

ROBOT EKONOMİSİNİN YÜKSELİŞİ

Doç. Dr. Dilek Kurt

İstanbul Gedik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
dr.dilekkurt@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Ümit Bozoklu

İstanbul Gedik Üniversitesi
İİBF
Uluslararası Finans ve Ticaret
umitbozok@gmail.com

ÖZET

Endüstri 4.0 teknolojik ve ekonomik yapıyı dönüştürmektedir. Robotik, yapay zekâ ve otomasyonun gelişimi ile birlikte robotların kullanım yoğunluğu artmaktadır. Robotlar temel ekonomik göstergeleri ciddi boyutlarda etkilemektedir. Konuyla ilgili ekonomistlerin farklı görüşleri bulunsa da, robot kullanımının artmasıyla beraber bu etkinin gelecekte artarak devam etmesi kaçınılmazdır. Bu makalede; robotik, yapay zekâ ve otomasyonun artan kullanımı sonucu ortaya çıkan robot-temelli ekonomi veya robot ekonomisi (*robonomics*) olarak adlandırılan ekonomik sistemin temel ekonomik göstergeler üzerinde yarattığı değişimler incelenecektir. Bu çalışma; endüstriyel robot kullanımının emek piyasası başta olmak üzere, GSYİH, verimlilik ve maliyetlere olan etkilerini inceleyerek robot ekonomisinin yükselişini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Robot kullanımının teknolojik işsizliğe etkisi konusundaki farklı görüşler çalışmada ayrıca açıklanmaktadır. Artan robot kullanımının emek piyasasına olumsuz etkilerine yönelik robot vergisi ve evrensel temel gelir çözüm önerileri olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Robotlar, Robot Ekonomisi, Teknolojik İşsizlik, Robot Vergisi, Evrensel Temel Gelir

RISE OF ROBOT ECONOMY

ABSTRACT

Industry 4.0 transforms the technological and economic structure. With the development of robotics, artificial intelligence and automation, the use density of robots increases. Robots affect major economic indicators seriously. Although economists have different views on the subject, it is inevitable that this effect will continue to increase in the future as the use of robots increases. The economic system, based on robots, artificial intelligence and automation, is called robot-based economy or robot economy (*robonomics*). This article will examine the effects of the robot economy on the basic economic indicators. It aims to reveal the rise of robot economy by examining the effects of the use of industrial robots on the labor market, GDP, productivity and costs. Different views on the impact of robot use on technological unemployment are explained separately in the study. Robot tax and universal basic income are considered as solutions to the negative effects of increasing robot use on the labor market.

Key Words: Industrial Robots, Robot Economy, Technological Unemployment, Robot Tax, Universal Basic Income

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 ile birlikte robotik, yapay zekâ ve otomasyonun (RYO) teknolojik avantajları artmaktadır. RYO'nun bu avantajları sayesinde gerek özel amaçlı kullanılan gerekse endüstriyel üretimdeki robotlar artış göstermektedir. Crew (2016), RYO'ya dayalı ekonomik sistemi “*robonomics*” olarak tanımlamaktadır. Robonomics, robot-temelli ekonomi olarak da adlandırılmaktadır (Ivanow, 2017:283). Ekonomik yapıdaki robot-temelli dönüşümler ve geleceğe ilişkin öngörülen ekonomik gelişmeler nedeniyle bu çalışma robot ekonomisinin yükselişi olarak değerlendirilmektedir.

Robot tanımı ve hangi makinelerin robot olarak sayılabileceği ile ilgili genel bir fikir birliği bulunmamaktadır. Robot terimi ilk kez 1920 yılında Çek yazar Karel Capek'in tiyatro oyununda kullanılmıştır. Oyunda robotlar bir fabrikada köle olarak çalışan yapay insanlar olarak tasvir edilmiştir¹. Türk Dil Kurumu, robot kelimesini “*belirli bir işi yerine getirmek için manyetizma ile kendisine çeşitli işler yaptırılabilen otomatik araç*” şeklinde tanımlamaktadır.

Uluslararası standart ISO 8373: 2012, “Robotlar ve robotik aygıtlar – Sözlüğü”, Endüstri 4.0 kapsamında sanayide kullanılan endüstriyel robotları şu şekilde tanımlamaktadır: Endüstriyel otomasyon uygulamalarında kullanılmak üzere yerine sabitlenmiş veya mobil olarak sabitlenebilen üç veya daha fazla eksenle programlanabilen otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı bir manipülatör. Endüstri 4.0 ile birlikte endüstriyel üretimde kullanımı artan robotlar işletmelere; verimlilik, işgücü ve üretim maliyeti, rekabet edebilirlik gibi birçok ekonomik avantaj sağlamaktadır.

Robot bilimcilerine göre robotların üç önemli özelliği bulunmaktadır (Wildhaber, 2016). Bu özellikleri sayesinde robotlar daha çok otonom olma ve daha fazla ve farklı görevleri üstlenerek robot gücü piyasasında yerlerini sağlamlaştırma imkânına sahip olmaktadır. Robotların özelliklerini şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Çevrelerini otomatik ve sürekli olarak algılayabilen (*sense*)
- Veri analizi üzerinden algıladıklarını sürece dönüştürebilen (*think*)
- Fiziki fonksiyonları (bir şeyi hareket ettirebilmek, gezinmek) veya fiziki olmayan fonksiyonları (uyarılar, tavsiyeler, kararlar, emirler) yerine getirebilen (*act*)

Geleneksel robotlara göre özerklikleri artan gelişmiş robotlar üretim süreçlerinde tehlikeli, izole edilmiş ve ağır görevlerinin dışında daha akıllı, daha esnek, rutin olmayan görevleri yerine getirebilmektedir. Gelişmiş robotlar ayrıca nesnelere görmek ve hissetmek için daha karmaşık sensörlere sahiptirler. İleri robotlar nesnelere hakkında karar verebilme, kaliteyi değerlendirebilme ve bilgi teknolojisi sayesinde üretim sisteminin diğer bölümlerinden geri bildirim alabilme ve geri bildirimde bulunabilme kapasitesine sahiptir. Daha hızlı ve kolay bir şekilde yeniden programlanarak da ileri robotlar farklı görevleri üstlenebilmektedirler. Bu teknolojik gelişmeler sayesinde endüstriyel robotlar birbirleriyle daha fazla etkileşim içinde olabilecek, insanlarla yan yana güvenle çalışabilecek ve kendi kendine öğrenebilecekler. Schwab (2019)'a göre ileri robotik kısa süre içerisinde robot-insan işbirliğini günlük olay haline getirecektir.

¹ Karel Capek (1890-1938) ilk defa “Rossums Universal Robots” isimli eserinde insana benzeyen makineler olarak “robot” kelimesini kullanmıştır. 1921 yılında sahnelenen oyunda, mucitlerine hizmet etmek üzere yapay insanlar bir firma tarafından üretilmektedir. Oyunda robotlar köleliğe başkaldırıp, insanlığı yok etmektedir. Oyunun büyük ilgi görmesiyle birlikte “robot” kelimesi de günlük hayatta yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu eserde humanoid, yani insana benzeyen, robotlardan bahsedilmiştir. Robot kelimesi Çek dilinde angarya anlamına gelmektedir.

Teknolojik gelişmeler sonucu ortaya çıkan inovatif ürünlerden bir tanesi kollobratif robotlardır (cobots). Günümüzde fabrikalarda işçilerin yardımcıları niteliğinde görev alan kollobratif robotlar da üretim süreçlerindeki hızı artırmakta, verimliliği yükseltmekte ve maliyetleri düşürmektedir.

Schwab, Endüstri 4.0'ın teknolojik itici kuvvetlerini; fiziksel, dijital ve biyolojik megatrendler olarak üç küme halinde düzenlemektedir. İleri robotik ise söz konusu sınıflandırmada özerk taşıtlar, 3D baskı ve yeni malzemeler ile birlikte fiziksel megatrendler içerisinde ele alınmaktadır. Yönetim Danışmanlık Şirketi Boston Consulting Group (BCG, 2015a) ise otonom robotları, geleceği ve endüstriyel üretimi dönüştüren dokuz teknolojiden biri olarak değerlendirmektedir. BCG'ye göre diğer teknolojiler; simülasyon, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, nesnelerin interneti (IOT), siber güvenlik, cloud, eklemeli üretim, sanal gerçeklik ve big data. BCG'ye göre pek çok sektörde kullanılan robotlar daha fazla kullanım için evrimleşeceklerdir.

Endüstriyel robotlar kolaylaştırıcı, iş süreçlerindeki verimliliği artırıcı rollerinin dışında insanların çalışma arkadaşları, yöneticileri hatta rakipleri olma özelliğini de üstlenecek duruma geleceklerdir. İnsanların iş ve yaşam kalitesini arttırmakla birlikte robotların ekonomik etkileri çok yönlü bir olgudur. Ülkeden ülkeye, sektörden sektöre ve işletmeden işletmeye farklılık göstermekle birlikte robotların üretimde kullanımı iktisadi olarak birçok faktörü etkilemektedir. Önemli bir rekabet unsuru olan endüstriyel robotların; emek piyasası, GSYİH, verimlilik ve maliyetler gibi ekonomik faktörlere etkileri kapsamlı denilebilecek boyuttadır.

Endüstri 4.0 ile beraber gelişen robotik, yapay zeka ve otomasyon sistemleri robotların yaygın kullanımına neden olmaktadır. Robot kullanımındaki artışın küresel ekonomi üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri olacaktır. Bu konuda ekonomistlerin farklı görüşleri bulunmaktadır. Süreçten hem mikro hem de makro düzeyde pek çok ekonomik faktör etkilenecektir. Bu makalede; üretimde artan robot kullanımının robot ekonomisindeki yükselişe etkisi, emek piyasası, büyüme, verimlilik ve maliyetler gibi temel ekonomik faktörler açısından incelenecektir. Robot vergisi ve evrensel temel gelir teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkan teknolojik işsizliğe çözüm olarak sunulması değerlendirilecektir.

2. ROBOTLARIN YÜKSELİŞİ

Robot kullanımını gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerde hızlı bir artış göstermektedir. Küresel üretim endüstrisi; hızlı değişen müşteri eğilimleri, kaynakların kıtlığı, nitelikli işgücü kıtlığı, yaşlanan nüfus ve yerel üretime olan talebin artması gibi büyük değişimler ile karşı karşıya kalmaktadır. Esnek endüstriyel robot temelli otomasyon tüm bu değişimlere çözüm getirmektedir. Uluslararası Robot Federasyonu IFR (2018a) sadece operasyonda kullanılan robot sayısında değil aynı anda yeni uygulama alanlarının sayısında da önemli bir artışın olduğunu belirtmektedir.

Endüstriyel robotların yaygın hale gelmesini sağlayan üç ana eğilim bulunmaktadır. Birincisi; insan emeğine kıyasla robotların daha etkin olması, ikincisi teknolojik gelişmelerin endüstriyel robotların sektörlere giriş engellerini kaldırması, üçüncüsü ise küçük işletmelerin kolaylıkla ulaşabileceği sistemlerin yaygınlık kazanmasıdır. Ekonomik ve teknik engellerin daha fazla ortadan kalkmasıyla birlikte robotlar daha fazla işletme için ulaşılabilir olmaktadır. Endüstriyel robot kullanımını gelişmiş ülkeler için gelişmekte olan ülkelere kaybettikleri rekabet gücünün tekrar kazanılması açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Uluslararası Robot Federasyonu IFR, robotların faydalarını şu şekilde belirtmektedir:

- Robotlar verimliliği ve rekabet edebilirliği artırmakta,
- Artan verimlilik ise talebi arttırmakta, yeni istihdam fırsatları yaratmakta,

- Otomasyon emek talebini artırmakta ve ücretlere olumlu etki yaratmakta ve
- Robotlar işgücünü tamamlamakta ve artırmaktadır.

