

T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİ 4.0'IN İMALAT SANAYİ ALT SEKTÖRLER
UYUMLULUĞU
(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Hayati ATLI

Danışman
Prof. Dr. Alper ASLAN

Şubat 2019
KAYSERİ

T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİ 4.0'IN İMALAT SANAYİ ALT SEKTÖRLER
UYUMLULUĞU
(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Hayati ATLI

Danışman
Prof. Dr. Alper ASLAN

Şubat 2019
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Hayati ATLI

İmza

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Endüstri 4.0’ın İmalat Sanayi Alt Sektörler Uyumluluğu” adlı Yüksek Lisans Tezi,
Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Yönergesi’ne uygun olarak
hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Hayati ATLI

İmza

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Alper ASLAN

İmza

İktisat ABD Başkanı

Prof. Dr. Emine KILAVUZ

İmza

KABUL VE ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Alper ASLAN danışmanlığında Hayati ATLI tarafından hazırlanan “Endüstri 4.0’ın İmalat Sanayi Alt Sektörler Uyumluluğu” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

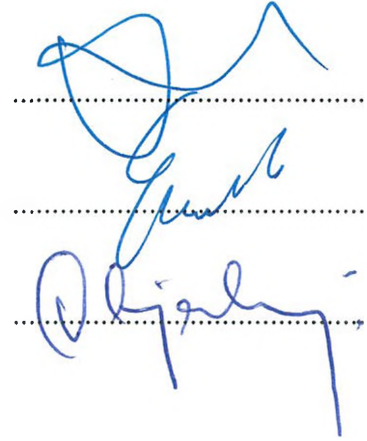
13/02/2019

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Alper ASLAN

Üye : Prof. Dr. Emine KILAVUZ

Üye : Doç. Dr. Onur GÖZBAŞI



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 12.03.2019 tarih ve 2019/009-2 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

12/02/2019

Doç. Dr. Onur GÖZBAŞI

Enstitü Müdürü



ÖNSÖZ

Öncelikle tez konusunu seçerken bana yardımcı olan ve bu eserin her bir kademe ve evresinde üstün bilgi ve deneyimiyle yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Alper Aslan'a, ayrıca yüksek lisans öğrenim süresince bilgi ve tecrübelerini paylaşan diğer hocalarıma çok teşekkür ederim.

(Kayseri, 13 / 02 / 2019).

Hayati ATLI

İmza



ENDÜSTRİ 4.0'IN İMALAT SANAYİ ALT SEKTÖRLER UYUMLULUĞU

Hayati ATLI

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Şubat 2019

Danışman: Prof. Dr. Alper ASLAN

ÖZET

Geçmişten günümüze birçok sanayi devrimi yapılmıştır. 21. YY ile birlikte de bir başka üretim devrimi olan Sanayi 4.0 ön plana çıkmıştır. Sanayi 4.0 teknolojik gelişimin üretim süreçlerinde yakından takip edilmesi ve kullanılması ile iktisadi büyüme açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla Türkiye ekonomisi için 2003-2014 dönemi yıllık verileri kullanılarak yapılan ARDL sınır testi ile her bir alt imalat sektörü için eş bütünleşme ilişkisi sınanmış, kısa ve uzun dönem katsayı tahmini yapılmıştır. Daha sonra ise tüm alt sektörlerin veri seti bir araya getirilerek panel ARDL yaklaşımı ile uzun dönemli bir analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sermaye değişken katsayıları yüksek olan sektörlerden, ağaç, diğer ulaşım ve imalat araçları sanayi, fabrikasyon metal, giyim, içecek ve kara taşıtları alt sektörleri Türkiye’de sanayi 4.0’a en uygun sektörler olarak görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sanayileşme, endüstri, sanayileşme politikası ve stratejisi, endüstri 4.0, birim kök testi, ARDL sınır testi.

THE COMPATIBILITY OF INDUSTRY 4.0 TO SUB-SECTORS OF MANUFACTURING INDUSTRY

Hayati ATLI

Nuh Naci Yazgan University, Graduate School of Social Sciences

MSc In Economics, Thesis, February 2019

Supervisor: Prof. Dr. Alper ASLAN

ABSTRACT

Many industrial revolutions have been made from past to present. With the 21st year, Industry 4.0, which is another production revolution, came to the fore. Industry 4.0 is important in terms of economic growth by closely following and using technological development in production processes. To this end, for the 2003-2014 periods, Turkey's economy tested for each sub-manufacturing sector co-integration relationship with ARDL bounds test performed using annual data. Coefficients short and long term predictions are estimated. Then, the data set of all sub-sectors was brought together as a panel and a long-term analysis was performed with the panel ARDL approach. Taking capital variable coefficients into account of the sectors with high, wood, transportation and other industrial manufacturing equipment, fabricated metal, clothing, beverages and motor vehicles sub-sectors is seen as the most appropriate sectors of industry in Turkey 4.0.

Keywords: Industrialization, Industry, Industrialization Policy and Strategy, Industry 4.0, Unit Root Test, ARDL Boundary Test.

İÇİNDEKİLER

ENDÜSTRİ 4.0'IN İMALAT SANAYİ ALT SEKTÖRLER UYUMLULUĞU

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI.....	ii
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

SANAYİ DEVRİMİ VE ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

1.1. Sanayi Devrimi.....	3
1.2. Yeni Bir Dünyaya Adım: Bilgisayar Teknolojisi.....	5
1.3. Bilgisayar Teknolojisinde Yaşanan Gelişmeler.....	6
1.4. Endüstri Devrimi Tarihsel süreç.....	6
1.5. Endüstri 4.0 Kavramı.....	8
1.5.1. Sanayi 4.0'm Genel Özellikleri.....	8
1.5.2. Sanayi 4.0'm Terimleri.....	9
1.5.3. Endüstri4.0'ı doğru anlamak.....	10
1.5.4. Endüstriyel Düzeyde Rekabet Gücü.....	10
1.6. Endüstri 4.0'm Yeni Teknoloji Kavramları.....	11
1.6.2. IoT Nesnelerin İnterneti.....	13

1.6.3. Akıllı Fabrikalar	13
1.6.4. Artırılmış Gerçeklik.....	14
1.6.5. Yapay Zekâ	15
1.6.6. Siber – Fiziksel Sistemler	15
1.6.7. Siber Güvenlik.....	15
1.6.8. Büyük Veri	16
1.6.9. Otonom Robotlar	16
1.6.10. Simülasyon	17
1.6.11. Sistem Entegrasyonu.....	17
1.6.12. Bulut Bilişim Sistemi.....	18
1.6.13. Diğer Teknolojik Gelişmeler	18
1.6.14. Endüstri 4.0'ın Karşılaştığı Zorluklar	19
1.7. Endüstri Devrimlerinin Sonuçları	19
1.8. Endüstri 4.0 ve Sanayideki Yeri.....	20

2. BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 İLE ORTAYA ÇIKACAK GELİŞMELER VE TEKNİK ALTYAPISI

2.1. Verimlilik Gelişmeleri	22
2.1.1. Yatırım Gelişmeleri.....	24
2.1.2. İstihdam Gelişmeleri.....	25
2.2. Sanayi 4.0'da Başarının Koşulu	26
2.3. Endüstri 4.0'ın Etkileri	27
2.3.1. Endüstri 4.0'ın Sektörlere Etkileri	27
2.3.2. Endüstri 4.0'ın Toplumsal Yaşama Etkileri.....	27
2.3.3. Endüstri 4.0'ın Ekonomiye Olası Katkısı	28
2.4. Endüstri 4.0'da Yaşanması Muhtemel Sorunlar	29
2.5. Endüstri 4.0 Teknik Altyapısı.....	31
2.5.1. Teknolojik Arka Plan İşlemci ve Ağlar	31

2.5.2. Siber Fiziksel Sistemler	32
2.5.3. Nesnelerin İnterneti: Data ve Servisler	32
2.5.4. Endüstri 4.0 ve Yazılımı	32
2.5.5. Akıllı Fabrikalar ve Otomatik Üretimin Geleceği	33

3. BÖLÜM

TÜRKİYE’DE SANAYİLEŞME: ENDÜSTRİ 4.0 ÜZERİNE ARDL SINIR TESTİ

3.1. Veri Seti	36
3.2. Model	36
3.3. Metodoloji.....	36
3.4. Bulgular ve Genel Değerlendirme.....	38
SONUÇ VE ÖNERİLER	66
KAYNAKÇA.....	70
ÖZGEÇMİŞ	76

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
END.	: Endüstri
SAN. POL.	: Sanayileşme Politikası
SAN.	: Sanayi
TR	: Türkiye

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1. Literatür Taraması.....	35
Tablo 2. Kullanılan Değişkenler (2003-2014).....	36
Tablo 3. Birim Kök Testi Sonuçları (Düzey).....	39
Tablo 4. Ağaç ve Mantar Sektörü İçin ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q).....	41
Tablo 5. Ana Metal Sektörü İçin ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q).....	42
Tablo 6. Bilgisayar-Elektrik Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q).....	43
Tablo 7. Deri Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q).....	44
Tablo 8. Diğer İmalat Sektörleri İçin ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q).....	45
Tablo 9. Diğer Ulaşım Araçları Sektörü İçin ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q).....	46
Tablo 10. Ecza Sektörü İçin ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q)	47
Tablo 11. Elektrik-Teçhizat (white Düzeltmeli ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q) AR.....	48
Tablo 12. Fabrika Metal Sektörü İçin Ardl Tahmin sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g).....	49
Tablo 13. Gıda Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g)	50
Tablo 14. Giyim Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g).....	51
Tablo 15. İçecek Sanayi Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g).....	52
Tablo 16. Kağıt Sanayi Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g).....	53
Tablo 17. Kara Taşıtları Sektörü İçin Ardl Tahmin sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g).....	54
Tablo 18. Kauçuk Sektörü İçin Ardl Tahmin sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g).....	55
Tablo 19. Kimyasal Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g) ..	56
Tablo 20. Kömür Sanayi Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken: loq_g).....	57

Tablo 21.	Makine Ekipman İmalatı Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g).....	58
Tablo 22.	Makine ve Ekipman Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken:loq_g).....	59
Tablo 23.	Medya Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g).....	60
Tablo 24.	Metalik Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)	61
Tablo 25.	Mobilya Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken:loq_g) ...	62
Tablo 26.	Tekstil Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken:loq_g).....	63
Tablo 27.	Tütün Sektörü İçin Ardl Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)	64
Tablo 28.	LLC Panel Birim Kök Testi Sonuçları.....	64
Tablo 29.	Panel ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı Değişken: log_q)	65
Tablo 30.	Kısa ve Uzun Dönem Sermaye Değişken Katsayıları	68
Tablo 31.	Sektörler bazında uygunluk	69

GİRİŞ

Sanayileşme ve buna bağlı endüstri devrimi hareketlerinin milletlerin mali ekonomik gelişmelerinde oldukça önemli bir payı vardır. Öncelikle ada ülkesi medeniyetlerin beşiği olarak kabul edilen İngilizler bunu gerçekleştirirken birçok yenilik ile birlikte sanayileşme belirli bir seviyeye gelmiştir. Endüstri 4.0 bu bağlamda ele alındığında dört farklı teknoloji çerçevesinde vuku bulmuştur.

Sanayi 4.0 otonom otomasyon ve teknoloji akımının bir yenilik hareketidir. Ülkemizde bu akıma eğilim ve talep oldukça yüksek seviyelerde yansısı da internet devrimi ve uluslararası çerçevede ki gelişimi istenilen seviyede değildir. Kişi başına düşen kullanım yüzdeleri alt seviyede görülmektedir. Başka bir açıdan ele alınırsa firmaların ve şirketlerin kullanım oranları istenilen seviyede değildir.

Kişisel kullanım ve kamu iktisadi teşebbüsleri ve harcama kalemleri de dahil olmak üzere dünya ülkeleri ile karşılaştırmalı analizi diğer ülkelerle karşılaştırıldığında ülkelerin Araştırma-Geliştirme ve alt yapıyı geliştirmeye yönelik harcama planlamalarının üst limitlerde olması Türkiye'nin bu yönde gelişime hız vermesi gerektiği gereksinimidir.

Türkiye'de teknoloji kullanım eğiliminin artan ivmede olduğu bununla birlikte diğer milletlerin nüfus ortalamasının kullanım yüzdesi de oldukça arttığı görülmektedir. Ülkemizde bu kullanım eğilimin avantaja çevrilmesi ve Sanayi 4.0 kapsamında değerlendirilmesi ve ele alınması gerekmektedir.

Gelişmiş cihazların işlemci teknolojisi ile gelişimiyle bazı platformlara erişim ve giriş kolay hale gelmiştir. Bunun sonucunda sosyal yaşam ve ihtiyaç aramaları değişkenlik göstermektedir. Arama motorları işleyişimizi iş dünyamızı yaşanabilir hale getirmiştir. İleri iletişim ve teknolojik ürün ithalat ve ihracat verileri yörüngesinde, ülkemizin üretim geliştirme masraf kalemlerinin her biri için artış etkisi gösterdiği görülmüştür.

Ülkemizin uluslararası küresel çerçevede rakiplerle yarışı ve rekabet süreci değerlendirildiğinde inovasyon araştırma geliştirme faaliyetlerinin artarak geliştirilmesi ithalat ve ihracat dengesinin artan ivme kazanması ülkemiz açısından oldukça önemi vardır. Ülkemiz Sanayi 4.0'a hızla hazırlanma sürecinde birtakım öncelikleri kendine rol model alması gerekmektedir.

1. BÖLÜM

SANAYİ DEVRİMİ VE ENDÜSTRİ 4.0

KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ

19.yüzyılda gündemde olan mekaniksel adlı mecmuada ilerleyen yıllarda kullanılan bilgisayar cihazlarının ağırlık anlamında 2000 kg civarında üretileceği öngörülmüştür. 2012-2013 yılları gibi en çok kullanılan arama motoru tarafından yüksek çözünürlük özelliğine sahip mercek ve görüntüleme, büyük hafıza depolama özelliğine sahip farklı işlev ve işlevsellikleri bulunan mercekler ve gözlükler imal edilmiştir (Acatech, 2013, ss. 47-48).

Aynı yüzyılda üretimi tasarlanan EDVAC yine bu yıllarda düzenlenen 27000 kg ağırlığında ENIAC 'tan ayrı üretilen ve tek bir mercek ile metodlanan birinci bilgisayar sistemini üretimsel metodu tasarlayanların hayalinde erişemeyeceği bir gelişim olan internet ağının gelişmesi ile başlayan network ve datanın dağılma süreci ekonomik sosyal yaşama yön veriyor. Devrimlerin geçiş süreci sessiz ve derinden ele alınıyor (Alçın, 2016, s. 74).

Çalışmalar ve sahadan gelen verilere göre ilerleyen dönemlerde yaklaşık 4- 5 yıl zaman diliminde internet sistemlerinin ve buna bağlı teknolojinin oldukça artacağı sensor ve sistemlerin yenilik olarak geliştirilerek sistem ve otomasyonun hayatın her kademesine uyarlanacağı, farklı sektör ve işletme alanlarına entegre edilmesi beklenmektedir (Akbulut, 2018, ss. 74-75). İlaveten yaklaşık 6 yıl gibi bir zaman içinde internet ile çalışan sistem ve cihazların milyarlarca sayıya ulaşacağı bununla birlikte ekonomiye yansımalarının tahmini 2-6 trilyon \$ civarında ilave değer katacağı düşünülmektedir (Altın ve Kaya, 2009, ss. 49-50).

Artık geldiğimiz noktada kullanım oranları, iş dünyasının ve ticaretin odak noktası oldu. Oluşan bu gelişim ve dönüşüm hareketi beraberinde yeni iş alanları ve teknolojik yansımaları da beraberinde getirdi (Acatech, 2013, s. 63). Hareket noktası sadece kitlesel iletişimi sağlamak olan internet hayatımızın olmazsa olmazı haline geldi (Alçın, 2016, ss. 14-15).

Medya ve iletişim kanalları çerçevesinde akıllı telefonlar nesilden nesile kimsenin elinden düşmez oldu. Seneler önce çok zor ulaşabildiğimiz verilere artık anlık

ulaşabiliyor bununla da yetinmeden bilgi ve veri paylaşımı yapılabilir. Sık olan bir bilgiye göre belirli sayıda adımlayan bir insan aynı şekilde aynı adımları kat ettiği zaman mesafe değişmez (Acatech, 2013, s. 114). Paylaşılan bilgi çok hızlı yayılmakta işletim sistemi ve servis sağlayıcılar da buna göre üretilmektedir (Bergara, 2016, ss. 47-48; Erkan ve Erkan, 2007, s. 96).

Teknolojik yardımla üretilen ve bu yolla katma değer sağlayan işletme ve firmaların hız ve üretim süreçlerine sağladığı katkı tartışılmaz bir seviyededir. Bu yenilik sistemi kendi arasında farklı bir teknolojiyi ve süreçleri beraberinde getirmiştir (Bradley ve Atkins, 2015, s. 96).

Bilgisayar teknolojileri, stok yönetim sistemleri gibi ulusal oto kontrol sistemleri zinciri prosesleri takip eden sistemler, tedarik, lojistik, planlama prosesleri işletme ve firmalara özgü sistemler son yıllarda gelişim olarak ivme kazanan ve artık bize hayal kırıklığına uğratmayan teknoloji hareketleri olarak hayatımızda yer edinmiştir (Bergara, 2016, s. 78). Bahse konu bu gelişmeler yaşanırken bazı önemli yenilikler şüphesiz tedarik ve yönetim lojistik sistemlerde gerçekleşecektir (Kagermann, Lukas ve Wahlster, 2011, ss. 49-50).

Teçhizatların kendi içerisinde iletişimi sağladığı süreçlerin, sade ve yalın üretim sistemleri veya esnek modelleme sistemi öne çıkmaktadır (Altın ve Kaya, 2009, ss. 74-75). Buhar sistemleri yardımıyla hareket eden oto mekanik proseslerin değerlendirilmesiyle başlayan endüstri devrimleri, günümüz teknolojisinde geldiğimiz noktada sanayi ile entegre olmaya başlamıştır (Dai vd., 2012, s. 64). Bu dönem ülkemizin önceki dönemlerde kaybedilen zamanı tolere edecek bir süreçtir.

1.1. Sanayi Devrimi

Sanayi devrimi ve tarihi hakkında bilgi vermeden önce sanayi devrimleri ve nedenleri hakkında bilgi vermek konunun açıklanması ve sanayi devriminin tarihini anlamamız açısından yerinde bir davranış olacaktır (Kagermann, Lukas ve Wahlster, 2011, ss. 14-15; Erkan ve Erkan, 2007, s. 39). Endüstri devrim hareketleri, buluş ve icatlar üretilen miktarlar açısından 1800'li yıllarda başlayan şuan da süre gelen bir zaman dilimini ifade eder (Göçer, 2013, s. 69). Bu senelerde ticaret hacminin yoğun hale gelmesi ile bu dönemin başladığı bilinse de mekanik makine sistemleri de bu dönemde yaygın başlamıştır (Görçün, 2016, s. 69; Kocacık, 2003, ss. 41-42).

Endüstri ve sanayileşmenin kavram olarak açıklanmasında yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji sistemlerinin var oluşu kullanılmakta ve sayılmaktadır. İlk Sanayi Devrimi'nin enerji beslemesi katı yakıt iken (odun, kömür), sonraki Sanayi Devrimi'nde içten yanmalı ve patlayan motor gücü ve elektriktir (Koroğlu, 2012, s. 64). Sanayi Devrimi'nin ikinci dalgasında lider ülke konumu İngiltere'den el değiştirerek Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya'ya geçmiştir; İkinci Sanayi Devrimi'nin hazırlık ve uyum süreci örgütsel açıdan Birinci Dünya Savaşı'nın olmasına zemin hazırlamıştır. (Geisberger ve Broy, 2012, s. 114).

1. Birinci Sanayi Devrimi

- 1700'li yıllarda buhar sistemli makine bulundu. Endüstri ve ilk sanayi devrimi için önemli bir icattı.
- 1807 yılında ise bir ABD uyruklu mucit, buhar sistemli makineleri gemi ve deniz taşıtlarına monte etti.
- 1812 yılında ilk defa buharlı makine tren sistemlerinde test edildi.
- 1840 yılında planlı olarak denizler arası gemi yolculukları başladı.
- 1844'de ABD de telgraf hizmete açıldı.
- 1876'da telefon bulundu.
- 1830–1860 yıllarında kömür üretimi arttı.
- 1700'de bilim gelişti. İngiltere'de tarımın gelişmesiyle birlikte buhar ve kömürlü sistemler yavaş yavaş yerini teknoloji hareketlerine bıraktı.

İngiltere'nin, donanma güçlerinin güçlü ve işlevsel olması diğer ülkelere kıyasla milletleri saf dışı ederek sömürgeyi ele geçirmişlerdir (Akbulut, 2018, ss. 114-115).

