem taşımaktadır.
- Sorulara cevap verirken “olması gerektiğini düşündüğünüzü” değil de “olanı” belirtmeniz doğru sonuçlara ulaşılması bakımından büyük önem taşımaktadır.
- Lütfen soru atlamadan bütün sorulara cevap veriniz.
- Bilime katkılarınızdan dolayı şimdiden teşekkür eder, çalışmalarınızda başarılar dileriz.

ANKET

Üniversitemiz ilkeleri gereği, araştırma verilerinin insanlar üzerinden elde edilmesi planlandığında kullanılacak veri toplama kaynaklarının (anket, ölçek, mülakat, başarı testi vb.) yürürlükte olan tüm yasal düzenlemeler başta olmak üzere etik, ilke ve kurallara uygun hazırlanması, planlanması ve uygulamalarının bu doğrultuda yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda ankete başlamadan önce, siz değerli katılımcılarımızın rıza ve onayını almamız bilime ve size karşı sorumluluğumuzdur. **Bu ankete katılarak cevap vermeniz ve geri dönüş yapmanız, anketi kendi rızanızla, isteyerek ve bilinçli olarak doldurduğunuz anlamına gelmektedir.**

Bu formda bulunan imzam “Savunma Sanayii ve Endüstri 4.0: Türkiye’deki Savunma ve Havacılık Şirketlerine Yönelik Bir Araştırma” adlı çalışmaya katılmayı kabul ettiğimi gösterir.

Bu araştırmaya katılımım ile birlikte çalışmış olduğum firmanın Endüstri 4.0 seviyesinin belirlenmesi araştırmasını içerecektir. Bununla birlikte söz konusu araştırmaya katılarak aşağıdaki maddeleri anlayarak kabul ettiğimi de beyan ederim.

- Çalışmış olduğum firma, bu araştırmanın yapılabilmesi için gönüllüdür. Ben firmamın bir çalışanı olarak firmayı temsil etmekteyim. İstedğim soruları

yanıtlayabilirim, istemediğim sorular olursa atlayabilirim veya istediğimde bu çalışmadan çekilebilirim.

- Araştırma psikolojik ve fiziki olarak hiçbir risk taşımamaktadır.
- Araştırma kapsamında verecek olduğum bilgilerin, Endüstri 4.0'ın strateji, organizasyon yapısı, kaynaklar, bilgi sistemleri ve kültür boyutları kapsamında değerlendirilmesi, işlenmesi ve çıkan sonucun bilimsel olarak raporlanmasına izin veriyorum.

Onaylıyor musunuz?

- ☐ Evet
☐ Hayır

Şirket Bilgileri

Şirket Adı:

Şirket Yetkilisi İsim Soyisim:

E-posta Adresi:

Telefon Numarası:

Şirketinizin sahip olduğu NACE kodunu yazınız.

Şirketinizde hâlihazırda bulunan toplam personel sayısı nedir?

Şirketinizdeki personellerin eğitim durumu dağılımları ne şekildedir?

Doktora:

Yüksek Lisans:

Lisans:

Ön Lisans:

Lise:
Meslek Lisesi:
İlköğretim:
Şirketinizde kaç mühendis bulunmaktadır?
Şirketinizde Ar-ge birimi mevcut mudur?
☐ Evet ☐ Hayır
Ar-ge personeliniz mevcut mu? Mevcut ise kaç personeliniz bulunmaktadır?
Endüstri 4.0 konusunda çalışma yapan/yapabilecek mühendis ya da personeliniz mevcut mudur? (Mekatronik, yazılım, elektronik vb.) Mevcutsa belirtiniz.
Şirketinizin hizmet verdiği sektör hangisidir?
☐ Tarım
☐ Turizm
☐ Havacılık ve Savunma
☐ Gıda
Şirketinizin son 3 yıldaki ortalama cirosu kaç TL'dir?

- ☐ 0 – 1.000.000
- ☐ 1.000.001 – 8.000.000
- ☐ 8.000.001 – 20.000.000
- ☐ 20.000.001 – 30.000.000
- ☐ 30.000.001 – 40.000.000
- ☐ 40.000.001 ve üzeri

Şirketinizin sahip olduğu karlılık trendini belirtiniz (Son 5 yıl).

- ☐ Artışta
- ☐ Azalışta
- ☐ Sabit
- ☐ Diğer

Şirketiniz faaliyetlerinin kapsam boyutu nedir?

- ☐ Yerel/ bölgesel Ölçekte
- ☐ Ulusal Ölçekte
- ☐ Uluslararası Ölçekte
- ☐ Dünya Ölçeğinde

1. Strateji
1.1. Şirketinizin sahip olduğu vizyon nedir?
1.2. Şirketinizin sahip olduğu misyon nedir?
1.3. Şirketinizde hâlihazırda mevcut stratejisi var mı? Varsa mevcut stratejisi nedir?
1.4. Şirketinizce belirlenmiş olan stratejik hedeflerinizden üst düzeydeki ve orta düzeydeki yöneticilerinizin ve personelleriniz tarafından yaygın olarak bilinmekte midir? Vermiş olduğunuz cevabınız evetse kısaca açıklayınız.
1.5. Şirketinizce belirlenmiş olan Ar-Ge ve yenilik stratejik hedef(ler)iniz mevcut mudur? Mevcutsa belirtiniz.
1.6. Şirketinizce belirlenmiş olan Endüstri 4.0 stratejisi hedef(ler)iniz içerisinde mevcut mudur? Mevcutsa belirtiniz.

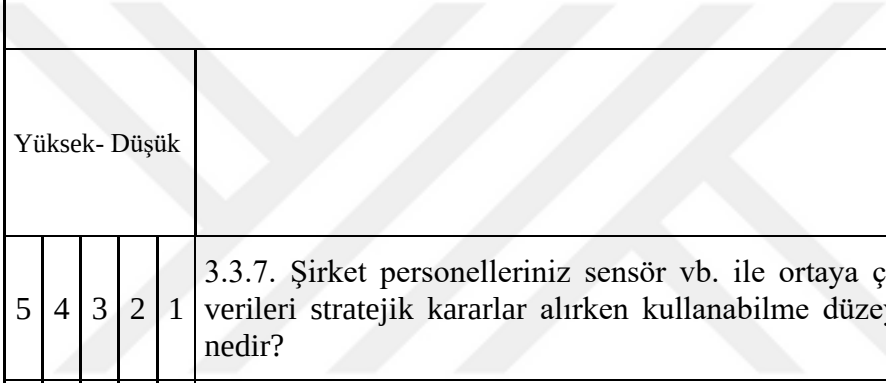
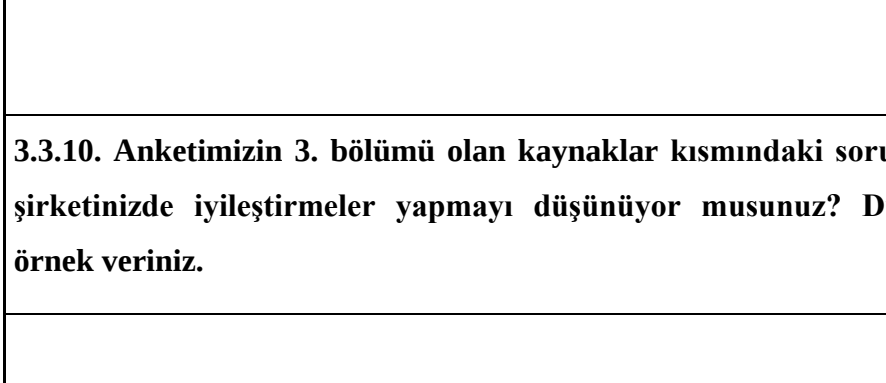
2. Organizasyon Yapısı													
2.1. Şirket personellerinize uygulanabilir durumda olan yazılı iş tanımı, sözlü iş tanımı, usta-çırak ilişkisi vb. mevcut mudur? Mevcutsa belirtiniz.													
Mevcut Durum						Firma için Önemi							
Sık yapmıyoruz	Sık	-	Hiç			Çok Önemli	Önemli	-	Önemli Değil				
5	4	3	2	1	2.2. Şirket personelleriniz şirketinizin hedefleri doğrultusunda proje bazlı olarak farklı disiplinlerle birlikte çalışmaları ne sıklıkla yapmaktadır? Şirketinizdeki personellerinizin proje bazlı olarak farklı disiplinlerle çalışması şirketiniz için ne kadar önemlidir?	5	4	3	2	1			
5	4	3	2	1	2.3. Şirket personelleriniz hangi sıklıklarla ile diğer departmanlarda faaliyet göstermekte ve kendilerini o alanda geliştirmektedirler? Şirket personellerinizin diğer departmanlarda faaliyet göstermesi ve kendilerini geliştirmeleri ne kadar önemlidir?	5	4	3	2	1			
Yüksek - Düşük						Yüksek - Düşük							
5	4	3	2	1	2.4. Şirketinizde çalışmakta olan personellerinizin, şirketin operasyonel süreçlerinde inisiyatif alma dereceleri nedir?	5	4	3	2	1			
5	4	3	2	1	2.5. Alınmış olan karar/inisiyatiflerin merkezde bulunan yönetimin kararını etkileme derecesi nedir?	5	4	3	2	1			
5	4	3	2	1	2.6. Şirket personellerinizin yapmış olduğu hataların şirketinizin operasyonlarını etkileme derecesi nedir?	5	4	3	2	1			
5	4	3	2	1	2.7. Şirket yöneticilerinin akıllı fabrika, akıllı ürün, akıllı üretim kavramları hakkında bilgi seviyesi nedir?	5	4	3	2	1			
2.8. Şirketinizde güncel olarak mevcut olan teknolojiler hakkında eğitim veriliyor mu? Cevabınız veriliyor ise, örnek yazınız.													

2.9. Şirketinizde mevcut bir geri bildirim (feed-back) yapınız var mı? Var ise yazınız.												
Sık Sık – Hiç yapmıyoruz								Çok Önemli – Önemli Değil				
5	4	3	2	1	2.10. Hangi sıklıkla müşterilerinizden geri bildirim (feed-back) almaktasınız?			5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	2.11. Müşterilerinizde almış olduğunuz geri bildirimler doğrultusunda ürün geliştirme sürecinizde hangi sıklıkla uygulanmaktadır?			5	4	3	2	1
2.12. Şirketinizdeki mevcut organizasyon yapınız daha hızlı üretim ya da esnek üretim yöntemleri açısından ne düzeyde uygun? Değerlendiriniz.												
Sık Sık – Hiç yapmıyoruz								Çok Önemli – Önemli Değil				
5	4	3	2	1	2.13. Şirketinize, müşterileriniz tarafından gelen talep veya sorunları belli başlı teknolojileri ve metotları uygulayarak hangi derecede gerçekleştirebilmekte veya sorunlara çözüm sağlayabilmektesiniz?			5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	2.14. Sürekli olarak değişmekte olan pazar şartlarına uyum sağlamak konusundaki yetkinlik seviyeniz nedir?			5	4	3	2	1
2.15. Şirketinizin ortamı personellerinizin yaratıcılıklarını arttırmasına uygun mudur?												
2.16. Şirketinizdeki personellerinizin özgüvenini olumlu yönde etkilemek amacıyla kullandığınız bir motivasyon sisteminiz mevcut mudur? Mevcutsa yazınız.												

2.17. Anketimizin 2. bölümü olan organizasyon kısmındaki sorular dolayısıyla şirketinizde iyileştirmeler yapmayı düşünüyor musunuz? Düşünüyorsanız, örnek veriniz.



3. Kaynaklar														
3.1. Finansal Altyapı														
3.1.1. Yeni ve güncel teknolojilere yatırım amacıyla alabileceğiniz kredi imkânı ya da finansmanınız var mı?														
3.1.2. Hâlihazırda içinde bulunduğunuz sektör dışındaki alanlara yatırım yapma fikriniz var mı? Var ise örnek yazınız.														
3.2. İnsan Kaynakları														
Yüksek - Düşük										Çok Önemli – Önemli Değil				
5	4	3	2	1	3.2.1. Şirket personellerinizin yatay formal iletişimi hangi seviyededir?					5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	3.2.2. Şirket personellerinizin dikey formal iletişimi hangi seviyededir?					5	4	3	2	1
3.3. Fiziksel Altyapı														
3.3.1. Haberleşme portları ile operasyonlara arası veri alışverişi yapabiliyor musunuz? Evetse örnek yazınız.														
3.3.2. Endüstri 4.0 düzeyinde teknolojik makineleriniz var mı? (İnsansız, kendi kendine çalışıyor mu?)														
Yüksek - Düşük										Çok Önemli – Önemli Değil				

5	4	3	2	1	3.3.3. Mevcut araç-gereçlerinizin haberleşme portlarını kullanım seviyesi nedir?	5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	3.3.4. Mevcut ekipmanlarınız/makinelerinizin şuandaki durumlarıyla ya da sensör eklenmiş haliyle veri toplayabilmesi hakkındaki bilgi seviyeniz nedir?	5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	3.3.5. Şirketinizde bulunan makinalar ile üretim öncesinde ve üretim sürecinde, otomatik olarak yani insandan bağımsız bir şekilde, hataların tespiti ve kalibrasyonu yapılabilmekte midir?	5	4	3	2	1
3.3.6. Operasyonunuzun üretim sürecinde sensör kullanabilmekte misiniz? Evet ise örnek yazınız.										
										
Yüksek- Düşük						Çok Önemli- Önemli Değil				
5	4	3	2	1	3.3.7. Şirket personelleriniz sensör vb. ile ortaya çıkan verileri stratejik kararlar alırken kullanabilme düzeyleri nedir?	5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	3.3.8. Operasyonunuzun üretimi aşamasında akıllı sensörler ya da RFID sayesinde izlenerek, aynı zamanda buradan toplanan veriler doğrudan otomatik olarak karar destek sistemlerini besleyebiliyor mu?	5	4	3	2	1
3.3.9. Makinalar ve şirket personellerinizin arasındaki bilgi alışverişini sağlayan donanımlar, kablosuz bağlantı sistemleri gibi örneklerini verebilecek olduğumuz ara sistemler mevcut mudur?										
										
3.3.10. Anketimizin 3. bölümü olan kaynaklar kısmındaki sorular dolayısıyla şirketinizde iyileştirmeler yapmayı düşünüyor musunuz? Düşünüyorsanız, örnek veriniz.										
										

4. Bilgi Sistemleri														
4.1. Veri Entegrasyonu														
4.1.1. Şirketinizde veritabanı yönetim sistemi mevcut mudur? Mevcut ise yazınız.														
4.1.2. Şirketinizde kullanılmakta olan yazılımlar arasında ERP vb. gibileri aktif olarak kullanılmakta mıdır? Kullanılmakta ise örnek yazınız.														
Yüksek - Düşük										Çok Önemli – Önemli Değil				
5	4	3	2	1	4.1.3. Şirketinizde bilişim sistemlerinin aktif bir şekilde kullanılma seviyeleri nedir?					5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	4.1.4. Şirketinizdeki farklı departmanlarda ortaya çıkan verilerin birbirleriyle entegrasyon seviyesi nedir?					5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	4.1.5. Farklı departmanların bilgi kaynaklarından ortaya çıkan verilerin standartlaşma seviyesi nedir?					5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	4.1.6. Şirketinizde siber güvenlik amacıyla alınmış olan tedbirlerin seviyesi nedir?					5	4	3	2	1
Sık sık – Hiç Yapmıyoruz										Çok Önemli – Önemli Değil				
5	4	3	2	1	4.1.7. Şirketiniz operasyonel süreçlerinde bilgi teknolojilerinin kullanıldığı kısımlarda yönetici ve kullanıcı ayrımı, kullanıcıyı tanımlama, veri akışının sağlanma seviyesi nedir?					5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	4.1.8. Şirketinizce yürütülen lojistik, pazarlama, üretim gibi operasyonların sorumlularına yürütülen operasyonun nasıl işlediği ve kritik aşamaları konusunda yazılım uygulamaları aracılığı ile hangi seviyede otomatik olarak bilgilendirme yapılmaktadır?					5	4	3	2	1
4.2. Karar Alma Süreçlerinde Veri Kullanımı														

Yüksek - Düşük						Çok Önemli – Önemli Değil				
5	4	3	2	1	4.2.1. Şirketinizde işletmenin fonksiyonlarından olan üretim fonksiyonu, lojistik fonksiyonu, servis fonksiyonu, Ar-ge fonksiyonu, pazarlama fonksiyonu gibi operasyonlardan anlık olarak verileri alabilme seviyeniz nedir?	5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	4.2.2. Şirketinizin fonksiyonları dâhilinde anlık olarak verileri alabiliyorsanız, alınan verilerin eş zamanlı bir şekilde takip edilebilme seviyesi nedir?	5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	4.2.3. Almış olduğunuz bu verileri anlamlı bir şekilde bir araya getirerek, planlama yaparken kullanılma seviyesi nedir?	5	4	3	2	1
5	4	3	2	1	4.2.4. Alınan verilerin görev temelli kullanılma seviyesi nedir?	5	4	3	2	1
Sık sık– Hiç Yapmıyoruz						Çok Önemli – Önemli Değil				
5	4	3	2	1	4.2.5. Şirket personelleriniz de veri girişleri yapabilmek için, kendi kişisel işaretlerini, sesli komutlarını vb. gibi metotları ne sıklıkla kullanırlar?	5	4	3	2	1
4.2.6. Fiziki sunucu (server), bulut temelli sunucu (server), NAS yani ağa bağlı depolama, sistem yedekleme gibi bilişim teknolojilerine dayalı bir altyapınız mevcut mu?										
Yüksek - Düşük						Çok Önemli – Önemli Değil				
5	4	3	2	1	4.2.7. Şirketinizdeki verilere uzaktan erişim sağlayabilme seviyeniz nasıldır?	5	4	3	2	1

4.2.8. Anketimizin 4. bölümü olan bilgi sistemleri kısmındaki sorular dolayısıyla şirketinizde iyileştirmeler yapmayı düşünüyor musunuz? Düşünüyorsanız, örnek veriniz.



5. Kültür												
Yüksek- Düşük						Çok Önemli- Önemli Değil						
5	4	3	2	1	5.1. Çalışanların hatalarını düzeltmeye yönelik mekanizmaların şirket içi yayılma seviyesi nedir?	5	4	3	2	1		
5	4	3	2	1	5.2. Çalışanların yeni uygulama veya yönteme adapte olma kapasitesi nedir?	5	4	3	2	1		
5	4	3	2	1	5.3. Çalışanların I.T. (Bilişim Teknolojilerinde) uzmanlık seviyesi nedir?	5	4	3	2	1		
5	4	3	2	1	5.4. Şirket operasyonlarındaki sorunların nedenleri şirket içinde ne seviyede yayılmaktadır?	5	4	3	2	1		
5	4	3	2	1	5.5. Çalışanların bilgi sistemlerinin vermiş olduğu kararlara güven seviyesi nedir?	5	4	3	2	1		
Sık Sık- Hiç Yapmıyoruz						Çok önemli- Önemli Değil						
5	4	3	2	1	5.6. Çalışanlarınız hangi sıklıkta yeni uzmanlıklar geliştirebilmek için eğitim talep etmektedirler?	5	4	3	2	1		
5	4	3	2	1	5.7. Çalışanlar şirketin küresel boyutta yenilikler geliştirmesine yönelik değişiklik tekliflerini ne sıklıkla yapmaktadırlar?	5	4	3	2	1		
5	4	3	2	1	5.8. Çalışanlarınızın vermiş olduğu geribildirimler doğrultusunda firmanız ne sıklıkla strateji ve ya işleyiş hakkında hızlı kararlar almaktadır?	5	4	3	2	1		
5.9. Anketimizin 5. bölümü olan kültür kısmındaki sorular dolayısıyla şirketinizde iyileştirmeler yapmayı düşünüyor musunuz? Düşünüyorsanız, örnek veriniz.												

Ek 2. Ölçek Kullanım İzni



9 Eyl 2021 Per 15:52

RE: Endüstri 4.0 Ölçeği İzni Hk.

Gelen Kutusu x



Olgun Kitapçı <okitapci@akdeniz.edu.tr>

Alıcı: ben, İsmail ▾

Ayşenur hanım,

Yüksek lisans tez çalışmanızda bahse konu ölçeğin kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır.

İyi çalışmalar dilerim.

Galaxy cihazımdan gönderildi

Değerli Olgun Hocam,

Ben Millî Savunma Üniversitesi, Savunma yönetimi Ana Bilim Dalı yüksek lisans öğrencisiyim. Doç. Dr. Memduh BEGENİRBAŞ hocamla birlikte tez kapsamında, Antalya Ticaret ve Sanayi Odası (ATSO) ile birlikte, "Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti, Ölçeğin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulama Projesi" nde geliştirdiğiniz ölçeğe nasıl atıfta bulunmalıyım?

Bu konuda izninizi rica ediyorum.

Ayşenur TOPCU