Yönetim Danışmanlık Şirketi BCG (2015a), şirketlerin robotların ekonomik faydalarını görmeye başladıkça ileri robotik kullanma hızlarının yıllık yüzde 2-3'lerden önümüzdeki on yılda yüzde 10'lara çıkacağını öngörmektedir. 2025 yılına kadar robotlar tüm üretim sektöründeki işlerdeki görevlerin yüzde 25'ini üstlenecektir. BCG'nin araştırmalarına göre endüstriyel robotların yüzde 75'i dört endüstri grupta kümelenmiştir. Bunlar; bilgisayar ve elektronik, elektrikli ekipman, ev aletleri ve bileşenleri, ulaşım araçları ve makinalardır.

Uluslararası Robot Federasyonu'nun (2018b, 2018c) verilerine göre 2021 yılında dünya genelinde tahminen 3,8 milyon endüstriyel robot fabrikalarda kullanılacaktır. On yıl öncesinde fabrikalarda kullanılan endüstriyel robot sayısı ise 1,1 milyon civarındaydı. Robot kullanımı her yıl ortalama yüzde 16 artış göstermektedir. IFR'nin verilerine göre 2017 yılında dünya genelinde ilk beş büyük robot satıcıları sırasıyla Çin, Japonya, Güney Kore, ABD ve Almanya'dır. Bu beş büyük robot üreticileri 2017 yılında dünya genelindeki satışların yüzde 73'ünü oluşturmaktadır. Çin 2015-2017 yılları arasında endüstriyel robot satışlarını yüzde 59 artırırken, Japonya yüzde 18, ABD yüzde 6, Almanya yüzde 7 artırmayı başarmıştır. Güney Kore'nin satışları ise yüzde 4 azalmıştır.

Endüstriyel robotlar 2015-2017 yılları arasında en çok otomotiv, elektrik/elektronik ve metal sektöründe kullanılmıştır. Çin hükümetinin "Made in China 2025" planında robotik önemli bir sektör olarak yer almaktadır. IFR'nin verilerine göre robot satış miktarı (bin adet) 2013 yılından itibaren hızlı bir artış göstermektedir. Bu miktar 2013 yılında 178.000 adet, 2021 yılında tahmini olarak 630.000 adet endüstriyel robot olacaktır. 2017 yılında satış miktarında yaşanan yüzde 30 artış, 2021 yılına kadar tahmini olarak ortalama yüzde 14 olarak gerçekleşecektir.

Dünya genelinde faaliyette bulunan işletmelerdeki endüstriyel robot kullanımındaki artış 2021 yılına kadar en fazla Asya/Avustralya ülkelerinde yaşanacaktır. 2021 yılında endüstriyel robot kullanımı 2016 yılına göre yaklaşık iki kat artacaktır. Uluslararası Robot Federasyonu'nun araştırmasına göre 10.000 çalışan başına endüstriyel robot yoğunluğu dünya genelinde ortalama 74 adettir. 2016 yılında İngiltere 71 adet ile birinciliğe yerleşirken, Çin ikinci sırada yerine almıştır. Türkiye 23 adet endüstriyel robot ile orta sıralara yerleşmiştir. Hindistan, Rusya, Yunanistan daha düşük endüstriyel robot adet kullanımı sergilemektedir.

Gelecekte, yeni potansiyellerin ve endüstriyel kullanım olanaklarının ortaya çıkacak olması nedeniyle robotlar daha da artacaktır. Robotikte teknolojik gelişmeler hızlı bir şekilde ilerlemektedir. İnsan-robot işbirliğini sağlayan işbirlikçi (kollaboratif) robotlar, endüstriyel nesnelerin interneti (IIoT) ve makine öğrenmesi gelecek yıllarda gelişmeleri yönlendirecek, cloud ve big data da yepyeni bir üretim çevresinin oluşmasını sağlayacaktır.

Yaşanmakta olan yeni teknoloji devrimi öncekiler ile kıyaslanamayacak ölçüde değişim yaratma potansiyeline sahiptir. McKinsey Global Institute (2015), on sekizinci yüzyılın sonları ve on dokuzuncu yüzyılın başlarındaki Endüstri Devrimi ile kıyaslandığında, bugünkü teknolojik gelişmelerin toplum içerisinde yarattığı etkinin on kat daha hızlı ve üç yüz kat daha fazla olduğunu tahmin etmektedir. Bu durum; Endüstri 1.0 devrimi ile günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler karşılaştırıldığında, Endüstri 4.0 devriminin yaklaşık üç bin kat daha fazla etki yaptığı anlamına gelmektedir.

3. ROBOT EKONOMİSİ

Günümüzde yakından deneyimlediğimiz bir robot devrimi yaşanmaktadır. Farklı sektörlerdeki firmalar maliyetlerini düşürmek, üretim/hizmet kapasitesini genişletmek,

verimliliği ve kaliteyi arttırmak, ürün kalitesinin sürdürülebilirliğini sağlamak ve firmanın rekabet edebilirliğini arttırmak için robotik, yapay zekâ ve (hizmet) otomasyonundaki (RYO) gelişmelere uyum sağlamaktadır (Ivanow, 2017). RYO kullanımının ekonomik faydaları nedeniyle firmalar robotik, yapa zekâ ve otomasyon teknolojilerine her zamankinden daha fazla yatırım yapmaktadır. RYO'daki teknolojik gelişmeler ve avantajlar sonucu endüstriyel robot kullanımı da artış göstermektedir.

Crews (2016); robotik, yapay zekâ ve (hizmet) otomasyonuna dayalı ekonomik sistemi *robonomics* olarak tanımlamaktadır. Ekonomik sistem olarak robot ekonomisi, insan gücü yerine RYO teknolojilerini üretim faktörleri olarak kullanmaktadır. Ivanow, insan yerine RYO'ların kullanımı için çeşitli argümanlar öne sürmektedir (Tablo). Ivanow, "robot" kelimesini genel bir ifade olarak RYO teknolojileri yerine kullanmıştır.

Tablo 1: İnsanların Yerine Robotların Kullanılması

<i>NEDEN ROBOTLAR?</i>	<i>NEDEN ROBOTLAR DEĞİL?</i>
<ul style="list-style-type: none">✓ Robotlar 24/7 saat çalışabilir✓ Robotlar güncel software ve hardware sayesinde farklı görevleri yerine getirebilir ve kapsamını genişletebilir✓ Robotlar işlerinde sabit veya artan kalite sağlayabilir✓ Robotlar işlerini doğru bir şekilde ve vaktinde yerine getirebilir✓ Robotlar rutin işleri defalarca yapabilir✓ Robotlar şikâyet etmez, hasta olmaz, greve çıkmaz, dedikodu yaymaz, ayrımcılık yapmaz, haber vermeden işini bırakmaz, olumsuz duygular göstermez, işten kaçmaz	<ul style="list-style-type: none">✓ Robotlar yaratıcılıktan yoksundur✓ Robotlar yakın bir zamanda tamamen insan denetiminden bağımsız olmayacak✓ Robotlar kişisel yaklaşım eksikliği içindedir✓ Robotlar yapısal durumlarda yönlendirilebilir✓ Robotlar insanlar tarafından tehlike olarak algılanabilir/algılanacak (örneğin; Neo-Ludizm yaklaşımı)

Kaynak: Ivanow, 2017

Robot ekonomisi terimi doktrinde henüz yaygın kullanılmamaktadır. Crews (2016) ve Ivanow (2017) tarafından *robonomics* ile ilgili yapılan açıklamalar multidisipliner alandaki araştırmalar ile genişletilmelidir. Ivanow, robot ekonomisinin kaçınılmaz bir ekonomik sistem olduğunu, ancak toplumun ekonomik kalkınmanın robot ekonomisi aşamasına ne zaman ulaşacağı konusunun bir sonraki soru olduğunu vurgulamaktadır. Robot ekonomisi kademeli olarak öncelikle gelişmiş ülkelerde sonrasında ise dünyanın geri kalan ülkelerinde yayılacaktır.

Robot ekonomisinin ekonomik teoriye ve uygulamalara derin etkisi olacaktır. Temel ekonomik prensiplerinin büyük bir kısmı halen geçerli olmasına rağmen, diğer prensipler ve onların gerçek iş hayatına yansımaları yeniden tanımlamaya ihtiyaç duyacaktır. Ivanow robot ekonomisinin beklenen prensiplerini aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- Üretimde yüksek seviyede otomasyon
- Daha az ancak daha çok bilgi odaklı işler
- İstihdam ile gelirlerin arasında kopukluk
- Çeşitli tekil ve çok amaçlı endüstriyel, hizmet ve sosyal robotların aktif kullanımı
- Üretimin yüksek maliyet- etkinliği
- Ufak ve dağılmış fabrikaların müşterilere yakınlığı
- Hizmetlerin yüksek seviyedeki standardizasyonu
- İşgücü ve sermaye bolluğu değil, bilgi ve yaratıcılık rekabet avantajlarının kaynağı

RYO'nun yoğun kullanımı sonucunda ekonomik, sosyal ve politik değişimlerin yaşanacağı savunulmaktadır. Bunlar arasında en görünür olanı, işlerin büyük bir kısmının yok olması olacaktır (Ivanow, 2017).

Robot ekonomisinin uzun vadeli olarak insanların yaşam kalitesini artırmasına karşın, kısa ve orta vadeli olarak teknolojik verimliliğin artması sonucu teknolojik işsizliğin önemli derecede artması beklenmektedir. Ivanow, robot ekonomisinin kısa-orta vadeli ve uzun vadeli olarak faydalarını ve değişimlerini araştırmıştır. Robot ekonomisinin uzun vadeli olarak en fazla sağladığı fayda; ağır manuel ve tekrarlanan, entelektüel olarak zorlamayan işler konusunda insanların özgürleştirilmesi sonucunda yaşam kalitesinin uzun vadeli olarak artması yönündedir. Daha fazla serbest zamana sahip olarak daha yaratıcı, sağlıklı, keyifli ve kendilerini geliştirici aktiviteler yapma ve seyahat etme zamanına sahip olabileceklerdir. İşe bağlı stresin azalması sonucunda sağlıkta ve yaşam beklentisinde artış beklenebilmektedir. Ancak kısa ve orta vadeli olarak artan teknolojik verimliliğe rağmen, robot, yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerinin kullanımı sonucunda birçok kaybolan işler yeni yaratılan işler tarafından ikame edilmeyecek. İşsiz kalanlar ise kolay bir şekilde yeni nitelik kazanarak robotlaştırılmış ekonominin nitelik ihtiyaçlarını karşılayamayacaktır. Sonuç itibarıyla; Ivanow'a göre kısa ve orta vadeli olarak (örneğin; 10-15 yıl) toplum ciddi teknolojik işsizliğe ve insan emeği fazlalığına sahip olacaktır.

Robot kullanımının emek piyasasına etkileri ilgili bölümde daha detaylı değerlendirilecektir. Robot ekonomisindeki teknolojik işsizliğe çözüm olarak robot vergisi ve evrensel temel gelir sunulmaktadır.

Robot ekonomisinin özel bir ekonomik alan olarak incelenmesi gerektiği robot teknolojisinin ekonomiye etkisine bakıldığında daha da net görülmektedir. McKinsey, yıkıcı teknolojilerinin 2025 yılında yaklaşık 14 trilyon dolar ile 33 trilyon dolar arasında potansiyel bir ekonomik etkiye sahip olacağını tahmin etmektedir. Robot teknolojisinin ekonomik etkisinin 2025 yılına kadar yıllık bazda 1.7 trilyon ile 4.5 trilyon dolar aralığında olacağı öngörülmektedir.

McKinsey (2017) raporuna göre bu etkinin 800 milyar-2.6 trilyon dolar aralığındaki kısmı insanların yaşam kalitelerinin iyileşmesi yoluyla oluşacaktır. İmalatta ve ticari hizmetlerde otomatikleşmenin 700 milyar-1.4 trilyon dolar kadar etki yaratması beklenmektedir. Bu bağlamda gelişmiş ülkelerde 600 milyar dolar-1.2 trilyon dolar aralığında, gelişmekte olan ülkelerde ise 100 milyar-200 milyar dolar aralığında bir rakama denk gelecektir. İnsanların hayatını kolaylaştıran ev hizmeti robotları da 200-500 milyar dolar kadar bir ekonomik etki oluşturacaktır.

4. ROBOTLARIN TEMEL EKONOMİK GÖSTERGELERE ETKİLERİ

Dünya ekonomisinin küreselleşmesi temelde sermaye hareketlerinin serbestleşmesi ve üretimin yer değiştirmesi şeklinde iki önemli etkiyi ortaya çıkarmıştır. Birinci etkinin sonucunda sermaye en çok paranın kazanılabileceği alanlara kayarken, ikinci etkinin sonucu olarak üretim en ucuza gerçekleştirilebileceği yerlere kaydırılmıştır. 1980'lerden itibaren ABD ve Avrupa üretimlerini başta Çin olmak üzere Uzakdoğu ülkelerinde gerçekleştirmeye başlamışlardır. Düşük maliyetler nedeniyle üretimin Çin ve Uzakdoğu ülkelerine kayması ve ülkelerin nüfusunun yaşlanması, refah seviyesini düşürmek istemeyen ülkeleri yeni arayışlara yöneltmiştir. Gelişmiş ülkeler robotların üretim süreçlerinde yaygınlaştırılmasını çözüm seçeneklerinden biri olarak değerlendirmişlerdir.

Bununla beraber; üretim sürecinde bilgisayarlaşmayı, ileri teknolojiyi ve robotlarla üretimi en üst düzeye çıkartmayı hedefleyen Endüstri 4.0 ile üç temel amaç güdülmüştür: (1) Üretimde insan emeğinin en aza indirilmesi ve bu yolla üretimdeki hataların ortadan

kaldırılması. (2) Üretimin en üst düzeyde esnekliğe kavuşturulması ve bu sayede tüketiciye özel ürün yapabilme olanağının elde edilmesi. (3) Üretimin hızlandırılması (Eğilmez, 2018, s.185-186).

Gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülke aynı zamanda nüfusun yaşlanması gibi ortak bir problemle karşı karşıya kalmaktadır. Nüfusun yaşlanması şeklinde ortaya çıkan demografik dönüşüm ülkelerdeki işgücünün azalmasına neden olmaktadır. Refah düzeylerinin düşmesini ve rekabet güçlerinin zayıflamasını istemeyen ülkeler azalan işgücünün yerine robot ve diğer otomasyon teknolojilerinin daha yaygın kullanılmasına olumlu bakabilmektedirler. Acemoğlu ve Restrepo (2018) tarafından yapılan bir araştırmada daha fazla demografik değişim yaşayan ülkelerde, otomasyon ve robot teknolojilerinin daha hızlı geliştiğine dair kanıtlar sunulmaktadır. Araştırmada; robotların 36 ile 55 yaş arasındaki çalışanların yerine geçtiği ifade edilmektedir.

TÜSİAD'ın (2017) raporunda yer alan BCG'nin üretim maliyeti endeksine göre ucuz işgücü sayesinde daha düşük maliyetle üretim yapabilen gelişmekte olan ülkeler bu sayede küresel firmalara karşı rekabet edebilirken, robot teknolojisine daha yoğun yatırım yapan ülkelere karşı (Güney Kore, Japonya, Çin) rekabet avantajlarını kaybetme tehlikesi ile karşı karşıya kalacaklardır.

4.1 Robotlar ve Emek Piyasası

Üretim sürecinde robotların yaygın olarak kullanılmasının ekonomik etkilerini görmek için öncelikle, üretim sürecinde robotların yer aldığı ve insan emeği ile yer değiştirebildiği bir üretim fonksiyonunu tasvir etmek konumuz bağlamında önemlidir. Bu nedenle ilk olarak iki faktörlü bir CES (constant elasticity of substitution) fonksiyonu (1), ardından üç faktörlü bir CES fonksiyonu tanımlanmıştır. Üretim fonksiyonu, üretim faktörleri ile üretim arasındaki ilişkiyi açıklayan matematiksel bir ifadedir. Bu bağlamda üretim sürecinde robot kullanımının çıktı üzerindeki etkisini görme imkânı verdiği gibi aynı zamanda söz konusu girdiler arasındaki ikame ilişkisinden yararlanarak üretim sürecinde girdi olarak insan emeği yerine daha çok robot kullanımının neden olacağı ilişkileri görme imkânını da sağlamaktadır.²

Literatürde genellikle ikame esnekliği kriterleri çerçevesinde dört farklı üretim fonksiyonundan bahsedilmektedir. Birincisi; ikame esnekliğini daima bire eşit olduğunu ifade eden CobbDouglas üretim fonksiyonudur. İkincisi; girdiler arasındaki ikamenin sınırlı değil tam olduğunu varsayan doğrusal üretim fonksiyonudur. Üçüncüsü; girdiler arasındaki ikame esnekliğinin sıfıra eşit olduğu Leontief üretim fonksiyonudur. Dördüncüsü ise; sabit ikame esnekliği ya da kısaca CES üretim fonksiyonudur. CES üretim fonksiyonunun en önemli özelliği ikame esnekliğinin farklı değerler alabilmesine olanak sağlamasıdır (Songur ve Saraç, 2017).

Emek (L) ve sermaye (K) gibi iki üretim faktörüne sahip klasik bir CES üretim fonksiyonu (1) numaralı eşitlikte olduğu gibi ifade edilebilir.

$$Q = \gamma \left[\delta K^{-\rho} + (1 - \delta) L^{-\rho} \right]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte yer alan γ , δ ve ρ birer parametredir. γ , bir etkinlik parametresi olup pozitif bir değerdir. δ , dağıtım parametresi olup sıfırla bir arasında bir değer almaktadır. ρ , bir ikame parametresi olup -1 ile artı sonsuz arasında değer almaktadır.

² Üretim fonksiyonları ile ilgili daha detaylı bilgi için bakınız Jones (2001).

K ve L 'yi dikkate alan geleneksel üretim fonksiyonlarının yerini, robot teknolojisindeki gelişmelerle beraber robotların insan emeğinin yerini alabileceği üç faktörlü bir üretim fonksiyonu üzerinden gelecekteki üretim sürecini tanımlamak daha doğru olabilir.

İnsan emeği, robot emeği ve sermaye gibi üç üretim faktörünün söz konusu olduğu durumda, DeCanio'ya (2016) göre CES üretim fonksiyonu aşağıdaki (2) gibi ifade edilebilir. Burada üst düzey CES fonksiyonunun içerisine emek (L)³ ile robotik (R) arasındaki ikame esnekliğini ölçen alt düzey bir CES fonksiyonu yerleştirilmiştir. Üst düzey CES fonksiyonunda ise, emek ve robotiğin yer aldığı alt düzey CES fonksiyonu ile sermaye (K) arasındaki ikame esnekliği tahmin eden CES fonksiyonu yer almaktadır (Songur & Saraç, 2017).

$$Q = \left\{ \left\{ \beta \left[\left(\theta L^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\theta) R^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\lambda\sigma}{\sigma-1}} \right]^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right\} + (1-\beta) K^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right\}^{\frac{\varepsilon\eta-1}{\eta}} \quad (2)$$

İnsan emeği L ve robot emeği R arasındaki σ ikame elastikiyeti ile birleşik bir girdi biçimidir. Sonrasında birleşik girdi sabit sermaye K ile bir CES fonksiyonu ile birleşik girdi arasında η ikame elastikiyeti ile birleştirilebilmektedir. σ ve η parametrelerinin aralıkları $0 < \sigma < \infty$ ve $0 < \eta < \infty$ şeklindedir. θ ve β parametreleri ise 0 ile 1 arasında değişen dağıtım parametreleridir. İki seviyeli ölçek parametreleri λ ve ε 'dir. Parametrelerin belirtilen sınırlar dışında olması durumunda istatistiksel olarak anlamlı dahi olsa iktisadi açıdan anlamlı olmayacaktır.

(2) numaralı üretim fonksiyonunda görüleceği üzere üretim faktörü olan insan emeği ile robotlar arasındaki ikame arttıkça insan emeğinin önemi azalacak ve doğal olarak robot kullanımının artması dolayısıyla insan emeğine duyulan ihtiyacın azalması, emek piyasasını ve istihdam yapısını derinden değiştirecektir. Teknolojik gelişmeler sonucu robotların insan emeği ve istihdam yapısına olan etkileri ilgili literatürde “teknolojik işsizlik” başlığı altında incelenmektedir. Teknolojik işsizlik ile ilgili görüşler tartışmalıdır. Konu; kısa ve uzun dönemdeki etkilerine göre değerlendirilmekte olup, iyimser veya kötümser⁴ yönde görüş belirten yaklaşımlar mevcuttur.

2014 tarihinde Pew Araştırma Merkezi tarafından “*AI, Robotics, and the Future of Jobs*” isimli bir anket çalışmasına katılan 1.896 teknoloji yetkilisi ve analistin yüzde 48'i robotların mavi ve beyaz yakalıları yerinden edeceği konusunda görüş bildirmişlerdir. Bu görüşe sahip uzmanlara göre, söz konusu işsizlik sonucu hem gelir dağılımında eşitsizlik artacak hem de

³ (2) numaralı üretim fonksiyonunda emek homojen kabul edilmiş ve homojen insan emeği ile robot arasındaki ikame dikkate alınmıştır. İnsan emeğinin homojen kabul edilmediği ve robotların hem nitelikli (düşük ikame) hem de niteliksiz (yüksek ikame) insan emeği ile ikame edebileceği üretim fonksiyonunu da yazmak mümkündür. Ayrıca robotların tüm işleri yaptığı, tüm işleri yapamadığı ve robotların yetenekli işgücünün yerine geçemeyeceği durumlara ilişkin bir çalışma için bakınız Berg, Buffie ve Zenna (2018).

⁴ İş ve istihdam yaratma anlamında iyimser yaklaşım teknolojik dönüşümün bir yaratıcı yıkım süreci olduğunu ve sürecin sonunda eski meslekler ortadan kalkarken yeni mesleklerin ve işlerin ortaya çıkacağını söylemektedir. Üstelik insanların ve makinelerin tamamlayıcılık ilişkisi içerisinde üretim sürecinde yer alacağını savunmaktadır. Kötümser yaklaşım ise; teknolojik işsizliğin arttığı bir geleceğin bizleri beklediğini ve makinelerin insan emeğini çoğunlukla ikame edeceğini iddia etmektedir. Brynjolffson ve McAfee (2014) yaratıcı yıkımın gerçekleştiği günümüzdeki değişimi “İkinci Makine Çağı” olarak isimlendirmektedirler ve mutlak bir iyimserlik şeklinde olmasalar da teknolojik gelişmelerin neden olduğu yaratıcı yıkımın nihayetinde yeni istihdam alanlarının açılmasına neden olacağını ifade etmektedirler. Diğer taraftan Rifkin (1995) ise teknolojik gelişmelerin işsiz bir geleceği inşa ettiğini ileri sürmektedir.

sosyal düzende bozulma olacaktır. Ankete katılanların yüzde 52'sine göre ise; teknoloji yarattığından daha fazla işi ortadan kaldırmayacaktır.

Teknolojiden kaynaklanan kazanımların daha fazla olduğuna inananlar teknolojik gelişmelerin kısa vadede işgücü yapısını değiştireceğini ve kısmen işsizliğe sebep olabileceğini ancak uzun vadede işgücünü hem nitelik hem de nicelik yönünden geliştireceğini ifade etmektedirler. Bu bağlamda teknoloji tarafından işsiz bırakılan insanlar, ilerleyen zamanla beraber yeni işler ve mesleklere gireceklerdir. Bu yaklaşımın özünde kas gücünün yerini akıl gücü, rutin işlerin yerini ise rutin olmayan işlerin alması esastır.

Teknolojinin çalışma yaşamı üzerindeki etkisine ilişkin kaygılar yeni değildir. "Robot Apocalypse", teknolojik ilerleme korkusu anlamına gelen modern bir ifadedir. Ancak endişe yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. 1589'da Kraliçe Elizabeth, el örgüsü makinasının çalışanları işsiz bırakma korkusuyla mekanik bir örgü makinesinin mucidine izin vermeyi reddetmiştir. 19. yüzyılın başlarında, Luddit denilen zanaatkarlar, tekstil endüstrisinin mekanizasyonunu önlemeye çalışmışlardır (Wolla, 2018).

Teknoloji ile ilgili karamsar görüşe sahip olan yaklaşım ise teknolojinin kitlesel işsizlik yaratarak artan ölçüde sosyal ve politik bir karmaşıklığa neden olabileceğini vurgulamaktadır. Mevcut sistemde herkesin aynı kalitede eğitim almasının mümkün olmadığından ve nüfus artışının da etkisiyle problemlerin derinleşeceğinden bahsedilmektedir.

Konumuz bağlamında gelişen yeni teknolojilerin neden olduğu değişimler ile ilgili olarak literatürde iki önemli isim J.M.Keynes ve J.A.Schumpeter'dir. Teknolojik gelişmelerin neden olduğu işsizlik kavramını iktisat literatürüne kazandıran Keynes (1930) "Economic possibilities for our grandchildren" isimli makalesinde teknolojik işsizliği "... bir hastalıktan muzdaribiz, anlayacağımız teknolojik işsizlik. Bu emek kullanımımızdan tasarruf etme yollarını keşfetmemizin, emek için yeni kullanım alanları bulma hızımızı geride bırakması sonucu ortaya çıkan işsizlik anlamına gelmektedir." şeklinde açıklamaktadır. Teknolojik dönüşümün bir yaratıcı yıkım süreci olduğunu ve bu sürecin uzun vadede eski meslekleri ortadan kaldırırken yeni meslekler ve işler ortaya çıkaracağını ifade eden ilk iktisatçı ise J.A.Schumpeter (1934)'dir. Schumpeter teknolojiyi ve teknolojik gelişmeleri ekonomiye dâhil ederek, ekonomik büyüme ve dalgalanmaların nedeni olarak teknolojiyi gören, aynı zamanda kapitalist sistemin gelişmesi için teknolojik gelişmelerin gerekli bir unsur olduğunu söyleyen ilk iktisatçıdır.

Teknolojik gelişmelerin emek piyasasına olan etkilerini incelemeye yönelik olarak yapılan çalışmalar iki grup altında toplanabilir. Birinci grupta; meslek ve görevlerin gelecekte robot teknolojileri tarafından yapılabilme olasılıkları hesaplanmaya ve gelecekte hangi mesleklerin otomasyona ne kadar uğrayacakları belirlenmeye çalışılırken, ikinci grupta ise endüstriyel robotların insan emeğini ne kadar etkileyeceğine odaklanılmaktadır.

Birinci grup görüşlerden ve otomasyonun istihdam üzerindeki etkisini tahmin etmeye çalışan öncü çalışmalardan biri Frey ve Osborne (2013, 2017) tarafından yapılmıştır. Söz konusu çalışmada; 702 farklı meslek grubunun her birinin otomasyon risk düzeyi tahmin edilmiştir. Tahminlerden elde edilen sonuçlar, ABD işgücünün yüzde 47'sinin ve İngiltere'deki işgücünün yüzde 35'inin yüksek risk kategorisinde yer aldığı sonucuna ulaşılmaktadır (2013:38, 2017:265).

Frey ve Osborne, çalışmalarında uygulanan metodoloji konusunda Autor, Levy ve Murnane (2003)'ü takip ederek, ilerleyen teknoloji ve robotların daha otonom hale gelmesiyle beraber rutin olmayan işlerin sayısının hızla daralacağını iddia etmişlerdir. Çalışmada dikkat çeken bir diğer nokta, hizmet sektörünün de otomasyon riski ile karşı karşıya olduğudur (Nomaler & Verspagen, 2018:2).

Otomasyonun tüm mesleklerden ziyade belirli işleri otomatikleştirmeyi hedeflediği dikkate alındığında Frey ve Osborne'nün çalışması, sonuçların yorumlanması hakkında bir tartışma başlatmıştır. Arntz, Gregory ve Zierahn (2016), Frey ve Osborne tarafından istihdama ait otomasyon riskini öngörmeye kullanılan metodolojiyi değiştirmişlerdir.⁵ Çalışmalarında 21 OECD ülkesindeki işlerin otomasyon olasılıklarını tahmin etmişlerdir. Çalışmada işçilerin mesleklerdeki görevlerinin heterojenliği hesaba katılmıştır. 21 OECD ülkesinde ortalama olarak işlerin yüzde 9'unun otomatikleştirilebileceği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, yüksek risk altındaki çalışanların daha düşük bir paya sahip olduğunu, aynı zamanda OECD ülkeleri arasındaki heterojenliği de ortaya koymuştur. Örneğin; Kore'de otomatikleştirilebilir işlerin payı yüzde 6 iken, Almanya ve Avusturya'da bu oran yüzde 12 olarak bulunmuştur.

Nedelkoska ve Quintini (2018)'nin ise çalışmalarında, 32 OECD ülkesinde mesleklerin yüzde 14'ünün mevcut teknolojik imkânlarla dayanarak otomatik hale getirilebileceği hesaplanmıştır. Bu rakam, çalışmanın kapsadığı 32 ülkeden 66 milyondan fazla çalışana denk gelmektedir. Araştırmada; ülkeler arasında otomasyon riski konusunda büyük farklılıkların olduğu ve yapılan işlerin yüzde 32'sinde yüzde 50 ile yüzde 70 arasında otomatik hale getirilme olasılığının olduğu ortaya konulmuştur. Nedelkoska ve Quintini'nin çalışmasından elde edilen sonuçlar Arntz, Gregory ve Zierahn'ın çalışmasına daha yakinken, Frey ve Osborne tarafından elde edilen sonuçlardan daha farklıdır.

Teknolojik gelişmelerin emek piyasasına olan etkileri incelemeye yönelik ikinci grup çalışmalarda ise robot kullanımındaki artış nedeniyle işsiz kalan ve işlerini değiştirmek zorunda kalacak olan işgücüne odaklanılmaktadır.

McKinsey Global Institute (MGI, 2017), GSYİH olarak küresel ekonominin yaklaşık yüzde 90'ına denk gelen 46 ülke ve 800'den fazla meslek dalını kapsayan araştırma yapmıştır. Robot teknolojisi ve otomasyona geçiş ile birlikte otomasyon sistemlerindeki değişimin hızına bağlı olarak 2030 yılına kadar dünyada 400 milyon ila 800 milyon insanın işini kaybedeceği ifade edilmiştir. Bu bağlamda, robotların üretim sürecine dâhil olması her beş çalışandan birini etkileyecektir. Dikkati çeken bir diğer unsur ise işlerini değiştirmek zorunda kalacak olan insanlardır.

McKinsey Global Institute (2017) tarafından, ülkelere göre farklılık göstermekle birlikte küresel düzeyde 75 milyon (yüzde 3) ila 375 milyon (yüzde 14) arasında insanın gelecek on iki yıl içinde edindikleri mesleklerini bırakarak, yeni beceriler edinmek suretiyle farklı mesleklerde çalışmak zorunda kalabilecekleri ifade edilmektedir. McKinsey Global Institute teknolojinin benimsenmesine bağlı olarak 2030 yılına kadar dünya çapında toplam çalışılan sürenin Dünya Ekonomik Forumu'nun araştırmasından daha düşük olarak yaklaşık yüzde 30 kısmının makinelerle sağlanabileceğini öngörmektedir. 2030 yılına gelindiğinde, işgücü talebinin yüzde 8 ila 9'unun yeni işlere yönelik olacağı tahmin edilmektedir. 2030 yılına kadar Çin'de yaklaşık 100 milyon (yüzde 12), ABD ve Almanya'da ise nüfusun 3'te biri, Japonya'da ise yaklaşık yarısının mevcut uzmanlıklarını bırakarak yeni meslekler edinmek zorunda kalacağı tahmin edilmektedir.

Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2018) tarafından yapılan diğer bir araştırmada ise 2022 yılına kadar teknolojik gelişmelerin neden olduğu gelişmelerin sonucunda küresel olarak 75 milyon mevcut işin kaybolacağı buna karşılık 133 milyon yeni işin yaratılacağı belirtilmektedir.

⁵ Arntz, Gregory ve Zierahn (2016), Frey ve Osborne yaklaşımının, insanların aynı meslekte istihdam edilmesine rağmen, belirli görevler için farklı miktarlarda zaman harcayabilecekleri gerçeğine çok az önem verdiğini savunmaktadırlar. Örneğin; bir avukat, zamanının yüzde 50'sini yasal belgeleri değerlendirerek harcayabilmekte, bir başka avukat ise bu görev için zamanının sadece yüzde 10'unu harcayabilmektedir.

Otomasyonun emek piyasasında neden olduğu sonuçlar birlikte ele alındığında ise; 58 milyon yeni işin yaratılacağı vurgulanmaktadır.

Acemoğlu ve Restrepo (2017) tarafından ABD için 1990 ile 2007 yılları arasını kapsayan bir çalışmada ise, robotların emek piyasası üzerindeki etkilerine odaklanılmıştır. Çalışmada robotların ABD ekonomisinde 360.000 ile 670.000 arasında kişinin işini kaybetmesine neden olduğu bulunmuştur. Söz konusu rakamlar toplam istihdamın yüzde 0.18 ile 0.34'üne denk gelmektedir. Söz konusu çalışmadan çıkan bir diğer önemli sonuç ise üretim sürecine ilave edilen her bir robotun yaklaşık 6,2 işçinin işini kaybetmesine neden olduğunun bulunmasıdır.⁶

Benzer bir çalışma da Chiacchio, Petropoulos ve Pichler (2018) tarafından AB için yapılmıştır. Bu çalışmada; AB endüstriyel robot pazarının yüzde 85,5'ini oluşturan altı⁷ AB ülkesinin 1995-2007 verileri incelenmiştir, istihdam ve ücretler üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, bin işçi başına bir robotun istihdam oranını yüzde 0,16-0,20, ücretleri ise yüzde 0,63 azalttığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada robotların işsizliği arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yukarıda bahsedilen çalışmalar ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında şu sonuçları özetlemek mümkündür: Acemoğlu ve Restrepo (2017) ve Chiacchio, Petropoulos ve Pichler (2018), robotların insanların işlerini ellerinden aldığı yönünde bir sonuca varmaktadırlar. Her bir sanayi robotu ile ortaya çıkan istihdam kaybı Acemoğlu ve Restrepo'nun çalışmalarında 6,2 kişi olarak bulunmuşken, Chiacchio, Petropoulos ve Pichler (2018) tarafından yapılan çalışmada ise sanayide kullanılan her bir robotun 3,4 kişinin işini kaybetmesine neden olduğu ortaya konulmuştur. Dolayısıyla söz konusu iki çalışmada robot sayısı ile toplam istihdam arasında negatif korelasyon olduğu sonucuna varılmıştır.