2. Sanayi Devrimi

İkinci Endüstri devrimi başlangıç sanayi devriminin sonudur. Bu devrin son dönemlerini oluşturan 19. yarıyılın son dönemlerinden savaşın başlangıcı olan 1915 yılına kadarki süreci ve bu süreç içindeki sosyo ekonomik mali ve iktisadi gelişmeleri içerir (Altın ve Kaya, 2009, ss. 74-75). Savaş ekonomisinin getirdiği farklı gelişmeler

mali analiz ve birikimlerin yanı sıra 1870 Fransa-Prusya çatışması ile ikinci Endüstri devriminin başlangıcı sayılır (Erkan ve Erkan, 2007, s. 64).

Ana hatlarıyla tekstil bazlı başlayan bu devrim hareketi dokuma sanayi sektörü iplik ve makine ekipmanlarının bir sistematik plana uyarlanması, buharlı sistemlerin devreye alınması süregelen süreçte, 1900'lü yılların son zamanlarında özellikle petrol ve türevi yakıtla desteklenen içten yanma sistemli dizaynın icadıyla ikinci Endüstri Devrimi'ne geçiştir (Alçın, 2016, s. 87; Akbulut, 2018, s. 74).

Endüstri devriminin ilk ayağında buhar sistemleri ile çalışan mekanizmalı cihazların ulaşım kullanımı ile beraberinde maliyet yatırımı fazlalaşmıştır (Alçın, 2016, s. 98). Aynı zamanda dizaynı oluşturulan raylı sistemlerin meydana getirdiği sevk ve ulaşımdaki seri hareketler ticari hacmi artırmış ve beraberinde yeni gelişmeler yaşanmasına sebep olmuştur (Altın ve Kaya, 2009, ss. 41-42). Kısa zamanda uzun mesafelere ulaşım kolay ve seri hale gelmiştir.

Bu gelişmelere paralel olarak artan yenilik ve teknoloji hareketleri makine ve teçhizatların ana üretim bileşeni olan çeliğin üretim ve uygulanmasının yollarını açmış mali açıdan ekonomik katkı sağlamıştır. Çelik üretimi bu dönemin en önemli kazanımıdır. Bu kazanımlar çeliğe bağlı sektörlerin de gelişmesini sağlamıştır.

1.2. Yeni Bir Dünyaya Adım: Bilgisayar Teknolojisi

Bu kapsamda ikinci endüstri devriminin sonuçlanmasına yakın bir zamana denk gelse yazılım ve bilgi çağının üçüncü endüstri devrimi ile oluştuğu için bu zaman diliminde oluştuğu ifade edilebilir. 1900'lü yıllarda yayınlanan bir mecmuada ilerleyen zamanlarda bilgi cihazlarının ağırlık anlamında daha ergonomik olacağı günümüz teknolojisinin yansımaları çerçevesinde bilgi vermektedir (Altın ve Kaya, 2009, ss. 78-79). Savaşın başlamasıyla ilgili alanlarda lazım gelen durumlarda başvurulmak üzere araştırma ve arge faaliyetlerine gerek duyulmuştur (Bergara, 2016, s. 32).

Bu çalışmalar çerçevesinde, atılan bomba ve savaş araçlarının güzergahının belirlenmesi, ID analizi yapılan teknik çalışmalar ilgili zaman diliminin gereksinimlerine yanıt arayacak gibidir (Göçer, 2013, s. 27). 1900'lü yıllarda Alman teknik personel Ms. Zuse, helikopter ve roket atarlar için bir cihaz tasarlamıştır. Cihaz oldukça kapsamlı Alman Nazi yapılanmasının kodlarını analiz etmek üzere

geliştirilmiştir. 1945’de İngiliz birleşik krallık karşı devletin iletilerini programı kırabilen bir cihaz tasarladılar. Bu makine yaklaşık bir ev büyüklüğünde bir cihazdı (Altıntaş ve Mercan, 2015, s. 69). Savaşın esnasında Alman Nazi güçlerinin kullandığı bazı yazılım ve şifreleri çözmek için dizayn edilmiştir. 1944 yılında tasarımı yapılan yazılım olarak programın ilk model taslak cihazıdır.

Bellekte kayıt altına alınan ve analizlerin yapıldığı ilk cihaz olan EDVAC, bu alanda efektif ve çok amaçlı niteliğin çoğalmasına olmuştur. 1940 yıllarda ergonomisi tasarlanan ENIAC, etkinliği artırılmış cihazların ilk örneklerinden biridir (Ramanathan, 2014, ss. 49-50). İlk bilgisayar, ortalama 27000 kg civarında ve yaklaşık 168 m2 boyutlarındadır (Göçer, 2013, ss. 113-114). Cihaz maliyet tutarı 500.000 \$ (Acatech, 2013, s. 11).

Tüm bunlara rağmen bu cihaz temel bazı matematiksel işlemleri yapabiliyor çok işlevsel çalışmamaktadır. Bu alanda veri ve mantık hesaplamaları yapması yönüyle ilk cihazlardan biridir.

1.3. Bilgisayar Teknolojisinde Yaşanan Gelişmeler

1948 yıllarında bilgisayarların az gelişmiş tüp sistemlerinin yerini daha ergonomik ve kuarzt malzemededen oluşan tüpler almıştır. Bu yeni dizayn daha az enerji ve ebatsal olarak küçüktür. Tek handikapı oluşan enerji nedeniyle parçaların bozulması ve sık sık arıza yapması olarak bilinmektedir (KPMG, 2015). Bu açıdan bir firma tarafından tüm devre sistemleri geliştirilerek arızaların önüne geçilmeye çalışılmıştır (Alçın, 2016, s. 84).

Güncel olarak bilgisayarların ana çalışma temel prensibi bu devredir. Bu devre zamanla geliştirilerek 1900’lü yılların sonuna doğru ilave yazılım ve programlarla farklı boyutlara taşınmıştır.

1.4. Endüstri Devrimi Tarihsel süreç

Sanayileşme kavramı iki farklı konuda ele alınabilir. Birinci geniş olmayan anlamda sanayileşme, ara mamül üretiminde kullanılarak sanayi rakamının GSYİH içerisindeki oranının belli bir noktaya gelmesi olarak söylenebilir (Bergara, 2016, ss. 41-42). İkincisi, daha kapsamlı sanayileşme hareketidir bu ise, sanayi devrimiyle birlikte ortaya çıkan ve milletlerin mali sosyo-ekonomik iktisadi, vs. bölümlerinde

değişim ve yenilikle meydana gelmiştir (Erkan ve Erkan, 2007, ss. 19-20). Tarihsel olarak ilk devrim hareketi tarımsal alanda yapılmıştır. Toplumların yaşamsal düzen içerisinde tarım olgusunun yaygınlaşması insanlığın damga vurduğu ilk sosyal devrim hareketidir (Kagermann vd., 2015, s. 98). Bunu sonrasında sanayi devrimi izlemiştir.

1700-1890'lı yıllarda çıkan ve ilk sanayi devrimi diye nitelendirilen bu hareketin diğer bir ismi de Buhar devrimidir. Bunun buhar olarak nitelendirilmesi o dönemin icatı olarak sürecin başlangıç kabul edilmesinden gelmektedir (Akbulut, 2018, ss. 115-116; Alçın, 2016, s. 64). Bu zamanlarda tekstil sektörü artmış ve metal sanayinde gelişmeler yaşanmıştır.

Deniz ve raylı sistemler için çelik konstrüksiyon sistemleri gelişmesi ile yeni sanayiler meydana gelmiştir. İkinci endüstri devrimini 1870 yıllar olarak başlar ve doğudaki platformun kapanışıyla süre gelen bir devirdir (Bradley ve Atkins, 2015, s. 98). Bu süreçte likit yakıt, petrol ve türevi ürünlerin sanayi üretkenliği icat edilerek derlenmiştir (Akbulut, 2018, s. 69). Globalleşmenin verimliliği bu dönemde hızla artmış ulaşım ve iletişim hızla ivme kazanmıştır.

Seri üretim faaliyetleri 1900'lü yıllarda bir araç markasıyla başlamıştır. Bu teknik diğer sektör ve dallara da sirayet ederek üretim verimliliği sağlanmıştır. Üçüncü Sanayi ve endüstri devriminin başlangıç noktası elektronik, mikro nükleer, otomasyon ve çeşitli alanlarda gelişmeler yaşanmıştır (Daı vd., 2012, ss. 21-22). Elektrik enerjisi kullanımı Endüstri devriminin başlangıç noktasıdır. Band şeklinde seri üretim faaliyetlerinin elektrik yardımıyla destek alarak yapılan ve elektromekanik sistemlerin temellerinin atıldığı teknolojiler meydana gelmiştir (Geisberger ve Broy, 2012, s. 69).

Cihazların hızla ilerleme göstermesi sayesinde beraberinde internet ağının hızla yayılması teknoloji devrimi olarakta bilinmiştir. 2000'li yılların başlarında makine sanayinde gelişmeler sağlanmış, bilgi ve yönetimi organizasyon şeklinde yeni kavramlar türemiştir (Görçün, 2016, ss. 45-46). Gelişmeler ışığında mikro çip üretim teknolojisi sorgular hale gelmiştir. İleri mühendislik gerektiren üretim metotları benimsenmiş sürece ortak olmuştur (Göçer, 2013, s. 45).

Uzakdoğu, Almanya, Kore ve Amerika Birleşik Devletleri bu dönemde çok hızla sürece uyum sağlamış pazarda lider konuma ulaşmışlardır (Koroğlu, 2012, ss. 11-12). Ülkelerin pazar lideri olma durumu formasyon olarak gelişmesini sağlamış şirket,

kurum ve kuruluşlar bu duruma göre pozisyonlarını yeniden konumlandırmıştır (Altın ve Kaya, 2009, s. 24).

Dünyada global olarak bu gelişmeler yaşanması sebebiyle bir dönüşüm hareketi sayesinde bugün geldiğimiz noktada son teknoloji devrimi Sanayi 4.0 olarak ortaya çıkmaktadır (Kagermann, Lukas ve Wahlster, 2011, ss. 19-20).

1.5. Endüstri 4.0 Kavramı

Sanayi 4.0 nedir ve endüstri karşılığı nasıl yansıyacaktır? Ticaret ve sanayideki durumu ne olacaktır? Endüstri 4.0 hangi yönleriyle ve teknolojik yanlarıyla bir yenilik hareketini tanımlar? Endüstri 4.0 teknolojik değerlerin üretim ve ARGE ile buluşması ve inovasyonu yakalaması diyebiliriz (Altıntaş ve Mercan, 2015, s. 64).

Endüstri 4.0 ilerleyen yılların üretim üssünün belirlendiği bir sürecin yansımasıdır. Mikro ve makro veri tabanının ileri düzeyde sanayiye yansımasıdır (Bergara, 2016, s. 98).

1.5.1. Sanayi 4.0'ın Genel Özellikleri

Süreç istenilen gibi yürütülürse artan verimlilik ve girdi-çıkıtı dengesi gelişecek sürdürülebilir rekabet artacak ve kolaylaşacaktır. Başarının koşulunu sağlayacak modellemede alttaki dengelerin sağlanması gerekmektedir. (Romanathan, 2014, ss. 87-88).

1. Beraber çözüm odaklılık: Siber ağlar aracılığıyla (parça bazlı üretim ve montaj bazlı ürünler) sistemlerin insanların ve olguların bir dizin çerçevesinde entegresi ve iletişim sağlamasıdır (Göçer, 2013, s. 145).

2. Sanal çerçeve: Simule sistemler gerçekleşen modeller birbiriyle entegre olarak işletmelerin sanal çerçevesi oluşturulur.

3. Ademi merkezîyetçilik: Üç boyutlu baskı ve teknolojik gelişmeler ışığında yerel üretim şeklidir.

4. Reel zamanlı üretim: Dataları toplamak ve analiz yapmaya hazırlamak.

5. Servis sağlamak.

6. Modül sistem: Akıllı sistemlerin modül yapılarını zamana göre genişletme işlemidir.

1.5.2. Sanayi 4.0'ın Terimleri

Endüstri 4.0 kavramı başka bir açıdan iç dinamiklerini de oluşturarak uluslararası çerçeveye getirmiştir. Bunlar sırasıyla “Nesnelerin İnternet’i”, “İnternet Hizmetleri”, “Endüstriyel İnternet”, “Gelişen yapısal üretim ve akıllı fabrikadan meydana gelmektedir (Acatech, 2013, s. 98).

Tüm alt sistemleri, süreçleri, dâhili ve harici nesnelere, tedarikçi ve müşteri ağlarına bağlayan bir sistem anlatılmaktadır. Bazı tahminlere göre, birbirleriyle iletişim kuran cihazların sayısı birbiriyle iletişim kuran kişilerin sayısını aşmış durumda 2020 yılına kadar, bir jetlinerden dikiş iğnesine 30 milyar cihazın birbirine bağlanacağı tahmin edilmektedir (Alçın, 2016, ss. 21-22).

Sanayi 4.0 nesnelerin internetinin imalat ve hizmet ortamına uygulanmasıdır. Hizmetler interneti: Kullanıcılar tarafından üretilen veriler ile bulut sistemlerle yönlendirilen dâhili ve çapraz hizmetleri ifade eder (Akbulut, 2018, s. 87). İnternetin kullanımı aygıtı: Uzaktan izlenebilen ve/veya uzaktaki bir yerden kontrol edilebilen, bağımsız bir internet bağlantılı cihaz. İşlerin Ekosistemi: İşletmelerin, hükümetlerin ve tüketicilerin, uzaktan kumandalı cihazlara, panolar, ağlar, ağ geçitleri ile bağlanmalarını sağlayan tüm bileşenleri ifade eder. Kuruluş: İşletmeleri, hükümetleri ve tüketicileri içerir (Altıntaş ve Mercan, 2015, ss. 74-75).

Fiziksel katman: IoT cihazı yapan donanımı ifade eder. Ağ katmanı: Fiziksel tabaka tarafından toplanan verilerin farklı aygıtlara iletilmesinden sorumlu yazılımı ifade eder. Uygulama katmanı: Cihazların birbirlerini tanımlamaları ve birbirleriyle iletişim kurmalarını sağlayan protokolleri, arabirimleri içeren katmanı ifade eder (Bergara, 2016, s. 21).

1. Endüstriyel internet: Web'in diğer ekonomik faaliyet biçimlerine adaptasyonunu anlatır.

2. İleri üretim: Teknoloji geliştiren ürünlerde yenilikleri ve süreçleri tanımlamak için kullanılır.

3. *Siber-fiziki sistemler*: Algılayıcılar, işlemciler ve iletişim teknolojileri gibi donanımın içine yerleştirilmiş yazılımlardan oluşan ve bilgiyi özerk olarak değiş tokuş edebilen, eylemleri başlatan ve birbirlerini bağımsız olarak kontrol edebilen sistemleri anlatır.

4. *Akıllı fabrika*: İnsansız, robotlarla üretimin gerçekleştirildiği üretim yerlerini ifade eder.

1.5.3. Endüstri 4.0'ı Doğru Anlamak

Sistematik olarak buharın itici gücüyle hareket eden organların kullanıma geçmesiyle başlayan devrim süreci, elektrikteki gelişmeler, bilgi transfer sistemlerinin sanayi ve endüstriyle senkronizasyonu sayesinde günümüz dünyasındaki halini almıştır (Alçın, 2016, s. 85). Yaşam süresince endüstriyel yansımaların; seri, anlaşılır ve inovasyon yönü ile yüklenici olmaya ilerleyen endüstri çağı sürekli ve seri gelişen yansımaları ile olan Sanayi 4.0 sürecinin başındadır (Göçer, 2013, s. 98). Sanayi 4.0, entegre işletmelerde emek ve fizik gücüyle sistem analizinin siber ağlar vasıtasıyla nesnelerin kendi arasında ve birey iletişimini sağlayan ve karar alma sürecini hızlandıran sistemlerin bütününe kapsamayı hedeflemektedir (Kocacık, 2003, s. 96).

Amaç insanların çalışmasından arındırılan bir sistem olmamakla beraber, bilgi teknoloji yetenek ve avantajını elde edip birey merkezli yüksek katma değer sağlayan sistem yapısını oluşturmaktır. Sanayi açısından gelişmekte olan ülkemiz gibi diğer uluslar yüksek rekabet bir konuma gelerek misyon ve vizyonu belirleyebilirler (Altıntaş ve Mercan, 2015, s. 98).

1.5.4. Endüstriyel Düzeyde Rekabet Gücü

Son zamanlarda üreticilerin kendilerine en çok sorduğu bu soruyu ve dolayısıyla sorunu ortadan kaldırmak için henüz ilk evresinde olduğumuz 4. Sanayi Devrimi konusunda gerçekçi adımlar atmak için hem üretici firmalara hem de teknoloji şirketlerine ciddi görevler düşüyor (KPMG, 2015). Özellikle Almanya, ABD, Çin gibi büyük ekonomi ve sanayiye sahip devletlerin bulunduğu coğrafyalarda yer alan büyük üreticilerin yaptığı yatırımlar düşünüldüğünde, Türk sanayicileri bu devrimi, ancak ellerindeki bütün kaynakları ve imkânları zorlayıp teknolojiye gerekli yatırımı yaparak

yakalama şansına sahip olduklarını unutmamalıdır (Kopetz, 2011, s. 36; Lee, 2006, ss. 89-90).

İhtiyacımız olan en önemli konu, sağlam bir vizyon ve bir yol haritası. Bunu çizerken firmaların kendi üretim dinamikleri, mevcut koşulları ve iyileştirme noktalarının farkında olmaları; sektörel dinamikleri ve beklentileri iyi analiz etmeleri çok önemlidir (Akbulut, 2011, s. 48). Bunun yanında “İnternet”, “birbirine bağlı ürünler, makineler, insanlar, işletmeler”, “sanallaştırma” gibi konseptleri merkezine oturtan Endüstri 4.0 vizyonunu ve beraberinde gelecek fırsatları da iyi anlamak gerekiyor (Altıntaş ve Kaya, 2009, ss. 28-29). Belirsiz bir yolda kaybolmak yerine, adımları doğru belirleyip doğru zamanda atmak, rekabette de firmaları bir adım öne taşıyacaktır.

4. Sanayi Devrimi olarak adlandırılan ve merkezine, birbiriyle açık bir internet ağı üzerinden iletişim halinde olan ürün, makine, operatör gibi üretim elemanlarını alan yeni nesil “Akıllı Fabrikaların kurulmasında ve bu dönemin üretim sektörünün yaşam biçimi olmasında endüstri 4.0 Platformu, üretimde farkındalık yaratmak, endüstri 4.0 çerçevesinde firmaların ve kişilerin atacağı adımların belirlenmesinde öncülük edebilmek amacıyla kurulmuştur (Lee vd., 2015b, s. 98; Erkan ve Erkan, 2007, ss. 45-46).

Endüstri 4.0 platformunda, bu sanayi devriminde gerçekleşmiş ve gerçekleşecek olan gelişmeleri haber, teknik içerik yayıncılığı, röportajlar ve saha etkinlikleri ile sektördeki ilgili tüm kesimlere ulaştırmayı ve üretimin geleceği bilincini Türkiye’de yaygınlaştırmayı hedeflemektedir (Bergara, 2016, s. 86). Endüstri 4.0 platformu, üyelerinin profesyonel gelişimlerine ortak olmayı ilke edinmiş bir sivil toplum kuruluşudur (Bradley ve Atkins, 2015, ss. 49-50).

1.6. Endüstri 4.0’ın Yeni Teknoloji Kavramları

1.6.1. Üç Boyutlu 3D Yazıcılar

Üç boyutlu görüntüleme ve yazıcıların ilk olarak kullanılmaya başlanması 1985 senesinde olmuştur. Fakat geride bıraktığımız süre içerisinde bu tür ürünlerin sadece örnek tek model üretimi yapılarak seri uygulamaya geçilememiştir (Ramanathan, 2014, s. 63). 2006 senesinde gündeme tekrar alınarak vizyonel açıdan oldukça kapsama

yayılması sağlanmıştır (Göçer, 2013, s. 45). İlerleyen dönemlerde teknoloji bilim dünyasının önde gelen insanları baskılama ve üç boyutlu görüntüleme alanında yenilik olarak bir akım başlatacağı yönünde fikir savunmaktadırlar. (Altın ve Kaya, 2009, s. 17).

Üç boyutlu yazıcı üretim aşamasındaki katkısı her iki sanayi devriminin üretim periyotlarındaki diğer aşamalardan dizayn açısından benzersiz olmasıdır (Alçın, 2016, s. 79). Görüntü ve parça tedarik üretim aşamaları eklemeli çıkarmalı sistem olarak işlemektedir. Yarı mamül üretim öncesi kaba ölçüye getirilerek kesilir, sonrasında son üretim halini alarak nihai aşamaya ulaşır (Bergara, 2016, s. 31).

Diğer bir açıdan çok boyutlu yazdırma operasyonunda üretim proses eklemeli işlem yapılmaktadır (Daı vd., 2012, ss. 15-16; Akbulut, 2018, s. 36). Bu özelliği sayesinde üç boyutlu yazıcı sistemlerine üretim verimliliği konusunda ciddi avantaj getirmiştir.

Üç boyutlu yazıcıların diğer en önemli özelliklerinden bazıları da çeşitli üretim faaliyetlerinde fonksiyonel kullanılması geniş bir alanda yayılacak olması gelişen tıp dünyası görüntüleme, otomotiv, inşaat reklam tanıtım sistemleri bu yazıcıların kullanılmasına zemin hazırlayacaktır.

Teknolojik iletişim cihazlarının hızla gelişerek kişilerin görüntüleme yapabilir hale gelmesi teknolojik seviyenin kişi bazında üretimsel işlevi artırarak ve ticari faaliyetlerin evrim değiştireceği şeklindedir (Erkan ve Erkan, 2007, s. 63). Bu durum sektör firmalarının yalnız üretme faaliyetleri yaparak kendilerini idame edemeyecek ürün portföyünü kira üzerinden yayılma yönüyle varlıklarını sağlayabileceklerdir (Bergara, 2016, s. 96). Örneğin araç lastik üreticisi sektörde lider bir firma yenilenebilir ve sürdürülebilir rekabetçi ürün gamını satmak yerine kira sistemini hayata geçirmek gibi bir yol izlemiştir.

Üç boyutlu görüntüleme ve yazıcı sistemlerinin otomotiv bazlı sektörlerde yoğun olarak talep görmeye başlaması zamana bağlı olarak teknolojik Arge faaliyetleri sonucunda sektörde üretimsel olarak köklü değişim ve yenilik hareketlerine sebep olacaktır (Bradley ve Atkins, 2015, s. 96; Göçer, 2013, s. 49).

1.6.2. IoT Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti (NI) nesne ve canlıların tekil tanımlayıcılar üstünden, insan-insan ve insan bilgisayar etkileşimine gerek kalmadan yerel bir ağa veya internete bağlı veri aktarımı yapılabilen teknolojik bir sistemdir (Ivanou vd., 2015, s. 79). NI, kablosuz teknolojiler, yarı iletken yongalara gömülü olan algılayıcılarla birlikte, valf ve uygulayıcı gibi donanımları da içinde bulunduran, taşıtlardaki hava yastıklarında mevcut olan mikro elektromekanik sistemler ve internetin bağlanması ile ortaya çıkmıştır (Göçer, 2013, ss. 59-60).

Günümüz teknolojilerinden farklı olan ise yeni sistemlerin belirli bir seviyede düşünebilme yeteneği olabileceğinin de üzerinde durulmaktadır (Alçın, 2016, s. 79). Nesnelerin interneti, dikkat dağıtmadan, hatta dikkat çekmeyerek insanlara günlük yaşamda kolaylık sağlayabilecek ve yoğun olan günlük tempoyu rahatlatılabilecektir. Nesne tabanlı internet servislerinin basit bir örneği kargo takip sistemlerinin internet üzerinden yapılabilir olmasıdır (Altıntaş ve Mercan, 2015, ss. 48-49).

Bu sistemler hala başlangıç aşamasındadır, kargo takibi insan faktörünün yoğun kullanıldığı bir sektördür. Ancak nesnelerin interneti sistemleri yaygınlaştığında kargo paketlerinin hiçbir insan müdahalesi olmadan adrese teslim edilebilir hale gelmesi beklenmektedir (Koroğlu, 2015, s. 69). 2020 yılında, nesnelerin interneti aracılığıyla 14 milyar cihazın birbirleriyle etkileşime geçmiş olması planlanmaktadır (Kopetz, 2011, s. 69; Lee, 2006, s. 41).

1.6.3. Akıllı Fabrikalar

Endüstrinin büyük ölçekli şirketlerinin geleneksel üretim artırma yöntemleri artık yeterli değildir. Yeni stratejiler ise müşteriden tedarikçiye kadar tüm sistemi içine alan bütünsel bir çözüm üretme yöntemi gerektirir. Bilişim teknolojileri ile endüstriyel sürecin entegrasyonu sonunda Endüstri 4.0 devrimi gerçekleşmektedir. Sanayinin yeni terimleri olan büyük veri, robot teknolojileri, nesnelerin interneti gibi sistemler ile akıllı fabrikaların ortaya çıkışı sağlanmıştır (Altıntaş ve Mercan, 2015, ss. 79-80).

Akıllı fabrikalar hayalden öte artık zorunluluk halini alacak, tüketici tercihlerinin değişmesi ve kişiselleşen üretime olan taleplere cevap verilebilmesi için işletmeler, fabrikalarında dönüşüme gitmekte mecbur kalacaklardır (Alçın, 2016, s. 74). Endüstri

4.0'ın üretim süreci, müşterinin talepleri ve tedarikçiden toplanan verilerin analizi sonucu akıllı fabrikalar, robot teknolojisinin desteği ile hızlı bir şekilde ürünün imal edilmesini sağlayabilecektir (Bergara, 2016, ss. 58-59). RFID (Radio-frequency identification / Radyo Frekansı ile Tanımlama) etiket sensörleri ile akıllı robotlar üretim bandındaki ürünü tanıyarak işlem gerekliliklerini yerine getirebileceklerdir (Kogermann, Lukas ve Wahlster, 2011, ss. 14-15).

Bu durum iş dünyasını, akıllı üretim süreçlerinde kullanılan akıllı fabrikalarla ve bu fabrikalardan çıkan akıllı ürünlerle karşılaştırmıştır. Sanayi 4.0'ın ilk önceliği ve en somut göstergesi olan akıllı fabrikaların özellikleri şu şekilde sıralanabilir: (Köroğlu, 2015, ss. 78-79; Bergara, 2016, s. 36)

1. Akıllı fabrikalar, karmaşık üretim süreçlerini hızlı ve sorunsuz bir şekilde yöneterek büyük bir başarı sağlamışlardır.
2. Akıllı fabrikalarda üretilen ürünler daha sorunsuz ve daha uzun ömürlüdür.
3. Akıllı fabrikalar da insanlar, makineler ve üretim kaynakları sürekli bir etkileşim içindedirler.

1.6.4. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik grafiksel ortamda (AR) ses, video, grafik veya GPS verileri ile bilgisayarlar aracılığıyla üretilen insanların duyularını etkileyecek düzeye getirilebilen dijital ortamdaki canlandırmalardır (Erkan ve Erkan, 2007, s. 36). Bu canlandırma sonucunda fiziksel ve gerçek alanda birleşme sağlanmakta ve kullanıcıya yeni bir algılama alanı oluşturulmaktadır. Yeni algı ortamını canlı olarak doğrudan doğruya veya dolaylı görseller aracılığıyla yansıtılabilmektedir (Alçın, 2016, s. 24).

Bu sistemde insan duyularına hitap edecek ve duyuları etkileyecek girdiler dijital ortamda zenginleştirilerek simüle edilebilir ve sonrasında artırılmış bu gerçeklik kullanıcının algısına sunulur (Erkan ve Erkan, 2007, s. 32). Görüntü ve algı düzeyinde zenginleştirme programı gerçek anlı uygulanarak ve ortam çevresindeki öğeler ile etkileşime geçirilebilmektedir (Akbulut, 2018, s. 98). Artırılmış gerçeklikteki ortamlarla ilgili sanal bilginin yansıtılması gerçek dünyayla uyum halindedir (Alçın, 2016, ss. 17-18).

1.6.5. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, insana özgü olan, algılama, öğrenme, çoğul kavramları bağlama, düşünme, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarımsama yapma ve karar verme bilişsel düzeyi yüksek olan fonksiyonları ya da davranışı yapması beklenen programlardır (Acatech, 2013, s. 15). Yapay zekâ bugün birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. En çok bilinen örneği satranç şampiyonunu yenen satranç bilgisayarıdır.

Bu sistemler bilgiyi depolayarak zamanla deneme yanılma yöntemleriyle kendini geliştirebilmektedir. Tamamen program tabanlı olan sistem depoladığı bilgileri yorumlayabilir ve daha hızlı tepkiler verebilir hale gelmektedir (Bergara, 2016, s. 89).

Yapay zekâ daha çok robotik alanlarda kullanılmaktadır, fakat hızlı gelişen teknoloji sayesinde belki de cep telefonlarımız bile yapay zekâ programları sayesinde bizi yönlendirir hale gelebilecektir (Erkan ve Erkan, 2007, s. 79).

1.6.6. Siber – Fiziksel Sistemler

Siber-fiziksel sistemler; gözlemlene, koordinasyon ve kontrol gibi üretimin ana unsurlarını, hesaplama ve iletişimin birlikte oluşumu ile meydana gelen birleşik teknoloji tarafından yönetilen sistemler bütünüdür (Geisberger ve Bray, 2012, ss. 36-37). Bahsi geçen karma teknoloji daha açık bir ifadeyle, fiziksel sistemleri siber teknoloji ile birleştirerek daha akıllı bir hal alması sağlanmıştır (Altın ve Kaya, 2009, ss. 54-55).

Bu sürecin tamamı siber-fiziksel sistemler şeklinde adlandırılmaktadır. Makinelerin siber teknoloji ile birleşmesi bizi nano-teknoloji devrimine götürerek farklı bir boyuta taşımaktadır. Endüstri 4.0 teknolojinin unsurları siber-fiziksel sistemler ile internet ağ yapı sistemini birlikte içermektedir (Erkan ve Erkan, 2007, s. 79). Dördüncü endüstri devrimi 10 – 20 yıl içinde yaygınlaşarak firmaların inovatif dönüşümleri ile aktif bir şekilde kullanılabilir hale gelecektir.

1.6.7. Siber Güvenlik

Şirketler birbirinden bağımsız yönetim ve üretim sistemlerini kullanarak üretim gerçekleştirmektedir. Sistemlerin bağlanabilir hale gelmesi endüstride bilgi güvenliğini

arttıracak siber tehditlere karşı koyabilecek, sisteme kayıtlı makinelerin erişilebilirliği dikkate alınarak kimlik koordinasyonu sağlanabilecektir (Koroğlu, 2015, s. 49).

Endüstri 4.0 kapsamında verilerin sağlıklı ve doğrulanabilir şekilde aktarımının sağlanması oldukça önemlidir. Üretim sistemlerinde yalnızca yetkili kişilerin önemli verilere ulaşımı sağlanabilmelidir (KPMG, 2015). Ayrıca üretim sistemine dâhil olan bütün cihazlardan gelen verilerin de doğruluğunun saptanması ve işlenebilir olması gerekmektedir. İşletmeler ancak bu şartlar doğrultusunda Endüstri 4.0 sürecinde üretimlerini koruma altına alabileceklerdir (Kocacık, 2003, s. 42; Koşan, 2014, s. 98).

1.6.8. Büyük Veri

Büyük veri; “sosyal medya paylaşımları, bloglar, fotoğraflar, ağ günlükleri, videolar, sistem logları gibi farklı kaynaklardan elde edilen, işlenebilen ve anlamlandırılabilen veri biçimine dönüştürülme şekli” olarak tanımlanabilir (Bergara, 2016, s.111). Büyük veri karar alma sistemlerinde büyük bir kaldıraç görevi üstlenebilir. Çok farklı sektörler ve uygulamalar da daha iyi ve daha hızlı karar alma ortamı oluşturacaktır.

Otomatik karar alma insanlar için karmaşıklıkları azaltabilecek şirketlere ve hükümetlere gerçek zamanlı hizmetler ve müşteri etkileşiminden otomatik vergi beyanı ödemeleri gibi daha birçok alanda destekler sunabilecektir (Ramanathan, 2014, ss. 14-15). Büyük veriyi karar almada kaldıraç gibi kullanmanın da riskleri ve fırsatları mevcuttur. Karar almada kullanılan verilere ve algoritmalara güven duyulmasını sağlamak sistemin işleme için oldukça önemlidir (Altın ve Kaya, 2009, s. 78).

1.6.9. Otonom Robotlar

Üretim ortamlarının esneklik kazanması ile akıllı robotlar diğer cihazlarla, malzemelerle ve diğer üretim bileşenleriyle etkileşime geçerek şirketlerin üretkenliklerinde artış sağlayabilecektir (Pan, 2015, s. 78; Wef, 2016, s. 96). Bu durumda insanların yerini tamamen robotların alacağını söylemek mümkün değildir; fakat geleceğin fabrika işçilerinin iş özelliklerinde yüksek öğrenim ve özel yetenekler yer alacak diğer kalan iş gücü ise başka alanlarda değerlendirilebilecektir (Sanchez vd., 2015, s. 48).

İnsanların ve robotların 24 saatlik uzun bir iş devresi boyunca sisteme bağlı bir şekilde çalışmalarını da bu sistem mümkün kılmaktadır. Üretimdeki herhangi bir aksama olması durumunda, yönetici ya da teknisyen mobil iletişim araçları ile oluşan soruna detaylı bir şekilde otomatik olarak aldıkları bilgi mesajı ile hâkim olabileceklerdir (Scala vd., 2015, s. 78).

Çözüm önerileri sunan ve sorunun yaşandığı alanda her zaman kayıttaki olan kamera sistemleri görüntüyü ileten otomatik mesajla yetkili kişiyi haberdar edebilecektir. Robotlar doğrudan bir operatörün kontrolünde çalışabildikleri gibi, bir bilgisayar programı aracılığıyla bağımsız olarak da hareket edebileceklerdir (Schuster vd., 2015, s. 78).

1.6.10. Simülasyon

Hala tasarım sürecinde olan ürünlerin, üretim süreçlerinin ve de malzemelerin 3 boyutlu simülasyonlarından faydalanılabilecek ve ilerleyen dönemlerde simülasyonlar fabrika üretimlerinde daha etkin kullanılabilir (Wright, 2014, s. 79). Gerçek zamanlı olarak alınan verilerle, hazırlanan sanal modeller verimliliği daha yüksek ürünler üretilmesini mümkün kılmaktadır (Deloitte, 2014, s. 49; Seniye ve Fırat, 2016, s. 41-42).

Bu durumda operatörler, üretim hattını takip edecek olan ürünün üretimden önce sanal olarak test edilebilmesi ve en uygun kurulum ile kalitede artış sağlayabilecektir (Yue vd., 2015, s. 63). Örneğin Siemens ekipman üreticisi olan bir firmayla ortak çalışma yaparak makinelerden toplanan verileri, bir simülasyon geliştirerek, ürünün işlem sürecini %80 oranında azaltarak verimlilik artışı gerçekleştirebilmiştir (Carl ve Michael, 2013, ss. 21-22).

1.6.11. Sistem Entegrasyonu

Tek bir sistem gibi çalışabilen çoklu sistem koordinasyonudur. Birçok sistem bir araya gelerek bir sistem gibi organize edilebilmektedir. Sistem entegrasyonu; kurumsal uygulamalar, network ağları ve işlem sürecinin yönetimi veya yazılımlar gibi tekniklerin kullanılması ile birbirinden farklı sistemlerin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkar.

Alt sistemlerin entegre olması ile birlikte sistem işlevselliği söz konusu olabilir. Dünya çapında sistem tasarımları, kendi içinde entegre programı ile birlikte geliştirilerek diğer sistemlerle koordinasyon sağlamaya hazır şekilde üretimler gerçekleştirilmektedir (Herman, Pentek ve Otto, 2015, ss. 47-48).

1.6.12. Bulut Bilişim Sistemi

Bulut depolama sistemi ile artık şirketler, bulut bilişim sistemine uyumlu yazılımları aracılığıyla kurumsal işlemlerini yapabilmektedir (Wang, Törngren ve Onori, 2015, ss. 48-49). Yeni ürün bilgilerinin sisteme dâhil olması ile bulut teknolojisinin performansının artırılması ve etki tepki süresinin kısılması da gerçekleşebilir. Bulut bilişim sayesinde daha çok bilgiye ulaşılabilecek ve üretim sistemlerinde bilgiye bağlı hizmetlerde verimlilik artışı mümkün olabilecektir (Wright, 2014, s. 19).

ABD’de oluşturulan bir grup olan akıllı üretim liderlik koalisyonu üretimin yeniden şekillenmesi üzerine araştırmalar yapmaktadır. Kâr amacı gütmeyen bu koalisyon, imalat uygulayıcıları, tedarikçileri ve teknoloji şirketlerinden oluşan bir organizasyondur (Carl ve Michael, 2013, ss. 78-79).

1.6.13. Diğer Teknolojik Gelişmeler

Enerji sektöründe yeni bir atılım olan kojenerasyon sistemi; aynı cihazdan hem enerji hem de ısı üretimini sağlayan bir sistemdir. İki enerjinin aynı sistemde üretiminin birleştirilmesi sonucu ayrı ayrı üretiminden daha ekonomik sonuçlar elde edilebilmektedir (Pan, 2015, s. 49). Maliyetleri azaltmak bilhassa sanayi sektöründe enerji verimliliğini arttırarak güvenli, geri dönüştürülebilir ve ucuz enerjinin elde edilmesi ile gerçekleşebilecektir (Sanchez vd., 2015, s. 63).

Elektrik üretimi esnasında ortaya çıkan ısı eşanjörlerin kullanımı ile diğer ısı ihtiyaç alanlarına aktırılarak %80-90 oranında verimlilik sağlanmaktadır. Gelecekle ilgili ilginç tahminler yapan ünlü fizikçi Dr. Kaku’ya göre nano - teknoloji biyoteknoloji ve yapay zekânın gelişmesi tüm endüstrilerde dijital bir devrimin gerçekleşeceğini ifade etmekte ve bununla birlikte bazı gelecek ile ilgili öngörüler de bulunmaktadır (Carl ve Michael, 2013, s. 25). Bunlardan bazıları; “2020’lerde çiplerin maliyeti çok düşük

seviyelerde olacak, çipler her yerde bulunabilecek, bilgisayarlar ve internet bir süre sonra görünmez olacaktır (Pan, 2015, s. 52).

Elektriğin varlığının artık hissedilmediği gibi, ilerleyen yıllarda bilgisayar ve internetin varlığı sorgulanmayacaktır. Bilgisayarlar görünmez olduğu gibi literatürden bu sözcük neredeyse silinecektir (Pan, 2015, s. 36). Mobilleşen dünyada bilgi ulaşımı bulut sistemleri üzerinden gerçekleşecektir. Kontak lensler aracılığıyla karşımızdakinin söyledikleri anlık tercüme edilebilecek ve yabancı dil bir sorun olmaktan çıkacaktır (Thrambolldıs, 2015, s. 49).

1.6.14. Endüstri 4.0'ın Karşılaştığı Zorluklar

Endüstri 4.0 ile ilgili firmalar yeterince bilgi ve donanıma sahip değillerdir. Yeni sanayi devrimin kavramları bile yeterince anlayamamaktadır (Ning vd., 2016, s. 49). Nitelikli iş gücü ihtiyacı niteliksiz iş gücü talebinin azalmasına sebep olabilecektir.

Kurumlarda mevcut olan geleneksel sistemin değişime karşı direnç göstermesi beklenmektedir. Üçüncü sanayi devrimini gerçekleştirmiş firmalar endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirmekte isteksizlik içerisindedir (Scala vd., 2015, s. 49).

1.7. Endüstri Devrimlerinin Sonuçları

İki endüstri devrim sonucu insan popülasyonunun artış ivmesinin talep dengesinin artışı ile varolan kaynakların israfı sonucu gelişmiştir. Üçüncü endüstri devrimi'nin son evrelerinde ülke ve dünyada ekolojik dengenin korunması için sosyo-ekonomik reformlar gündeme gelmiştir (Carl ve Michael, 2013, s. 96).

Üçüncü sanayi devrimi sonucunda üretimde kol gücünün yerini makine gücünün alması ile birlikte ürün çeşitliliği ve sayısı ile birlikte verimlilik de artmıştır. Artan nüfus baskısına rağmen bu sistem daha fazla üretimi olanaklı kılmıştır (Ekoıq, 2014). Bu durum, birim maliyetlerin azalmasına yol açmıştır. Bir yandan birim maliyetler düşerken diğer yandan üretilen miktarın artması birim satış fiyatlarına da yansımış ve birim fiyatların düşmesi ile sonuçlanmıştır (Dombrowski ve Wagner, 2014, s. 96).

Kentleşme ve nüfus artışına bağlı olarak tarımsal kaynakların azalması ya da ülkenin daha uzak noktalarından getirilmesi sonucunu doğurmuştur (Thrambolldıs,

2015, ss. 115-116). Bu durum lojistiğin gelişmesine ve özellikle taşımacılık ile ilgili yeniliklerin sürekli hale getirilmesine fırsat sağlamıştır.

Kentleşmenin bir başka etkisi de iş bulabilmek amacı ile insanların şehre göç etmeleri ile oluşan göç dalgaları idi. Şehirlerde banliyöler oluşturuldu, nüfus yığılmalarına yol açtı. 1920'li yıllarda sanayileşmenin etkisi ile ABD nüfusunun %50'si şehirlerde yaşıyordu. Yeni kurulan bu bölgeler sağlıklı ve plansızdır (Burck, Marten ve Bals, 2017, ss. 97-98).

1.8. Endüstri 4.0 ve Sanayideki Yeri

Teknolojik ilerlemeler, sanayi devriminin başlangıcından bu yana, endüstriyel verimlilikte büyük artışa işaret eden üç ana aşamanın kat edilmesini mümkün kılmıştır. 18. yüzyılın sonlarında fabrikalarda buhar gücüyle çalışan makineler kullanılmaya başlanmış, 20. yüzyılın başında elektrik enerjisi ile seri üretim mümkün olmuş, 1970'lerden itibaren ise elektronik ve bilgi teknolojileri (BT) ile sanayide otomasyon yaygınlaşmıştır (Pan, 2015, s. 46; Wef, 2016, s. 85).

Günümüzde ise, siber-fiziksel sistemler ve dinamik veri işleme ile değer zincirlerinin uçtan uca bağlandığı, sanayi devriminin dördüncü evresine tanıklık edilmiştir. Dört ana başlıkta toplanabilecek birçok akım, iş dünyasındaki paradigmalarda kökten değişikliklere yol açarak, şirketlerin ve ülkelerin rekabet gücünü kapsamlı şekilde dönüştürmeye başladı ve bugünkü sanayi devriminin temellerini atılmıştır (Herman ve Otto, 2015, s. 62). Bu akımları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

Bu akımlar, sensörlerin, üretim araçlarının ve bilgi teknolojilerinin birbirine artarak bağlandığı sistemlere zemin hazırlayarak, tek bir şirketin ötesine geçen endüstriyel değer zincirleri oluşturuyorlar (Carl ve Michael, 2013, s. 52). Siber-fiziksel adı verilen bu yeni bağlaşık sistemler, standart internet tabanlı protokoller kullanarak birbirleriyle etkileşebiliyor ve hataları öngörmek, parametreler tanımlamak ve değişen şartlara uyum sağlamak amaçlarıyla verileri analiz ediyorlar (Stock ve Seliger, 2016, s. 74).

Sanayi 4.0 döneminde bu sistemler yaygınlaşarak, daha hızlı, esnek ve verimli süreçler oluşmasını sağlayacak ve daha yüksek kalitedeki malları, daha düşük maliyetle

üretmeyi mümkün kılacaklar (Pan, 2015, ss. 22-23). Bahsedilen yapısal değişiklikler sayesinde, üretimde verimlilik artarken sanayide büyüme hız kazanacak ve beraberinde işgücü profilleri değişecektir (Wef, 2016, s. 36).

2. BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 İLE ORTAYA ÇIKACAK GELİŞMELER VE TEKNİK ALTYAPISI

2.1. Verimlilik Gelişmeleri

Endüstri yeniliği ve devrim hareketinden bu döneme süregelen sanayi yapılanması dönemi birçok ulusun mali ve ekonomik olarak kalkınmasında önemli olmuştur. Endüstri katma değeri yüksek mamullerin üretim sürecinde çalışan odaklı faktör yerine otomasyon ve makineleşmeye geçiş sürecidir. Bu kapsam butik üretim süreçlerinden fabrikasyon temelli üretime kontrollü bir kaymanın olduğunu planlı bir mali denge yapısının tarım ekonomisinden endüstriye kanalize olmasına yol açmıştır (Alkan, 2018, s. 98).

Bu çerçevede ele alınan mali ve endüstrileşme, olarak genel kapsamda sanayi hareketlerinin, mikro bazda ise imalat sanayi alt sektörleri oranının kademeli olarak artış göstermesi beklenmektedir. Reel piyasa şartları ve hareketlerinin endüstri; sanayi, işletme bazlı olmak üzere farklı aşamaları vardır (Wright, 2014, ss. 15-16). Sanayi bazlı konuyu ele alırsak, sanayinin farklı kademelerinde imalat sanayinde süre gelen köklü değişim hareketinin yansımaları gözükmemektedir (Pan, 2015, s. 32). İlk kademe kişi bazlı emeğin ön plana çıktığı üretim modelleri ve yarı mamul ürünlerin imalatı ile başlar.

Sanayi faaliyetlerinin daha sermaye ve özellik-yoğunluk yönüyle farklı gelişmeleri barındıracak olması sanayi alanında teknolojik yeterlilik sağlanacaktır. İlkel imalat şartlarından başlayarak ileri imalat usullerine doğru sermaye ve emeğin sektörler üzerinde güncel planlanması gerçekleşecektir (Wang, Törngen ve Onori, 2015, ss. 21-22).

Bu dinamik kaymalar ürün ve süreç teknolojilerinin her ikisindeki değişikliklere yansır. Bu aşama boyunca karşılaştırmalı üstünlükler, sürdürülebilir yatırım ve teknolojinin elde edilmesi, asimilasyonu, uyarlanması yani öğrenme yetenekleri gibi dinamik kaynaklara bağlıdır (Pan, 2015, s. 21). Sanayileşmenin ileri aşamasında daha yüksek yatırım düzeyi, teknoloji, yönetim yetenekleri ve koordinasyon gerektiren teknoloji ve bilgi-yoğun faaliyetler yüklenilir (Detoilte, 2014, ss. 41-42).

Bu aşamada karşılaştırmalı üstünlüğün kaynağı geliştirme ve yenilenme yeteneğine dayanır. Bu yapısal kaymalar fiziki ve beşeri sermayenin birikimi boyunca oluşan yeni bölgeler kadar yeni sanayi sektörlerinin kurulması, üretim teknolojisi, istihdam, ithalat, ihracat, talebin kompozisyonu ve hacmindeki değişikliklerde yansımaları bulur (Ning vd., 2016, ss. 21-22).

Sanayileşmeyi teknolojik temelli olarak tanımladığımızda, teknolojinin ne anlama geldiğini de ortaya koymak gerekir. Teknoloji, makine gibi fiziksel varlıkların yanısıra marka ve patentleri de içine alan, teknik ve ticari anlamda bilginin yanı sıra organizasyonel bilgi ve yüksek düzeyde nitelikli emeği de içeren bir kavram durumundadır (Burck, Marten ve Bals, 2017, ss. 74-75).

Teknolojik gelişme tüm bu unsurların gelişmesi, ilerlemesi anlamına gelir. Sonuç olarak teknoloji-yoğun üretim faaliyetleriyle emek-yoğun üretim faaliyetlerinin sürekli yer değiştirdiği bir süreç olarak sanayileşme, katma değeri yüksek daha sofistike ürünlere yol açmaktadır (EBSO, 2015, s. 48). Süreklilik unsuru olduğundan ve nedensellik ilişkisi içerdiğinden sanayileşme bir süreçtir. Politik istikrarsızlık, savaş kitlesel hastalık ve depresyon gibi nedenlerle bu süreç kesintiye uğrayabildiği gibi yanlış yönlendiren politika formülasyonları bu süreci olumsuz etkileyebilir (Ege, 2014, s. 98).

Bir ülkedeki sanayi yapısı bir anlamda o ülkedeki Ar-Ge faaliyetlerinin niteliğini de belirleyecektir. Örneğin Türkiye’de Ar-Ge faaliyetlerinin fazla yaygın olmadığını, milli gelirden binde beş paya sahip olduğumuzu söylüyoruz; fakat bu çok şaşılacak bir durum değil. Sanayinin tekstil ve gıda gibi sanayilere dayandığı bir durumda, elbette ki Ar-Ge’nin fazla yapılmasını bekleyemeyiz.

Sanayi 4.0 önümüzdeki 5-10 yıl boyunca çok daha fazla firma tarafından benimsenecek ve tüm Alman imalat sanayiinde verimliliği 90-150 milyar avro civarında artıracaktır. Hammadde maliyetleri hariç tutulduğunda dönüşüm maliyetleri üzerindeki verimlilik iyileştirmeleri %15-25 aralığı arasında değişecektir. Hammadde maliyetleri hesaba katıldığında bu oran %5-8 arasında olacaktır (Elektrik Port, 2014).

Bu iyileştirmeler sanayilere göre farklılık gösterecektir. Örneğin, endüstriyel bileşenler üreticileri % 20-30 oranıyla en yüksek verimlilik iyileştirmesi gerçekleştirecek sektör olarak öne çıkarken, otomotiv şirketlerinde %10-20’lik bir artış beklenmektedir.

2.1.1. Yatırım Gelişmeleri

Bhagavan'dan hareketle tarihsel bir kategori olarak teknolojiyi dört yaygın tip içerisinde sınıflandırabilmek mümkündür; basit (geleneksel) teknoloji, erken-modern teknoloji, standart-modern teknoloji ve yüksek-modern teknolojidir (Imtiaz ve Jasperneite, 2013, ss. 54-55). Son üç tip teknoloji, Batının birinci (1760-1860), ikinci (1860-1960) ve üçüncü (1960 ve sonrası) sınıai teknolojik devrimleri sürecinde geliştirilmiş ve yoğun bir şekilde kullanılmış teknolojilerdir (Heng, 2014, ss. 114-115).

Buhar gücünün girişi (1760), elektrik gücü (1860), transistör ve mikroişlemciler (1960) bu dönüşümlerin öncüleridir. Basit teknoloji ise diğer üç sınıai-teknolojik devrimin herhangi birisi tarafından etkinsiz kılınmış olan teknolojileri temsil etmektedir (Kagerman, vd., 2013, s. 85). Son üç modern teknoloji tipi beş göstergeyle karakterize edilmektedir (Heng, 2014, s. 78).

Otomasyon, bilim-bağlantısı, araştırma-yoğunluğu, baskın nitelikler ve temel motive edici güç. Bu beş tip göstergedeki hareketle gelişmiş kapitalist ülkelerdeki sınıai teknolojik devrimlerin karakteristikleri bir tabloda ortaya konmuştur (Lee vd., 2010, ss. 49-50).

Bhagavan'ın 1990'ların başında yapmış olduğu ve özetlenen bu sınıflandırmaya günümüzde yüksek modern teknoloji döneminde gerçekleştiği iddia edilen 4. Sanayi devrimini de ilave etmek mümkündür (Landscheidd ve Kans, 2016, s. 97). Aslında Bhagavan'ın tablosu sınıai ve teknolojik devrimlerin temel özelliklerini, temel motive edici güçleri, baskın nitelik ve yenilikleri, öncü sektör ve ülkeleri vermenin ötesinde, Türkiye gibi geç sanayileşen ülkelerin hangi sanayi paradigması içinde yer aldığına yönelik de çıkarımlar sağlamamıza yardımcı olmaktadır (KalDer, 2016, ss. 21-22).

Bu açıdan bakıldığında Türkiye sanayisinin sanayi ve teknolojik devrimler arasındaki konumunu belirlemek ve bu bağlamda üretilmesi gereken politikaları ortaya koymak amacıyla, TÜBİTAK'ın 2016 yılında 1000 özel sektör kuruluşuyla yapmış olduğu çalışma fikir vermektedir. Bu çalışmaya göre Türk sanayi dijital olgunluk seviyesi açısından, İkinci ile Üçüncü Devrim yani "Sanayi 2.0 ile Sanayi 3.0" arasında bir yerdedir (Kagermann vd., 2013, ss. 54-55).

Meselenin bu şekilde fotoğrafını çektiğimizde, Türkiye'nin aslında Sanayi 2.0'dan Sanayi 4.0'a sıçraması gibi neredeyse imkânsız bir amaçla karşı karşıya olduğunu da görmüş oluruz (Heng, 2014, s. 35). Üretim süreçlerini Sanayi 4.0 ile uyumlu hale getirmek için Alman üreticilerinin önümüzdeki 10 yıl boyunca -gelirlerinin yaklaşık %1 ila 1.5 kadarına tekabül eden- 250 milyar avro yatırım yapmaları gerektiğine ilişkin tahminler yapılmaktadır (Lee vd., 2010, ss. 41-42).

Bu bağlamda Sanayi 4.0 üretim (imalat) sistemleri tedarik eden firmalar kadar üreticiler ve işgücü piyasaları üzerinde de doğrudan etkilere sahip olacaktır. İlk önce üreticiler açısından bakıldığında bir sonraki üretim dalgası, tasarımdan satış sonrası hizmete kadar üreticilerin tüm değer zincirini etkileyecektir (Akbulut, 2018, s. 74). Değer zinciri boyunca üretim süreçleri, entegre olmuş EKT sistemleri vasıtasıyla optimize edilecektir. Sonuç olarak, günümüzün yalıtımlı üretim hücreleri tam otomatikleştirilmiş entegre üretim hatlarıyla değiştirilecektir (Acatech, 2013, ss. 21-22; Alçın, 2016, s. 98). Ürünler, üretim süreçleri ve üretim otomasyonu neredeyse tek bir entegre süreçte ve üreticiler ile tedarikçiler arasındaki iş birliği vasıtasıyla tasarlanacak ve işletmeye alınacaktır. Böylelikle fiziksel prototipler minimuma indirgenmiş olacaktır (Altıntaş ve Mercan, 2015, ss. 78-79).

Üretim süreçlerinin esnekliği artacak ve küçük parti ölçeklerinin ekonomik olarak üretilmesine izin verecektir. Birbirleriyle iletişim kuran ve belirli özerk kararlar alabilen robotlar, akıllı makinalar ve akıllı ürünler bu esnekliği sağlayacak olan unsurlardır (Alçın, 2016, s. 87). Üretim süreçleri, örneğin bitmemiş ürünün belli özelliklerini hissettiklerinde kendi parametrelerini ayarlayacak olan ekipman parçaları öğrenmek ve kendi kendini optimize etmek yoluyla geliştirilecektir (Altın ve Kaya, 2009, ss. 74-75).

2.1.2. İstihdam Gelişmeleri

Birçok gözlemci 2000'li yılların başından itibaren Avrupa'nın dördüncü türden sıçrama olarak kabul edilen ve Sanayi 4.0 olarak isimlendirilen yeni bir sanayi devriminin eşliğinde olduğuna inanmaktadır (Alçın, 2016, s. 57). Sensörlerin her yerde kullanılması, kablosuz iletişim ve ağların genişlemesi, artan akıllı robotlar ve makinelerin dağıtımının yanı sıra 'büyük verilerin' analitik gelişimi ve düşük maliyetle

işlem gücünün artması, Avrupa için üretimin yeni ürünlere dönüştürülme potansiyeli sunmaktadır (Erkan ve Erkan, 2007, ss. 114-115).

Özellikle Almanya’da öncülleri görülmeye başlayan 4. Sanayi devrimi, 2011 yılında ilk defa Hannover Sanayi Fuarı’nda sergilenmiş; Alman hükümeti tarafından desteklenmiştir (Alçın, 2016, s. 85). Daha önce gerçekleşen üç sanayi devrimiyle karşılaştırıldığında, 4. Sanayi devriminin “Nesnelerin İnterneti” olarak Türkçeleştirilen bir teknolojik temele dayanması ve akıllı fabrikalar/üretimi amaçlaması söz konusudur (Acatech, 2013, s. 37). Sanayi 4.0 özünde, modüler akıllı fabrikalarda fiziksel işlemlerin siber-fiziksel sistemler ile izlenip; nesnelerin birbirleriyle ve insanlarla iletişime geçerek adem-i merkeziyetçi kararların verilmesi hedefine odaklanmaktadır (Altıntaş ve Mercan, 2015, s. 78).

Enformasyon-komünikasyon teknolojileri (EKT) uygulamalarını (lojistik ve dağıtım zincirlerini de içerecek şekilde) hem firma içinde, hem de firmalar arasında ürünün yaratılması ve kullanılmasına ilişkin tüm aşamalardaki sistemlere entegre etmek ve dijital ortama aktarmaktır (Daı vd., 2012, s. 95). Siber-fiziksel sistemleri fiziki üretim süreçleri ve sistemleri izlemek ve kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bu sistemler gömülü sensörleri, bir ürünü acilen üretebilmek için kendi kendini yapılandırabilen akıllı robotları ya da üç boyutlu yazıcılardan oluşan eklemeli üretimi içerebilir (Erkan ve Erkan, 2007, s. 49).

Şebeke komünikasyonu hem fabrikanın kendisinde hem de tedarikçi ve dağıtıcılarındaki makineleri, iş ürünleri ve sistemleri birbirine bağlayan kablosuz erişim ve internet teknolojilerini içermektedir (Akbulut, 2018, s. 96). Üretim süreçlerinin kurulması ve ürünlerin tasarımında simülasyon, modelleme ve sanallaştırma. Anında fabrika düzeyinde işlenmesi ya da bulut bilişim ve büyük veri analizinde değerlendirilmesi için çok büyük miktarlarda verinin toplanması, analiz edilmesi ve kullanılmasıdır (Bergara, 2016, s. 79).

2.2. Sanayi 4.0’da Başarının Koşulu

Sektörel tartışmalara bakıldığında Endüstri 4.0 baz bazı oluşumların karşılanması sayesinde sağlanacaktır. Bunlar şu şekilde sıralanmaktadır (Altıntaş ve Mercan, 2015, ss. 114-115; Köroğlu, 2012, s. 49).

1. Sistemlerin, platformların ve protokollerin standartlaştırılması
2. İş organizasyonunda, yeni iş modellerini yansıtan değişikliklerin yapılması
3. Dijital güvenlik ve bilgi korumasının sağlanması
4. Uygun vasıflı işçi bulabilmek için gerekli eğitimlerin verilmesi
5. Yatırım için gerekli araştırmanın yapılabilmesi
6. Yasal altyapının düzenlenmesi
7. Endüstri 4.0 da sürdürülebilir teknolojik yenilik hareketleri sağlanmalıdır.

Bu oluşumun başarılı olabilmesi için alanında büyük pazarlar ve Pazar liderlerini ve tedarik sağlama olgularını birleştirmekle olacaktır. Bunun başarı koşulu aşağıdaki 3 şeye bağlıdır (Lee, 2006, s. 98).

1. Tedarik ve liderler buluşması arge- inovasyon
2. Gerekli mühendislik ve alt yapı entegrasyonu
3. Sürdürülebilir esneklik ve öngörülebilir büyüme

2.3. Endüstri 4.0'ın Etkileri

2.3.1. Endüstri 4.0'ın Sektörlere Etkileri

Üç boyutlu yazılım ve iletişim, altyapı bakımından en çok etki görecektir. Veri analizi ve ağ bağlantısı oluşturma ve servis sağlayıcılarına sahip olacaklar (Göçer, 2013, s. 74).

Metal işleme makine ve sistem mühendisliği, elektr-elektronik teçhizat üreticiliği, otomotiv sanayi, kimya, medikal ve mekanik tarım bu oluşumdan pozitif etkilenecek sektörlerin başında gelecektir (Kagerman vd., 2015, s. 96).

2.3.2. Endüstri 4.0'ın Toplumsal Yaşama Etkileri

Üretimsel faktörlerden alışlagelmiş emek yoğun durumdan daha çok sistemlerin var olduğu ve koordine sağlandığı koordinasyonun kontrolünün daha çok sistemsel

yapılarda olduğu bir yaşam süreci olacaktır. Kişisel özel yaşam- iş dünyası denge yapıları kurulacak, daha çok gelir artışları hedeflenecektir. Karar verme ve karar alma bir sistem çerçevesinde olacaktır (Akbulut, 2018, s. 74). Bunun yanı sıra bekleyen tehditler sistem açıkları olacağından kontrollü ilerleme sağlanması gerekmektedir. (Erkan ve Erkan, 2007, s. 64).

İşe alım süreçlerinde rutin uygulamalar yerini daha teknik çalışmalara ve hakimiyete bırakacaktır (Göçer, 2013, s. 96).

2.3.3. Endüstri 4.0'ın Ekonomiye Olası Katkısı

AB'ye Endüstri 4.0'ın katkısı, etkisi sektör ve ülkeler bazında değişkenlik gösterebilir. Alt yapıya uygunluk anlamında Otomotiv sektörü ve ürün çeşitliliği yüksek olan gıda ve hizmet sektörleri esneklik maksimum yararlanacaktır. Maliyetler düşecek az zamanda çok ve büyük işler yapılacaktır (Akbulut, 2018, ss. 35-36). Şirketler bazında pazar konumlandırmaları ve yeni gelişen ekonomik dünya konjonktürü Endüstri 4.0'a göre şekillenecektir.

Teknoloji tedarikçileri, altyapı sağlayıcıları, bulut bilişimi geliştiricileri, büyük veri depolama ve işleme merkezleri, telekomünikasyon şirketlerinin önemi giderek artacaktır (Altın ve Kaya, 2009, s. 87). Etki, şirketin büyüklüğüne göre de farklılık gösterecektir. Yeni şirketler ve alt işletmeler daha hızlı gelişim göstermesi muhtemel şirketlerdir. Devletlerarasındaki etki, yeni teknolojileri benimsemeye hazır olduklarına ve imalatta genel ilerlemelerine bağlı olarak farklılık gösterecektir (Kagermann, Lukas ve Wahlster, 2011, ss. 78-79).

Sanayi 4.0, uzaktan veya az gelişmiş bölgelere de yarayabilir. Çünkü 3D gibi teknolojiler ile kişiselleştirilmiş, merkezi olmayan ve yerel üretim mümkündür. İmalat ve üretim sürecinin hayati yeni bir yönünü temsil eden gerçek ve sanal dünyanın etkileşimi, akıllı nesne ağı oluşturma ve bağımsız süreç yönetimi oluşturmaya yardımcı olacaktır. Bu anlamda sanayi 4.0, geleneksel üretim süreci mantığının tersini teknolojik ilerlemelerle mümkün kılarak, “merkezi” den “merkezsiz” üretime geçiş yapan bir model oluşturacak denilebilir (Acatech, 2013, ss. 47-48; Erkan ve Erkan, 2007, s. 109).

Fiziksel nesnelere bilgi ağına sorunsuz entegre edilerek imalat sanayinin artan sayısallaştırılmasını hesaba katacaktır. Bu durum ileride merkezileştirilmiş üretim ve

gerçek zamanda adaptasyona imkân tanıyacaktır. Sanayi 4.0, endüstri ve üretim değeri zincirleri ile akıllı fabrika iş modellerini radikal bir şekilde değiştirerek yeni bir teknolojik çağın yolunu açmak için sistemi ve üretim teknolojileri ile akıllı üretim süreçlerini birbirine bağlayacaktır (Akbulut, 2018, s. 96; Göçer, 2013, s. 41).

2.4. Endüstri 4.0'da Yaşanması Muhtemel Sorunlar

Endüstri 4.0 kendi değer yargıları çerçevesinde ekipmanlarının arasındaki iletişimi bir dizin çerçevesinde veri ve sistem üzerinden sağladığı için otomatik sınıflandırma olarak belirlenir (Görçün, 2016, s. 83). Bu açıdan bakıldığında internet ve sistemlerde olabilecek olası bir arıza veya siber tehdit bütün bir ağı etkileyecektir.

Endüstri 4.0'ın uygulanabilirliği, sonuçlarının yansımaları sistem güvenliğinin ne ölçüde korunabilir olduğuyla ilgilidir. Data ve server güvenliği işlemlerin temellerini oluşturmak ve kayıt altına almak adına oldukça önemlidir (Altıntaş ve Mercan, 2015, s. 96). Veri güvenliği sadece teknolojik bir zorluk değildir. Aynı zamanda kişiler de veri güvenliğinde önemli rol oynar. Bunu önlemenin yolu eğitim ve bilinçlendirmeden geçmektedir.

İnternet ortamında her iki saniyede bir virüs üretilmektedir. Günlük olarak yüzlerce kötü niyetli yazılım sisteme salınmaktadır. 2015 yılı aralık ayı verilerine göre şu anda 350 milyon bilgisayar virüsü bulunmaktadır (Görçün, 2016, s. 85). Bu virüsler bilgi hırsızlığı içeren saldırı amacı taşımaktadır.

Bu saldırıların üçte biri en fazla 250 kişi istihdam eden işletmelere yapılmaktadır. Örnek vermek gerekirse, virüs saldırılarının Alman ekonomisine zararı 50 milyar Euro'yu bulmaktadır. Ayrıca veri hırsızlığının, işletme başına ortalama 3 milyon Euro gibi bedeli olduğu belirtilmektedir (Alçın, 2016, s. 96). Türkiye, siber saldırıya uğrayan ülkeler açısından ilk 10 sırada bulunmaktadır. 2015'in üçüncü çeyreğinde kullanıcıların, zararlı ve yüksek tehlike içeren mobil uygulamaları tam 160 bin 717 kez telefonlarına indirdiği tespit edilmiştir (Koroğlu, 2015, ss. 36-37).

TrendLabs tarafından kullanıcıların indirdikleri bu uygulamaların içinde 2 bin 681 adet virüs keşfedildi. Ancak yine de TrendLabs gelecekte nesnelerin internetinin daha güvenli olacağını belirtiyor. Bunun için de güvenli olmayan ürünü satamayacaksınız önermesini geliştiriyor (Acatech, 2013, ss. 24-25). Belki de doğru

bilemiyoruz ama Trend Micro'nun verilerine göre 2016 yılı sonunda mobil zararlı yazılımların sayısının 20 milyona çıkacağı öngörülmektedir. Yılın ilk 3 ayında dünyada android tabanlı telefonlara yönelik olarak geliştirilmiş 450 milyon virüs tespit edilmiştir (Akbulut, 2018, s. 46).

Cihazlar nesnelerin interneti sayesinde daha fazla birbirine bağlandığında, güvenlik ve gizlilik tüketiciler ile işletmeler arasında birincil endişe haline gelmiştir. Siber saldırılar, dünyada daha fazla cihaz birbirine bağlandıkça giderek büyüyen bir tehdittir. Hackerlar sistemlere, kritik altyapıya ve hatta insanların evlerine zarar verebilir. Sonuç olarak, birçok teknoloji şirketi bu bilgilerin gizliliğini ve güvenliğini sağlamak için siber güvenlik üzerine çalışmaktadırlar (Erkan ve Erkan, 2007, s. 96).

2016 yılında Vormetrik tarafından siber saldırılar ve tehditlerle ilgili yapılan ankete yanıt veren kişilerin (üst düzey bilgi işlem yöneticisi olarak Japonya, Almanya, Kanada, ABD gibi ülkelerde görev yapan insanlar) %67,8 i sistemlerinin bir noktada saldırıya uğradığını ve 2016 yılında bu saldırıların %7 arttığını ifade etmişlerdir (Kopetz, 2011, s. 54; Alçın, 2016, s. 21).

Endüstri 4.0 kapsamında veri işleme zorunlu olarak gerçekleşmektedir. Bu nedenle verilerin korunması, müşteri ve çalışanların bilgilerinin bir siber saldırı ile ifşa olmaması için veri koruma ilkelerinin baştan belirlenmesi ve protokollerle desteklenmesi gerekir (Lee vd., 2015, s. 54). Eğer veri ihlali sonucunda müşteri bilgileri korunamazsa, bu durum müşteri güveninin azalmasına ve kaybına neden olabilir.

Virüse karşı da gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Kullanılan sistem büyüdükçe ve sistem içinde yer alan bilgisayar vs. makineler arttıkça veri güvenliği daha zorlaşacaktır (Kagermann vd., 2015, s. 49). Bazen sistemi kapatmak çözüm olarak görülebilir. Ancak her şeyden önce bir fabrikada, bir işlemi bir saatten daha kısa bir sürede durdurmak, çok ciddi finansal ve lojistik sonuçlara neden olur. Ayrıca bazı saldırıların sebebinin fabrikalarda üretimi durdurmaya yönelik olduğu tespit edilmiştir. Herhangi bir virüs saldırısı durumunda tüm makinelere virüs bulaşma riski bulunmaktadır.

Bu durum akıllı fabrikalarda üretim sürecini sabote edebilir. Dolayısıyla veri güvenliği sadece gizlilik ya da fikri mülkiyet haklarının korunması için değil, aynı zamanda şirketin faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından da önem taşımaktadır.

Firmalarda veri güvenliği, çevre koruma, sağlık ve güvenlik gibi sebeplerle de önem taşımaktadır (Alçın, 2016, s. 21).

Veri güvenliği sorunu olan bir evde hırsızlar ya da saldırganlar ev sahibine ilişkin bilgilerden evin durumu hakkında bilgi sahibi olabilir (Alçın, 2016, s. 45; Acatech, 2013, s. 32; Altıntaş ve Mercan, 2015, s. 114; Görçün, 2016, s. 32). Ev saldırıya açık hale gelebilir. Aynı şekilde uzaktan buzdolabı vs. cihazlara bağlanarak kişinin güvenliğini sıkıntıya sokacak sonuçlara neden olabilirler.

Aynı şekilde Sanayi 4.0 kapsamında sağlık sektöründe sıkıntılar yaşanabilecektir. Özellikle hastaların kişisel bilgileri ele geçirilerek bu kişilere yönelik güvenlik sorunları ortaya çıkabilir (Göçer, 2013, s. 46). Özellikle ilaç sektöründe bu kayıpların çok büyük olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle sanayi 4.0 kapsamında verimlilik artışı gibi konular araştırılırken bu tarz kayıpların maliyetlerinin verimlilik üzerindeki etkilerinin araştırılması gerekmektedir (Akbulut, 2018, s. 54). Bazı uluslararası sigorta şirketleri bu konuları poliçelerine taşımaya başlamıştır.

2.5. Endüstri 4.0 Teknik Altyapısı

2.5.1. Teknolojik Arka Plan İşlemci ve Ağlar

Bilgi ve sistem ağlarının önümüzdeki yılların daha etkin çözüm odaklarının yapı taşlarının kurulduğu zemini sağlayacak olması nedeniyle önemlidir. İşlemci ağları global servis sağlayıcılar teknolojiye yön veren iki yoldur (Erkan ve Erkan, 2007, s. 63).

Dünyada imalatı yapılan teknolojik ürünlerin yüzde 100 ü sistemler üzerinden belirli bir dizin dahilinde üretilmektedir (Altıntaş ve Mercan, 2015, ss. 119-120). Örneğin, ABS, SBS, gibi iletişim sistemleri, yönetim bilişim sistemleri veri sistemleri aktarımı günlük yaşamda önemli bir yer almaktadırlar (Alçın, 2016, s. 24).

Genel olarak dizin “cihaza özgü uygulama” için bir sistemin ve bir üretim sisteminin uygulaması olarak çalışırlar (Akbulut, 2018, s. 47) Sunucu (Server), bilgisayar ağlarında, erişim imkânı olan tüm istemcilerin kullanımına ve/veya paylaşımına açık kaynakları (yazılım kodları, veritabanı vb.) barındıran bilgisayar birimidir. (Computer Networks), bir yerden başka bir yere veri aktarımının mümkün olduğu yapılardır (Alçın, 2016, s. 88).

2.5.2. Siber Fiziksel Sistemler

Fiziksel-siber ağlar yardımıyla, internet ortamında ve kurgulanmış dünyaları birleştirerek, ağların kendi aralarında yeni bir sisteme entegre olmak amacıyla yeni bir evren oluşturacaklardır (Altın ve Kaya, 2009, ss. 42-43). Alt yapı ve siber sistemler daha biręok dünya sistemlerini takip etmektedirler. İnternet ağı, bu yanıyla ve diğer işlemler ile siber sistemleri bir araya getiriyor.

Günümüzdeki son model iletişim cihazları ve akıllı sistemler işlevsel fonksiyonları tümüyle değiştiren şekliye bunun en ęarpıcı örneğidir. Diğer benzer yapıdaki sistem ve oluşumlar ve servis sistemleri farklı değerleri sağlamaktadır (Kopetz, 2011, s. 24). Bu değer ise mevcut iş ve pazar modellerinden farklı yeni bir ticari ekosistem yaratmaktadır.

2.5.3. Nesnelerin İnterneti: Data ve Servisler

Data ve siber yazılım programlar, bireylerin güven durumunu, birim zamanda alınan verimi ve sağlığa varana kadar toplumların geręek hayatında önemli bir katkısı olacaktır. Burada gözetilen sosyal yapı, natürel doğasal kaynaklar şeklinde söylenebilir (Bradley ve Atkins, 2015, s. 96). Mikro ve makro işlemler ve veriler hizmet araçlarının, verilerin ve sunulan yapısal hizmetin bir internet ağına dönüşümünü sağlamış kılacaktır.

Siber data proğramlar doğrultusunda setlerin, veri tabanının ağ bağlantısının yeniden yapılanması yardımıyla ilerleyen zamanlarda sistem eyaletleri akıllı fiziksel tabanlı sistemler mümkün olabilir. İnternet dünyasının ęarpıcı en belirgin özelliği bulut ağ sistemleridir (Alçın, 2016, s. 49). Kullanım gün geğtikçe artan bir ivme kazanacaktır.

Kişisel kullanıcı ayarları ve ağ sisteminin kendi içindeki birbiriyle bağlantısı kendi aralarındaki bağdan habersiz şeklinindedir. Bu yönüyle nesnelerin interneti sanayi 4.0'ın ana yapı taşlarından biridir.

2.5.4. Endüstri 4.0 ve Yazılımı

Endüstri 4.0, SAP ve yazılımsal olarak ne ifade ediyor hangi üretim sistem programlar önem kazanacak. Sanayi otoriteleri yarı mamul üretimin direk veya dolaylı paręa kontrol üretim tedarik sistemine uyarlanacağı bununla beraber diğer yazılımlara yönelimi saf dışı bırakacağı öngörüyor (Acatech, 2013, s. 69). Bir başka ifadeyle

sistemlerin kendi içinde entegrasyonu bir bütün olarak hareket edeceği şeklinde anlatılabilir (Akbulut, 2018, s. 42).

Endüstri 4.0 için bu süreçte kullanılacak olan otomasyon yazılımları ağlar ve servis sağlayıcılar veri setleri kazanımları iletişim alanında sistematik olarak yeniden yapılacaktır. Özellikle telekomünikasyon ağ bağlantı uygulamaları teknik alt yapısı, otomotiv sektörü, elektrik-elektronik sistemler gibi yazılım alanında öncü alt sektörler olacaktır (Alçın, 2016, s. 88).

2.5.5. Akıllı Fabrikalar ve Otomatik Üretimin Geleceği

Dijital ve akıllı sistemdeki işletmeler ve fabrikalar yenilenebilir hizmetler odaklı çalışma disiplinine göre uyarlanır. Risk yönetimi ile firmalar bu sisteme kendini revize etmek durumunda olabilecektir (Erkan ve Erkan, 2007, s. 65). Global çerçevede fedesrayon bilgilerine dayanarak dijital fabrikaların temel yapı taşlarının temellerini bu sistemler oluşturacak (Altıntaş ve Mercan, 2015, ss. 119-120).

3. BÖLÜM

TÜRKİYE'DE SANAYİLEŞME: ENDÜSTRİ 4.0 ÜZERİNE ARDL SINIR TESTİ

Tezin bu bölümünde, çalışmada kullanılacak olan değişkenler tanımlanıp endüstri 4.0 sanayileşme verileri baz alınarak bu baz alınan veriler çerçevesinde modeller oluşturulacaktır. Daha sonrasında ise sanayileşme stratejisinde büyük bir etkisi olan imalat sanayi alt sektörleri yansımaları analiz edilerek sonuçları yorumlanacaktır.

3.1. Literatür çalışması

Çalışmamızda konu ile alakalı gerek akademik ve ampirik çalışmalar incelenmiştir. Nagy vd (2015) tarafından Macaristan için yapılan bir saha anket çalışmasında endüstri 4.0'ın süreç iyi yönetilebilirse tedarik ve lojistik konularında olumlu yansımalar ve sonuçların alınacağına kanısına varılmıştır.

Georg ve Guy (2015) tarafından 17 dünya ülkesi ve 238 ayrı endüstri üzerinde 1993-2007 yılları arasında EKK yöntemi kullanarak yaptığı çalışmada sanayi 4.0 yönelik gelişmeler ekonomik büyüme ve verimlilik kazançlarını etkilediği ve bu alanda insan kaynakları ve üretim yatırımlarına yapılacak harcama ve yatırımların üretime direkt katkı sağlayacağı ve böylece geliri ve karı artıracığı sonucuna varılmıştır.

Marzullo, (2018) tarafından 2017 yılında 9 ülke üzerinde anova yöntemi kullanarak yapılan çalışmada ise Endüstri 4.0'ın emek yoğun, verimliliğe etkisi incelenerek mavi yaka personelin yetenekleri ile teknoloji arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Zeki ve Çevik, (2016) tarafından Türkiye'de yapılan anket ve sektörler bazında röportajda endüstri 4.0 geçiş sürecindeki zorluklar ve zaman içindeki geçiş sürecinin zorunlu hale gelmesi sonucuna varılarak sektörel önermeler yapılmıştır.

Tablo 1. Literatür Taraması

Çalışma	Ülke	Dönem	Yöntem	Bulgular
Nagy vd. (2018)	Macaristan	2017-2018	Anket çalışması cps	Tedarik ve lojistiğe olumlu etkisi
Georg Graetz Guy Michaels (2015)	17 ülke (238 endüstri)	1993-2007	EKK,2 aşamalı EKK	Sanayi 40 yönelik gelişmeler ekonomik büyüme ve verimlilik kazançlarını etkilemektedir. Bu alandaki ik yatırımları üretimi ve böylece gelir ve karı artıracaktır.
Marzullo (2018)	9 ülke	2017	ANOVA	End 4.0 emek yoğun verimliliğine etkisi incelenmiştir. Mavi yaka personelin yetenekleri ile teknoloji arasında bir ilişki bulunamamıştır.
Sinem Pamuk (2018)	Türkiye	2018	Anket ve saha analizi	Sonuç ilişkilendirilememiş
Zeki Yüksek Bilgili vd çevik (2016)	Türkiye	2016	Anket sektör röportaj örneklem	End 4.0 geçişteki zorunluluk sonucuna varılmış
Erdal Aydın	Türkiye ve 9 Ülke	1995-2015	Panel data – granger nedensellik	Sermayeden-imalat sanayiye tekyönlü Ar-ge ve imalat sanayi ise çift yönlü nedensellik bulunmuştur

3.2. Veri Seti

Türkiye’de faaliyet gösteren tüm imalat sanayi alt sektörleri için endüstri 4.0’ın sektörler bazında uygun ve uygulanabilirliğinin olup olmadığının araştırıldığı bu eserde ele alınan değişken değerleri aşağıdaki Tablo 2 yardımıyla gösterilmiştir. Tabloda yer alan veriler “TÜİK NACE2 İmalat Sanayi Alt Sektörler Hizmet Anketi”nden elde edilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan Değişkenler (2003-2014)

Değişken	Tanım	Kaynak
Üretim Değeri	Bin TL	TÜİK
Toplam Katma Değer	Personel Maliyeti + Faktör Maliyetiyle Katma Değer (Bin TL)	TÜİK
Toplam ücretli Çalışan Sayısı	Adet	TÜİK
Maaş ve Ücret	Yıllık toplam	TÜİK
Girişim Sayısı	Adet	TÜİK

3.3. Model

Çalışmada her bir alt sektör¹ için kullanılan temel bir zaman serisi modeli aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$\log_q_t = \alpha + \beta_1 \log_k_t + \beta_2 \log_l_t + \beta_3 \log_w_t + \beta_4 \log_g_t + \mu_t \quad (1)$$

Modellerde yer alan $\log_q_{(i),t}$ üretim değerini, $\log_k_{(i),t}$, $\log_l_{(i),t}$ toplam ücretli çalışan sayısını, $\log_w_{(i),t}$ ücret ve maaşı, $\log_g_{(i),t}$ girişim sayısını ve son olarak $\mu_{(i),t}$ hata terimini ifade etmektedir.

Tüm alt sektörlerin verilerinden oluşan panel veri modeli aşağıdaki gibidir:

$$\log_q_{i,t} = \alpha + \beta_1 \log_k_{i,t} + \beta_2 \log_l_{i,t} + \beta_3 \log_w_{i,t} + \beta_4 \log_g_{i,t} + \mu_{i,t} \quad (2)$$

3.4. Metodoloji

¹ Ağaç ve Mantar, Ana metal, Bilgisayar, Deri, Diğer imalat, Diğer ulaşım, Ecza, Elektrik teçhizat, Fabrikasyon metal, Gıda, Giyim, İçecek, Kağıt, Kara taşıtları, Kauçuk, Kimyasal, Kömür Sanayi, Makine İmalat, Makine ekipman, Medya, Metalik, Mobilya, Tekstil, Tütün.....

Çalışmanın analiz kısmında öncelikle serilerin durağan olup olmadığı Augmented Dickey Fuller (ADF) birim kök testi araştırılmıştır. Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilen ADF testine ilişkin temel denklem şu şekildedir:

$$\Delta Y_t = \alpha + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^z \theta_i \Delta Y_{t-i} + \mu_t \quad t=1, \dots, T \quad (3)$$

Burada Δ birinci farkı, Y_t kullanılan serileri, t zaman periyodunu, μ_t hata terimini ve z bağımlı değişkenin gecikme uzunluğunu temsil etmektedir. Gecikme uzunluğu esas olarak Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmektedir. ADF birim kök testinde boş olan hipotezdeki serinin durağanlık göstermediği, alternatif olarak hipotezin ise seride durağan olduğunu göstermektedir. Hipotez testleri δ parametresine ait katsayı ve t istatistik değeri ile yapılır.

Serilerin durağanlık testi yapıldıktan sonra, değişken bazında aralarında bir eş bütünleşme olup olmadığı tespit edilir ve uzun dönem katsayı tahmini yapılır. Bu amaçla, imalat sanayi alt sektörler üzerindeki etkisinin araştırıldığı bu çalışmada ARDL sınır testinden yararlanılmıştır. Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen bu test serilerin $I(0)$ veya $I(1)$ olup olmasına bakmaksızın değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri ortaya koymaktadır. Yöntemin sağladığı bu avantaj etrafında çalışmada kullanılan temel ARDL modeli şu şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} \Delta \log_q_t = & \alpha + \sum_{i=1}^z \beta_{1i} \Delta(\log_q)_{t-i} + \sum_{i=0}^z \beta_{2i} \Delta(\log_k)_{t-i} + \sum_{i=0}^z \beta_{3i} \Delta(\log_l)_{t-i} + \\ & \sum_{i=0}^z \beta_{4i} \Delta(\log_w)_{t-i} + \sum_{i=0}^z \beta_{5i} \Delta(\log_g)_{t-i} + \beta_6 \Delta(\log_q)_{t-1} + \beta_7 \Delta(\log_k)_{t-1} + \\ & \beta_8 \Delta(\log_l)_{t-1} + \beta_9 \Delta(\log_w)_{t-1} + \beta_{10} \Delta(\log_g)_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (4)$$

Denklemden Δ bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikmeleri arasındaki farkı ifade eder. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerdeki her bir gecikme arasındaki fark kısa dönem dinamikleri ve bu dinamikler bağımlı değişkende ortaya çıkabilecek değişimleri gösterir. Kısa dönem dinamiklerini elde etmek için kullanılan hata düzeltme modeli ise şu şekilde formüle edilebilir:

$$\begin{aligned} \Delta \log_q_t = & \alpha + \sum_{i=1}^z \beta_{1i} \Delta(\log_q)_{t-i} + \sum_{i=1}^z \beta_{2i} \Delta(\log_k)_{t-i} + \sum_{i=1}^z \beta_{3i} \Delta(\log_l)_{t-i} + \\ & \sum_{i=1}^z \beta_{4i} \Delta(\log_w)_{t-i} + \sum_{i=1}^z \beta_{5i} \Delta(\log_g)_{t-i} + \beta_{6i} ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (5)$$

ECT_{t-1} katsayısının negatif ve anlamlı olması kısa dönemde var olan dengesizliklerin uzun dönemde dengeye geleceği anlamına gelir.

Panel verilerle yapılan analizde yine öncelikle serilerin durağan olup olmadığı araştırılmış ve bunun için Levin vd. (2002) tarafından geliştirilen LLC panel birim kök testi uygulanmıştır. Temel bir LLC birim kök testi modeli şu şekilde tahmin edilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = \beta_i + \delta Y_{it-1} + \sum_{k=1}^z \rho_k \Delta Y_{it-k} + \theta_{it} + \vartheta_t + \mu_{it} \quad (6)$$

Denklemden yer alan Δ birinci fark operatörünü, z gecikme uzunluğunu β_i ve ϑ_t sırasıyla birime özgü sabit ve zaman etkilerini yansıtmaktadır. LLC birim kök testinde δ katsayısının tüm birimler için homojen olduğu varsayılmaktadır.

LLC birim kök sınavı yapıldıktan sonra ekonomik özgürlüğün firma performansı üzerindeki etkisini test etmek için Paseran vd. (1999) tarafından geliştirilen Panel Autoregressive Distributed Lag (Panel ARDL) model kullanılmıştır. Panel ARDL modeli grup tahmincisi (mean grup-mg), havuzlanmış grup tahmincisi (pooled mean grup-pmg) ve dinamik sabit etkiler modeline dayanmakta ve temel panel ARDL denklemi şu şekilde oluşturulmaktadır:

$$\log_{-}q_{it} = \sum_{k=1}^p \phi_{ik} \log_{-}q_{i,t-k} + \sum_{k=0}^q \partial_{ik} \log_{-}k_{i,t-k} + \sum_{k=0}^q \log_{-}l_{i,t-k} + \sum_{k=0}^q \log_{-}w_{i,t-k} + \sum_{k=0}^q \log_{-}g_{i,t-k} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

3.5. Bulgular ve Genel Değerlendirme

Bu bölümde, ilk olarak değişkenlerin durağanlık seviyeleri belirlenmiştir. Ardından ARDL sınır testi ile her bir alt imalat sektörü için eşbütünlük ilişkisi sınanmış ve hem uzun hem de kısa dönem katsayı tahmini yapılmıştır. Daha sonra ise tüm alt sektörlerin veri seti bir araya getirilerek panel ARDL yaklaşımı ile uzun dönemli bir analiz gerçekleştirilmiştir. Son olarak tüm test sonuçlarından elde edilen bulgular raporlanarak genel bir çıkarım yapılmıştır.

Tablo 3. Birim Kök Testi Sonuçları (Düzey)

Sektörler			Sektörler		
Ağaç ve Mantar	t-istatistik	Olasılık	Ana Metal	t-istatistik	Olasılık
log q	-2.104	0.064 ^{***}	log q	-1.511	0.164
log k	-1.003	0.711	log k	-1.496	0.497
log l	-2.172	0.224	log l	-0.998	0.344
log w	-1.653	0.132	log w	-0.934	0.735
log g	-1.526	0.483	log g	-2.825	0.086 ^{***}
Bilgisayar-elk	t-istatistik	Olasılık	Deri	t-istatistik	Olasılık
log q	-2.812	0.087 ^{***}	log q	-0.070	0.930
log k	1.929	0.998	log k	0.788	0.987
log l	-1.886	0.324	log l	-0.648	0.820
log w	-0.782	0.783	log w	-0.465	0.863
log g	-0.856	0.761	log g	-3.091	0.063 ^{***}
Diğer İmalat	t-istatistik	Olasılık	Diğer ulaşım araç	t-istatistik	Olasılık
log q	-6.496	0.005*	log q	-1.619	0.440
log k	0.788	0.987	log k	-0.758	0.790
log l	-1.353	0.564	log l	-2.758	0.098* **
log w	-1.033	0.700	log w	-2.073	0.256
Log g	-2.809	0.088**	Log g	-3.553	0.027**
Eczacılık	t-istatistik	Olasılık	Elektrik tec	t-istatistik	Olasılık
log q	-0.996	0.714	log q	-1.915	0.714
log k	-0.568	0.840	log k	-0.873	0.840
log l	-1.242	0.615	log l	-1.252	0.615
log w	-1.493	0.499	log w	-1.095	0.499
Log g	-0.627	0.825	Log g	-5.502	0.825
Fabrikasyon	t-istatistik	Olasılık	Gıda	t-istatistik	Olasılık
log q	-1.507	0.492	log q	0.191	0.957
log k	-0.920	0.740	log k	2.344	0.999
log l	-2.075	0.255	log l	0.806	0.988
log w	-1.865	0.334	log w	0.280	0.963
Log g	-2.967	0.069 ^{***}	Log g	-2.771	0.788
Giyim	t-istatistik	Olasılık	Giyim	t-istatistik	Olasılık
log q	0.576	0.980	log q	0.576	0.980
log k	0.764	0.987	log k	0.764	0.987
log l	-1.361	0.556	log l	-1.361	0.556
log w	-0.446	0.867	log w	-0.446	0.867
log g	-2.143	0.234	log g	-2.143	0.234
Kağıt	t-istatistik	Olasılık	Kara Taşıtları	t-istatistik	Olasılık
log q	0.072	0.946	log q	-1.482	0.504
log k	1.643	0.998	log k	-0.757	0.790
log l	-0.357	0.885	log l	-1.964	0.295
log w	1.331	0.996	log w	-1.530	0.481
log g	-3.043	0.061 ^{***}	log g	-1.467	0.503
Kauçuk	t-istatistik	Olasılık	Kimyasal	t-istatistik	Olasılık
log q	-0.973	0.722	log q	0.922	0.990
log k	0.995	0.991	log k	1.759	0.998
log l	-0.473	0.858	log l	-1.131	0.661
log_w	-0.837	0.762	log_w	3.076	0.999

Tablo 2. Devamı

log_g	-3.392	0.038**	log_g	-3.541	0.028**
Kömür	t-istatistik	Olasılık	Makine ve Ekipman İmalatı	t-istatistik	Olasılık
log_q	-1.484	0.503	log_q	-0.876	0.755
log_k	-3.680	0.022**	log_k	-0.154	0.919
log_l	-1.342	0.565	log_l	-1.412	0.537
log_w	-1.145	0.656	log_w	-0.924	0.739
log_g	-1.830	0.348	log_g	-1.905	0.317
Makine ve Ekipman	t-istatistik	Olasılık	Medya	t-istatistik	Olasılık
log_q	-0.014	0.937	log_q	-1.262	0.602
log_k	-1.221	0.624	log_k	-0.080	0.923
log_l	-2.121	0.240	log_l	-1.292	0.583
log_w	-2.501	0.142	log_w	-1.460	0.506
log_g	-0.198	0.912	log_g	-1.243	0.614
Metalik	t-istatistik	Olasılık	Mabilya	t-istatistik	Olasılık
log_q	-1.046	0.695	log_q	-0.998	0.713
log_k	-0.947	0.731	log_k	-0.356	0.885
log_l	-1.371	0.556	log_l	-1.855	0.337
log_w	-1.281	0.597	log_w	-1.407	0.539
log_g	-3.297	0.041**	log_g	-2.633	0.115
Tekstil	t-istatistik	Olasılık	Tütün	t-istatistik	Olasılık
log_q	0.295	0.965	log_q	0.372	0.967
log_k	1.026	0.992	log_k	-2.439	0.154
log_l	-0.476	0.861	log_l	-0.076	0.929
log_w	0.402	0.972	log_w	-0.802	0.773
log_g	-2.505	0.139	log_g	-2.132	0.237

*, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Tablo 2’de yer alan ADF birim kök testi sonuçları her bir sektör için incelendiğinde bazı sektörlerde değişkenler farklı düzeylerden durağan iken, bazı sektörlerde tüm serilerin $I(1)$ olduğu gözlenmiştir. Ancak ARDL sınır testinin en önemli avantajı olan değişkenlerin farklı düzeylerden durağan olması durumunda dahi uygulanabilirliğinin mevcut olması nedeniyle ARDL testi ile tüm sektörler için eşbütünleşme sınaması ve katsayı tahmini yapılmıştır.

Tablo 4. Ağaç ve Mantar Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	56.939		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	1.715982	0.283935	6.043581	0.0742***
LOG_Q(-1)	-0.635112	0.074405	-8.535918	0.3518
LOG_K(-1)	0.220147	0.135746	1.621755	0.0865***
LOG_L(-1)	0.710277	0.097084	7.316114	0.9004
LOG_W(-1)	0.020246	0.128405	0.157671	0.1273
LOG_G(-1)	-0.474955	0.096236	-4.935307	0.0623***
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	0.640359	0.062900	10.18064	0.0593***
D(LOG_L)	0.863964	0.080681	10.70836	0.0819***
D(LOG_W)	-0.888482	0.114915	-7.731655	0.1328
D(LOG_G)	-0.406532	0.086070	-4.723269	0.1044
Hata düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.635112	0.014028	-45.27509	0.0141**
Tamsal Testler	F İstatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	8.576635	0.2594		
*,**, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.				
Not:	Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.			

Ağaç ve mantar sektörü için F istatistiği alt ve üst sınır değerlerinden yüksek olduğu için uzun dönemde eş bütünleşme tespit edilmiştir. Daha sonra katsayılara bakıldığında uzun dönemde sermaye değişkeninin anlamlılık düzeyinin %10 pozitif ve anlamlı olması katma değerdeki %1 lik artışın üretimde yaklaşık yüzde 0,22 artışa neden olduğunu gösterir.

Ayrıca yine uzun dönemde girişim sayısının üretimi azalttığı görülmüştür. Kısa dönemde ise sermaye ve emek katsayıları pozitif ve anlamlıdır. Kısa dönemde sermayedeki %1'lik artış üretimi %0.64 artırmaktadır.

Hata düzeltme katsayısının negatif ve anlamlı olması kısa dönemdeki dengesizliklerin uzun dönemde hızla ortadan kalktığını gösterir. Tanısal test sonucu Değişen varyans problemi olmadığını göstermiştir. Ağaç ve mantar sektörünün endüstri 4.0 uygunluğu açısından ise kısa dönemde sermayenin (0.64) uzun dönem katsayısından (0.22) daha yüksek olması nedeni ile kısa dönemde daha etkindir.

Tablo 5. Ana Metal Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	2.655		2.2	3.09*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	-12.31419	6.981151	-1.763920	0.3283
LOG_Q(-1)	-1.372875	0.634918	-2.162287	0.2758
LOG_K(-1)	-0.019760	0.294769	-0.067037	0.9574
LOG_L(-1)	5.887614	3.199130	1.840380	0.3169
LOG_W(-1)	-0.580803	0.440999	-1.317016	0.4134
LOG_G(-1)	-0.794966	0.369341	-2.152391	0.2769
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	-0.123791	0.295214	-0.419328	0.7472
D(LOG_L)	2.653397	1.030204	2.575604	0.2358
D(LOG_W)	1.492449	0.867605	1.720193	0.3352
D(LOG_G)	-1.150075	0.357789	-3.214392	0.1920
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.372875	0.140401	-9.778212	0.0649***
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	1.093	0.636		
* ve *** sırasıyla %1 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder. Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.				

Ana metal sektörü için F istatistiği (2.655) alt ve üst sınır değerlerinden (2.2-3.09) arasında olduğu için kararsızlık bölgesi geçerli olmakta ve uzun dönemli birlikte değişim hakkında yorum yapılamamaktadır.

Katsayılara bakıldığında hem kısa hem de uzun dönemde sermaye değişkeninin istatistiki olarak anlamsız ve negatif olduğu görülmektedir. Hata düzeltme katsayısı de

negatif ve anlamlı olması kısa dönemdeki dengesizliklerin uzun dönemde hızla ortadan kalktığını gösterir.

Tablo 6. Bilgisayar-Elektrik Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	108.617		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	1.915204	0.182308	10.50535	0.0604***
LOG_Q(-1)	-0.563673	0.072016	-7.827061	0.0809***
LOG_K(-1)	-0.562070	0.066327	-8.474173	0.0748***
LOG_L(-1)	0.281345	0.074451	3.778911	0.1647
LOG_W(-1)	0.828422	0.043585	19.00711	0.0335**
LOG_G(-1)	-0.181636	0.032789	-5.539535	0.1137
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	-0.214624	0.038896	-5.517873	0.1141
D(LOG_L)	1.980357	0.083649	23.67466	0.0269**
D(LOG_W)	0.041200	0.032797	1.256202	0.4280
D(LOG_G)	-0.209607	0.018696	-11.21128	0.0566***
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.563673	0.009014	-62.53177	0.0102*
Tamamsal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.319	0.889		

*, **, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder. Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.

Bilgisayar-elektronik sektörü için F istatistiği (108.61) Alt ve üst sınır değerlerinden (3.29-4.37) yüksek olduğu için uzun dönemde eş bütünleşme tespit edilmiştir. Daha sonra katsayılarına bakıldığında uzun dönemde sermaye değişkeninin anlamlılık düzeyinin % 10 düzeyinde pozitif ve anlamlı olması sermayedeki %1'lik artışın üretimde % 0.56'lık azalışa neden olduğunu gösterir. Ayrıca ücret faktörünün de katsayısı istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla sermaye ve ücret düzeyi arttıkça üretim düzeyi artmaktadır. Sermaye ile üretim arasındaki ilişkinin

negatif olması bu sektör için endüstri 4.0'ın çok uygun olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Çünkü bu sektördeki sermayeleşme üretimi olumsuz etkilemektedir.

Hata düzeltme katsayısı da negatif ve anlamlı olması kısa dönemdeki dengesizliklerin uzun dönemde hızla ortadan kalktığını gösterir.

Tablo 7. Deri Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	11.538		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	2.468528	0.527837	4.676689	0.0428**
LOG_Q(-1)	-1.388536	0.233254	-5.952900	0.0271**
LOG_L(-1)	-0.724215	0.539822	-1.341580	0.3118
LOG_W(-1)	1.500899	0.248625	6.036803	0.0264**
LOG_G(-1)	0.590406	0.194735	3.031851	0.0937***
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	-0.106211	0.271222	-0.391603	0.7331
D(LOG_L)	-1.239359	0.568674	-2.179383	0.1611
D(LOG_W)	2.204257	0.368405	5.983248	0.0268**
D(LOG_G)	0.419414	0.144351	2.905521	0.1009
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.388536	0.089202	-15.56613	0.0041*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	2.253	0.343		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	1.559	0.429		

*,**, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Deri sektörü için sonuçlar yine uzun dönemde eş bütünleşme ilişkisinin varlığını göstermiştir. Katsayılar incelendiğinde ise uzun dönemde ilgili sektörde girişim sayısındaki artış üretim düzeyini artırırken, kısa dönemde ücretlerdeki bir artış üretimi azaltmaktadır. Hata düzeltme modeli sonuçları da negatif ve istatistiksel olarak

anlamlıdır. Son olarak deri sektörüne ilişkin kurulan modelde otokorelasyon ve değişen varyans sorunlarına rastlanmamıştır.

Tablo 8. Diğer İmalat Sektörleri İçin ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişkenlog_q)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	126.347		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	4.681626	0.778108	6.016681	0.1049
LOG_Q(-1)	-0.630851	0.066051	-9.551023	0.0664***
LOG_K(-1)	-0.489858	0.107181	-4.570396	0.1371
LOG_L(-1)	0.273740	0.383449	0.713888	0.6053
LOG_W(-1)	0.647939	0.170480	3.800675	0.1638
LOG_G(-1)	-0.597125	0.261381	-2.284505	0.2627
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	0.880480	0.157686	5.583769	0.1128
D(LOG_L)	-1.997527	0.334310	-5.975080	0.1056
D(LOG_W)	2.407446	0.277229	8.683976	0.0730***
D(LOG_G)	-2.036016	0.234791	-8.671627	0.0731***
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.630851	0.009354	-67.44263	0.0094*
Tamsal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	1.924	0.510		

* ve *** sırasıyla %1 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder. Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.

Diğer imalat sektörleri için sonuçlar da yine eş bütünleşmenin varlığına işaret etmektedir. Öte yandan tüm uzun dönem katsayılar istatistiksel olarak anlamsızdır. Ancak uzun dönemde sermaye değişkeni katsayısının (0.88) yüksekliği bu sektör için endüstri 4.0'ın uygun olduğunun bir göstergesidir.

Tablo 9. Diğer Ulaşım Araçları Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	8.591		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	1.223623	0.878253	1.393247	0.3963
LOG_Q(-1)	-1.129750	0.238159	-4.743677	0.1323
LOG_K(-1)	0.872520	0.438317	1.990615	0.2964
LOG_L(-1)	-0.787745	0.317923	-2.477788	0.2442
LOG_W(-1)	0.198940	0.514269	0.386841	0.7650
LOG_G(-1)	1.083698	0.375295	2.887588	0.2122
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	1.054129	0.201228	5.238476	0.1201
D(LOG_L)	0.436358	0.266269	1.638786	0.3488
D(LOG_W)	-1.060162	0.436813	-2.427041	0.2488
D(LOG_G)	0.542386	0.220555	2.459186	0.2459
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.129750	0.064238	-17.58694	0.0362**
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.656	0.751		

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.
Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.

Diğer ulaşım araçları sektörü sonuçları da eş bütünleşmenin varlığını kanıtlarken, katsayılar hem kısa hem de uzun dönemde anlamsızdır. Ancak yine uzun dönemde sermayenin katsayısı (1.05) şeklinde çıkmış olması bu sektörün endüstri 4.0'a uygunluğunu göstermektedir.

Tablo 10. Ecza Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	1034.393		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	-2.933894	0.132317	-22.17314	0.0287**
LOG_Q(-1)	-1.906958	0.035944	-53.05357	0.0120**
LOG_K(-1)	0.649179	0.012367	52.49199	0.0121**
LOG_L(-1)	3.319469	0.062929	52.74982	0.0121**
LOG_W(-1)	-0.549685	0.010342	-53.14823	0.0120**
LOG_G(-1)	0.165683	0.007939	20.86962	0.0305**
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	-0.030271	0.017996	-1.682103	0.3415
D(LOG_L)	2.563483	0.049242	52.05935	0.0122**
D(LOG_W)	-0.694075	0.035099	-19.77467	0.0322**
D(LOG_G)	0.060836	0.007504	8.107720	0.0781***
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.906958	0.009882	-192.9719	0.0033*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan- Godfrey	8.394	0.257		

*, **, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder. Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.

Ecza sektörü için yapılan analiz sonuçlarında uzun dönemde bir eşbütünleşmenin olduğu söylenebilir. Buna ek olarak uzun dönemde sermaye, emek ve girişimci sayısı üretimi artırırken, ücretlerdeki artış üretim düzeyini azaltmaktadır. Uzun dönemde sermaye değişken katsayısının hem sifıra yakın çıkması hem de negatif olması yine bu sektörün endüstri 4.0 için çok uygun olmadığı sonucunu doğurmaktadır.

Tablo 11. Elektrik-Teçhizat (White Düzeltmeli ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: log_q) AR

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	4.267		2.56	3.49**
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	-3.655906	1.688256	-2.165492	0.0963***
LOG_Q(-1)	-1.345169	0.324959	-4.139508	0.0144**
LOG_W(-1)	-0.286237	0.546586	-0.523682	0.6282
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	0.702215	0.361071	1.944812	0.1237
D(LOG_L)	1.815454	0.942475	1.926262	0.1264
D(LOG_G)	0.396429	0.400836	0.989007	0.3786
D(LOG_W)	-0.787954	0.897737	-0.877711	0.4297
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.345169	0.177232	-7.589879	0.0016*
Tamamsal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	64.271	0.000		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	3.143	0.174		

*, **, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Elektrik-teçhizat sektöründe ise eş bütünleşme ilişkisine rastlanırken, değişen varyans sorunu tespit edilmiş ve bu nedenle White düzeltmesi yapılarak katsayılar yeniden analiz edilmiştir. Buna göre elde edilen sonuçlar hem kısa hem de uzun dönemde katsayıların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermiştir.

Tablo 12. Fabrika Metal Sektörü için ARDL Tahmin sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	2.459		2.2	3.09
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	1.847239	1.983050	0.931514	0.5226
LOG_Q(-1)	-0.102669	0.591794	-0.173487	0.8906
LOG_K(-1)	-0.170671	0.784985	-0.217419	0.8637
LOG_L(-1)	-0.076263	0.618966	-0.123210	0.9220
LOG_W(-1)	0.306029	0.659340	0.464144	0.7234
LOG_G(-1)	-0.310665	0.312553	-0.993959	0.5019
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	1.508674	0.432777	3.486035	0.1778
D(LOG_L)	0.734437	0.421280	1.743347	0.3315
D(LOG_W)	-0.796852	0.697512	-1.142419	0.4577
D(LOG_G)	-0.410593	0.312696	-1.313075	0.4144
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.102669	0.010911	-9.409471	0.0674***
Tamısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	1.005	0.655		

*** %10 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade eder.

Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.

Fabrika metal sektörü için yapılan ARDL sonuçları uzun dönemde seriler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Uzun dönemli sonuçlar incelendiğinde sermaye değişken katsayısının (1.50) yüksek çıktığını göstermektedir. Yani bu sektör için de endüstri 4.0 uygun bir yatırım alanını göstermektedir.

Tablo 13. Gıda Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	7.626		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	2.454461	1.241484	1.977038	0.1425
LOG_Q(-1)	-1.044288	0.319792	-3.265523	0.0469**
LOG_K(-1)	-0.136542	0.256498	-0.532330	0.6314
LOG_G(-1)	-0.842254	0.397583	-2.118438	0.1244
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_L)	0.581797	0.296602	1.961543	0.1446
D(LOG_W)	1.103720	0.391334	2.820405	0.0667***
D(LOG_K)	-0.383084	0.395942	-0.967526	0.4046
D(LOG_G)	-0.342933	0.225951	-1.517730	0.2264
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.044288	0.094537	-11.04633	0.0016*
Tanımsal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.248	0.941		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	0.085	0.924		

*,**, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

F istatistik değeri uzun dönemde eş bütünleşik ilişkiyi Gıda sanayi için göstermektedir. Ancak katsayılar incelendiğinde sermaye değişkeni hem kısa hem de uzun dönemde istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. Ayrıca Türkiye gıda sanayi için hem kısa hem de uzun dönemde sermaye katsayısı görece olarak diğer sektörlerle oranla düşük olduğu için endüstri 4.0'a uygun değildir.

Tablo 14. Giyim Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	4.440		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	2.148243	0.811649	2.646763	0.1180
LOG_Q(-1)	-1.381700	0.443959	-3.112222	0.0896***
LOG_K(-1)	0.934394	0.232552	4.018002	0.0567***
LOG_L(-1)	-0.082360	0.120572	-0.683076	0.5651
LOG_W(-1)	0.240975	0.268678	0.896891	0.4644
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_G)	0.117426	0.229958	0.510641	0.6604
D(LOG_K)	0.679622	0.170066	3.996224	0.0573***
D(LOG_L)	0.645524	0.302456	2.134274	0.1664
D(LOG_W)	-0.409169	0.417945	-0.979001	0.4308
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.381700	0.143084	-9.656594	0.0106*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	3.027	0.271		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	0.861	0.523		

* ve *** sırasıyla %1 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Türkiye giyim sanayi için yapılan ARDL analiz sonuçlarına göre uzun dönemde eş bütünleşik ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca sermaye değişkeni hem kısa hem de uzun dönemde istatistiki olarak %10 hata ile anlamlı çıkmıştır. Katsayılar incelendiğinde sermaye uzun dönemde 0.93 lük kısa dönemde de 0.68 lik ağırlık ile üretimi etkilemektedir. Göreceli olarak giyim sanayinin de endüstri 4.0'a uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 15. İçecek Sanayi Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları(Bağımlı değiş:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	17.621		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	1.465498	1.016000	1.442419	0.2859
LOG_Q(-1)	-1.909355	0.307198	-6.215381	0.0249**
LOG_K(-1)	1.463014	0.255587	5.724130	0.0292**
LOG_L(-1)	-0.346109	0.508118	-0.681158	0.5661
LOG_W(-1)	0.626002	0.224290	2.791037	0.1080
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_G)	0.068962	0.119700	0.576121	0.6227
D(LOG_K)	0.724483	0.132220	5.479385	0.0317**
D(LOG_L)	-0.079610	0.422292	-0.188518	0.8679
D(LOG_W)	0.766119	0.264566	2.895762	0.1014
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.909355	0.099255	-19.23679	0.0027*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.149	0.980		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	9.904	0.195		

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Türkiye içecek sanayi için yapılan analize göre uzun dönemde eş bütünleşik ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca uzun dönemde %1.46 lık etki ile endüstri 4.0 yatırımına uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 16. Kağıt Sanayi Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme		Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik		2.451		2.2	3.09
Uzun Dönem		Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C		1.285973	0.978969	1.313600	0.3194
LOG_Q(-1)		0.347196	0.807174	0.430137	0.7090
LOG_K(-1)		-2.607288	2.025987	-1.286922	0.3270
LOG_L(-1)		-0.103222	0.802749	-0.128585	0.9095
LOG_W(-1)		2.214320	1.150053	1.925408	0.1940
Kısa Dönem		Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_G)		0.164644	0.368949	0.446251	0.6991
D(LOG_K)		-0.269208	0.779834	-0.345212	0.7629
D(LOG_L)		0.757125	0.967072	0.782904	0.5157
D(LOG_W)		1.067174	0.537257	1.986340	0.1854
Hata Düzeltme Modeli					
ECM(-1)		0.347196	0.048392	7.174667	0.0189**
Tanısal Testler		F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey		1.182	0.535		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test		2.249	0.374		

** %5 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade eder.

Kağıt sanayi sektörü için yapılan ARDL sonuçları uzun dönemde seriler arasında bir eş bütünleşme ilişkisinin kararsızlık bölgesine düştüğünü göstermektedir. Ancak katsayılar incelendiğinde sermayenin hem negatif hem de çok yüksek değer ile (-2.6) ortaya çıktığı gözlenmektedir. Bu durum da yine endüstri 4.0'a uygun bir sektör olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 17. Kara Taşıtları Sektörü için ARDL Tahmin sonuçları (Bağımlı değişken:loq.g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	9.100		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	-2.086919	1.276011	-1.635503	0.2436
LOG_Q(-1)	-0.437790	0.207762	-2.107168	0.1697
LOG_K(-1)	1.061065	0.363620	2.918058	0.1001
LOG_L(-1)	-0.586163	0.226371	-2.589391	0.1224
LOG_G(-1)	0.735027	0.237159	3.099296	0.0902
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_W)	-0.264193	0.281710	-0.937819	0.4473
D(LOG_K)	1.289380	0.244482	5.273928	0.0341**
D(LOG_L)	0.221328	0.145492	1.521235	0.2676
D(LOG_G)	0.551865	0.151327	3.646837	0.0677***
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.437790	0.031667	-13.82463	0.0052*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.313	0.904		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	0.028	0.894		

*,**, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Türkiye kara taşıtları sanayinin analizinde eş bütünleşik ilişki tespit edilmiştir. Endüstri 4.0 uygunluğu için sermaye değişkeninin üretimi nasıl etkilediğinin ortaya konmasında hem kısa hem de uzun dönemde (1.28 ve 1.06) katsayılar bu sektörün makineleşme yatırımına uygun olduğunu göstermekte ve artan getiri gözlenmektedir.

Tablo 18. Kauçuk Sektörü için ARDL Tahmin sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	0.825		2.2	3.09
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	-2.284668	2.892851	-0.789763	0.5124
LOG_Q(-1)	-1.433156	0.686662	-2.087136	0.1721
LOG_K(-1)	-0.822760	0.647925	-1.269840	0.3319
LOG_L(-1)	2.695381	1.583553	1.702110	0.2308
LOG_G(-1)	-0.378763	0.353243	-1.072244	0.3958
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_W)	0.995456	0.922800	1.078735	0.3935
D(LOG_K)	-0.380622	0.447663	-0.850244	0.4847
D(LOG_L)	1.272685	0.947443	1.343284	0.3113
D(LOG_G)	-0.081509	0.283711	-0.287294	0.8009
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.433156	0.344262	-4.162986	0.0531***
Tamam Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	2.061	0.367		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	0.348	0.660		

*** %10 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade eder.

Kauçuk sektörü için yapılan ARDL sonuçları uzun dönemde seriler arasında bir eş bütünleşme ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Ayrıca sermaye değişkeni katsayısı da hem kısa hem de uzun dönemde negatif olması yine endüstri 4.0'ın Türkiye'de kauçuk sanayi için çok da uygun olmadığı sonucuna işaret etmektedir.

Tablo 19. Kimyasal Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	1.081		2.2	3.09
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	-2.525382	1.666244	-1.515614	0.3713
LOG_Q(-1)	-0.548125	0.751798	-0.729086	0.5989
LOG_K(-1)	0.609512	0.990096	0.615608	0.6487
LOG_L(-1)	0.715859	0.763246	0.937914	0.5204
LOG_W(-1)	-0.344079	0.541044	-0.635955	0.6394
LOG_G(-1)	0.335151	0.666507	0.502847	0.7034
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	1.165968	0.372421	3.130781	0.1968
D(LOG_L)	1.802583	1.295684	1.391221	0.3968
D(LOG_W)	-1.300953	1.123529	-1.157917	0.4535
D(LOG_G)	-0.361050	0.705157	-0.512013	0.6987
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.548125	0.087845	-6.239712	0.1012
Tamsal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.057	0.997		
Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.				

Kimyasal sanayi sektörü için yapılan ARDL sonuçları uzun dönemde seriler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Kısa dönemde sermaye değişkeninin katsayısının 1'den büyük olması kimyasal sektörü için makineleşmenin üretimi olumlu etkilese de uzun dönemde bu olumlu etki küçülmektedir.

Tablo 20. Kömür Sanayi Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişim: loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	62.129		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	-2.071361	0.556154	-3.724439	0.1670
LOG_Q(-1)	-1.484703	0.117101	-12.67878	0.0501**
LOG_K(-1)	0.924232	0.105036	8.799213	0.0720***
LOG_L(-1)	0.292054	0.527892	0.553245	0.6783
LOG_W(-1)	0.697719	0.245894	2.837484	0.2157
LOG_G(-1)	0.951697	0.146341	6.503274	0.0971***
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	0.595463	0.075979	7.837257	0.0808***
D(LOG_L)	-0.221246	0.389927	-0.567404	0.6714
D(LOG_W)	1.151814	0.229313	5.022891	0.1251
D(LOG_G)	0.603392	0.073695	8.187674	0.0774***
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.484703	0.031394	-47.29320	0.0135**
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.367	0.866		

*, **, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder. Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.

Türkiye kömür sanayi için sınır testi uzun dönemde eş bütünleşik ilişkiyi göstermektedir. Sermaye değişkeninin ise hem kısa hem de uzun dönemde görece düşük çıktığı için bu sektörde endüstri 4.0'ın uygun olmadığını sergilemektedir.

Tablo 21. Makine Ekipman İmalatı Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken:loq_g

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	3.086		2.2	3.09**
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	-0.038715	1.657658	-0.023355	0.9825
LOG_Q(-1)	-0.831377	0.304117	-2.733744	0.0522***
LOG_K(-1)	0.468668	0.624580	0.750374	0.4948
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_L)	0.402660	0.455276	0.884430	0.4264
D(LOG_W)	0.163066	0.538945	0.302566	0.7773
D(LOG_G)	-0.057530	0.170576	-0.337268	0.7529
D(LOG_K)	0.884495	0.366261	2.414930	0.0732***
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.831377	0.128786	-6.455513	0.0030*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	2.244	0.226		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	2.300	0.226		

*,**, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Makine Ekipman İmalatı sanayi F istatistiği eş bütünleşme için kararsız bölgeyi göstermektedir. Sermaye değişken katsayı değeri ise görece küçük çıktığı için bu sektörde de endüstri 4.0'ın uygun olmadığını sergilemektedir.

Tablo 22. Makine ve Ekipman Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	396.015		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	1.025483	0.170191	6.025475	0.0265**
LOG_Q(-1)	0.322271	0.059082	5.454592	0.0320**
LOG_K(-1)	-4.516847	0.256417	-17.61525	0.0032*
LOG_L(-1)	2.381406	0.108442	21.96026	0.0021*
LOG_G(-1)	-0.873324	0.095938	-9.102992	0.0119**
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_W)	3.070313	0.202541	15.15896	0.0043*
D(LOG_K)	-4.000729	0.229398	-17.44009	0.0033*
D(LOG_L)	1.016703	0.087853	11.57271	0.0074*
D(LOG_G)	0.417717	0.070929	5.889214	0.0276**
Hata Düzeltme Modeli				
ECM1(-1)	0.322271	0.003534	91.19386	0.0001*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.455	0.826		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	0.353	0.658		

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Makine ve Ekipman sanayi için F testi eş bütünleşik ilişkiyi doğrulamaktadır. Ayrıca sermaye değişkeninin negatif olması makine ve ekipman için endüstri 4.0'ın uygun olmadığını göstermiştir.

Tablo 23. Medya Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları(Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	29.253		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	0.892490	0.729042	1.224195	0.3082
LOG_Q(-1)	-0.649782	0.310530	-2.092493	0.1275
LOG_W(-1)	0.045409	0.247717	0.183310	0.8662
LOG_G(-1)	-0.901781	0.262547	-3.434743	0.0414**
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	0.061580	0.180176	0.341779	0.7551
D(LOG_L)	1.406164	0.391978	3.587352	0.0371**
D(LOG_W)	-0.133953	0.150413	-0.890568	0.4388
D(LOG_G)	0.047255	0.026940	1.754067	0.1777
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.649782	0.030034	-21.63455	0.0002*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	5.456	0.095 ^a		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	0.3310	0.785		

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.
a: Boş Hipotez %10 anlamlılık düzeyinde kabul edilmiştir.

Medya sanayi için uzun dönemde eş bütünleşik ilişki mevcuttur. Ancak kısa dönemde sermaye değişkeninin sifıra yakın değerde çıkması bu sektör için de endüstri 4.0'ın uygun olmadığını göstermiştir.

Tablo 24. Metalik Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	134.639		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	1.620219	0.598243	2.708296	0.2252
LOG_Q(-1)	-2.124989	0.101416	-20.95318	0.0304**
LOG_K(-1)	1.116723	0.086381	12.92787	0.0491**
LOG_L(-1)	0.028576	0.071821	0.397874	0.7589
LOG_W(-1)	1.101888	0.073737	14.94343	0.0425
LOG_G(-1)	-0.213309	0.179201	-1.190331	0.4448
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	0.625940	0.043979	14.23283	0.0447**
D(LOG_L)	-0.245288	0.069545	-3.527029	0.1759
D(LOG_W)	0.591376	0.068410	8.644518	0.0733***
D(LOG_G)	-0.332776	0.118977	-2.796988	0.2186
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-2.124989	0.030522	-69.62064	0.0091*
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.232	0.932		

*, **, ve *** sırasıyla %1 %5 ve %10 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder. Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.

Metalik sanayi için uzun dönemdeki eş bütünleşik ilişki mevcuttur. Ayrıca uzun dönem sermaye değişkeni 1'in üzerinde çıkmıştır. Yani görece olarak metalik sanayi endüstri 4.0 için uygundur.

Tablo 25. Mobilya Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken: loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	34.647		3.29	4.37*
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	0.576601	0.426011	1.353488	0.4051
LOG_Q(-1)	-0.675510	0.252759	-2.672545	0.2279
LOG_K(-1)	0.836916	0.298870	2.800271	0.2184
LOG_L(-1)	1.163290	0.355851	3.269038	0.1890
LOG_W(-1)	-0.645479	0.564253	-1.143953	0.4573
LOG_G(-1)	-0.721314	0.329525	-2.188952	0.2728
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	0.611997	0.186459	3.282213	0.1883
D(LOG_L)	1.621485	0.393829	4.117229	0.1517
D(LOG_W)	-1.017362	0.451525	-2.253172	0.2659
D(LOG_G)	-0.345183	0.240548	-1.434986	0.3875
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.675510	0.019127	-35.31720	0.0180**
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.374	0.863		

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.
Yetersiz gözlem olması nedeniyle Serial Correlation LM Test hesaplanamamıştır.

Mobilya sektörü için yapılan ARDL sonuçları uzun dönemde seriler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Sermaye değişken katsayılarının hem kısa hem de uzun dönemde görece küçük çıkması yine endüstri 4.0'ın uygun olmadığını göstermektedir.

Tablo 26. Tekstil Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken:loq_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	2.637		2.2	3.09
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	0.769773	1.216921	0.632558	0.5917
LOG_Q(-1)*	-0.264106	0.349144	-0.756437	0.5283
LOG_K(-1)	0.885174	0.558611	1.584597	0.2539
LOG_L(-1)	-0.058821	0.238618	-0.246508	0.8283
LOG_W(-1)	-0.636029	0.588336	-1.081065	0.3927
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_G)	-0.119623	0.304082	-0.393389	0.7320
D(LOG_K)	1.167420	0.392249	2.976224	0.0968
D(LOG_L)	1.539818	0.618731	2.488672	0.1306
D(LOG_W)	-1.293585	0.856740	-1.509892	0.2701
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-0.264106	0.035489	-7.442004	0.0176**
Tanısal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	0.590	0.756		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	1.464	0.439		

** %5 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade eder.

Tekstil sanayi sektörü için yapılan ARDL sonuçları uzun dönemde seriler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Uzun dönemde sermaye değişkeninin küçük çıkması yine endüstri 4.0'ın uygun olmadığını göstermektedir.

Tablo 27. Tütün Sektörü için ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı değişken:log_g)

Eşbütünleşme	Değer		I(0)	I(1)
F-istatistik	3.101		2.2	3.09**
Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
C	6.677896	5.156773	1.294976	0.2650
LOG_Q(-1)*	-1.152771	0.568833	-2.026554	0.1127
LOG_G(-1)	0.503291	0.736105	0.683722	0.5317
Kısa Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(LOG_K)	0.497044	0.390922	1.271465	0.2725
D(LOG_L)	-0.093855	0.377149	-0.248855	0.8157
D(LOG_W)	-0.444896	0.929642	-0.478567	0.6572
D(LOG_G)	-0.022653	0.360496	-0.062838	0.9529
Hata Düzeltme Modeli				
ECM(-1)	-1.152771	0.178161	-6.470394	0.0029*
Tanımsal Testler	F-istatistik	Olasılık		
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey	2.822	0.167		
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	2.397	0.294		

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Tütün sanayi sektörü için yapılan ARDL sonuçları uzun dönemde seriler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Uzun dönemde sermaye değişkeninin küçük çıkması yine endüstri 4.0'ın uygun olmadığını göstermektedir

Tablo 28. LLC Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Düzye	
	İstatistik	Olasılık
log_q	-4.410	0.000*
log_k	2.200	0.986
log_l	-2.545	0.005*
log_w	-3.447	0.000*
log_g	-9.540	0.000*

* %1 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Tablo 29. Panel ARDL Tahmin Sonuçları (Bağımlı Değişken: log_q)

Uzun Dönem	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
LOG_K	0.276922	0.044329	6.246965	0.0000*
LOG_L	0.546501	0.044677	12.23239	0.0000*
LOG_W	0.368614	0.040994	8.991796	0.0000*
LOG_G	-0.241078	0.033328	-7.233513	0.0000*
Kısa Dönem ve Hata Düzeltme Modeli				
COINTEQ01	-0.413809	0.076072	-5.439714	0.0000*
D(LOG_K)	0.456852	0.079043	5.779823	0.0000*
D(LOG_L)	0.537855	0.139159	3.865036	0.0002*
D(LOG_W)	-0.263107	0.110710	-2.376551	0.0188**
D(LOG_G)	0.043818	0.063352	0.691661	0.4903
C	0.564241	0.101202	5.575375	0.0000*

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 istatistiksel anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Sanayi faaliyetlerinin daha sermaye ve özellik yoğunluk yönüyle farklı gelişmeleri barındıracak olması sanayi alanında teknolojik yeterlilik sağlanacaktır. Ülkel imalat şartlarından başlayarak ileri imalat usullerine doğru sermaye ve emeğin sektörler üzerinde güncel planlanması gerçekleşecektir

İmalat sanayi alt sektörleriyle birlikte ele alındığında ihracat odaklı üretim yapması nedeniyle ana temel sektörlerin başında gelmektedir. Analiz sonuçlarına göre sermaye yoğun alt sektörler ülkemizde endüstri 4.0'ın uygulanabilirliği ve alt yapı anlamında en uygun sektörler olarak belirlenebilir. Bu açıdan sektörler global gelişmelerden olumlu veya olumsuz etkilenmektedir. Artan teknoloji öncülüğü ve bu yoldaki gereksinim sektörlerin uyum sürecini hızlandırması gerektiğini göstermektedir.

İncelen ve analiz edilen dönemlerde imalat sanayi alt sektörleriyle birlikte istenilen seviyeye ulaşmaya gayret göstermektedir. Bu dönemde imalat ve alt sanayinin ekonomik payı gelişim göstermektedir.

Türkiye İmalat sanayi için yapılan panel analizde ise sermaye değişkeni hem kısa hem de uzun dönemde üretimi pozitif etkilese de etkinin 0.27-0.45 şeklinde çıkması tüm sektörler için genel olarak endüstri 4.0'ın uygun olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sanayi devrim hareketleri ulusların sosyo ekonomik ve mali olarak gelişim göstermesinde çok önemlidir. Öncelikle ada ülkesi üzerine güneş doğmayan medeniyet olarak bilinen İngiltere, yenilik ve yetenek avantaj üstünlüğünü elinde bulundururken birçok ülke ve ulusa bu gelişimlerden dolayı diğer ülkelere oranla sanayileşme ve yenilik alanında Almanya ile birlikte ülkelere rol model olmuştur. Sanayi 4.0 bu açıdan değerlendirildiğinde bazı temel teknoloji hareketleri üzerinde incelenmelidir.

İlk olarak öncelikle siber güvenli üç boyutlu üretimsel sisteme bağlı inovasyon, ardından diğer etken ise bulut sistemi ile birlikte çalışan robot ve sistemlerin entegrasyonu. Üçüncü parametre ise üstün ve ileri görüntüleme sistemleri ile birlikte bilginin sağlıklı transferi olarak belirlenmiştir.

Dördüncü ve son etken ise robotik inovasyonla donatılmış sistemlerin geniş bir alanda faaliyet göstermesi bu oluşumun gündelik hayat işleyişine daha çok girmesidir. Sanayi 4.0 robotik sistemlerin döneminin öncüsü niteliği durumundadır. Ülkemizde internet ve teknoloji kullanım eğilimi her ne kadar fazla olsada gelişen ve hızla büyüyen dünya ülkelerinde dikkat çeken gelişmeler olmasına rağmen bizde henüz yeterli seviyelere ulaşamamıştır. Kişisel kullanım yüzdeleri düşüktür. Diğer yandan özel sektör ve işletmelerin kuruluşların pazarlama ve marketing faaliyetleri yetersizdir.

Ülkemizin bu alanda olması gerektiğinden daha fazla teknolojiyi kullanma ve araştırma geliştirme faaliyetlerine ödenek ve fon ayırması kamusal ve özel sektör bazında toplumsal kamuoyu desteği ve çalışma faaliyetleri yapması gerekmektedir

Türkiye’de internette geçirilen saatin giderek artmasıyla birlikte dünyadaki diğer ulusların kullanımının nüfusa değerlendirme oranı oldukça fazladır. Ülkemizde internet kullanımının yararlı ve doğru bilgiye birinci kaynaktan gelişim göstermesi sanayi 4.0’ı uygulama yönünden önem arz ederken diğer taraftan internet kullanımının kontrollü olması gerekmektedir.

Modern çağ teknoloji hareketleri çerçevesinde elde edilmiş telif haklarının planlı olarak sanayi, üretim ve ekonomiye dahil edilmesi ile farklı ve yeni tasarlanmış ürünler yerini alabilir. İlaveten ülkemizde üretilen ve katma değer sağlayacak getirisi yüksek üretim anlayışı ile sanayi 4.0’ı ve yüksek müreffeh seviyesini tutturmak önemlidir.

Ülkemizin uluslararası çerçevede rekabet koşulları ve bunu her alanda geliştirebilmesi için bu yöndeki ihracatın artırılmasına yönelik çalışmaların hız kazanması önem kazanmaktadır.

Türkiye için bu oluşum hareketi tarihi bir fırsattır. Bu fırsatı avantaja çevirmek endüstri 4.0'ın tüm paydaşlarının ortak hareket ve yaklaşımı ile hayata geçirilebilir. Bu süreçte kamusal ve toplumsal algı ve ilgi üst düzeydedir.

Sanayi 4.0 sürecine giden bu yolda ülkemiz ekonomisi ve yenilik adımları için yapılacaklar bu devrimde öncü olan Almanya ve Amerika gibi son derece gelişmiş ülkelerdeki yaklaşımın model ve taslak olarak benimsenmesi ve bu alanda kişilerin yetiştirilmesi oluşturulacak komisyonların hedef olarak sanayi 4.0 tam verimliliği ve uygulanabilirliği Ar&Ge faaliyetlerinin yönü ve ivmesini oluşturmak ve hayata geçirmek olmalıdır.

Tablo 30. Kısa ve Uzun Dönem Sermaye Değişken Katsayıları

Sektör	Kısa Dönem	Uzun Dönem
Ağaçve Mantar	0.640359	0.220147
Ana Metal	-0.123791	-0.019760
Bilgisayar-elk	-0.214624	-0.562070
Deri	-0.106211	-0.106211
Diğer imalat	-0.880480	-0.489858
Diğer ulaşım	1.054129	0.872520
Ecza	-0.030271	-0.649179
Elektrik -tec	0.702215	0.702215
Fabrika metal	-0.170671	1.508674
Gıda	-0.383084	-0.136542
Giyim	0.679622	0.934394
İçecek sanayi	0.724483	1.463014
Kağıt sanayi	-0.269208	-2.607288
Kara taşıtları	1.289380	1.061065
Kauçuk san	-0.380622	-0.822760
Kimyasal	1.165968	0.609512
Kömür sanayi	-0.595463	0.924232
Makine ekip	0.884495	0.468668
Makine	-4.000729	-4.516847
Medya	0.061580	0.061580
Metalik	0.625940	1.116723
Mobilya	0.611997	0.836916
Tekstil	1.167420	0.885174
Tütün	0.497044	0.497044

Tablo 31. Sektörler Bazında Uygunluk

SEKTÖRLER	UYGUNLUK
Ağaç ve Mantar Sektörü	X
Ana Metal Sektörü	
Bilgisayar-elk Sektörü	
Deri Sektörü	
Diğer İmalat	X
Diğer Ulaşım Araçları	X
Ecza Sektörü	
Elk-teç White Düzeltmeler	
Fab. Met.	X
Gıda	
Giyim	X
İçecek Sanayi	X
Kağıt Sanayi	
Kara Taşıtları	X
Kauçuk	
Kimyasal	
Kömür Sanayi	
Makine Ekipman İmalatı	
Makine ve Ekipman	
Medya	
Metalik	X
Mobilya	
Tekstil	
Tütün	
LLC Panel Birim Kök Testi Sonuçları	
Panel ARDL Tahmin Sonuçları	Bir bütün olarak imalat san uygun değil

Türkiye imalat sanayi için yapılan panel analizde ise sermaye değişkeni hem kısa hem de uzun dönemde üretimi pozitif etkilese de etkinin 0.27-0.45 şeklinde çıkması tüm sektörler için genel olarak endüstri 4.0'ın uygun olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Endüstri 4.0 yatınlık olarak uygun sektörler ele alındığında, bu sektörlerin bir seri üretim bandı bulunmaktadır . Türkiye'nin cari açığının kapanmasına ve pozitif yönde gelişmesinde ihracat odaklı katkı ve etki bakımından önde gelen alt sektörler olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Acatech, (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0*, Final Report of the Industry 4.0 Working Group.
- Akbulut, U. (2011). Sanayi devrimleri dünya gidişini değiştirdi, <http://www.uralakbulut.com.tr/> Erişim tarihi: 01.03.2018.
- Alçın, S. (2016). Endüstri 4.0 ve insan kaynakları. *Popüler Yönetim Dergisi*, 63, 47-48.
- Alkan, M. (2014, Ekim). Sanayi 4.0. *Optimist dergisi*.
<http://www.kayserito.org.tr/upload/dosyalar/file/5.pdf>. Erişim Tarihi: 13.04.2018.
- Altın, O., & Kaya, A. A. (2009). Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin analizi, *Ege Akademik Bakış*, 9(1) , 251-259.
- Altıntaş, H., & Mercan, M. (2015). Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: OECD ülkeleri üzerine yatay kesit bağımlılığı altında panel eş-bütünleşme analizi. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 70(2).
- Aydın, E. (2018). Impact of capial intensity and R&D spending on manufacturing industry value added in ,ndustry 4.0 process: Panel data analysis. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16(1), 303-314.
- Baines, T. S., Lightfoot, H.W., Benedettini, O., & Kay, J. M. (2009). The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(5), 547-567.
- Bergara, C. (2016). Characterization of cyber-physical sensor systems, *Procedia CIRP*, 41, 638-643.
- Bradley, J. M., & Atkins, E. M. (2015). Optimization and control of cyber-physical vehicle systems, *Sensors*, 15, 23020-23049.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.
- Carl, B. Frey., & Michael A. (2013). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?, Oxford University
- Dai, S, Atkinson, S. Panella, Y. Mingding, W. Glover, M. & Schiffrers. (2012). *Wireless communication networks for gas turbine engine testing*, Rolls Royce Internal Publications.

- Deloitte.(2014). *Industry 4.0, Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies.*
- Dombrowski, U., & Wagner, T. (2014). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Procedia CIRP*, 17, 100-105.
- EBSO (Ekim 2015). Sanayi 4.0 uyum sağlayamayan kaybedecek, *Ege Bölgesi Sanayi Odası Dergisi*, Ekim 2015. http://www.inovasyon.org/pdf/EBSO.Sanayi-4.0_Raporu.pdf. Erişim Tarihi: 10.03.2018.
- Ege, B. (Ekim 2014). 4. Sanayi devrimi, *Bilim ve teknik dergisi*, Mayıs 2014. http://bortecin.com/4_End%C3%BCstri_Devrimi.pdf, Erişim Tarihi: 10.03.2018.
- EKOIQ (Ekim 2014). “Akıllı” yeni dünya: dördüncü sanayi devrimi endüstri 4.0: bilişimin endüstriyle buluştuğu yer türkiye “akıllı” üretime hazır mı? <http://ekoIQ.com/wp-content/uploads/2014/12/ekoIQ-ek-d.pdf>. Erişim Tarihi: 11.03.2018.
- Ekonomik Forum (2016). *Akıllı fabrikalar geliyor.* http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016_027.pdf. Erişim Tarihi; 05.03.2018.
- Ekovitrin (2016). Türkiye 4. sanayi devrimine açık. *Ekovitrin Aylık Dergi*, <http://www.ekovitrin.com/dergi2016/eylul/13-masahiro.pdf>. Erişim Tarihi 02.03.2018.
- Elektrik Port, (2014). *Endüstri 4.0 nedir? 4. sanayi devrimi gerçekleşiyor.* <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/endustri-4-0-nedir--4-sanayi-devrimigerceklesiyor/11563#ad-image-0>. Erişim Tarihi:09.03.2018.
- Erkan, H., & Erkan, C. (2007). Bilgi toplumu ve ekonomik kalkınma. *Üniversite ve Araştırma Kütüphanecileri Derneği Dergisi*.
- Faiz, M., Nagy, A., & Morshead, C. M. (2016). Response to: Where do you come from and what are you going to become, reactive astrocyte. *Stem Cell Investigation*, 32. <https://doi.org/10.21037/sci.2016.07.04>
- Geisberger, E., & Broy, M. (2012). Agenda CPS, integrierte forschungsagenda cyber physical systems (acatech studie). *Acatech–Deutsche Akademie der Technikwissenschaften*.
- Graetz, G., & Guy M. (2015). Robots at work. *CEPR Discussion paper*. 10477. https://cepr.org/active/publications/discussion_papers/dp.php?dpno=10477. Accessed.

- Göçer, İ. (2013). Ar-Ge harcamalarının yüksek teknolojili ürün ihracatı, dış ticaret dengesi ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. *Maliye Dergisi*, 165 (2), 215-240.
- Görçün, Ö. F. (2016). *Dördüncü endüstri devrimi endüstri 4.0*, İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Hellinger, A., & Seeger, H. (2011). Cyber-physical systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. *Acatech Position Paper, National Academy of Science and Engineering*, 58.
- Heng, S. (2014). *Industry 4.0: Upgrading of Germany's industrial capabilities on the horizon*.
- Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2015). *Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A literature review*, Working Paper, Technische Universität Dortmund.
- Imtiaz, J., & Jasperneite, J. (July, 2013). Scalability of OPC-UA down to the chip level enables “internet of things”. *In industrial informatics (INDIN), 2013 11th IEEE International Conference on*, 500-505.
- Ivanov, D., & Alexandre, D. (2015). A dynamic model and an algorithm for shortterm supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0, *International Journal of Production Research*, 54, 386-402.
- Jan, B. Franziska, M. Christoph, B. (2017). *CCPI-Climate change performance index; results 2017*, Germanwatch & CAN- Climate Action Network.
- Kagermann, H. (2015). *Abschotten ist keine Alternative*. In: VDI Nachrichten, 16.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for Implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 working group*. Forschungsunion.
- Kagermann, H., Lukas, W., & Wahlster, W. (2011). *Industrie 4.0 –Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution*. VDI Nachrichten, Berlin.
- KalDer (2016). Üretimde robot teknolojileri hızla çoğalıyor, Endüstri 4.0 yeni dünyanın üretim metodu oluyor. *Kalite Dergisi* 183. http://www.kalder.org/images/uploads/2016_kalder123.pdf. Erişim Tarihi: 07.03.2018.
- Kocacık, F. (2003). Bilgi toplumu ve Türkiye, *Cumhuriyet Üniversitesi. Sosyal Bilimler Dergisi*, 27(1) , 1-10. <http://www.elektrikport.com/-teknik-kutuphane/kojenerasyon-sistemi/4286#ad-image-0> erişim tarihi: 04.03.2018.

- Kopetz, H. (2011). *Internet of things*. Real-time systems 307-323, Springer, US.
- Koşan, L. (2014). Muhasebe eğitiminde artırılmış gerçeklik uygulamaları. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi* 18(2), 37-47.
- Köroğlu, O. (2015). Nesnelerin İnterneti, algılayıcı ağları ve medya. *Akademik Bilişim Konferansı*. Eskişehir. <http://ab.org.tr/ab15/bildiri/113.doc> Erişim Tarihi 08.03.201
- Köroğlu, O. (2012). En yaygın iletişim ortamında artırılmış gerçeklik uygulamaları. 17. İnternet Konferansı. <http://inet-tr.org.tr/inetconf17/bildiri/14.pdf>. 04.03.2018.
- KPMG (2015). *Sanayi 4.0 dördüncü sanayi devrimi, yarının fabrikaları neye benziyor?* <https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/tr/pdf/2016/08/tr-sanayi-4.PDF> Erişim Tarihi 07.03.2018
- Landscheidt, S., & Kans, M. (October,2016). Automation practices in wood product industries: Lessons learned, current practices and future perspectives. *In The 7th Swedish Production Symposium SPS, 25-27* Lund, Sweden. Lund University.
- Lee, B. E., Michaloski, J., Proctor, F., Venkatesh, S., & Bengtsson, N. (January ,2010). Mtconnect-based kaizen for machine tool processes. In *ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. 1183-1190.
- Lee, E. A., (2006). *Cyber-physical systems are computing foundations adequate?* NSF Workshop on Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap, Austin, Texas.
- Lee, J., Hossein, D. A., Shanhu, Y., & Behrad,. (2015). Industrial big data analytics and cyber-physical systems for future maintainance & service innovation, *Procedia CIRP*, 38, 3-7.
- Lee, J., Lapira E., Bagheri B., & Kao H. (2015). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. . 2015, A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems, *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- Levin, A., & Lin C., (2002). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties . *Journal of Econometrics*, 108, 1.
- Marzullo, T. (2018). *Labor skills in the maintenance department for Industry 4.0* .(Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi).Missisipi Universty,Missipi.19-80

- Ning, H., & Hong, L., & Jianhua, M. (2016). Cybermatics: cyber-physical-social-thinking hyperspace based science and technology. *Generation Computer Systems*, 56, 504-522.
- Onat, I., & Miri, A. (Agust,2005). An intrusion detection system for wireless sensor networks. In wireless and mobile computing, Networking and communications. *IEEE International Conference on* Vol. 3. 253-259.
- Pal, P., Schantz, R., Rohloff, K., & Loyall, J. (July 2009). Cyber physical systems security challenges and research ideas. *In Workshop on Future Directions in Cyber-physical Systems Security*.
- Pan, M. (2015). Applying industry 4.0 to the jurong island eco-industrial park, *Energy Procedia*, 75, 1536-1541.
- Pamuk, N.,& Soysal, M . (2018). yeni sanayi devrimi endüstri 4.0 üzerine bir inceleme *Verimlilik dergisi*, 1, 41-66.
<http://dergipark.gov.tr/verimlilik/issue/34982/388198>
- Pedroni, P. (2000). Fully-modified ols for heterogeneous cointegrated panels, *Advances in Econometrics*, 15, 93–130.
- Pesaran M. H., & Y. Shin. (1997). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. Web: <https://pdfs.semanticscholar.org/743d/c1e8cf7eea4a2ac9bc58907f2ce08a1f5d90.pdf>. Erişim Tarihi 17.03.2018
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & R. J. Smith (1996). Testing for the existence of a long run relationship, *DAE Working* , 9622.
- Pesaran, M. H., Shin., Y., & R. J. Smith. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of long run relationship. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Pesaran, M.H., Shin, Y.,& Smith, R.J. (1999). Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the american statistical association*, 94, 446.
- Ramanathan, K. (2014). Industry 4.0: Implications for the adis pasific manufacturing industry, 24-29.
- Sanchez, B., Ramón., A., & Diego, M. (2015). A framework for developing traceability solutions in small manufacturing companies. *Sensors*, 15, 29478-29510.
- Scala, I, S., & Simona, C. (2015). Cyber physical systems oriented robot development platform. *Procedia Computer Science*, 65 ,203-209.

- Schuster, K., Lana, P., & Kerstin G. (2015). Preparing for industry 4.0 – testing collaborative virtual Learning environments with students and professional trainers. *International Journal of Advanced Corporate Learning*, 8, 14-20.
- Seniye, Ü., & Oktay,F. (2016). Sanayi 4.0 dönüşümü nedir? belirlemeler ve beklentiler, *Global Sanayici Dergisi*.
- Seniye Ü.,& Oktay F.(2018). Endüstri 4.0: gereklilikler ve etkiler, *Konferans Notları*, İ. Ü. Enformatik Bölümü, 02.04.2018.
- Stock, T. & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0, *Procedia CIRP*, 40, 536-541.
- ThrambolliDis, K. (2015). *A cyber-physical system-based approach for industrial automation systems*. 72, 92-102.
- Wang, L., Törngren, M., & Onori, M. (2015). Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 517-527.
- Wef. (2016). *The Global Information Technology Report 2016: Innovating in the digital economy*, editors: Silja Baller, Soumitra Dutta, and Bruno Lanvin.
- Wef.(2017). *The global risks report*. (2017). 12th Edition, Insight Report.
- Wright, P. (2014). *Cyber-physical product manufacturing, manufacturing letters*, 2 .49-53.
- Yue, X., & Cai, H. (2015). *Cloud,assisted industrial cyber-physical systems: An insight, Microprocessors and Microsystems*, 39, 1262-1270.
- Yüksekbilgili, Z ., & Çevik, G . (2018). Endüstri 4.0 bağlamında Türkiye'nin yerine ilişkin güncel ve gelecek eksenli bir analiz. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi* 3 (2), 422-436.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı : Hayati ATLI
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 04.10.1980
Medeni Durumu : Evli
GSM : 05326745641
E-mail : atlihayati38@gmail.com
Yazışma Adresi : Talas/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Nuh Naci Yazgan Üniversitesi	-
Lisans	Anadolu Üniversitesi	
Lise	Kayseri Teknik Lisesi	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2012	Walter-Türkiye	Satış Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce