SAKARYA İKTİSAT DERGİSİ CİLT 12, SAYI 2, 2023, SS. 187-211
THE SAKARYA JOURNAL OF ECONOMICS, VOLUME 12, NUMBER 2, 2023, PP. 187-211

ENDÜSTRİ 4.0 YOLUNDA TÜRKİYE EKONOMİSİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME[1]

Gökçen AYDINBAŞ[2], Zeynep ERDİNÇ[3]

Özet

Yeni dünya ekonomisini yansıtan Endüstri 4.0 devrimi, üretimde hız ve verimliliği artırarak maliyeti azaltmaktadır. Endüstri 4.0 devrimi ile beraber blok zinciri, bilişim teknolojileri (bulut, siber güvenlik), büyük veri (veri madenciliği), insan makine etkileşimi, nesnelerin interneti (IoT ve sensörler), robotik, sanal ve artırılmış gerçeklik üç boyutlu (3B) yazıcılar, yapay zekâ (derin öğrenme) ve benzeri yeni teknolojiler gündeme gelmektedir. Bu özellikleri sayesinde Endüstri 4.0 ve yeni teknolojilerine entegrasyon, bir ülkede ekonomik büyüme ve kalkınma için önemli ve hatta zorunlu hale gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 yolunda Türkiye ekonomisini değerlendirmektir. Çalışmada Türkiye'de orta ve yüksek teknoloji ihracatının belli bir düzeyde artış göstermesine rağmen yüksek teknoloji ihracatı ile artırıcı çalışmalara ihtiyaç duyduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra AR-GE harcamaları ve patent başvuru sayısında artırıcı çalışmalar yapılmasının önemli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca insani gelişme endeksi değerlerine göre de Türkiye iyi bir düzeye ulaşabilme çabası içerisindedir. Bilim ve teknik dergilerindeki makale sayısına bakıldığında ise Türkiye'nin özellikle de son yıllarda bu konuda önemli bir ilerleme kaydettiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Endüstri 4.0, Ekonomik Büyüme, AR-GE Harcamaları, Orta ve Yüksek Teknoloji İhracatı, Yüksek Teknoloji İhracatı*

AN EVALUATION OF THE TURKISH ECONOMY ON THE PATH TO INDUSTRY 4.0

Abstract

Industry 4.0 revolution reflecting the new world economy reduces costs by increasing speed and efficiency in production. With the Industry 4.0 revolution, blockchain, information technologies (cloud, cyber security), big data (data mining), human-machine interaction, internet of things (IoT and sensors), robotics, virtual and augmented reality three-dimensional (3D) printers, artificial intelligence (deep learning) and similar new technologies are on the agenda. Thanks to these features, integration with Industry 4.0 and new technologies have become important and even mandatory for economic growth and development in a country. This study aims to evaluate the Turkish economy on the way to Industry 4.0. In the study, it has been concluded that although medium and high technology exports in Turkiye have

[1] Bu çalışma Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı'nda ""Endüstri 4.0 Devriminin İktisadi Büyüme ve Kalkınma Olgusuna Etkileri" başlığı ile tamamlanan Doktora tezinden türetilmiştir.

[2] Dr., Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE. ORCID: 0000-0001-9435-5387 gokcen_a@anadolu.edu.tr (Sorumlu Yazar)
[3] Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE. ORCID: 0000-0001-9599-0630. zerdinc@anadolu.edu.tr

increased at a certain level, there is a need for increasing studies with high technology exports. In addition, it was stated that it is important to increase the number of R&D expenditures and patent applications. In addition, according to the values of human development values, Turkey is in an effort to reach a good level. Considering the number of articles in scientific and technical journals, it has been determined that Turkiye has made significant progress in this regard, especially in recent years.

Keywords: *Industry 4.0, Economic Growth, R&D Expenditures, Medium and High Technology Exports, High Technology Exports*

1. Giriş

Dijital Sanayi Devrimi "Endüstri 4.0" en temelinde, birbirleri ile iletişim ve etkileşim halindeki sensörlerle ortamı algılayabilen, veri analizi sayesinde her türlü ihtiyacın farkına varan robotlar ile üretimin daha ucuz, hızlı, verimli bir şekilde gerçekleşmesi amaçlamaktadır. Bu devrim; akıllı robot otomasyonu, artırılmış gerçeklik, blok zinciri, bulut teknolojisi, büyük veri, insan makine etkileşimi, nesnelerin interneti, simülasyonlar, siber güvenlik, üç boyutlu baskı, yapay zekâ ve benzeri alanlarda meydana gelen ilerlemelere odaklanmaktadır.

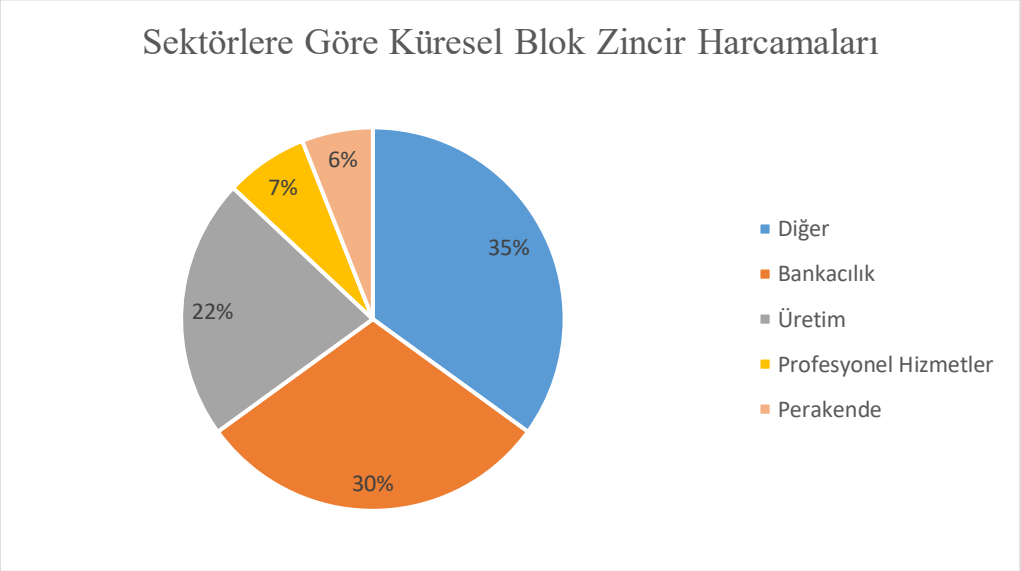
Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 yolunda Türkiye ekonomisini değerlendirmektir. Çalışmada öncelikle Türkiye'de insani gelişme endeksi, internete erişim (toplam hanehalkı, %) ve evden bilgisayarlara erişim (toplam hanehalkı, %), bilgi iletişim teknolojileri mal ve hizmet ihracatı değerleri (ABD Doları), yerli ve yabancı patent başvuru sayısı, bilimsel ve teknolojik dergilerde makale sayısı, AR-GE harcamaları (GSYH'deki payı), orta ve yüksek ile yüksek teknoloji imalat sanayi ürünleri dış ticareti (%) ve dijital rekabet edebilirlik endeksi değerleri tablolar aracılığıyla yorumlanmıştır. Çalışmada ele alınan veriler; Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği (OECD), Dünya Bankası ve Uluslararası Yönetim Geliştirme Enstitüsü (IMD) Dünya Dijital Rekabet Edebilirlik Merkezi veri tabanından temin edilmiştir. Bu çalışmada nitel bir araştırma yöntemi kullanılmış olup çalışmanın sınırlılığı, bu doğrultuda ekonometrik bir analizin uygulanmamasıdır. Ayrıca bu çalışma için etik kurul izin belgesi gerekli değildir.

Çalışmada ilk olarak Endüstri 4.0'a yönelik kavramsal çerçeve hazırlanmıştır. Ardından tarihsel düzlemde Türkiye ekonomisinin Endüstri 4.0 yolculuğu ele alınmıştır. Daha sonra Türkiye ekonomisinde dijital sanayi devrimi "Endüstri 4.0"ın yeri tablolar ve şekiller ile incelenmiştir. Sonuç kısmında ise konuya ilişkin genel bir bilgilendirme yapılarak incelemeler sonucu elde edilen bulgular kısaca tartışılmıştır.

2. Endüstri 4.0 ve yeni nesil teknolojiler: Teorik altyapı

Dünden bugüne endüstriyel devrimler ile üretim sistemlerinde bir değişim, dönüşüm yaşanmakta ve geleneksel üretimden modern üretime geçilmektedir. Bu bağlamda günümüz ekonomilerinde gelişimin can damarı, yenilik ve teknolojik değişimlerdir.

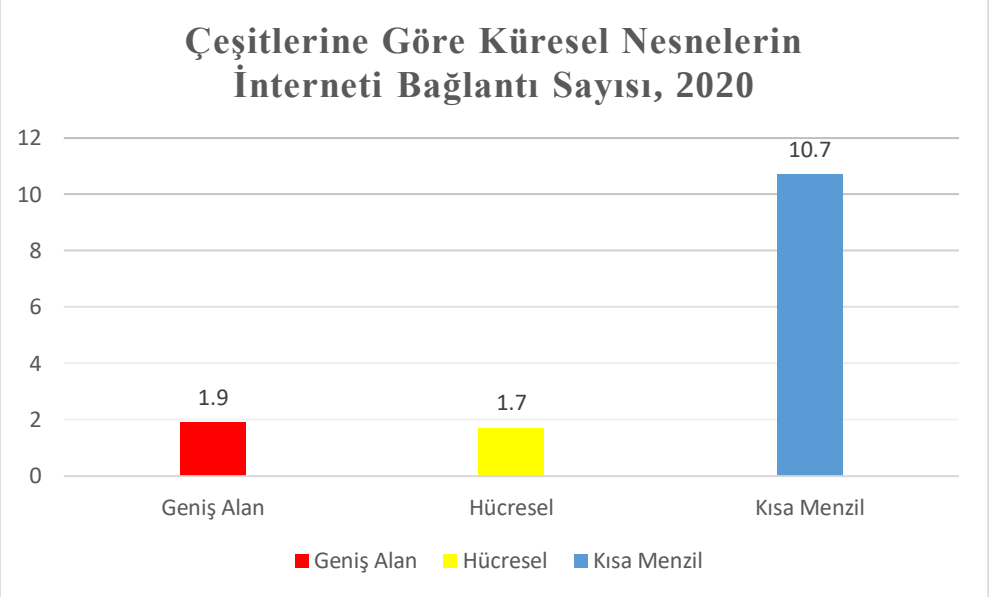
Bugünlerde hızlı bir şekilde ortaya çıkan yenilikler ve teknolojik değişimlerle birlikte kavramsal olarak sıklıkla kullanılan 2011 yılında Endüstri 4.0 ilk kez Almanya'da Hannover Fuarı'nda dile getirilmiştir (Ślusarczyk, 2018: 233). Mrugalska ve Wyrwicka (2017) tarafından Endüstri 4.0; karmaşık fiziksel makineler ile cihazların, toplumda ve ticarette meydana gelen problemlerin daha iyi bir şekilde tahmini, kontrolü ve planlanması amacıyla kullanılan ağa bağlı sensörler ve yazılımlar ile bütünleşmesi olarak tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra Endüstri 4.0, ürünlerin yaşam döngüsünde yeni bir değer zinciri organizasyonu ve yönetimi biçiminde de nitelendirilmektedir. Nitekim Endüstri 4.0 ile akıllı fabrikalar, sanal ve artırılmış gerçeklik (VR, AR), blok zincir, bulut bilişim sistemleri, büyük veri, endüstriyel robotlar, eklemeli üretim (3B yazıcılar), nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler (CPS), siber güvenlik, simülasyon, yapay zekâ ve benzeri yeni teknolojiler insan hayatına tesir etmiştir (Cerit ve Ören, 2022: 38-40).



Şekil 1: Sektörlere Göre Küresel Blok Zincir Harcamaları (%, 2022)

Kaynak: Deloitte, 2022

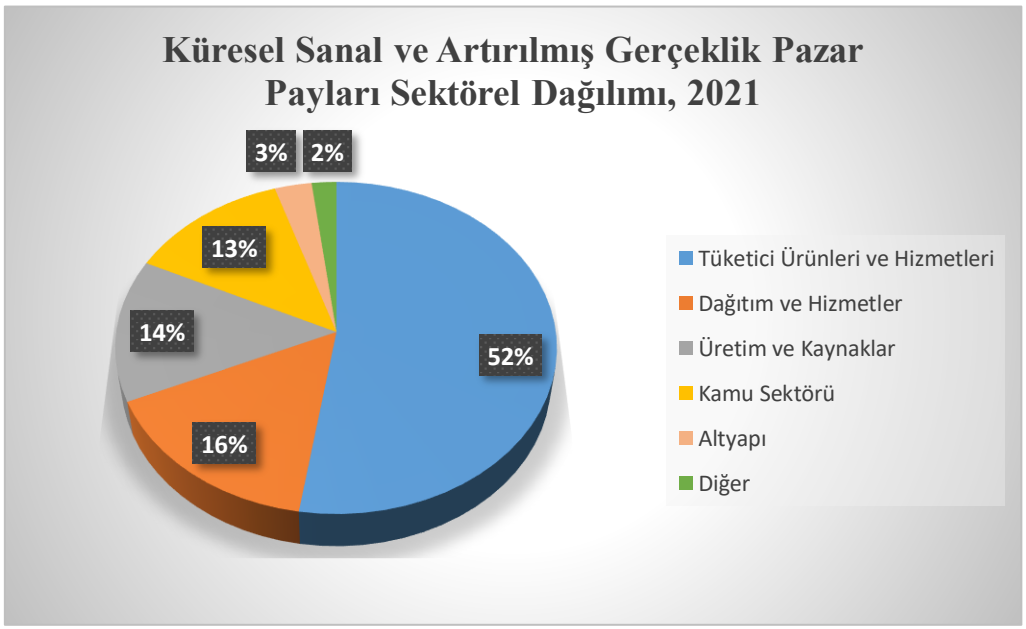
Blok zinciri teknolojisi, birbirlerine zincirlenmiş diziler halindeki veri blokları, dağıtık hesap defteri olarak tanımlanmıştır (Chohan, 2017: 2-3). Şekil 1'de sektörlere göre küresel blok zincir harcamalarına yer verilmiştir. Şekilden de takip edildiği gibi küresel blok zincir harcamalarında öne çıkan sektörler "bankacılık" ve "üretim"dir.



Şekil 2: Çeşitlerine Göre Küresel Nesnelerin İnterneti Bağlantı Sayıları (Milyar, 2020)

Kaynak: Deloitte, 2022

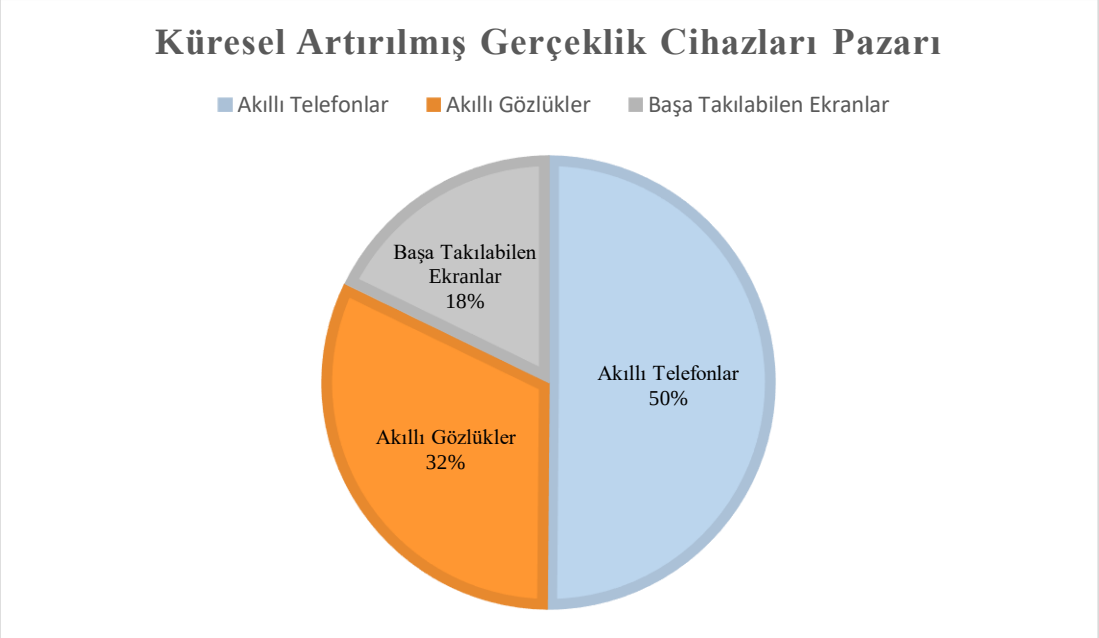
Nesnelerin interneti bir diğer adıyla endüstriyel internet veya cihaz tabanlı internet, büyük akıllı projelerin parçası olan bütün akıllı sistemlerin entegresine dayanan temel bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Roblek vd., 2016: 3). Şekil 2'de çeşitlerine göre küresel nesnelerin interneti bağlantı sayıları incelenmiştir.



Şekil 3: Küresel Sanal ve Artırılmış Gerçeklik Pazar Payları Sektörel Dağılımı (%, 2021)

Kaynak: Deloitte, 2022

Sanal gerçeklik, tamamıyla içine alarak etkileşime soktuğu kullanıcılara, zengin, birden fazla duyuya hitap edebilen, üç boyutlu, 360 derece bilgisayar simülasyonlu bir ortam olarak tanımlanmaktadır (Schwab ve Davis, 2019: 238). Artırılmış gerçeklik ise gerçek dünyadaki çevrenin ve içindekilerin bilgisayar aracılığıyla üretilen ses, görüntü, grafik ve GPS verileriyle zenginleştirilmesi neticesinde yaratılan canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görünüm anlamına gelmektedir. (TÜSİAD-BCG, 2017). Şekil 3'te 2021 yılı için küresel sanal ve artırılmış gerçeklik pazar payları sektörel dağılımı incelenmiştir. Bu şekilden de takip edildiği üzere ilgili yıl bazında küresel sanal ve artırılmış gerçeklik pazar payı en yüksek sektör "tüketici ürünleri ve hizmetleri" olmuştur.



Şekil 4: Artırılmış Gerçeklik Cihazları Pazarı (%, 2020)

Kaynak: Karaarslan, 2021, https://www.arkeotekno.com/pg_581_gumushane-ve-akilli-turizm-ekonomisi-2

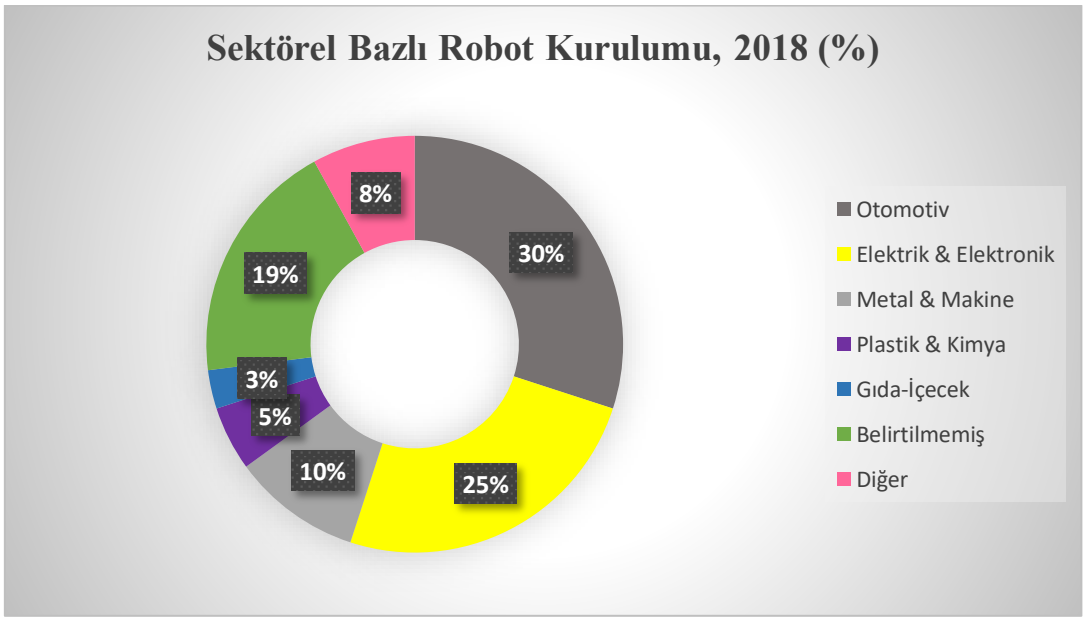
Şekil 4'te artırılmış gerçeklik cihazları pazarı (%, 2020) değerlendirilmiştir. Şekil 4'ten de görüldüğü üzere, 2020 yılı verilerine göre "akıllı telefonlar, akıllı gözlükler ve başa takılabilen ekranlar" arasındaki rekabet bağlamında dünyada artırılmış gerçekliğe geçiş oranının hızla yükseldiği anlaşılmaktadır (Karaarslan, 2021).

Tablo 1: Sektöre Göre Küresel Yapay Zekâ Pazar Büyüklüğü (2021)

Sektöre Göre Küresel Yapay Zekâ Pazar Büyüklüğü (2021)		
Sektör	***Değer (Milyar Dolar)***	***Pay (%)***
Reklamcılık ve Medya	16	17.1
Finansal Hizmetler	15.9	17.0
Sağlık Hizmetleri	12.1	12.9
Perakende	9.9	10.6
Otomotiv ve Taşımacılık	9.5	10.2
Üretim	8.5	9.1
Tarım	6	6.4
Hukuk	3.2	3.4
Diğer	12.4	13.3

Kaynak: Deloitte, 2022

Tablo 1'de küresel yapay zekâ pazar büyüklüğünün sektörel dağılımına (milyar dolar, 2021) yer verilmiştir. Yapay zekâ, bir makinenin deneyimlerden öğrenebilme, yeniliklere uyum sağlayabilme, insana benzer fonksiyonları yerine getirebilme yeteneğini ifade etmektedir (Duan vd., 2019: 63). Tabloya göre 2021 yılı bazında küresel yapay zekâ pazar büyüklüğünün sektörel dağılımında en yüksek değer ve pay "reklamcılık ve medya"nın olmuştur.



Şekil 5: Dünyada Sektörel Bazlı Robot Kurulumu

Kaynak: https://www.cybermagonline.com/robotik-nedir-gelecekte-robotlar-nasil-olacak

Şekil 5'te Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR) tarafından sunulan 2019 Dünya Robot Raporu'na göre endüstriyel robotların sektörel bazlı kurulumuna yer verilmiştir. Şekil 4'ten de görüldüğü üzere, dünyada endüstriyel robotların sektörel bazlı kurulumunda %30'luk payı alarak otomotiv sektörü birinci sıradadır. Onu takip eden diğer sektörler ise sırasıyla %25 oranda elektrik ve elektronik sektörü, %10 oranda metal sanayidir.

Sonuç olarak teknolojinin, bilginin daha erişilebilir hale gelmesi ve küresel açıdan rekabetin artmasıyla ekonomi; sanayiden, iş döngüleri ve sermaye kullanımlarında farklılaşan teknoloji endüstrisine geçmiştir (Housel, 2021: 170).

3. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Tarihine Bir Yolculuk

Endüstri devriminin başlangıcına tarihsel bir zemin oluşturulması noktasında ilk olarak bir Türk bilgini olan El Cezeri'nin eserlerindeki çizimleri ve icatları dikkat çekmektedir. El Cezeri, sibernetik sahanın en büyük dâhisi olarak kabul edilen fizikçi, robot ve matriks ustasıdır. Wiener'in tanımıyla sibernetik, canlı ya da cansız bütün organize sitemlerin, makine ve hayvanların haberleşme ve kontrol sistemlerini (denge kurma ve ayarlama durumlarını) inceleyen bir bilimdir. Sistemli bir çalışma olarak kendi kendine hareketi ifade eden otomatik kavramı, insan ve diğer canlıların eylemlerinin taklidi ve makinelerin işlevselleştirilmesi ile sibernetik tabanlı bir uygulamadır. El Cezeri'nin icatları ve kitaplarındaki çizimler, dünya bilim tarihinde bugünkü sibernetik ve robot bilimindeki çalışmaların ilki olarak kabul görmektedir. El Cezeri'nin yaşadığı dönemde (1136-1206) yapmış olduğu yatay eksenli yel değirmeni, konik vanalar, su çarkı ile işleyen tulumba, "Cizre Ejderleri" adlı Cizre Ulu camii iç kapı tokmakları (günümüzde iki adet tokmaktan biri İstanbul Türk İslam Eserleri Müzesi'nde sergilenmekte), Amed Ulu Camii'nin ünlü Güneş Saati (taş saat), Artuklu hükümdarına takdim ettiği robot (kendi kendine bazı hareketler yapabilen otomatik olarak çalışan dünya tarihinin ilk robotu) ve daha birçok mekanik, otomatik icatları bulunmaktadır. Ayrıca El Cezeri'nin yazmış olduğu "Dahi Aygıtlar Kitabı", "Mekanik Hareketlerden Mühendislikte Faydalanmayı İçeren Kitap" ve "Olağanüstü Mekanik Araçların Bilgisi Hakkında Kitap" olarak bilinen önemli eserlerinin endüstri devrimine ciddi katkıları olduğu söylenebilmektedir. Son eserini Hill (1974), "The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices" başlığıyla yayınlamıştır. Sonuç olarak El Cezeri'nin eserleri, İslam dünyasından Batı dünyasına tanıtılmış ve pistonlu pompalar ile buhar makinelerinin temelini oluşturmuştur. Hatta bu tasarımları, 21. yüzyıl dünyasında Endüstri 4.0 devrimi ile gelişen trenler, gemiler, otomobiller, enerji santrallerine kadar birçok karmaşık sistemin kökeni olarak da kabul edilmektedir (Çırak ve Yörük, 2015).

İlk yıllarından itibaren Türkiye Cumhuriyeti'nin, endüstrileşme konusuna olan ilgisi dikkat çekmektedir. 01.11.1937 tarihli Türkiye Büyük Millet Meclisi'nin 5. dönem 3. toplanma yılı açılışında (https://www5.tbmm.gov.tr/tarihce/ataturk_konusma/01_11_1937), Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün yaptığı konuşmada endüstrileşmeye ilişkin şu ifadelerde bulunduğu bilinmektedir:

"Endüstrileşmek en büyük milli davalarımız arasında yer almaktadır. Büyük küçük her türlü sanayi kuracağız, işleteceğiz! En başta vatan müdafaası olmak üzere en ileri ve refahlı Türkiye idealine ulaşabilmek için bu bir zarurettir."

Bu bağlamda Mustafa Kemal Atatürk'ün endüstrileşmenin önemine vurgu yaptığı diğer bir ifadesi ise "Memleketin vazgeçilmez sanayisinin kurulması bitmedikçe her bakımdan yürek istirahati duymamıza imkân yoktur." şeklindedir. Bu noktada şunu belirtmek gerekir ki; üretim, modern sanayinin temeli ile teknik ilerlemenin genel eğiliminden oluşmaktadır (Moment Expo Dergisi, 2012: 20-32).

Mustafa Kemal Atatürk'ün bazı ifadeleri bilime, teknolojiye önem veren ve yeniliklere açık yapısını ortaya koymaktadır. Mustafa Kemal Atatürk'ün bir konuşmasındaki "Her yeni yetişen kendinden eskisini beğenmeyecek kadar yükselirse o zaman, ancak o zaman gelecek nesiller birbirinden kademe kademe yüksek seviyede bir yükselme grafiği meydana getirebilir ki insanlığın ilerlemesinin amacı da budur." ile "İnsanların hayatına, faaliyetlerine egemen olan kuvvet, yaratma ve icat yeteneğidir." şeklindeki ifadeleri ise teknolojik yeniliklere ilişkindir. Bilime verdiği önem ise "Eğer bir gün benim sözlerim bilimle ters düşerse bilimi seçin." ve " Benim manevi mirasım akıl ve bilimdir." ifadeleri ile anlaşılmaktadır (https://www.atam.gov.tr/duyurular/ataturke-gore-ataturk).

Yaşanabilir bir dünya yaratımının, ancak bilimin hâkim olduğu bir toplum ile gerçekleşebileceği aşikârdır (https://www.altınay.com). Günümüz Türkiye'sinin bilim ve teknolojide ilerlemesi için Endüstri 4.0 ile uyumlu bir topluma sahip olması gerekmektedir. Dolayısıyla "Endüstri 4.0" dünya geneliyle paralel şekilde Türkiye için de son derece önemlidir. Çünkü bu yeni sürece ayak uyduran ülkelerin, ayak uyduramayan ülkelere nazaran, her bir yıl için beş yıllık fark yaratacağı ileri sürülmektedir (Yorgancılar, 2015). Nitekim 2014 yılında Endüstri 4.0, Türkiye'de çeşitli toplantılarda ele alınmış olup son derece dikkat çekici bir konu haline gelmiştir. Ayrıca 2016 yılında Davos gündeminin önemli konuları arasında "Sanayide Dördüncü Devrim" yer almıştır. Bu bağlamda Davos 2016, Endüstri 4.0 kavramını tüm dünya kamuoyuna tanıtmıştır (Schwab ve Davis, 2019: 5).

Türkiye için Endüstri 4.0 sürecine yönelik durum değerlendirmesi yapıldığında, tabiki henüz istenilen seviyeye ulaşılamadığını söylemek mümkündür. Ancak zamanla Türkiye genelinde gelişmiş üretim teknolojileri daha fazla uygulama alanı bulmakta ve hatta bu teknolojiler bilinenin aksine azımsanmayacak düzeylere ulaşmaktadır. Endüstri 4.0 çalışmaları bakımından Türkiye'de en çok gündemde olan firma Siemens'tir ve ilk pilot dijital fabrikanın da Siemens tarafından kurulduğu bilinmektedir. Ayrıca Baykar ve Aselsan savunma alanında önemli atılımlar yapmaktadır. Baykar makine tarafından tasarlanan insansız hava aracı (İHA) ve silahlı insansız hava aracı (SİHA) sonrasında su altı insansız taşıtları da geliştirilmiştir. Yaptığı projelerde Aselsan ise öz kaynaklar ve dış kaynakların kullanımı ile 419 milyon $ değerinde AR-GE harcamaları gerçekleştirmektedir. Bu bağlamda Aselsan, insansız ve otonom sistemlere ilişkin çalışmalarını uzun zamandan beri sürdürmektedir (https://www.stensustri.com.tr). Bunun yanı sıra Türkiye'de yerli dronların ardından Gyrocopter üretimi de gerçekleşmiştir. KOSGEB'in desteği ile

yapılan yerli Gyrotürk'ün seri üretimine geçilmiştir. Türk firmalarının Endüstri 4.0 hamlelerine yönelik başka örnekler de verilebilmektedir. Arçelik (Türkiye'nin en büyük beyaz eşya üreticilerinden), akıllı otomasyonda kullanmak maksadıyla kendi kendine öğrenebilen 20 adet robot üreterek yapay zekâ teknolojilerindeki ilk adımını atmıştır. Bununla birlikte Arçelik'in Romanya'da akıllı üretim sistemleri kullanımıyla faaliyete geçirdiği çamaşır makinesi fabrikası da Endüstri 4.0 yatırımına ilişkin bir örnek olarak gösterilebilmektedir (Güngör, 2018: 136). Türkiye'de ve dünyaca ünlü diğer Türk şirketleri arasında "Borusan, Eczacıbaşı, Şişecam, Turkcell, Vestel" de yer almaktadır (Barutçu, 2019: 72). Ayrıca Akınsoft Türkiye genelinde yazılım sektöründe önemli konumunu, robot teknolojisini kendi imkânları doğrultusunda kendi laboratuvarlarında geliştirerek elde etmiştir. Bu bağlamda genel olarak anket, hostes, ön büro ve servis gibi hizmet alanlarındaki işleri yapabilecek temel seviyede hazırlanan, üretilen Ada isimli robot piyasaya sunulmuştur. Akıncı isminde diğer bir robot ise Ada'nın aksine daha insansı nitelikte geliştirilmiş olup gelişim süreci devam etmektedir. Robotik alanda çalışmalar yapan diğer bir yerli grup ise Altınay firması olarak bilinmektedir. Bu firma robot kollar geliştirmekte, bu yönüyle de Türkiye'de ve Avrupa'da pek çok sanayi alanında robot kol üretimi yaparak ürün üretim süreçlerine önemli düzeyde katkıda bulunmaktadır. Türkiye'nin Endüstri 4.0 hamleleri açısından bu üretim hayati derecede önem taşımaktadır. Çünkü Endüstri 4.0 açısından hayati bir role sahip olan robot kol teknolojisinin, karanlık fabrikaların en önemli araçlarından biri haline gelmesi beklenmektedir. Türkiye'de bankacılık alanında çalışan ilk robot ise Albaraka Türk'te görevlendirilmiştir. Böylece tek bir robot ile aylık en az 15 bin TL tasarruf sağlanmakta, bu yatırıma geri dönüş oranı ise %1200'den fazla olmaktadır (https://www.businessht.bloomberght.com).

Türkiye'de yeni bir robotik alan gelişmesi ise COVID-19 salgını ile ortaya çıkmıştır. Bu bakımdan verilebilecek bir örnek COVID-19 hastalarına yemek dağıtmak ve ilaçlarını vermek gibi görevler üstlenen "Atacan" isimli hemşire robotudur. Bu hemşire robotu, Erzurum Atatürk Üniversitesi tıp ve mühendislik fakültelerinin disiplinler arası çalışması çerçevesinde mühendislik fakültesi öğrencileri tarafından sağlık çalışanlarının COVID-19 hastaları ile temasını en az düzeye indirerek onları bu virüsten koruma maksatlı tasarlanmıştır (https://www.trt/haber.com). Türkiye'de robot teknolojilerinden bir diğer örnek de Ordu'da Dr. M. Hilmi Güler Bilim ve Sanat Merkezi'nde görev yapan altı öğretmen tarafından riskli kişiler ile teması en aza indirmek için üretilmiştir. Bu robot, koronavirüs kapsamında ateş ölçümü yapmakta, dezenfektan vermekte ve maske dağıtmaktadır. Bu bakımdan, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de koronavirüs salgını ile birlikte robot kullanımının da yaygınlaştığı fark edilmektedir. Ayrıca Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Robotik ve Yapay Zekâ Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi (ROMER) tarafından fabrikada çalışan işçilere yapay zekâsı ile yardımcı olarak üretimi artırması amacıyla kalfa robotlar geliştirilmiştir (https://basinda.metu.edu.tr/2022-08-01/3088543). Son zamanlarda robotik teknolojideki diğer bir gelişme ise Türk sinema ve televizyon dünyasında

“Aypera” isimli kendini dijital insan olarak tanıtan oyuncu ve aynı zamanda müzisyen bir robottan bahsedilmektedir. Bu dijital robotun yakın zamanda “Dijital Human” filmi ile sahneye çıkacağı belirtilmiştir (https://m.haberturk.com/).

Endüstri 4.0 ile şekillenen çağımızda Türkiye için son gelişme, yerli otomobil TOGG olarak karşımıza çıkmıştır. Dünyadaki teknolojik gelişmelere kayıtsız kalmayan Türkiye’de yaşanan son gelişmeler, ülkenin otomobil konusunda dışa bağımlılık durumunu giderek azaltacağını göstermektedir. Bu süreçte, Türkiye kendi otomobilini üretme düşüncesini, “TOGG” ile hayata geçirmiştir. TOGG yerli otomobil kapsamında ilk çalışmalar, 2017 yılında başlamıştır. Türkiye’nin Otomobili Girişim Grubu tarafından resmi faaliyetlerin başlatıldığı dönem ise 25 Haziran 2018 tarihine tekabül etmektedir. Anadolu Grubu, BMC, Kök Grubu, Turkcell, Zorlu Grubu ile Türkiye Odalar, Borsalar Birliği ve benzeri dev kuruluşlar bu noktada Türkiye’nin Otomobili Girişim Grubu bünyesinde toplanmıştır. Nitekim “TOGG” adı da yerli otomobil üretme maksatlı kurulan “Türkiye’nin Otomobili Girişim Grubu”nun kısaltılmış halinden gelmektedir. “TOGG”un en dikkat çekici özellikleri ise yerli olanaklar kullanılmasıyla üretilecek olması ve bu aracın yurt dışına ihraç edilecek olmasıdır. Ayrıca “TOGG”un 4.5G ve 5G teknolojisi ile kullanımı planlanan internet bağlantısı bulunmaktadır. Bu aracın; sürücüye haber verme, uzaktan müdahale edilebilme, yangın, sel ve benzeri önemli doğa olaylarında sürücüye bildirim yapması gibi özelliklere sahip olması planlanmaktadır (https://www.otonakit.com/blog-detay/togg-yerli-otomobil-togg-ne-zaman-cikacak-ozellikleri-fiyati).

Günümüz dijital dünyasında farklı meslekler icra eden Türk insanları başarılarıyla dikkat çekmektedir. Bu anlamda verilebilecek örneklerden ilki, bir Türk mühendisi olan Selçuk Bayraktar’ın ilk yerli üretim İHA ve SİHA sistemini tasarlamasıdır. Bayraktar, savunma ve havacılık alanlarında yüksek teknolojili milli girişimlere odaklı Baykar bünyesinde çalışmalarını yürütmektedir. Nitekim Bayraktar’ın çalışmaları “İnsansız Hava Aracı Sistemleri”nin aviyonik sistem mimarisi, uçuş kontrol sistemi, seyrüsefer algoritmaları geliştirimi, sistem kinematiği ve dinamikleri, elektronik donanım, gömülü yazılım geliştirme ve benzeri alanlar üzerinedir (https://www.baykartech.com/tr/).

Dijital ekosistem için verilebilecek bir diğer örnek ise 2006 yılında Ezra ve Tuba Çetin kardeşlerin “moda” ile “teknoloji”yi birleştirme hedefi doğrultusunda kurduğu “Ezra+Tuba markası”dır. Ezra-Tuba Çetin, Intel AR-GE Merkezi’nde akıllı çiplerle geliştirilen tasarımları ile yakın gelecekte günlük hayatımızın bir parçası haline gelecek “Giyilebilir Teknoloji” ile bir ilk yaratmıştır. Nitekim modacı kardeşler; “akıllı çantalar, bir yıl içinde toprakta çözünerek doğaya zarar vermeyen kumaşlar (vegan, sıfır atık, geri dönüşüm odaklı, sürdürülebilir kumaşlar), ikonik kelebek elbiseleri (elektronik kelebek gelinlik/butterfly dress), kalp krizini haber veren tişört (inovatif tişört), Karbonfiber ÇelikNaz elbise” gibi sıra dışı ürünler üreterek IoT

teknolojisi kapsamında geleceğin tasarımlarını yapmakta ve dünya moda sektöründe kendilerinden söz ettirmektedir (Sesiz, 2018: 108-112).

Ülkede teknoloji kapsamındaki gelişmelerin yanı sıra yurt dışındaki Türk bilim insanlarının başarıları da dikkat çekmektedir. Bunlara ilişkin pek çok örnek mevcuttur ancak burada belirtilenler, tıp ve mühendislik alanlarına yöneliktir. NASA tarafından "Mars"a indirilen "Curiosity (Merak)" isimli insansız araç için Türk bilim insanı mühendis "Prof. Dr. Behçet Açıkmeşe"nin geliştirdiği bir algoritmanın 2021 yılı Şubat ayında "Perseverance (Azim)" isimli "Mars"a giden bir başka uzay aracına (robot) uyarlanarak kullanılması, bu çerçevede gerçekleşen önemli bir başarı öyküsü olarak gündeme gelmiştir (https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye/). Teknoloji bağlamında gelişen tıp alanındaki bir başarı öyküsü de kadın cerrahtan gelmektedir. Avrupa'da yapay kalp nakli yapan ilk kadın cerrah olarak Dr. Dilek Gürsoy, German Medical Award'a (Alman Tıp Ödülü) layık görülmüştür. Son zamanlarda da Dr. Dilek Gürsoy, yapay kalp için yapay zekâ teknolojisi ile bağlantılı bir sistem geliştirmeye yönelik araştırmalar yapmaktadır (https://www.saglik.gov.tr/TR,57194/bakan-koca-almanyada-yilin-doktoru-secilen-dr-dilek-gursoyu-tebrik-etti.html).

COVID-19 (Korana virüs) pandemisi ile aşı teknolojilerinde ciddi gelişmeler yaşanmaya başlamıştır. Bu virüse karşı geliştirilen yerli inaktif COVID-19 aşısı "TURKOVAC" için 2021 yılı Aralık ayından itibaren seri üretime geçildiği belirtilmiştir. COVID-19 salgınına karşı Türk çift (bilim insanı) "Prof. Dr. Uğur Şahin ve Dr. Özlem Türeci"nin kurucusu olduğu şirketin BioNTech, Pfizer aşılarını geliştirerek tüm dünya için önemli katkılarda bulunması bir başka başarı öyküsü olarak karşımıza çıkmaktadır (https://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/). Yenilikçi icatları ile adını duyuran başka bir isim ise "Dr. Canan Dağdeviren"dir. Başarılı bilim insanı mühendis Dr. Canan Dağdeviren, icatlarıyla ABD'nin prestijli dergileri arasında yer alan Forbes'un "30 Yaş Altı Bilim İnsanı" listesine girmeyi başarmakla birlikte MIT (Massachusetts Institute of Technology) yayını Technology Review'ın her yıl açıklamış olduğu "35 yaş altı Mucitler Listesi"ne de adını yazdırmıştır. "Medikal teknoloji alanında pilsiz çalışan giyilebilir bir kalp çipi (PZT MEH) ve cilt kanserini tespit eden dövme gibi insan tenine yapıştırılabilen bir cihaz (hastalık haritası çıkaran dövme), son olarak da tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 salgını için geliştirilen ateş, nabız ve solunum kontrolü yapan elektronik bir tişört", Dağdeviren'in yenilikçi icatlarından bazıları olarak belirtilmektedir (https://businessdiplomacy.net/tr/dunyada-cigir-acan-genc-mucit-dr-canan-dagdeviren/).

Türkiye için yeni endüstriyel dönüşüm açısından en önemli hamlelerden biri de üniversiteler ile sanayi bölge (firmaları) arası işbirliklerin kurulmasıdır. Akademi ve sanayi arası kurulan köprüler, her iki tarafın da kalite ve verimliliğini artırmaktadır. Bu işbirliği neticesinde gerçekleştirilen AR-GE ve inovasyon faaliyetleri, ülkenin küresel rekabet gücüne önemli katkılar sunarak sürdürülebilir bir büyüme için mihenk

taşı olmaktadır. Üniversite-sanayi işbirliğine verilebilecek bir örnek "Başkent Üniversitesi ile Anadolu Organize Sanayi Bölgesi" arasında gerçekleşmiştir. Başkent Üniversitesi AR-GE ve inovasyon kapasitesini arttırarak Anadolu Organize Sanayi Bölgesi'nin teknoloji transferlerini doğru şekilde yönlendirmek için akademik personeli, araştırmacıları ve sahip olduğu teknik bilgi birikimi ile danışmanlık görevi üstlenirken Anadolu Organize Sanayi Bölgesi, Başkent Üniversitesi tarafından yürütülen araştırma projelerine finansal destek sağlamakta, ilgili üniversitenin öğrencileri için düzenlediği staj programları ve iş olanaklarıyla işbirliğine katkıda bulunmaktadır. Bu alanda verilebilecek bir diğer başarılı örnek ise Bahçeşehir Üniversitesi ve NETAŞ A.Ş (bilişim teknolojileri alanında hizmette bulunan) ortaklığında "BAU-NETAŞ Techno Academy" adıyla hayata geçirilmiştir. Müfredatı akademisyenler ve NETAŞ mühendisleri ortaklığı doğrultusunda hazırlanan bu program ile Bahçeşehir Üniversitesi, teknolojik gelişmelerin mühendislik alanına yönelik güncel teorik bilgileri NETAŞ ile paylaşırken NETAŞ da AR-GE laboratuvarlarını derslikler için açmakta ve öğrencilere uygulamalı bilgiye erişim olanağı sunmaktadır (Güngör, 2018: 136-137).

Dijitalleşme ile şekillenen eğitim dünyasına bir diğer örnek ise İzmir'deki "Bornova Mazhar Zorlu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi" ile karşımıza çıkmaktadır. Okulda; elektronik, mekanik ve bilgisayar alanlarına ara elaman yetiştirilmesi için yeni sınıflar, laboratuvarlar oluşturulmuştur. Bu okulda, sanal laboratuvarda dersler işlendiği de bilinmektedir. Nitekim ilgili okulda; Endüstri 4.0 laboratuvarı, fabrika laboratuvarı, fabrika otomasyon laboratuvarı, FMS laboratuvarı ve robot kulübü gibi alanlarda öğrencilerin, el becerileri geliştirilerek yeni tasarımlara imza atılmaktadır (https://www.meb.gov.tr/ogrenciler-derslerini-endustri-40-ile-goruyor/haber/18785/tr).

4. Türkiye Ekonomisinde Dijital Sanayi Devrimi "Endüstri 4.0"ın Yeri

Türkiye'de yeni sanayi devrimine uyumlu hale gelmek, bu doğrultuda bir yol haritası belirleyebilmek adına "Endüstri 4.0 Platformu" hayata geçirilmiştir. "Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 Derneği"ni de bu amaçla kurulan diğer bir oluşum olarak örnek göstermek mümkündür (Güngör, 2018: 135-136). Türkiye'de öncelikle Sivil Topum Kuruluşları (STK) ile birlikte devletin tüm kurumları, bu doğrultudaki çalışmalarıyla küresel rekabet gücü yakalayarak önemli adımlar atma çabasındadır. Ayrıca öncelikle Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve ilgili bakanlıklar da Endüstri 4.0 çerçevesinde kritik çalışmalar yapmaktadır. Nitekim Endüstri 4.0 bağlamında geri kalmamak için Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018) tarafından "Dijital Türkiye" olarak adlandırılan bir yol haritası belirlenmiştir. Bu yol haritası çerçevesinde "gıda ve içecek, kimya ve ilaç sektörleri, makine ve teçhizat, motorlu kara taşıtları, yarı iletkenler ve elektronik" Türkiye'nin Dördüncü Sanayi Devrimi açısından odak sektörleri olarak nitelendirilmiştir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018).

Tablo 2: Türkiye'nin Endüstri 4.0 Dönüşümünde Pilot Sektörler ve Potansiyel Yararları

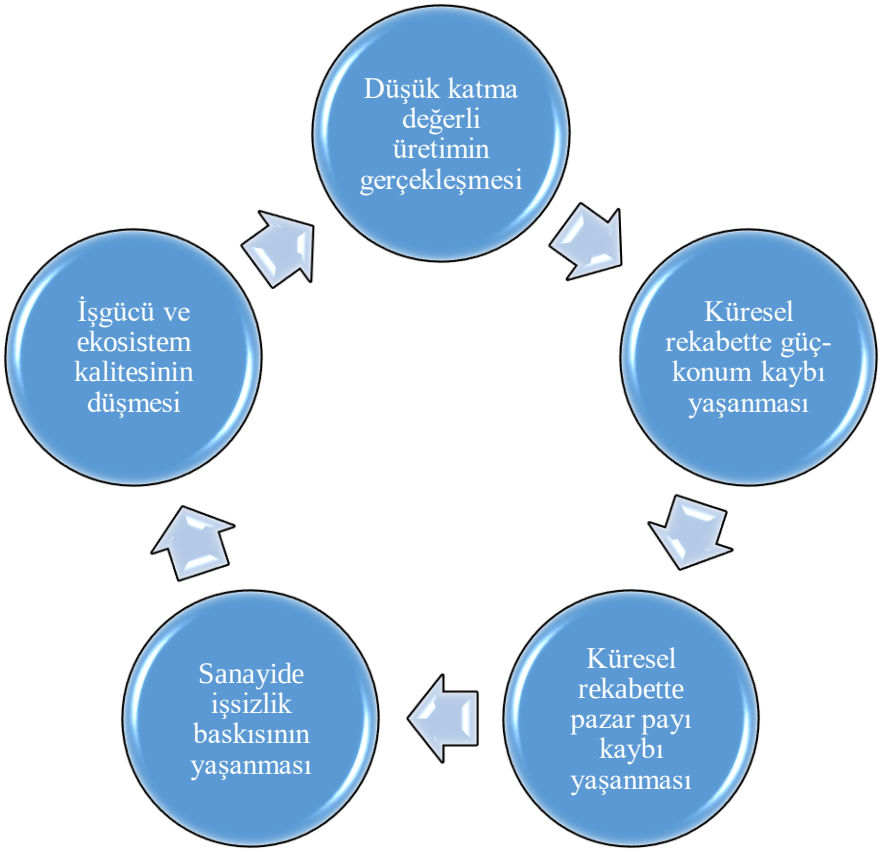
Sanayi Sektörleri	Brüt Üretim Payı	Toplam Üretim Maliyetinin Verimliliği
Beyaz eşya	% 5	% 6-9
Gıda ve İçecek	% 18	% 5-9
Kimyasallar	% 12	% 3-4
Makine sistemleri	% 4	% 4-8
Otomotiv	% 6	% 5-7
Tekstil	% 15	% 4-9
Diğer	% 40	% 4-7
Toplam	% 100	% 4-7

Kaynak: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği [TÜSİAD] ve Yönetim Danışmanlık Şirketi Boston Consulting Group [BCG], 2016

Tablo 2'de görüldüğü üzere Türkiye'nin, Endüstri 4.0'dan yararlanma potansiyeli ile kullanılan üretim tekniklerinin farklı sektörlerde temsil edebilirlik gücüne göre altı pilot sanayi sektörü belirlenmiştir. Bu sektörler detaylıca incelendiğinde, sanayi üretimi bakımından en büyük paya sahip "gıda ve içecek" sektöründe Endüstri 4.0'a geçilmesiyle verimlilik artışının %5 ile %9 arasında olacağı tahmin edilmektedir. Toplam sanayi üretiminin %12'sine tekabül eden ve Türkiye'ye rekabet gücü kazandıran tekstil sektöründe ise %4 ile %9 arası bir verimlilik artışının yaşanacağı görülmektedir. Toplam endüstriyel üretimin %12'sine tekabül eden kimya sektöründe beklenen ise %3 ile %4 arası verimlilik artışıdır. Ayrıca bu devrimle birlikte Türkiye ihracatında önemli bir kalem otomotiv sanayisinde %5 ile %7 arasında verimlilik artışı beklenmektedir. Son olarak da Türkiye'deki toplam endüstriyel üretimin %5'ine tekabül eden beyaz eşya endüstrisinde %6 ile %9 arasında verimlilik artışı beklenirken, makine sanayisinde ise %4 ile %8 arası verimlik artışının olacağı öngörülmektedir. Bu altı sanayi sektörü dışındaki sektörlerde ise ortalama verimlilik artışının %4 ile %7 arası olacağı tahmin edilmektedir. Özetle bu tabloya göre Endüstri 4.0 başarılı bir şekilde uygulandığında, ülkedeki sanayi sektörlerinin %4 ile %7 arası verimlilik artışına imkân tanıyabilecekleri öngörülmektedir.

Türkiye'ye ilişkin asıl mesele yüksek teknolojili üretimin sisteme entegre edilmesi ile rekabet gücünün sağlanması olmaktadır. Yakın zamanda dünyanın en büyük 20 ekonomisi içerisinde yer almasına rağmen Türkiye ekonomisi, kişi başına gelirde arzu edilmeyen bir düzeyde konumlanmaktadır. Bunun yanı sıra ülke, imalat sanayinde genellikle düşük ve orta teknoloji ürünler ortaya koyabilmektedir. Türkiye'deki küçük ve büyük ölçekli imalat firmalarının dijital araçları kullanması ile üretim süreçlerinin, organizasyon yapılarını bu doğrultuda şekillendirmesi, enerji ve maddiyat kayıplarının önüne geçmesi, işgücünün en etkin, verimli kullanımını sağlaması mümkün olmaktadır. Bu süreçlerin, yakın gelecekte ekonomik düzen açısından ilgili firmaların kendi çıkarları için son derece faydalı olacağı aşikârdır. Bu bağlamda 2023 yılı için Türkiye'nin hedefleri arasında GSYH düzeyinin 2 trilyon dolara, kişi başına gelirin 25 bin dolara ve ihracatın 500 milyar dolara çıkarılması ile işsizlik oranının %5 seviyesine düşürülmesi, enflasyon oranının tek haneli rakamlarda sabit tutulması yer almaktadır (Koç Aytekin, 2015: 81).

"Endüstri 4.0"ın ne denli önemli olduğunun farkına varan Türkiye'de, TÜSİAD, TOBB ve benzeri sivil toplum kuruluşlarıyla resmi kurumlar bu kapsamda çalışmalar hazırlamaya başlamıştır. TÜSİAD ve BCG tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı kaçırması (yakalayamaması) ve yakalaması gibi iki farklı durumda neler ile karşılaşabileceğini ele almıştır. Her iki duruma ilişkin değerlendirmelere sırasıyla, şekil 6 ve şekil 7'de yer verilmiştir.

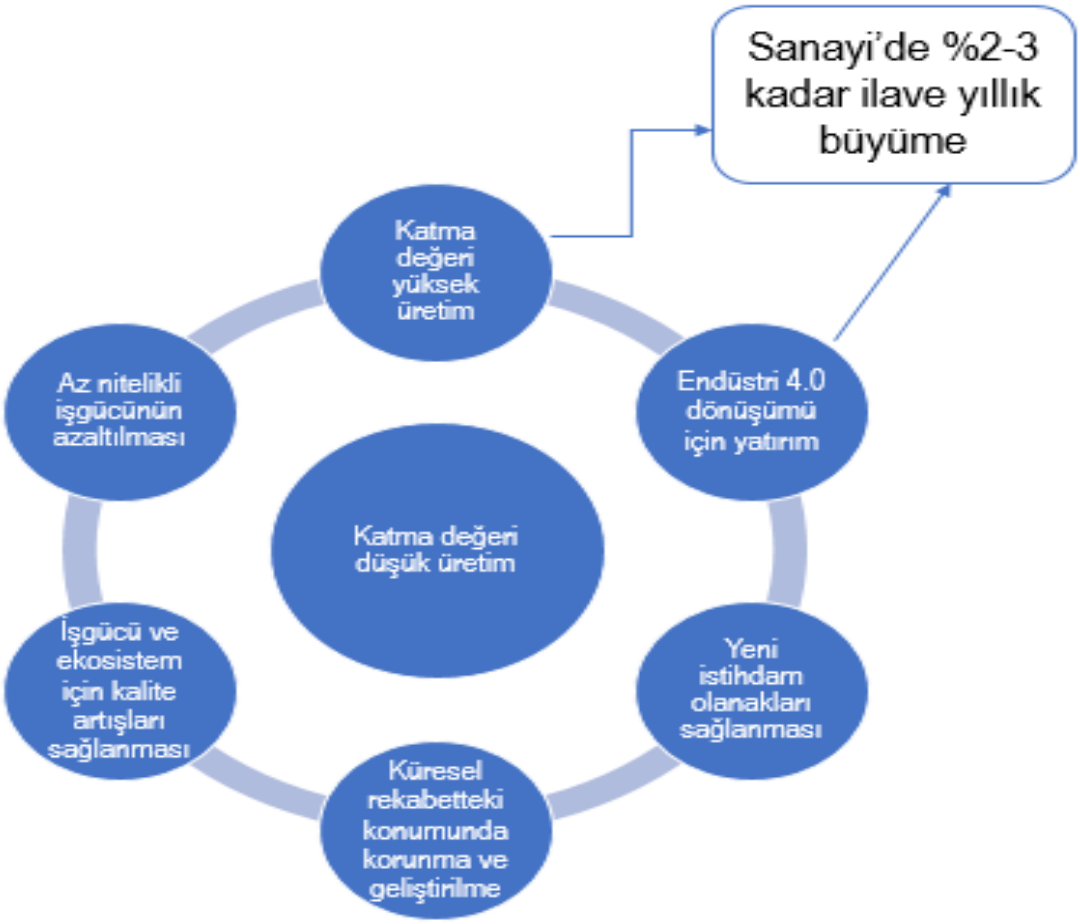


Şekil 6: Türkiye Endüstri 4.0'ı Yakalayamaz (-) ise Nasıl Bir Kısır Döngü İle Karşılaşabileceğinin Gösterimi

Kaynak: TÜSİAD ve BCG, 2016

Şekil 6, Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı yakalayamaz ise rekabet gücündeki kaybın nasıl olacağını ve ekonomisinin nasıl bir kısır döngü içerisine gireceğini göstermektedir. Türkiye, eğer bugün olduğu gibi düşük katma değerli ürün üretmeye devam ederse, ucuz işgücü ile kazandığı küresel rekabet gücünü de kaybedecektir ki bu kaybın, eş anlı olarak ülkenin küresel pazardaki payının düşmesine yol açacağı da aşikârdır. Ülkenin küresel pazar payındaki bu kayıp, ihracatın ve sanayi üretiminin de azalmasıyla sanayi sektörü kapsamında işsizlik baskısına yol açabilecek hale gelebilmektedir. Ayrıca düşük katma değerli üretimin sürdürülmesi, nitelikli işgücü gereksinimini ve sanayide inovasyonu azaltarak işgücü ve ekosistem kalitesinde de

düşüşe sebep olmaktadır. Bu şekilde de, ülkenin içinden çıkamadığı bir kısır döngüye girmesi söz konusudur.



Şekil 7: Türkiye'nin Endüstri 4.0 ile Katma Değer Sağlayan Pozitif (+) Döngüden Yararlanma Olanağının Gösterimi

Kaynak: TÜSİAD ve BCG, 2016

Şekil 7'de Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı yakalaması durumunda, ekonomideki bu kısır döngüden ne şekilde kurtulacağını, çıkacağını ortaya koymaktadır. Katma değeri düşük üretim yapan Türkiye'nin Endüstri 4.0'a yatırım yaptığı takdirde niteliksiz işgücü azaltılmakta ve nitelikli işgücü artırılmakta, bu şekilde de küresel rekabet gücü korunabilmektedir. Bunun neticesinde gelişen nitelikli işgücüne ilişkin yeni istihdam olanakları yaratılacağı düşünülmektedir. Nitelikli işgücü istihdamındaki bu artış ile ekosistem kalitesinin de artması ve ülkenin daha yüksek katma değerli ürün üretmesi mümkün olmaktadır. Katma değeri yüksek ürün üreterek Türkiye'nin sanayide yıllık %2-3'lük ilave büyüme yaratacağı aşikârdır. Bu bakımdan Türkiye sanayisine bakıldığında, dönüşümüyle birlikte yılda ilave %2-3'lük büyümenin verimliliğe dayanan istihdam kayıplarını bir hayli telafi edici düzeyde artacağı beklenmektedir. Bir başka ifadeyle, gelecek on yıllık süreç için istihdamda %5'lik mutlak bir artış

olacağı ve uzun vadede geçiş döneminde meydana gelen kayıplardan ziyade daha fazla kazanımlar elde edileceği tahmin edilmektedir (Genç, 2017). Özetle ülkenin, katma değeri düşük üretimden katma değeri yüksek üretime geçmesiyle rekabet gücü korunabilmekte ve hatta artırılabilmektedir. Ülkenin Endüstri 4.0 ile yaratacağı fırsatlar, TÜSİAD ve BCG ortaklığı ile yapılan çalışmada belirtilmiştir. Bu fırsatlara ilişkin bilgilere tablo 3'te yer verilmiştir.

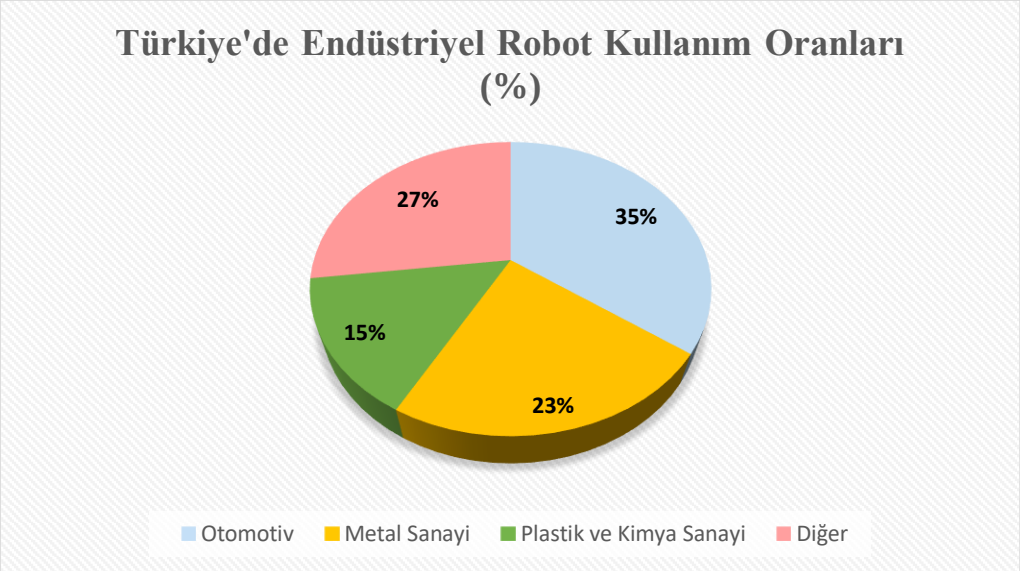
Tablo 3: Türkiye'nin Endüstri 4.0 ile Yakalayacağı/Yakalaması Beklenen Fırsatlar

Türkiye'nin Endüstri 4.0 ile Yakalayacağı/Yakalaması Beklenen Fırsatlar
Yüksek maliyet verimliliğinin temini
Üretim hızında ve esneklikte artış sağlanması
Kalitenin yükseltilmesi ve fire oranının düşürülmesi
Yüksek teknoloji platformları, know-how, yüksek nitelikli insan kaynağı
Küresel rekabet gücünün korunarak artırılması

Kaynak: TÜSİAD ve BCG, 2016

TÜSİAD ve BCG tarafından yapılan çalışmada, Endüstri 4.0 ile dönüşen Türk sanayisinde ilerleyen on yıllık süreç içerisinde otomasyonun gelişimiyle üretim sektörlerindeki niteliksiz işgücünün 400-500 bin civarında azalması beklenirken, yaklaşık 100 bin civarında da yeni nitelikli işgücü ve endüstrileşme ile birlikte gelen büyüme akımı neticesinde 400-500 bin civarında yeni işgücü yaratılacağı belirtilmektedir.

"Akıllı Üretim Sistemleri"ne "Hizmet Eden Kilit ve Öncü Teknolojiler"in tespit edilmesi için ilgili sektörlerde desteklenmiş 1000 şirket (özel sektör kuruluşu) bazında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK, 2017) tarafından yapılan anket araştırmasında, Türkiye'nin dijital olgunluk düzeyinin henüz Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında olduğu sonucuna varılmıştır. Türkiye'de Endüstri 4.0'a en yakın sektörlerin ise otomotiv, havacılık, savunma ve ilaç endüstrileri olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla bu sektörler, Türkiye için en çok gelecek vaat eden endüstrilerdir. Ayrıca küresel ileri üretim trendlerini benimsemede en aktifleri "çelik, dayanıklı tüketim malları, elektronik, enerji ve madencilik inşaat, kimyasallar, makineler, tekstil" ve benzeri endüstriler olarak belirtilmektedir (U.S. Commercial Service, 2018: 24).



Şekil 8: Türkiye'de Endüstriyel Robot Kullanım Oranları (Sektörel Dağılım)

Kaynak: Özer, 2018, s. 3 ; https://www.ge.com/news/reports/turkiyenin-endustriyel-robotlari

Endüstri 4.0 devriminin yaşandığı dijital çağda, Türkiye'de gitgide endüstriyel robot kullanılan sektör sayısında artış görülmektedir. Şekil 8'de IFR verilerine göre, Türkiye'de endüstriyel robot kullanımının sektörel dağılımına yer verilmiştir. Bu şekilden de takip edildiği gibi Türkiye'de endüstriyel robot kullanımı sırasıyla %35'i otomotiv, %23'ü metal, %15'i plastik ve kimya sanayinde gerçekleşmektedir. Diğer %27'lik pay ise tarım da dâhil olmak üzere yaklaşık 30 sektörü kapsamaktadır (Özer, 2018: 3).

Danish Institute of Industry 4.0 kapsamında hazırlanan "Küresel Endüstri 4.0 Hazırlık Raporu 2016" kapsamında 120 ülke arasındaki sıralamada Türkiye 55. sırada yer almaktadır. İlgili raporda ilk üç içerisinde yer alan ülkeler ise Singapur, İsviçre ve Finlandiya olmaktadır (Faarup ve Faarup, 2017: 10).

Tablo 4: Türkiye'de İnsani Gelişme Endeksi

İnsani Gelişme Endeksi		
Yıllar	**Endeks Değeri**	**Sıra**
2010	0,739	83
2017	0,814	55
2018	0,817	54
2019	0,820	54
2020	0,820	53
2021	0,838	48

Kaynak: UNDP, https://www.tr.undp.org/content/

Tablo 4'te 2010-2021 yıl aralığında Türkiye için insani gelişme endeksi değerleri ve sıralamadaki yeri ele alınmıştır. Tablo 4'e göre Türkiye, 2020 yılı İnsani Gelişme Raporunda yer alan İnsani Gelişme Endeksi'nde 0,820 puan ile 189 ülke, bölge

arasında 54. sırada konumlanarak "çok yüksek insani gelişme" kategorisine girmiş bulunmaktadır (https://www.tr.undp.org/content/).

Tablo 5: Türkiye için İnternete Erişim (Toplam Hanehalkı, %) ve Evden Bilgisayarlara Erişim (Toplam Hanehalkı, %) Verileri

Yıllar	İnternete Erişim (Toplam Hanehalkı, %)	Evden Bilgisayarlara Erişim (Toplam Hanehalkı, %)
2010	41,6	44,2
2017	80,7	50,0
2018	83,8	-
2019	88,3	-
2020	90,7	-
2021	92,0	-

Kaynak: OECD, https://data.oecd.org/

Tablo 5'te Türkiye için internete erişim ve evden bilgisayarlara erişim oranlarına yer verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü üzere son yıllarda oransal olarak internete erişim hızlı bir şekilde artmıştır. Ayrıca evden bilgisayarlara erişim oranı da 2010 yılından 2017 yılına önemli düzeyde bir artış yaşandığı görülmektedir.

Tablo 6: Türkiye'de Bilgi İletişim Teknolojileri Mal ve Hizmet İhracatı Değerleri (ABD Doları)

Yıllar	Bilgi İletişim Teknolojileri Mal İhracatı	Bilgi İletişim Teknolojileri Hizmet İhracatı
2010	1.837328261	479000000
2017	1.331447481	1175000000
2018	1.238444655	1430000000
2019	1.146383583	1462000000
2020	1.004503966	2092000000
2021	-	2576000000

Kaynak: Dünya Bankası

Tablo 6'da Türkiye için bilgi iletişim teknolojileri mal ve hizmet ihracatı değerlerine yer verilmiştir. 2010-2021 yıl aralığında bilgi iletişim teknolojileri hizmet ihracatı değerlerinin sürekli arttığı görülmektedir. Ancak 2010-2020 yıl aralığına bakıldığında, zaman ilerledikçe bilgi iletişim teknolojileri mal ihracatında belli bir oranda azalma olduğu fark edilmektedir.

Tablo 7: Türkiye'de Yerli ve Yabancı Patent Başvuru Sayısı

Yıllar	Yerli Patent Başvuru Sayısı	Yabancı Patent Başvuru Sayısı
2010	3180	177
2017	8175	380
2018	7156	310

2019	7871	217
2020	7920	238

Kaynak: Dünya Bankası

Tablo 7'de Türkiye'de yerli ve yabancı patent başvuru sayısı incelenmiştir.

Tablo 8: Türkiye'de Patent Başvurularının İllere Göre Dağılımı

İller	Patent Başvuruları, 2021
İstanbul	3582
Ankara	1117
İzmir	471
Bursa	450
Kocaeli	197
Kayseri	171
Antalya	170
Sakarya	165
Konya	150
Gaziantep	143

Kaynak: Türk Patent ve Marka Kurumu, https://www.turkpatent.gov.tr/patent-istatistik

Tablo 8'de Türkiye'de patent başvurularının illere göre dağılımına yer verilmiştir. Tablo 8'e göre patent başvuru sayısı 2021 yılı için en yüksek değere sahip olan ilk üç il; "İstanbul, Ankara ve İzmir"dir.

Tablo 9: Türkiye'de Bilimsel ve Teknolojik Dergilerde Makale Sayısı

Yıllar	Bilimsel ve Teknolojik Dergilerde Makale Sayısı
2010	26486.52
2011	27305.85
2017	33836.33
2018	33535.8

Kaynak: Dünya Bankası

Tablo 9'da Türkiye'de bilimsel ve teknolojik dergilerde makale sayısı incelenmiştir. Türkiye'de araştırmacıların son yıllarda yayınlarında artış olduğu görülmektedir. Bu artışta, TÜBİTAK tarafından kabul edilen "Türk Bilim ve Teknoloji Politikası: 1993-2003" başlıklı belgenin etkisi büyüktür. Ülkeyi evrensel katkısı açısından dünya sıralamasında daha ön sıralara çıkarma, ilgili belgedeki hedeflerden biri olarak belirtilmektedir (Acar ve Bektaş, 2021).

Tablo 10: Türkiye'de AR-GE Harcamaları (GSYH'deki Payı)

Yıllar	AR-GE Harcamaları (GSYH'deki Pay)
2010	0,79
2017	0,95
2018	1,3
2019	1,6
2020	1,9

Kaynak: Dünya Bankası

Tablo 10'da Türkiye'de AR-GE harcamaları (GSYH'deki payı) ele alınmıştır. AR-GE harcamalarının GSYH'deki payı 2010 yılında %0,79 iken, 2020 yılında %1,9'a yükselmiştir.

Tablo 11: Türkiye'de Orta ve Yüksek ile Yüksek Teknoloji İmalat Sanayi Ürünleri Dış Ticareti

Yıllar	Orta ve Yüksek Teknoloji İhracatı (%)	Yüksek Teknoloji İhracatı (%)
2013	31,5	3,4
2017	34,6	3,9
2018	36,4	3,5
2019	36,0	3,6
2020	35,9	3,4
2021	33,4	3,0

Kaynak: TUİK Dış Ticaret İstatistikleri

Tablo 11'de Türkiye'de orta ve yüksek ile yüksek teknoloji imalat sanayi ürünleri dış ticareti oranları ele alınmıştır. Tablodan da takip edildiği üzere yıllara göre ihracat seyrinde yüksek teknolojinin düşüş, orta teknoloji payının ise artış gösterdiği fark edilmektedir. Ancak ülkede dış ticaret açığının önlenebilmesi, yüksek teknoloji payının artırılmasını gerektirmektedir.

Sonuç olarak Endüstri 4.0 sürecini ertelemesi veya gerçekleştirememesi halinde Türkiye ekonomisinin, kısır döngü içerisine girerek orta gelir tuzağına takılı kalma süresinin uzayacağını, gelişmekte olan ülke konumunda ise gelişmiş olma yoluna karşı belirsizliğinin devam edeceğini söylemek mümkündür. Tam da bu noktada şunu belirtmek gerekir ki 1980'li yıllar sonrası "Güney Kore"si; eğitim, beşeri sermaye ve insan kaynaklarıyla birlikte inovasyondaki girişimlere önem vererek günümüz "Türkiye"si için karşı karşıya kalınacak en büyük zorluklardan olan orta gelir tuzağından kurtulabilmiştir (Arslanhan ve Kurtsal, 2010). Tablo 12'de "Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi"nde belirtilen öncelikler ve bu strateji kapsamında belirlenen 2025 hedeflerinden bazıları ele alınmıştır.

Tablo 12: Türkiye için "Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi"nde Belirtilen Öncelikler ve 2025 Hedefleri

Türkiye için "*Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi*"nde Belirtilen Öncelikler ve Bu Strateji Kapsamında Belirlenen Birtakım 2025 Hedefleri	
Öncelikler	***2025 Hedefleri***
Yapay zekâ uzmanı yetiştirilmesi ve bu alanda istihdamın artırılması	GSYH'ya katkısının %5'e yükseltilmesi
Araştırma, girişimcilik ve yenilikçiliğin desteklenmesi	İstihdamın en az 50 bin kişiye çıkarılması
Kaliteli veriye ve teknik altyapıya erişim sağlanması	Merkezî ve yerel yönetim kamu kurum ve kuruluşlarındaki yapay zekâ alanına yönelik istihdamın minimum bin kişi olması
Sosyoekonomik uyumu hızlandırıcı düzenlemeler yapılması	Lisansüstü mezun sayısının minimum 10 bin kişiye ulaşması

Uluslararası iş birliklerinin güçlendirilerek yapısal ve işgücü dönüşümünün hızlandırılması	Yerel ekosistem ile geliştirilen uygulamaların kamu alımları kapsamında önceliklendirilmesi ile ticarileştirilmesinin desteklenmesi
	Uluslararası kuruluşlar tarafından yapılan "*güvenilir ve sorumlu yapay zekâ ile sınır ötesi veri paylaşımı"* alanı kapsamındaki düzenleme çalışmaları ve standartlaşma süreçlerine aktif şekilde katkı verilmesi
	Türkiye'nin uluslararası yapay zekâ endeksleri sıralamalarında ilk 20 ülke arasına girmesi

Kaynak: Yüksel ve Artar, 2022

Türkiye'de Yapay Zekâ Alanına İlişkin Yol Haritası "Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021-2025) İle İlgili Cumhurbaşkanlığı Genelgesi Resmî Gazete"De Yayınlanmıştır. "Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi" 6 Stratejik Öncelik Çerçevesinde Tasarlanarak Hazırlanmıştır (Yüksel Ve Kibritçi Artar, 2022). Tablo 13'te IMD Dünya Dijital Rekabet Edilebilirlik Sıralamasında Türkiye'nin Yeri (2021-2022) İncelenmiştir.

Tablo 13: IMD "Dünya Dijital Rekabet Edilebilirlik" Sıralamasında Türkiye'nin Yeri

IMD Dünya Dijital Rekabet Edilebilirlik Sıralamasında Türkiye'nin Yeri (2021-2022)		
Yıl	***Skor***	***Sıra***
2021	52.837	48
2022	55.02	54

Kaynak: IMD Dünya Dijital Rekabet Edebilirlik Merkezi

Tablo 13'ten takip edildiği üzere, Türkiye "Dünya Dijital Rekabet Edilebilirlik" düzeyi bakımından 2021 yılında 52.837 skor ile 48. sırada iken, 2022 yılında 55.02 skor ile 54. sıraya gerilemiştir.

Sonuç

Endüstri 4.0; bireylerin kendi hayal ettikleri, tasarladıkları, kişileştirilmiş ürünlere sahip olabildiği, firmaların ürünleri hızlı ve verimli bir şekilde, düşük maliyetle üretebildiği, yeni dünya ekonomisinde en geleneksel sektörlerin bile dönüştürüldüğü bir sürecin başlangıcı olmuştur. Tam bu noktada Türkiye'nin dijital olgunluk seviyesine bakıldığında, henüz Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında olduğunu belirtmek mümkündür. Türkiye'de Endüstri 4.0'a en yakın sektörler ise otomotiv, havacılık, savunma ve ilaç endüstrileri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 yolunda Türkiye ekonomisini değerlendirmektir. Çalışmada öncelikle Türkiye'de insani gelişme endeksi, internete erişim (toplam hanehalkı, %) ve evden bilgisayarlara erişim (toplam hanehalkı, %), bilgi iletişim teknolojileri mal ve hizmet ihracatı değerleri (ABD Doları), yerli ve yabancı patent başvuru sayısı, bilimsel ve teknolojik dergilerde makale sayısı, AR-GE harcamaları (GSYH'deki payı), orta ve yüksek ile yüksek teknoloji imalat sanayi ürünleri dış

ticareti (%) ve dijital rekabet edebilirlik endeksi değerleri tablolar aracılığıyla yorumlanmıştır. Çalışmada ele alınan veriler; TUİK, OECD, UNDP, Dünya Bankası ve IMD Dünya Dijital Rekabet Edebilirlik Merkezi veri tabanından temin edilmiştir.

Türkiye'nin 2000'li yıllardan beri AR-GE harcamaları ile yüksek teknolojili mal ihracatında artırıcı çalışmalara ihtiyaç duyulduğu, istihdamın çeşitlendirilmesi ve ekonomik büyüme girişimleri bağlamında da Endüstri 4.0 sürecini yakalamasını güçleştirmektedir. Ancak Endüstri 4.0 sürecini iyi bir şekilde takip ettiği takdirde Türkiye'nin uzun vadeli, yapıcı, yeni fikirler odaklı sürdürülebilir bir ülke ekonomisi ve çevre yaratması kuvvetle muhtemeldir. Dünya Bankası verileri bazında Türkiye ekonomisine bakıldığında, AR-GE harcamalarının ve patent sayılarına ilişkin girişimlerin kısmen az olduğu, toplam üretimde yüksek teknolojili malların artırılması gerektiği görülmektedir. Son yıllardaki ihracat seyrine bakıldığında da yüksek teknolojinin düşüş, orta teknoloji payının ise artış gösterdiği fark edilmektedir. Ancak ülkede dış ticaret açığının önlenebilmesi, yüksek teknoloji payının artırılmasını gerektirmektedir. IMD "Dünya Dijital Rekabet Edilebilirlik" sıralamasında Türkiye'nin yerine (2021-2022) bakıldığında ise, "Dünya Dijital Rekabet Edilebilirlik"te Türkiye, 2021 yılında 52.837 skor ile 48. sırada iken, 2022 yılında 55.02 skor ile 54. sıraya gerilediği görülmektedir.

Sonuç olarak bir taraftan G-20 ülkeleri arasında ilk 10 içerisinde yer alma hedefi olan, bu hedef doğrultusunda istihdamı çeşitlendirmek ve artırmak, katma değerli üretimi geliştirmek, pazar rekabetini yükseltmek gibi istekleri bulunan Türkiye, öte taraftan bazı yapısal zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorluklar arasında en önemlileri (1) ihracatın yüksek düzeyde ithalat bağımlılığı, (2) kalifiye işgücüne daha fazla ihtiyaç duyulması (sınırlı nitelikli işgücü, ekosistemlerin yeni teknolojilerin yaygınlaşması açısından engel teşkil etmesi), (3) hedef sektördeki belirsizlik, (4) yüksek düzeyde tüketici değil de üretici bir toplum yapısına dönüşüm ihtiyacı, (5) bilgi ve teknolojinin kullanımının daha etkin hale getirilmesi ihtiyacı (eğitim), (6) bazı şirketlerin orta gelir zihniyetinde olması yer almaktadır. Türkiye'nin Endüstri 4.0'a uyum sağlamak adına işgücünü yükseltmesi, dijitalizasyon altyapısını geliştirmesi, makineler ile işbirliği sağlamaları için çalışanlara dışarıdan, içeriden makinelere nasıl müdahale edeceklerine yönelik eğitimler düzenlemesi ve bu doğrultuda AR-GE çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Bu noktada, Türkiye'nin bilgiyi artırarak bilginin etkin kullanımını sağlaması, özellikle de sosyal hayat ile eğitim alanındaki çalışmalarını Endüstri 4.0 süreciyle uyumlu hale getirmesi ve bu doğrultuda karar alarak gerekli politikalar uygulaması önem arz etmektedir.

Kaynakça

ACAR V. & BEKTAŞ M. (2021). Türkiye'nin Bilimsel Yayın Üretimi. *Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Tıp Dergisi*, 54(2): 331-340.

ARSLANHAN, S. & KURTSAL, Y. (2010). *Güney Kore İnovasyondaki Başarısını Nelere Borçlu? Türkiye İçin Çıkarımlar.* TEPAV Politika Notu. Erişim tarihi: 02.01.2023. http://www.tepav.org.tr/upload/files/12858286955.Guney_Kore_Inovasyondaki_Basarisini_Nelere_Borclu_Turkiye_icin_Cikarimlar.pdf.

BARUTCU, H. C. (2019). *Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch San. ve Tic. A. Ş. Örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

CERİT, S. & ÜNLÜ ÖREN, H. G. (2022). Türkiye Ekonomisinin Endüstri 4.0 Kapsamında Değerlendirilmesi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 23(50), 37-59.

CHOHAN, U. W. (2017). A History of Bitcoin. *SSRN Electronic Journal*, doi:10.2139/ssrn.3047875.

ÇIRAK, B. & YÖRÜK, A. (2016). Mekatronik Biliminin Öncüsü İsmail El-Cezeri. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (4), 175-194.

DUAN, Y., EDWARDS, J. S. & DWİVEDİ, Y. K. (2019). Artificial İntelligence for Decision Making in the era of Big Data-Evolution, Challenges and Research Agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63-71.

FAARUP, J. & FAARUP, A. (2017). Global Industry 4.0 Readiness Report 2016. Danish Institute of Industry 4.0 (DII 4.0), Industry 4.0 Readiness Index, Ocak, 2017, ISBN: 978-87-40485-22-6.

GENÇ, E. C. (2017). *Türkiye'de Sanayi 4.0 ve Kamu Politikası*. Liberal Perspektif: Analiz, 6. Erişim tarihi: 02.01.2023. http://www.ozgurlukarastirmalari.com/pdf/rapor/OAD_OjpIfR4.pdf.

GÜNGÖR, T. (2018). *Endüstri 4.0 Çerçevesinde İnovasyon ve Teknoloji Temelli Büyüme*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

HOUSEL, M. (2021). *Paranın Psikolojisi - Servet, Açgözlülük ve Mutluluk Üzerine Sonsuza Dek Değişmeyecek Dersler*. (Çev. Canan Feyyat). İstanbul: Scala Yayıncılık.

KARAARSLAN, (2021). *Gümüşhane ve Akıllı Turizm Ekonomisi-2*. https://www.arkeotekno.com/pg_581_gumushane-ve-akilli-turizm-ekonomisi-2 [Erişim tarihi: 29.01.2023].

KOÇ AYTEKİN, G. (2015). Güney Kore'nin İhracata Dayalı Büyüme Modeli Kapsamında 2023 Türkiye İhracat Stratejisi. *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(8), 63-86.

MOMENT EXPO DERGİSİ (2012). *Yeni Makinemiz 2013'te Piyasada*. https://docplayer.biz.tr/41716514-Temmuz-2012-sayi-50.html

MRUGALSKA, B. & WYRWİCKA, M. K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466-473.

ÖZER, O. (2018). *Hareketli Üretim Platformu Montaj Otomasyonu için Yüksek Erişimli Hafifleştirilmiş Scara Robot Geliştirilmesi ve Prototip Uygulaması.* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ROBLEK, V., MEŠKO, M. & KRAPEŽ, A. (2016). A complex view of industry 4.0. *Sage Open*, 6(2), 2158244016653987.Sf:1.

ŚLUSARCZYK, B. (2018). Industry 4.0: Are We Ready?. *Polish Journal of Management Studies*, 17(1), 232-248.

SCHWAB, K. & DAVİS, N. (2019). *Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek* (Çev: N. Özata). İstanbul: Optimist Yayıncılık.

SESİZ, N. (2018). *Moda Endüstrisinde Türk Tasarımcı Markaları ve Stil Analizleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü.

T.C. BİLİM SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI (2018). *Türkiye'nin Sanayi Devrimi, "Dijital Türkiye" Yol Haritası*. Erişim tarihi: 02.01.2023. https://www.gmka.gov.tr/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf.

TÜSİAD ve BCG (2017). *Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği.* İstanbul: TÜSİAD-BCG.

TÜBİTAK (2017). *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*. https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v2.pdf

U.S. COMMERCİAL SERVİCE (2018). *Advanced Manufacturing Opportunities in Europe Market Resource Guide 2018*. Erişim tarihi: 02.01.2023. https://ec.europa.eu/translations/renditions/pdf.

YORGANCILAR, E. (2015). *Sanayi 4.0: Uyum Sağlamayan Kaybedecek*! Ege Bölgesi Sanayi Odası Dergisi, İzmir. Erişim tarihi: 02.01.2023 http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf.

YÜKSEL B. & KİBRİTÇİ ARTAR, O. (2022). Türkiye'de Dijitalleşme ve Ülke Ekonomisi Üzerindeki Olası Etkilerinin Değerlendirilmesi. *İstanbul Ticaret*

Üniversitesi Dış Ticaret Enstitüsü Working Paper Series Dergisi, 3(2), 99-116. http://workingpaperseries.ticaret.edu.tr/index.php/wps/article/view/162.

https://www.atam.gov.tr/duyurular/ataturke-gore-ataturk [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://basinda.metu.edu.tr/2022-08-01/3088543 [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://m.haberturk.com/ [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.altınay.com [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://baykartech.com/tr/ [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye/ [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.businessht.bloomberght.com [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://businessdiplomacy.net/tr/dunyada-cigir-acan-genc-mucit-dr-canan-dagdeviren/ [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.meb.gov.tr/ogrenciler-derslerini-endustri-40-ile-goruyor/haber/18785/tr [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/ [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.otonakit.com/blog-detay/togg-yerli-otomobil-togg-ne-zaman-cikacak-ozellikleri-fiyati [Erişim tarihi: 05.01.2023].

https://www.saglik.gov.tr/TR,57194/bakan-koca-almanyada-yilin-doktoru-secilen-dr-dilek-gursoyu-tebrik-etti.html [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.stendustri.com.tr/robot-yatirimlari/robotlar-20-milyon-calisana-yeni-is-sahasi-acacak-h101335.html [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www5.tbmm.gov.tr/tarihce/ataturk_konusma/01_11_1937.pdf [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.trt/haber.com [Erişim tarihi: 02.01.2023].

https://www.tr.undp.org/content/ [Erişim tarihi: 02.01.2023].

DergiPark AKADEMİK

Türkçe Zeynep ERDİNÇ

Dizinler

Her veri tabanından dergilerin dizin güncelliği kontrol edilmelidir. DergiPark sorumluluk almamaktadır.

Diğer Dizinler

EBSCO

INDEX COPERNICUS

- Dergi Ana Sayfası
- Hakkında
- Amaç ve Kapsam
- Makale Gönder
- Dergi Kurulları
- İstatistikler
- Yazım Kuralları
- Etik İlkeler ve Yayın Politikası
- Ücret Politikası
- Dizinler
- Arşiv
- İletişim
- Açık Erişim Politikası
- HAKEM REHBERİ
- Arşiv Politikası
- Telif Hakları Bildirimi