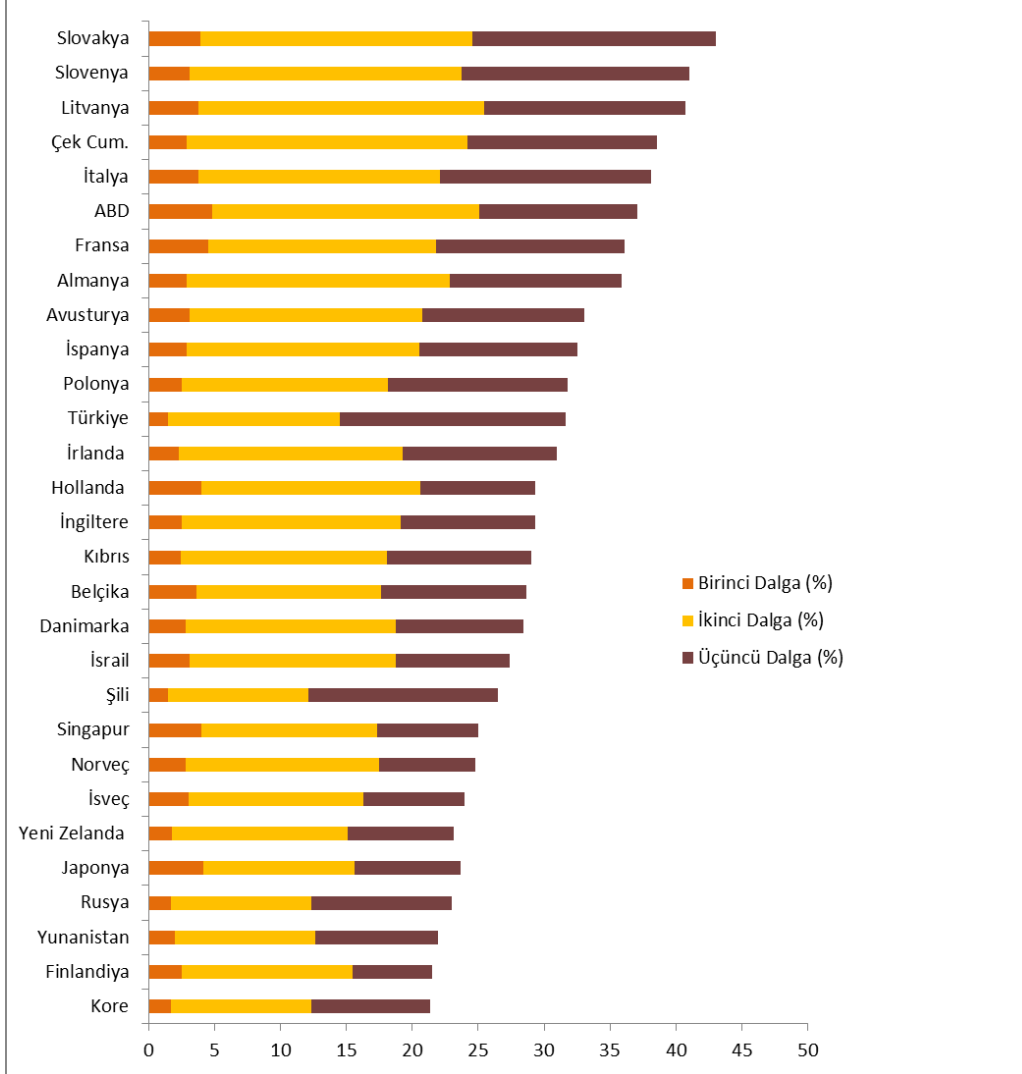
PwC (2018) tarafından 29 ülkedeki 200.000'den fazla işçinin işlerinin analizine dayanarak hazırlanan raporda üç farklı otomasyon dalgası olacağı öngörülmüştür. Birinci dalga - 2020'lerin başlarına kadar sürecek olan "algoritma" dalgasında- otomasyondan etkilenen işlerin yüzde 2 ile 3 arasında değişebileceği iddia edilmektedir. 2020'lerin sonlarına kadar sürecek olan "güçlendirme" dalgasında bu oran yüzde 20'ye yükselirken, "özerklik" olarak adlandırılan üçüncü dalgada ise etkilenen işlerin oranı yüzde 30'a kadar çıkmaktadır.

Şekil 1'de görüldüğü üzere üç dalgada en çok etkilenecek olan ülke Slovakya, en az etkilenecek olan ülke Güney Kore'dir. Türkiye ilk dalgada daha az etkilenecek olmasına rağmen, ikinci ve üçüncü otomasyon dalgasında daha yoğun etkilenecektir.

⁶ Almanya için yapılan benzer bir çalışma için bakınız Dauth ve diğ (2017).

⁷ Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, İspanya ve İsveç.

Şekil 1: Üç Otomasyon Dalgasına Göre Otomasyona Uğrayacak İşlerin Sektörel Dağılımı (%)



Kaynak: PwC (2018, s. 5)

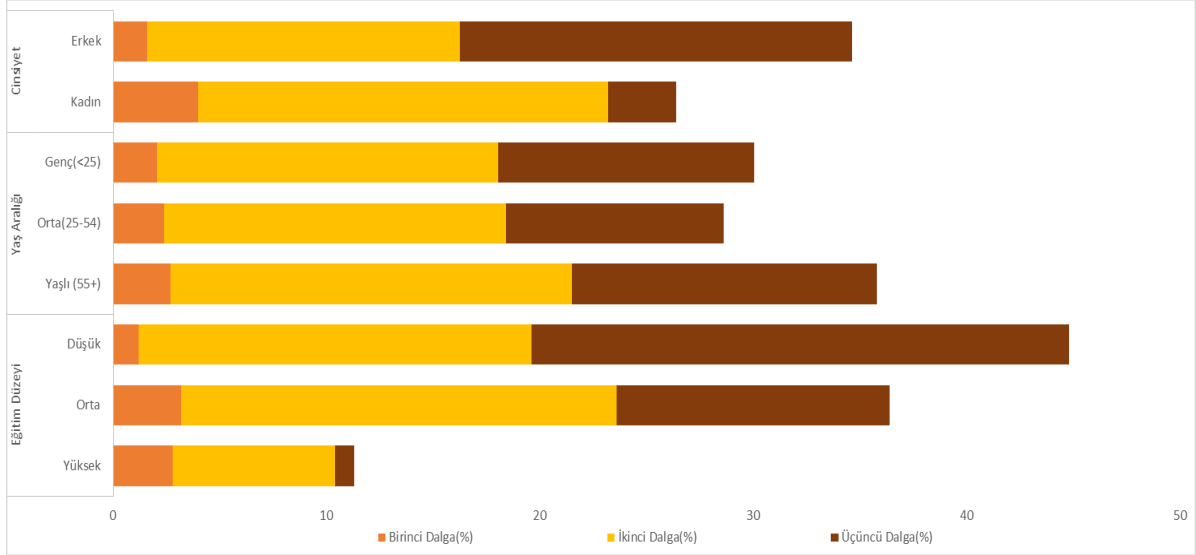
Otomasyonun cinsiyet, yaş ve eğitim gibi demografik özellikleri dikkate alınarak incelenmesi hangi grubun ne ölçüde etkileneceğinin belirlenmesi ve söz konusu duruma ilişkin daha rasyonel ekonomik ve sosyal politikaların belirlenmesi açısından önemlidir.

PwC (2018) tarafından 2030 yılına kadar olan dönemi ve üç otomasyon dalgasını kapsayan çalışmada belirtildiği üzere, erkek çalışanlar için otomasyon riski yüzde 34 ve kadın çalışanlar için ise yüzde 26 olarak tahmin edilmiştir. Bunun nedeni; erkek ve kadınların çalıştıkları sektörlerin farklı olmasıdır. Erkek çalışanlar; taşımacılık ve depolama, imalat ve inşaat gibi yüksek oranda otomatikleştirilebilecek sektörlerde daha fazla yer alırken, kadın çalışanlar ise daha çok sağlık, sosyal hizmet ve eğitim gibi nispeten daha düşük otomasyon riskine sahip sektörlerde çalışmaktadır. Otomasyon riski yaş grupları açısından da oldukça yaygındır. Yirmi beş yaşından küçük veya 55 yaşından büyükler için otomasyon riski hemen hemen aynıken, 25 – 54 yaş aralığı için ise otomasyon riski daha düşüktür.

Mesleklerin otomasyona uğraması ile en büyük fark, çalışanların eğitim düzeylerine ilişkin ortaya çıkmaktadır. Şekil 2'de görüleceği üzere üniversite mezunlarına kıyasla, orta ve düşük eğitim seviyesine sahip olanlar daha yüksek otomasyona uğrama olasılığına sahiptir. Bu

farkın en önemli nedeni; yüksek eğitilmiş çalışanların otomasyona yatkınlığı daha düşük, profesyonel, bilimsel, teknik ve eğitim gibi sektörlerde daha fazla yer almalarına karşın, düşük eğitilmiş çalışanların otomasyona daha yatkın rutin işlerde yer almasıdır.

Şekil 2: Üç Otomasyon Dalgasında Otomasyona Uğrayacak İşlerin Cinsiyetlerin Profiline Göre Dağılımı (%)



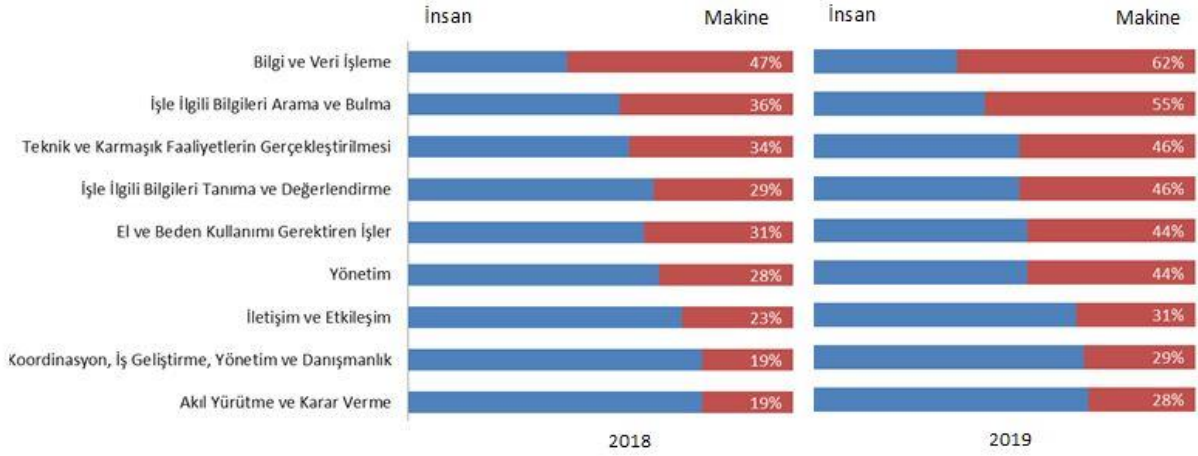
Kaynak: PwC (2018, s. 7)

Teknolojik gelişmeyle beraber robotların daha yoğun kullanılması mesleklerden bazılarının gözden düşmesine neden olurken mesleklerden bazılarını da yüksek otomasyona uğrama ihtimali ile karşı karşıya bırakacaktır. Teknolojik inovasyonların istihdam üzerindeki potansiyel etkisi pek çok çalışmada sayısallaştırılmıştır. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü OECD'ye göre otomasyona en çok ve en az uğrama ihtimali olan meslekler ortaya çıkacaktır. Söz konusu yeni meslek dallarından bazıları; veri analisti, makine öğrenme uzmanları, genel ve operasyon müdürleri, yazılım ve uygulama geliştiriciler, satış ve pazarlama uzmanları, büyük veri uzmanları, dijital dönüşüm uzmanları, yeni teknoloji uzmanları, örgütsel gelişim uzmanları ve bilgi teknolojisi hizmet sorumlularıdır.

Dünya Ekonomik Forumu (2018) tarafından yayımlanan Future of Jobs raporunda belirtildiği üzere işlerin insanlar, makineler ve algoritmalar arasındaki iş paylaşımında önemli değişiklikler olacağı öngörülmektedir. Raporda on iki sektöre ilişkin olarak yapılan değerlendirmede, toplam çalışma saatlerinin 2018/2025 yılı itibarıyla yüzde 71/48'i insanlar tarafından, yüzde 29/52'si makineler tarafından gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

Günümüzde makinelerin ve algoritmaların çalışma saatleri insanların çalışma saatlerinden daha fazla değildir. Ancak 2022 yılında bilgi ve veri işleme ile işle ilgili bilgileri arama ve bulma faaliyetlerinde makine ve algoritmaların çalışma saatlerinin insanların çalışma saatlerinin üstüne çıkması beklenmektedir. Otomasyonun gelişmesine paralel olarak makine ve algoritmaların akıl yürütme ve karar verme, koordinasyon, iletişim ve etkileşim ve yönetim gibi işlerde de çalışma saatleri artacaktır (Şekil 3).

Şekil 3: İnsanların ve Makinelerin Çalışma Saatleri Oranı



Kaynak: World Economic Forum (WEF), 2018

Rutin ve teknik olmayan işlerin yanı sıra ilerleyen zamanla beraber, yüksek teknolojlili işlerin ve günümüzde insanların yoğun olarak çalıştığı iletişim kurma, koordine etme, danışmanlık yapma gibi alanlarda makinelerin çalışma saatlerinin artması işlerin yapılabilmesi için gereken nitelikleri de değiştirecektir. Buna göre analitik düşünme ve yenilikçi, aktif öğrenme, yaratıcılık, inisiyatif kullanma, eleştirel düşünme, karmaşık problem çözme, liderlik ve sosyal zeka vb. insan becerileri ön plana çıkacaktır. Dünya Ekonomik Forumu (2018) raporunda belirtildiği üzere; artan otomasyon nedeniyle çalışanların yüzde 54'ünün yeniden eğitim ve beceri kazanması gerektiği, kazanılmış profesyonel bilgi ve becerinin yarı ömrünün beş yıl içerisinde kaybedileceği, dolayısıyla çalışanların mesleklerini sürdürebilmek için yaşam boyu öğrenen olması gerektiği vurgulanmaktadır.

Sonuç olarak; teknoloji tüm sektörlerde ve mesleklerde işgücü piyasasını ve emek ilişkilerini ciddi düzeyde değiştirecektir. Söz konusu süreçte en temel belirsizlik otomasyonun işgücünü ne ölçüde ikame edeceği, bunun ne kadar zaman alacağı ve ne kadar ileri gideceğidir.

4.2 Büyüme ve Verimlilik

Teknolojik gelişmeler sonucunda endüstriyel robotların otomasyon sürecinde artmasının yaygın ve kalıcı bir işsizlik problemine neden olabileceği söylenirken, üretim sürecindeki verimliliği ve işletmelerin rekabet edebilirliğini de arttırdığı vurgulanmaktadır. Verimliliğin artması ve dolayısıyla maliyetlerin azalması sonucunda olumlu etkilenen rekabet edebilirlik büyük işletmeler kadar gelişmiş ve gelişmekte olan ülke ekonomilerinin temelini oluşturan küçük ve orta ölçekli (KOBİ) işletmeler için de özellikle önemlidir.

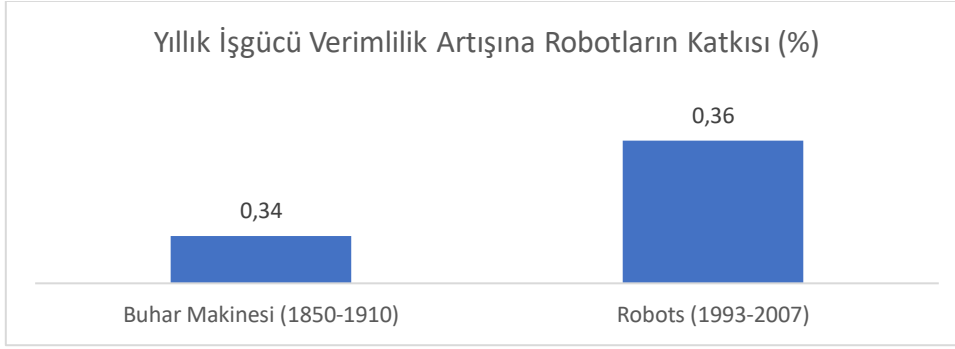
Teknolojik gelişmelerin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi iktisatçılar arasında tartışmalı bir konudur. Yaklaşımlardan bir tanesi, söz konusu teknolojik gelişmeler sonucundaki katkıların çoktan gerçekleşmiş olduğunu ve verimlilik üzerine olan etkisinin neredeyse ortadan kalktığını iddia ederken, diğer yaklaşım gelişen teknolojilerin verimlilik ve ekonomik büyümede yeni bir yükseliş dalgası başlatacağını ileri sürmektedir (Schwab, 2019:38). Robot kullanımının ekonomide sağlayacağı verimlilik üzerine yapılan uygulamalı çalışmalarda; kullanılan yöntem, seçilen döneme ve çalışılan ülkeye bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilebilmektedir.

OECD (2015) tarafından yapılan bir çalışmada teknolojik yenilikleri etkin şekilde kullanan şirketlerin kullanmayanlara göre 2 veya 10 kat daha fazla verim sağladığı

bulunmuştur. McKinsey Global Institute (2017) tarafından yapılan bir çalışmada üretim sürecinde robot teknolojilerinin yaygın olarak kullanılmasının işletmelerin hatalarını azaltıp, mal ve hizmet kalitesinin iyileştirilmesi ve üretim sürecinin hızının artırılması yoluyla küresel bazda verimliliğin yıllık yüzde 0.8 ile yüzde 1.4 arasında artacağı tahmin edilmektedir. McKinsey Global Institute aynı zamanda, önümüzdeki 50 yıl içinde GSYH'da yüzde 2.8'lik bir büyüme sağlamak için ihtiyaç duyulan toplam verimlilik artışının yarısına kadarının otomasyondan kaynaklanacağını öngörmektedir.

Graetz ve Michaels (2015), 1993 ile 2007 dönemine ilişkin olarak 17 Avrupa ülkesinde 14 farklı endüstride endüstriyel robot kullanımını analiz etmiştir. Graetz ve Michaels, üretimde robot kullanımının 1993 ve 2007 yılları arasında yıllık emek üretkenliği ve GSYİH büyümesini sırasıyla 0.36 ve 0.37 puan artırdığı, sonuç olarak robot kullanımının toplam GSYİH büyümesine yüzde on katkı sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Wall ve Andes (2015) 1850-1910 döneminde buhar makinesinin verimlilik üzerinde yaptığı etki ile robotların 1993-2007 yılları arasında verimlilik üzerinde meydana getirdiği etkinin sonuçlarını ortaya koymaktadır (Şekil 4). Araştırmada elde edilen sonuç; yaygın robot kullanımının üretim sürecindeki verimliliğe çok daha fazla etkide bulunması yönündedir.

Şekil 4: Yıllık İşgücü Verimlilik Artışına Robotların Katkısı (%)



Kaynak: Wall ve Andes (2015).

Centre for Economics and Business Research (2017) tarafından yayımlanan çalışmada ise robotlara yapılan yatırımın, 1993-2016 yılları arasında OECD ülkelerinde kişi başına düşen GSYİH'deki büyümenin yüzde onuna katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur. Söz konusu çalışmada aynı zamanda robotik yoğunluğundaki bir birimlik artışın (çalışma bunu milyon saat başına düşen robot sayısı olarak tanımlamakta) işgücü verimliliğinde yüzde 0.04'lük bir artışla ilişkili olduğu sonucuna ulaşmıştır. BCG (2015b) ise gelecekteki iyileşmelerle beraber verimlilikteki toplam iyileşmenin yüzde 30 olacağını tahmin etmektedir.

4.3 Üretim Maliyeti

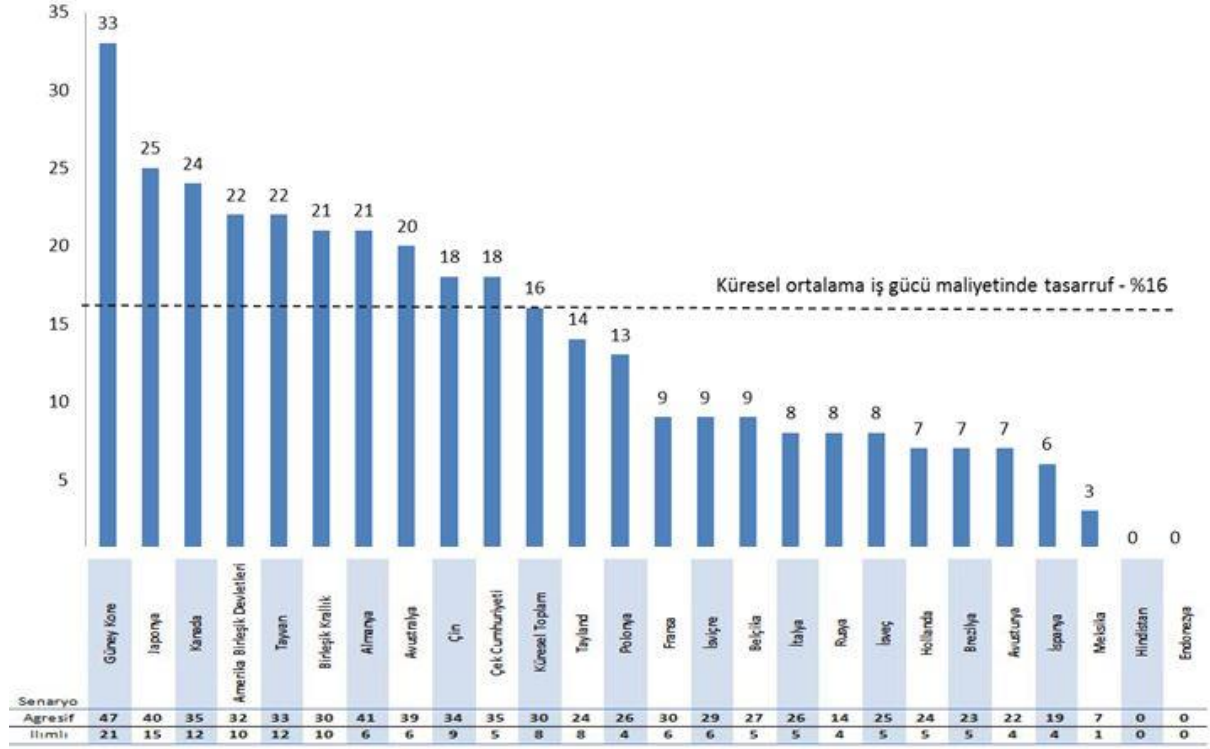
Yönetim Danışmanlık Şirketi BCG (2015a) tarafından dünyanın en büyük 25 ihracatçı ülkesi için yapılan bir çalışmada, 2025 yılına gelindiğinde tüm işlerin yaklaşık olarak yüzde 25'inin robotlar tarafından yapılacağı varsayılarak işgücü maliyetlerinin yaklaşık olarak yüzde 16 azalacağı tahmin edilmiştir. Ayrıca önümüzdeki on yılda endüstriyel robotlara yapılan yatırımın bugün ortalama yüzde 2 ila 3 olan yıllık büyümenin yüzde 10'a çıkacağı tahmin edilmektedir.

İşgücü maliyetleri açısından en çarpıcı iyileşmenin Güney Kore'de yaşanacağı beklenmektedir. Güney Kore'deki üretkenliğe dayalı işgücü maliyetlerinin, 2025 yılında yüzde 33 daha düşük olacağı beklenmektedir. Güney Kore'de tahmin edilen ortalama maliyet düşüşü dünyanın önde gelen 24 ihracatçı ülkesinin ortalamasına göre yüzde yüz daha fazla

olacaktır. Japonya, Kanada, ABD, Tayvan, İngiltere ve Almanya'da, işgücü maliyetlerindeki düşüşün en az yüzde 20 olması beklenmektedir (Şekil 5).

Söz konusu ülkelerin robot yatırımlarında agresif olmaları durumunda emek maliyetlerindeki ortalama tasarrufların yüzde 30, yatırımlarda daha ılımlı olmaları durumunda ise emek maliyetlerindeki ortalama tasarrufun yüzde 8 civarında olması beklenmektedir.

Şekil 5: Robot Yatırımları Sonucunda İşgücü Maliyetlerinde Tasarruf



Kaynak: BCG, 2015

5. ROBOT EKONOMİSİNDEKİ İŞSİZLİK PROBLEMLERİNE ÇÖZÜMLER

Robot ekonomisinin uzun vadeli olarak insanlara en fazla fayda sağlamasının beklendiği durumlar; üretim sürecindeki ağır ve rutin işleri üstlenerek insanları özgürleştirilmesi ve bunun sonucunda yaşam kalitesinin artmasıdır. Bu sayede insanlar daha fazla boş zamana sahip olarak yaratıcı, sağlıklı, kendilerini geliştirici aktiviteler yapma ve seyahat etme zamanına sahip olabileceklerdir. İşe bağlı stresin azalması sonucunda sağlıkta ve yaşam beklentisinde iyileşme ve artış beklenmektedir. Robotların yoğun kullanımı ve ekonomik sistemin robot ekonomisine dönüşmesi sonucunda da; firmaların verimlilik artışı yaşayacağı, üretim tesislerinin sayıca azalacağı, otomasyona dayalı küçük fabrikaların müşterilere yakın yerlere konumlanarak coğrafik lokasyonlarını değiştirecekleri beklenmektedir. Bu durumun çalışanların, işletmelerin ve ülkelerin rekabet avantajlarını ciddi bir şekilde değiştirebileceği ifade edilmektedir (Ivanov, 2017).

Robot ekonomisinin tüketicilere ve firmalara sağladığı olumlu gelişmelere rağmen, teknolojik ilerlemelerin otomasyon sürecine uyarlanması ile birçok işkolu ortadan kalkacak ve buna bağlı olarak pek çok insan özellikle kısa vadede işini kaybedebilecektir. Üretim sürecindeki işgücü ile robotlar arasındaki ilişki tamamlayıcı olmak yerine ikame edici olduğu sürece işsizlik problemi artarak devam edecek, gerek istihdam düzeyi gerekse reel ücretler ciddi şekilde düşecektir. Üretilen mal ve hizmetlerin daha kaliteli ve ucuz, insanların da daha çok serbest zamanı olması mal ve hizmet satın alımı için ödenmesi gereken bedel ile ilgili gerçeği

ortadan kaldırmamaktadır. Tüketicilerin yeterli geliri olmaması durumunda ise mal ve hizmetler daha az tüketilebilecektir. Tüketicilerin alım gücünün zayıf olması, mal ve hizmetlerini ileri teknoloji ile üreten ve otomasyon sayesinde üretim sürecindeki verimliliklerini artıran firmalar için de ciddi bir sıkıntı yaratacaktır.

Brynjolfsson ve McAfee (2014) ikinci makine çağı olarak isimlendirdikleri söz konusu süreçte, nitelikli ve niteliksiz olarak sınıflandırılan iki çalışan grubu arasında bir kutuplaşma olacağını ifade etmektedirler. Birinci grup çalışanlar bilgisayarlar tarafından işleri dikte edilen vasıfsız işgücü, düşük ücretli çalışanlar, ikinci grup çalışanlar ise teknolojik değişimlere uyum sağlayan, yüksek ücretli ve yetenekli çalışanlardır. Brynjolfsson ve McAfee söz konusu teknolojik sürecin geçmişteki teknolojik dönüşümlerde yaşandığı gibi sadece vasıfsız işgücünü değil, orta düzeyde yeterlilik gerektiren işleri de etkileyeceğini belirtmektedirler. Yazarlara göre bu teknolojik değişim sonucunda rutin görevlerin otomatikleştirilmeye devam edilmesiyle kalınmayacak, yakın zamana kadar otomasyona uygun olmadığı düşünülen bilişsel görevler de teknolojideki gelişmeler sonucunda risk altına girecektir.

Tüketicilerin yeterli gelirin olmaması, bunun sonucunda da firmaların ürettikleri mal ve hizmetleri satacak tüketicilerin az veya yetersiz olması büyük sosyal, ekonomik ve politik değişimler ve gerginlikler yaratacaktır. Bu bağlamda, robot ekonomisinin neden olacağı söz konusu gelişmelerin hem ulusal hem de uluslararası alanda derin etkileri olacaktır. Böyle bir durumda yaygınlaşan otomasyonun neden olabileceği yıkıcı etkilerin geleneksel iktisat politikalarıyla engellenmesi mümkün gözükmemektedir. Sosyal ve iktisadi sonuçlarının daha katlanılabilir olması bakımından iş çevrelerinin ve sendikaların hükümetle yapıcı bir işbirliği içerisinde olmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Akın, 2017:42).

Atış (2017) tarafından ifade edildiği üzere teknolojik gelişim özellikle emek piyasaları bağlamında güvencesizliği ve belirsizliği de beraberinde getirmektedir. Güvencesizlik ve belirsizlik ortamında, yaşamı idame ettirecek gelirden mahrum kalmak riski geçerliliğini koruduğu gibi, bu koşullar altında sosyal güvenlik sisteminin sürdürülebilirliği de tehlikeye girmektedir. Dolayısıyla bireyleri ve toplumları güvencesizliğin neden olabileceği olumsuzluklara karşı korumak için alışılmadık çözümler- doğum hakkı patenti, evrensel temel gelir, düzenli ve ücretsiz yaşam boyu eğitim, robot-temelli vergi sistemi, insan haklarının yeniden tanımı vs.- bulmak ve uygulamak zorunda kalabileceklerdir (Ivanov, 2017).

Robot vergisi ve evrensel temel gelir, robot ekonomisinde ortaya çıkacak olan teknolojik işsizliğe yönelik çözüm önerileri olarak tartışılmaktadır.

Robot vergisi, 1950'lerden bu yana gündemde olan ve katma değer vergisi olarak kabul edilebilecek makine vergisinin bir ifadesidir. Buradaki düşünce, üretimde ve diğer alanlarda özerk robotların mülkiyetini veya çalışmalarını vergilendirmek ve fonları sosyal güvenlik sistemine veya eğitim sektörüne aktarmaktır.

Otomasyona dayalı robot vergisi konusu ile ilgili tartışmalar ise henüz erken bir aşamadır. Robotların emek piyasasına etkisi ile ilgili yasal düzenlemeler de gelişmeye ihtiyaç duymaktadır. Avrupa Parlamentosu ve Güney Kore tarafından robotların vergilendirilmesine ilişkin bir takım çalışmalar yapılmış olmakla beraber, söz konusu alandaki çalışmalar henüz olgunlaşmamıştır. Otomasyon sürecinde robot kullanılması sonucu işini kaybeden insanların tekrar iş bulabilmesi koşulu olarak görülen eğitim için, robotların vergilendirilmesi yasa teklifi Avrupa Parlamentosu tarafından reddedilmiştir.^{8 9}

⁸<https://webrazzi.com/2017/02/20/bill-gates-robotlar-da-insanlar-gibi-vergi-odemeli/>

⁹ <https://www.reuters.com/article/us-europe-robots-lawmaking/european-parliament-calls-for-robot-law-rejects-robot-tax-idUSKBN15V2KM>

Teknolojik gelişmelerin otomasyon yoluyla işgücünü işsiz bırakmasını önlemek amacıyla robot vergisinin uygulamaya konması görüşünü destekleyenlerin yanı sıra bu vergiye şiddetle karşı çıkanlar da bulunmaktadır. Robot vergisini destekleyen arasında yer alan Bill Gates; insan emeğinin yerini alacak robotlar için vergi alınmasını önererek¹⁰ robotlar üzerinden alınacak vergi sayesinde insan emeği yerine robot istihdam edilmesinin avantajının azalacağını, dolayısıyla otomasyon sürecinde robot kullanılmasının yavaşlamasıyla insanların işsiz kalmalarının önüne geçileceğini ifade etmiştir.¹¹ Ayrıca robotlar üzerinden alınan vergi ile işlerini kaybeden insanların sosyal güvence altına alınma durumu da söz konusu olacaktır.

Robot vergisinin uygulanmasına karşı çıkan farklı görüşler de bulunmaktadır. Uluslararası Robot Federasyonu IFR'ye göre robot vergisini getirme fikri rekabetçilik ve istihdam üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır.¹² Diğer iki önemli argüman ise; robot vergisinin otomasyondan elde edilecek kazanımları engelleyebileceği ve robot tanımının net olmaması nedeniyle alınacak verginin uygulanmasında karşılaşılabilecek zorluklardır¹³.

Robot vergisinin uygulamada başarılı olabilmesi için, ekonomik pek çok alanda olduğu gibi güçlü bir uluslararası işbirliği önemlidir. Oberson (2017)'a göre robotların veya robot kullanımının vergilendirilmesi OECD ve BM gibi uluslararası alanda koordineli bir çalışmayı gerektirmektedir. Aksi takdirde; robot vergisi uygulayan ülkeler uygulamayan ülkelere göre, üretim maliyetleri açısından daha dezavantajlı durumda olacaklardır. Gasteiger ve Prettnner (2017)'e göre de çeşitli nedenlerden ötürü uygulamada başarılı olamayan bir robot vergisi, sermayeyi robot vergisi bulunmayan bölgelere hareket etme olasılığını arttırabilmektedir. Robot vergisinin kabulü durumunda karşılaşılabilecek olası olumsuzluklar ise; çifte vergilendirme, vergi kaçakçılığı, gelir dağılımında bozukluklar vb. olarak görülmektedir.

Robot ve otomasyon teknolojisinde yaşanan gelişmeler robotları geleceğimizin vazgeçilmez bir parçası haline getirirken aynı zamanda getireceği olumsuzluklar nedeniyle sosyal güvenlik sisteminin sürdürülebilirliği de tehlikeye girmektedir. Dolayısıyla söz konusu durumda, bireyleri söz konusu olumsuzluklara karşı korumak için önerilen bir diğer önlem evrensel temel gelir yaklaşımıdır.

Evrensel temel gelir yaklaşımı özünde, sürekli bir iş ilişkisine bağlı kalmaksızın, vatandaşlık statüsüne sahip tüm bireylere geçimlerine yetecek kadar düzenli bir ödemenin yapılmasıdır. Başlangıcı yüzyıllar öncesine dayanan evrensel temel gelirin; hedef kitlesine, ödenecek miktarına, finansman şekline göre birçok farklı modeli bulunmaktadır. Bu farklı modellerin ortak noktası ise kişinin çalışma durumuna bakılmaksızın kendisine belirli bir miktarda gelirin sağlanmasıdır. Evrensel temel gelirin beş özelliği bulunmaktadır. Bunlar; periyodik olması, nakit ödeme şeklinde yapılması, kişiye ödenmesi, kişilerin çalışıp çalışmadığına bakılmaksızın herkese koşulsuz olarak ödenmesi ve evrensel olmasıdır.

Linus Pauling, Bertrand Russell, Thomas Paine, Friedrich Hayek, Eric Fromm, Gunnar Myrdal ve Martin Luther King gibi çok farklı öncü kişilikler, çeşitli dönemlerde evrensel temel gelirin savunuculuğunu yapmışlardır (Ford, 2015:48; Atış, 2017:99).

Evrensel temel gelirin¹⁴, otomasyonun neden olabileceği işsizlik ve yoksullukla mücadelede etkili olacağı, sosyal yardımları almak için yapılan bürokratik giderleri azaltacağı, bireyleri istedikleri işi yapmakta daha özgür hale getireceği, girişimciliği arttıracığı gibi olumlu yanlarından sıklıkla bahsedilmektedir (Atış, 2017:99). Söz konusu gelirin kaynağı ise Oberson

¹⁰ <https://qz.com/911968/bill-gates-the-robot-that-takes-your-job-should-pay-taxes/>

¹¹ Bu görüş Luddit inancının günümüzdeki karşılığı olarak ele alınabilir.

¹² <https://www.dw.com/en/the-robots-are-coming-and-they-might-have-to-pay-tax/a-39852746>

¹³ <https://www.economicshelp.org/blog/132881/business/should-we-tax-robots/>

¹⁴ Evrensel temel gelir uygulaması için bkz. Nikiforos, Steinbaum, ve Zezza (2017).

(2017) tarafından ifade edildiği üzere robotlar üzerine konulacak bir vergi ile finanse edilmesidir. Buna karşılık vatandaşlık bağına sahip herkese sürekli ödeme yapılması, sistemin işleyip işlemeyeceğine dair yoğun bir tartışma yaratmaktadır.

İsviçre'de evrensel temel gelir ile ilgili yapılan referandumda (2016) seçmenlerin % 77'si temel geliri reddetmiştir. Bunun dışında evrensel temel gelir uygulamaları farklı ülkelerde farklı şekillerde ve mikro bazda uygulanmaktadır (örneğin; Finlandiya ve Hollanda).

6. SONUÇ

Endüstri 4.0 ile birlikte robotik, yapay zekâ ve otomasyonun hızla yaygınlaşması endüstriyel üretimde robotların daha çok ve farklı işler üstlenmesine neden olmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde robot temelli endüstriyel üretim; büyüme, verimlilik, işgücü ve üretim maliyetleri gibi temel ekonomik faktörleri etkilerken, emek piyasası ve istihdam yapısı derinden değişmektedir. Robot ekonomisindeki teknolojik işsizlik ülkeden ülkeye, sektörden sektöre, işletmeden işletmeye ve yapılan işten işe farklılık gösterse de, kısa vadeli olarak işsizliğin artması, uzun vadeli olarak ise yeni sektörlerin, yeni mesleklerin ve yeni işlerin ortaya çıkması beklenmektedir. İşgücünün yeni yetkinlikler ile robot ekonomisine hazırlanması ve eğitim politikalarının robot temelli geleceğe yönelik düzenlenmesi önemli stratejiler olarak değerlendirilmelidir. Teknolojik işsizliğe ve otomasyona çözüm olarak robot vergisi ve evrensel temel gelir gündeme gelmiş olsa da, bu konudaki tartışmalar ve farklı görüşler daha sürecek gibi. Uzun bir süre zaman alacak olmasına rağmen robot temelli ekonomi yeni bir ekonomik sistem olarak şimdiden yerini almaya başlamıştır. Kademeli olarak öncelikle gelişmiş ülkelerde kendini gösterecek olan robot ekonomisi sonrasında dünyanın geri kalan ülkelerinde de yayılacaktır. Ancak konu ile ilgili literatürde henüz yeterli sayıda bilimsel araştırma bulunmamaktadır. Robot ekonomisinin kaçınılmaz bir ekonomik sistem olması nedeniyle bu alanda farklı disiplinlerden araştırmaların yapılması önemlidir.

KAYNAKLAR

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). Robots and Jobs: Evidence from Us Labor Markets. Cambridge: *NBER Working Paper*, No. 23285.
- Akın, Ö. (2017). Hızla Artan Endüstriyel Robotların Üretim Süreçlerinde Yarattığı Değişimler ve Türkiye İşgücü Piyasasında Yaratacağı Olası Etkilerin Değerlendirilmesi, *İş Ve Hayat*, Cilt 3, Sayı 6, 42 – 71.
- Arntz, M. & Gregory, T. & Zierahn, U. (2016), The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189, OECD Publishing, Paris.
- Atış, N. T. (2017). *Teknolojik İşsizliğin Kaçınılmazlığı ve Çözümün Bir Parçası Olarak Kamu İstihdam Hizmetleri*, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Türkiye İş Kurumu Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi.
- Autor, D.H. & Levy, F. & Murnane, R.J. (2003), The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*. 1279 – 1333.
- Berg, A. & Buffie, E. & Zanna, L.F. (2018). Should we fear the robot revolution? (The correct answer is yes), *Journal of Monetary Economics*, Volume 97, 117-148.
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, New York: W.W. Norton & Company.
- Boston Consulting Group (BCG). (2015a). *The Robotics Revolution. The Next Great Leap in Manufacturing*. Boston: BCG.

- Boston Consulting Group (BCG). (2015b). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *Related Expertise: Engineered Products & Infrastructure, Digital Transformation, Automotive & Mobility*. Retrieved December 30, 2018, from https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- Centre for Economics and Business Research. (2017). *The Impact of Automation*
- Chiacchio, F.& Petropoulos, G. & Pichler, D. (2018). The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach. *Bruegel Working Paper Issue 02/18*.
- Crews, J. (2016). *Robonomics: Prepare Today for the Jobless Economy of Tomorrow*. CreateSpace Independent.
- Dauth, W. & Findeisen, S. & Sudekum, J. & Wößner, N. (2017). German Robots: The Impact of Industrial Robots on Workers, Institute for Employment Research, *CEPR Discussion Paper*. No. DP12306.
- DeCanio, S. (2016). Robots and humans – complements or substitutes. *Journal of Macroeconomics*,49, 280-291.
- Delaney, K. (2017). *The robot that takes your job should pay taxes, says Bill Gates*. Retrieved January 02, 2019, from <https://qz.com/911968/bill-gates-the-robot-that-takes-your-job-should-pay-taxes/>
- Ege Bölge Sanayi Odası (EBSO). (2015). *Sanayi 4.0*, İzmir: EBSO Yayınları.
- Eğilmez, M. (2018). *Tarihsel Süreç İçerisinde Dünya Ekonomisi*, İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Eskuri, J. (2015). Robots Improve Productivity – But What at Cost? *Automation, Manufacturing, Robotics, Technology*. Erişim Tarihi: 03.01.2019, <http://www.apriso.com/blog/2015/03/robots-improve-productivity-but-at-what-cost/>
- Federation of Robotics (IFR).(2017). *The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs*, Retrieved 25 December, 2018, from https://ifr.org/downloads/papers/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment_Positioning_Paper.pdf
- Federation of Robotics (IFR). (2018a). Retrieved January 20, 2019, from https://ifr.org/downloads/press2018/Foreword_WR_2018_Industrial_Robots.pdf
- Federation of Robotics (IFR). (2018b). Retrieved January 20, 2019, from https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_2018_Industrial_Robots.pdf
- Federation of Robotics (IFR). (2018c). Retrieved January 21, 2019, from https://ifr.org/downloads/press2018/WR_Presentation_Industry_and_Service_Robots_rev_5_12_18.pdf
- Ford, M. (2018). *Robotların Yükselişi*. İstanbul: Kronik.
- Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2013). The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? *Oxford Martin School Working Paper*, 1-72.
- Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2017). The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? *Technological Forecasting and Change*, Volume 114, 254 – 280.

- Gasteiger, E. ve Prettnner, K. (2017), A Note on Automation, Stagnation, and the Implications of a Robot Tax, *Discussion Paper, School of Business & Economics: Economics*, No. 17, 1-17.
- Graetz, G. & Michaels, G. (2015). *Robots at Work*, CEP Discussion Paper No 1335, Retrieved March 02, 2019, from <http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1335.pdf>
- Graetz, G. & Michaels, G. (2018). Robots at work. *The Review of Economics and Statistics*, 100 (5), 753-768.
- Huws, U. (2018). *Küresel Dijital Ekonomide Emek*. İstanbul: Yordam Kitap.
- Jones, C.I. (2001). *İktisadi Büyümeğe Giriş*, İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- International Labour Organization (ILO). (2018). Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade. *Research Department. Working Paper 36*.
- ISO 8373: 2012, *Robots and robotic devices – Vocabulary*. Erişim Tarihi: 25.12.2018. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>
- Ivanow, S. (2017). Robonomics – Principles, Benefits, Challenges, Solutions. *Yearbook of Varna University of Management*, 10, 283-293.
- Kara, M. (2017). *Bill Gates: Robotlar da İnsanlar Gibi Vergi Ödemeli*. Erişim Tarihi: 01.03.2019. <https://webrazzi.com/2017/02/20/bill-gates-robotlar-da-insanlar-gibi-vergi-odemeli/>
- Keynes, J. M. (1930). *Economic Possibilities for our Grandchildren*. Retrieved February 15, 2019, from <http://www.econ.yale.edu/smith/econ116a/keynes1.pdf>
- McKinsey Global Institute. (2013). *Disruptive Technologies: Advances that will transform live, business, and the global economy*. McKinsey.
- McKinsey Global Institute. (2017a). *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation*. New York: McKinsey Global Institute, Retrieved December 15, 2018, from: https://www.mckinsey.com/~/_/media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi-jobs-lost-jobs-gained-report-december-6-2017.ashx
- McKinsey Global Institute. (2017b). *A Future That Works: Automation, Employment and Productivity*.
- Nedelkoska, L. & Quintini, G. (2018), Automation, skills use and training, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, OECD Publishing, Paris.
- Nikiforos, M. & Steinbaum, M. & Zezza, G. (2017). *Modeling the Macroeconomic Effects of a Universal Basic Income*. Roosevelt Institute, Retrieved February 22, 2019 from <http://rooseveltinstitute.org/modeling-macroeconomic-effects-ubi/>
- Nomaler, Ö. & Verspagen, B. (2018). Perpetual growth, distribution, and robots, *UNU-MERIT Working Paper Series*.
- Oberson, X. (2017). Taxing Robots? From the Emergence of an Electronic Ability to Pay on Robots or the Use of Robots. *World Tax Journal*, 9(2), 247-261.
- OECD. (2015). *The Future of Productivity*. Retrieved January 18, 2019, from <https://www.oecd.org/eco/OECD-2015-The-future-of-productivity-book.pdf>

- Pettinger, T. (2017). *Should we tax robots?* Economicshelp. Retrieved Januar 05, 2019 from <https://www.economicshelp.org/blog/132881/business/should-we-tax-robots/>
- PewResearchCenter. (2014). *Digital Life in 2025. AI, Robotics, and the Future of Jobs.*
- Prodhan, G. & Williams, A. (2017). *European parliament calls for robot law, rejects robot tax.* Reuters. Retrieved February 10, 2019, from <https://www.reuters.com/article/us-europe-robots-lawmaking/european-parliament-calls-for-robot-law-rejects-robot-tax-idUSKBN15V2KM>
- PwC (2018). *Will Robots Really Steal Our Jobs? An International Analysis of The Potential Long Term Impact of Automation,* Retrieved January 23, 2019, from https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf
- Rifkin, J. (1995). *The End of Work: The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era.* Putnam Publishing Group.
- Schumpeter, J. (2003). *Capitalism, Socialism and Democracy,* Routledge London & New York 1943, e-Kitap Basımı: Taylor & Francis e-Library (2003).
- Schwab, K. & Davis. N. (2019). *Dördüncü Sanayi Devrimini Şekillendirmek.* World Economic Forum. Istanbul: Optimist.
- Songur, M. & Saraç, F. E. (2017). Cobb-Douglas, CES, VES ve Translog Üretim Fonksiyonlarının Tahminleri Üzerine Genel Bir Değerlendirme. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 2(3), 235-278.
- Sonmucid (2017). Endüstri 4.0'dan Sonra Yeni Çağ Meslekleri. *Sonmucid's Blog.* Erişim Tarihi: 10.01.2019, <https://sonmucid.wordpress.com/2017/08/14/endustri-4-0dan-sonra-yeni-cag-meslekleri/>
- Sullivan, A. (2017). *The robots are coming, and they might have to pay tax.* Retrieved March 03, 2019, from <https://www.economicshelp.org/blog/132881/business/should-we-tax-robots/>
- TÜSİAD. (2018). *Dijital Teknolojiler ve Ekonomik Büyüme.* İstanbul: TÜSİAD.
- Türk Dil Kurumu. Erişim Tarihi: 06.01.2019, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5c83f2f181c431.88649146
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Retrieved March 02, 2019, from <http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/database/index.asp>
- Wall ve Andes (2015), *Robots Seem to Be Improving Productivity, Not Costing obs.* Harward Business Review. Retrieved February 10, 2019 from <https://hbr.org/2015/06/robots-seem-to-be-improving-productivity-not-costing-jobs>
- Wildhaber, I. (2016). Die Roboter kommen – Konsequenzen für Arbeit und Arbeitsrecht. *Zeitschrift für Schweizerisches Recht.* Band 135 I, Heft 4, 315-351.

Wolla, S.A. (2018). Will Robots Take Our Jobs?. *Economic Research, Federal Reserve Bank of St.Louis*, Retrieved December 29, 2018, from <https://research.stlouisfed.org/publications/page1-econ/2018/01/02/will-robots-take-our-jobs>

World Economic Forum (WEF). (2018). *The Future of Jobs Report 2018*, Retrieved February 16, 2019, from: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf