

Araştırma Makalesi

Endüstri 4.0 Perspektifinde Sanayide Dijital Dönüşüm Ve Dijital Olgunluk Seviyesinin Değerlendirilmesi

Aysun Sağbaş^{1,*}, Ayçin Gülseren¹

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Geliş: 25.11.2019

Kabul: 25.12.2019

Özet: Üretim ve hizmet sistemlerinde; tüm değer zincirinin birbiri ile gerçek zamanlı entegrasyonu ve sürekli iletişim içinde akıllı ve kendisini uyarlayan bir sistem döngüsünün sağlanması, ülkelerin rekabet gücü açısından çok büyük önem arz etmektedir. Endüstri 4.0 (d)evrimi perspektifinde; bu sistemlerin oluşturulması ve sürdürülebilirliği, büyük veri analizleri, 3D yazıcılar, akıllı sensörler ve akıllı şebekeler gibi birçok gelişmiş teknolojinin üretim ve hizmet süreçlerine entegrasyonunu ve değer zincirindeki tüm süreçlerin dijitalleşmesini zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda; değer zincirinin geleneksel süreçlere direkt ya da dolaylı katkıda bulunan her bir etkenin dijital ekosistem sayesinde; birbiriyle iletişim kurması sonucunda üretim hızının ve süreç verimliliğinin artırılması mümkün olacaktır. Dijital teknolojiler; üretimin yanı sıra, işlerin, iş yapma modellerinin ve insan kaynağının da dönüşmesine neden olduğu için, atık üretiminin azaldığı ve verimin arttığı bir üretim süreci oluşturacaktır. Bu durum döngüsel ekonomiyi destekleyerek sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada; Endüstri 4.0 perspektifinde, Dünyada ve Türkiye’de dijitalleşme sürecinin mevcut durumu irdelenmiş olup, ekonomik kalkınma süreci için, sanayide bir kaldıraç olarak kullanılacak dijital dönüşüm ve dijital olgunluk düzeyi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Sanayi, Dijital dönüşüm, Dijital olgunluk seviyesi.

Evaluation of Digital Transformation and Digital Maturity Level in Industry from Industry 4.0 Perspective

Abstract: The real-time integration of the entire value chain in production and service systems and the provision of a smart and adaptive system cycle in constant communication is crucial for the competitiveness of countries. The creation and sustainability of these systems in the perspective of the Industry 4.0 revolution; it requires the integration of many advanced technologies such as big data analysis, 3D printers, smart sensors and smart networks into production and service processes and the digitalization of all processes in the value chain. In this context, it will be possible to increase the production speed and increase the process efficiency as each factor directly or indirectly contributing to the traditional processes of the value chain communicates with each other through the digital ecosystem. Not just production; thanks to digital technologies that transform jobs, ways of doing business and human resources; more efficient and less waste production processes will take place. This will contribute to sustainability by supporting the circular economy. In this study; in the perspective of industry 4.0; current state of the digitization process in the world and Turkey is examined and digital conversion and digital maturity level that can be used as a lever for economic development in the industry are evaluated.

Key Words: Industry 4.0, Industry, Digital conversion, Digital maturity level.

1. Giriş

Teknolojik ilerlemeler ve gelişmeler ekseninde; buhar gücüyle çalışan makinaların icadı (1. sanayi devrimi), elektriğin üretim sürecinde kullanılması (2. Sanayi devrimi) ve 1970 sonrasında gittikçe yaygınlaşan robotlu otomasyon akımı (3. Sanayi

devrimi), sanayi devrimlerinin itici gücü niteliğinde olmuştur. Günümüzde ise; artık dijital teknolojiler ile ivmelenen 4. sanayi (d)evrimi, geleneksel üretim sistemlerine entegre edilerek, üretim ve hizmet sistemlerinde çok yoğun bir şekilde evrilmektedir. Akıllı robotlar, büyük veri, nesnelerin interneti, 3-D baskı, bulut teknolojileri, artırılmış gerçeklik ve siber

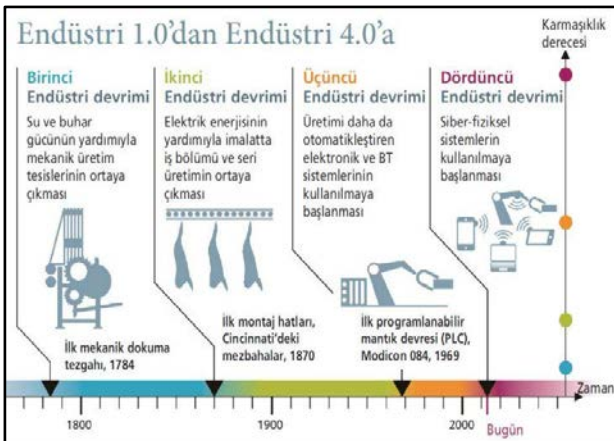
* Sorumlu yazar.

E-mail address: asagbas@nku.edu.tr (A. Sağbaş)

teknolojiler, 4. sanayi devriminin tetiklenmesinde çok önemli ve vazgeçilmez bir role sahiptir. Bu devrimle ortaya çıkan Endüstri 4.0 kavramı da; değer zincirlerinin parçalarının kendi içlerinde otomasyonu tabanında birbirleri ile entegre olması olarak tanımlanmaktadır. Entegrasyonun en önemli özelliği ise; tüm değer zinciri adımlarının birbiri ile gerçek zamanlı ve sürekli iletişim içinde olması ve bu sayede akıllı ve kendisini uyarlayan bir sanayi sürecinin ortaya çıkmasıdır [1-3]. Bu dijitalleşmiş süreç; daha hızlı, daha esnek, kalitesi daha yüksek ve daha verimli bir sanayi entegrasyonunu beraberinde getirmektedir. Büyük veri analizleri, 3D yazıcılar, akıllı sensörler ve akıllı şebekeler gibi birçok gelişmiş teknolojiyi içeren bu devrimle; makineleşme bir adım daha evrilmektedir. Sanayide dijital dönüşümle, üretime dolaylı veya dolaysız katkıda bulunan her bir etkenin internet ekosistemi içerisinde birbiriyle iletişim kurması, üretim hızının ve üretim verimliliğinin artırılması ve maliyetlerin düşürülmesi ile ulusal kalkınma ve rekabet gücünün artırılması hedeflenmektedir.

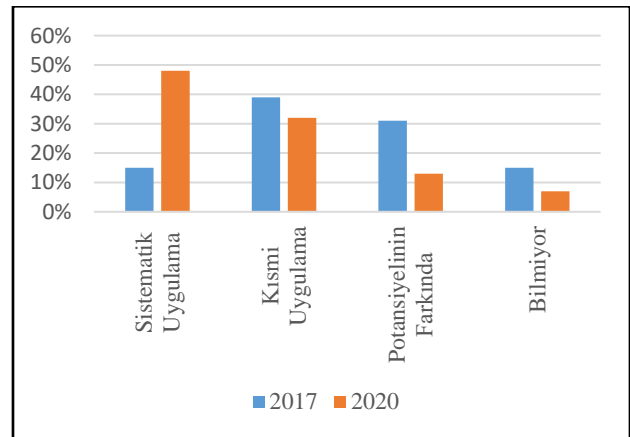
Endüstri 4.0; bilişim teknolojisinin geleneksel endüstriyel süreçlere entegre edilerek, mevcut endüstriyel süreçlerin tamamen değiştirilmesini, yani dijitalleştirilmesini amaçlamaktadır. Endüstri 4.0 şeklinde adlandırılan 4.Sanayi devrimi; gerçekleştirilen diğer 3 sanayi devrimi sonrasında makineleşme ve otomasyonun artırılmasına yönelik akıllı fabrika konsepti içerisinde insan ve makinelerin siber fiziksel sistemler içerisinde birbiriyle iletişim sağlayabilmesi ekseninde evrilmektedir. Birinci sanayi devrimi; ilk olarak Birleşik Krallık'ta 18.yy sonlarına doğru özellikle buhar gücüyle çalışan makinelerin kullanılması ve yeni buluşların üretim sistemini makineleşmeye yönlendirmesi şeklinde gelişmiştir. İkinci Sanayi devrimi ise 1870'li yıllarda başlayıp, 20.yy başlarına kadar olan süreçte; hammadde ve enerji kaynakları kullanımındaki değişiklik sonrasında, elektrik enerjisinin kullanılması ve seri üretim hatlarının uygulamada devreye alınması ile gelişim göstermiştir. İkinci Dünya Savaşından sonra, üretimde mekanik ve elektronik teknolojilerin yerine, dijital teknolojiler ile programlanabilir makinelerin kullanılmasıyla, 3. Sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. 1. ve 2. Sanayi devrimine göre nitelik açısından daha farklı olan 3. Sanayi devrimin temel bileşenleri, "bilgi işlem ve haberleşme teknikleri" ve bunların ortak gerçekleştirme aracı olan "mikro-elektronik"tir [4-5,16].

Günümüzde endüstri 4.0 ile, siber fiziksel sistemlere dayalı üretim teknolojilerine bağlı olarak gelişen dördüncü sanayi devrimi süreci yaşanmaktadır (şekil 1).



Şekil 1. Endüstri devrimi süreci [7].

Dördüncü Endüstriyel Devrim anlamına gelen 'Endüstri 4.0' ifadesi; ilk olarak 2011 yılında Almanya Hannover Fuarında kullanılmıştır. Alman Hükümeti tarafından 2012 yılında oluşturulan Endüstri 4.0 çalışma grubunun, 2013 yılında hazırladığı nihai rapor ile proje detaylı olarak tanımlanmıştır [7]. Almanya ve daha sonra ABD gibi sanayileşmiş ülkeler tarafından ortaya atılan ve içinde bulunduğumuz dönemde artan bir ivme ile odaklanılan Endüstri 4.0, bu ülkelerin yıllar içinde kaybettikleri üretimde rekabetçi olma avantajını tekrar ele geçirmek için de önemli bir fırsat yaratmaktadır. 4. Endüstri Devrimi'nin ana konseptine göre; üretim sürecinde fabrikalardaki makineler, bilgisayarlar, sensörler ve diğer entegre bilgisayar sistemleri, yani üretim ekosisteminin tüm bileşenleri, birbirleriyle bilgi alışverişinde bulunacaktır. Bu süreçte, insan faktöründen önemli ölçüde bağımsız bu ekosistemi optimize eden sistem tasarımı yapılması ve uygulanması mümkün olacaktır. Ekosistemin tüm bileşenlerin durumları ve konumları anlık olarak kontrol edilebilecek ve sensörleri sayesinde buldukları çevreyi inceleyip, gerektiğinde yine kendi yetenekleri ölçüsünde fiziksel tepki verebilecek ve bunu yaparken de tüm dünya genelinde internete bağlı diğer cihazlarla gerçek zamanlı olarak bilgi alışverişinde bulunabilecektir [8-10]. Bu döngünün üretim sistemlerinde entegrasyonu sonucunda; üretimde insan faktörüne olan bağımlılığın azalması ve siber fiziksel sistemler sayesinde; üretimde hız ve verimliliğin artması ve dolayısıyla üretim maliyetlerinde azalma mümkün olacaktır. Endüstri 4.0 süreci; verimlilik artışının ötesinde, daha yüksek katma değerli süreçlerin tasarlanmasını kapsamaktadır. Kendi ekonomisini yaratan, yerleşmiş, değer zincirlerini temelden değiştiren ve en önemlisi nitelikli insan gücü ihtiyacında çok önemli bir noktaya, yani merkeze konumlandırılan bir yolculuk olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda üretim ve hizmet süreçlerinde endüstri 4.0 entegrasyonu giderek artmakta olup, Dünyada endüstri 4.0 kullanımının (2017, 2020 yılları için) değişimi [17] şekil 2.'de verilmiştir. Yıllar bazında değişim incelendiğinde; uygulamanın 2020 yılında önemli düzeyde arttığı görülmektedir.

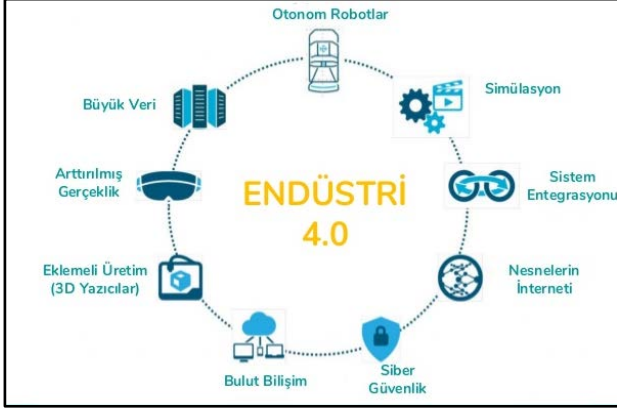


Şekil 2. Dünyada endüstri 4.0 kullanımı [18].

2. Endüstri 4.0 Ekseninde Dijital Dönüşüm Evrimi: Dünyada Ve Türkiye'de Dijital Dönüşüm

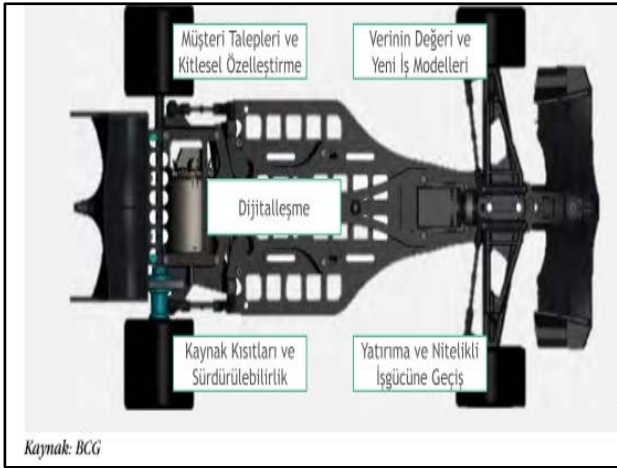
Dijital dönüşüm konusunda herhangi bir stratejik planlama, yatırım planı veya iş planı yapılmaması; dijital dönüşüme hazırlık 2.0 seviyesi olarak tanımlanmaktadır. Dijital dönüşüme hazırlık 3.0 seviyesi; dijital dönüşüm çerçevesinde bütünsel bir yaklaşım ile hazırlanmamış olsa dahi bir stratejik planın oluşturulmuş olması şeklinde ifade edilmektedir [11]. Dijital

dönüşüm; ekonomik kalkınma için bir kaldıraç olarak kullanılmakla birlikte, dijital dönüşüm sürecinde ülkelerin yol haritaları ve eylem planları ülke dinamiklerine göre birbirinden farklılık gösterecektir. Endüstri 4.0 perspektifinde dijital dönüşüm sürecinde; geleceğin sanayi üretimini şekillendirme potansiyeline sahip, hayati önem arz eden teknolojiler, şekil 3.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Dijital dönüşüm teknolojileri [9].

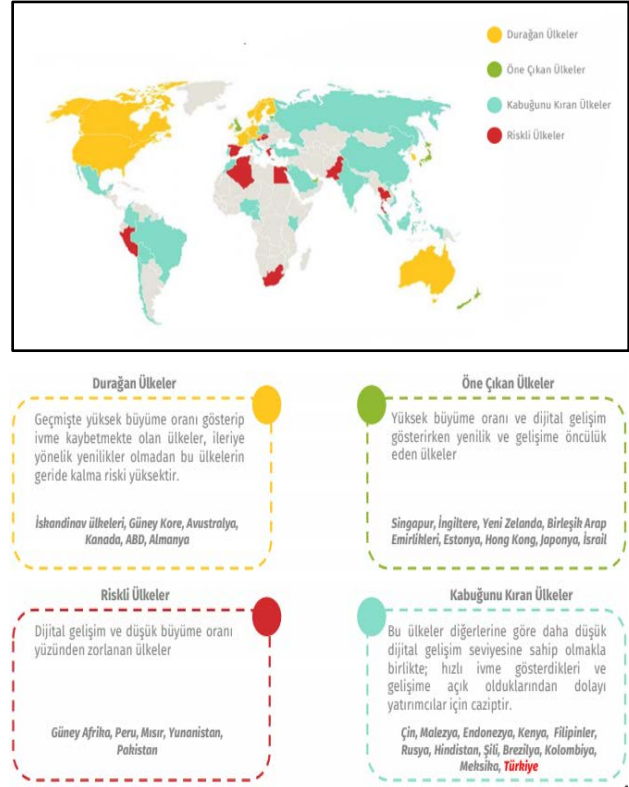
Üretimin, işlerin, iş yapma modellerinin ve insan kaynağının dönüşmesine neden olan dijital teknolojiler, üretim ve hizmet işletmelerinin operasyonel iyileştirmelerinde uygulanabildiği gibi, değişen müşteri taleplerine cevap vermek için de kullanılabilir. Daha verimli ve daha az atık üreten üretim süreçleri, ekonomi döngüsünü destekleyerek, sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Büyük veri analizleri, müşterilerin taleplerinin çok etkin ve detaylı analiz edilmesine katkı sağlamakta, eklemeli üretim gibi teknolojiler ise, şirketlerin kitlesel olarak özelleştirilmiş ürünler üretmesine olanak sağlamaktadır [12, 20]. Dijital değişimin temel unsurları (şekil 4); müşteri talepleri ve kitlesel özelleştirme, verinin değeri ve yeni iş modelleri, kaynak kısıtları ve sürdürülebilirlik, yatırıma ve nitelikli işgücüne geçiş olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4. Sanayide dijital dönüşümün temel unsurları [13].

Batılı ülkelerdeki iş gücü maliyetlerinde 20. yüzyılın ikinci yarısında yaşanan artış sebebiyle, üretimin önemli ölçüde Doğu ülkelerine kaymış, bu nedenle, batılı ülkeler kalifiye iş gücü ve dijital teknolojilere yatırım yaparak kaybettiği üretim gücünü yeniden kazanma çabası içine girmiştir. Ucuz iş gücü sayesinde yarattığı maliyet avantajıyla dünyanın en büyük ekonomilerinden biri haline gelen Çin, günümüzde dijital

dönüşümüne liderlik eden ülkelerin başında gelmektedir. Çin'in, küresel değer zincirinde sahip olduğu avantajı ve ucuz iş gücü sayesinde, kazandığı küresel rekabetçiliği korumak için sanayide dijital dönüşümü başarıyla uygulaması gerekliliği açıktır. Üretim avantajını tekrar kazanmak isteyen batı ülkeleri ve Avrupa, dijital dönüşüm sürecini, işgücü avantajı olan Uzakdoğu ve özellikle Çin'e karşı bir araç olarak kullanmak istemektedir. Ancak Çin, bu dijital dönüşüm sürecini kendi yararına çevirerek, bu ekseninde öncül olan ülkelere bir örnektir. Türkiye'nin dijital dönüşüm yol haritasında Çin, örnek alınması gereken bir ülke konumundadır [6][13]. Dünya ülkeleri ve Türkiye için dijital dönüşüm mevcut durumları Şekil 5' de verilmiştir.



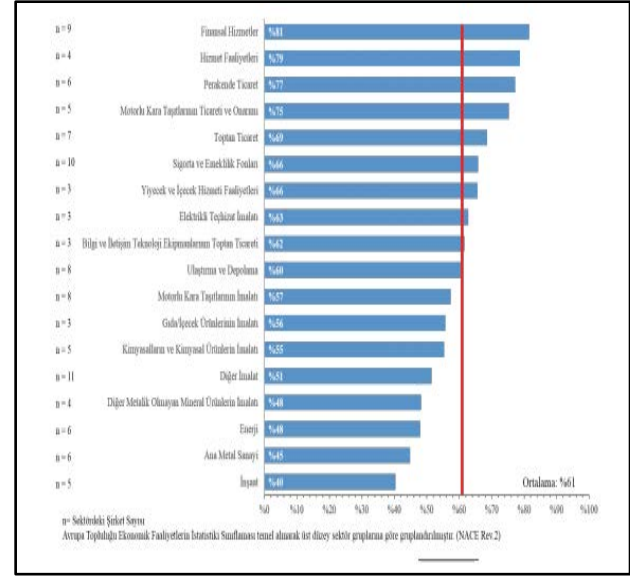
Şekil 5. Dünya'da ve Türkiye'de dijital dönüşüm [18].

Sanayide dijital dönüşüm sürecinde batılı ülkelerinin öncül olmaları ve bu yolculukta önemli ilerlemeler ve gelişmeler kaydetmelerine rağmen, Çin öngörülür sanayi vizyonu sayesinde, dijital dönüşümüne liderlik eden ülkelere bir örnektir. İmalat süreçlerini internet bağlantıları aracılığıyla otomatize edip düzenleyerek, verimliliğini arttırmak adına "Endüstriyel nesnelerin interneti" üzerine önemli yatırım yapmıştır. Çin'in 2025 yılı itibarıyla dünya endüstriyel internet bağlantısalılığının yüzde 30'unu barındıracağı tahmin edilmektedir. International Data Corporation (IDC) danışmanlık şirketi, Çin'in 2017 yılında tüm dünyada robotik sektörü üzerine yapılan toplam yatırımın, % 29'unu ve nesnelerin interneti üzerine yapılan yatırımların % 28'inin gerçekleştirdiğini belirtmiştir [13]. Türkiye'nin yüksek teknoloji ürün üretimi, ihracatı, mevcut ve planlanan Ar-Ge yatırımları ve bu yatırımların bütçesi göz önüne alındığında; sanayide dijital dönüşüm yarışında önde olan ve öncül konumundaki ülkeler ile kıyaslandığında, bu kapsamda vizyon ve strateji belirleme ve uygulamada devreye alma konusunda ivedilikle bu süreci yürütmesi gerekmektedir [12,14,15]. Türkiye'de sanayide dijital dönüşümün gerçekleştirilebilmesi için, teknoloji kullanan şirketlerin ve değer zincirindeki tüm

İştirakçilerin dijital dönüşüm yetkinlik seviyelerinin ölçülerek yetkinlik alanlarının belirlenmesi çok büyük önem arz etmektedir. Sanayide dijital dönüşüm sürecinde öncülük eden ülkelerin durumu incelendiğinde; dijital dönüşüm kapsamında yer alan yeni dijital teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonunun Dünya genelinde sürdürülebilir başarının anahtarı olduğu görülmektedir. Türkiye, bugün son endüstri devrimi konusunda fazla mesafe kat eden ülkelerden biri değildir. Eğer endüstri 4.0'ı uygulamaya geçirmek için gerekli teknolojik altyapıların oluşturulup hazırlanması ve yeni dönem için yeterli donanımın sağlanması uzmanların yetiştirilmesi için geç kalınırsa, bu durum Türkiye'nin uluslararası rekabet sürecinde çok büyük dezavantaj olacaktır. Bugünkü aşamada, küresel boyutta rekabet avantajını elde tutabilmek ve gücünü koruyabilmek isteyen her ekonomik güç gibi Türkiye'nin de en önemli misyonu; Endüstri 4.0'ın gerekliliklerini yapmaktır. Bunun için de Türkiye'nin öncelikli mevcut durum tespiti yapılması ve bu doğrultuda stratejik bir yol çizmesi gerekmektedir [6,7,9,11]. Rekabet gücü yüksek ekonomilerdeki üretim işletmelerinin dijital dönüşüm teknolojilerine ne derece hızlı entegre olabildiğini ölçebilmek için; BCG tarafından Almanya, ABD, Çin, Fransa ve İngiltere'deki [6], (312 Alman, 315 Amerikan, 322 Fransız, 322 İngiliz ve 258 Çin firması anketi) firmaların üst düzey yöneticilerinin dâhil olduğu bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Araştırma, 2016 yılında yapılmış olup, 2016 yılı itibarıyla; Çin'in lider ülke durumunu sürdürmekte olduğu, araştırmanın yapıldığı beş ülkenin de sanayide dijital dönüşüm ekseninde önemli ilerlemeler kaydettiği görülmüştür. Ayrıca; Çin menşeli şirketlerin, yakın gelecekte, dijital teknolojileri uygulamada devreye alma konusunda daha hazırlıklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmaya katılan Çin menşeli şirketlerin sadece %3'ünün dijital dönüşüme hazır olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, şirketlerin çoğunluğu son bir yıl içerisinde sanayide dijital dönüşüm konusunda ilerleme sağladığını belirtmiş olsa da, sadece %10'unun önemli seviyede ilerleme kaydedebildiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuç, sanayide dijital dönüşüm sürecinin uzun bir süreç olduğunun önemli bir göstergesidir. Araştırmaya katılan şirketlerin sanayide dijital dönüşüm teknolojilerini uygulama seviyeleri konusunda, ülkeler arasında farklılıklar olduğu görülmüştür. Ayrıca, tüm şirketlerin yaklaşık %60'ı sanayide dijital dönüşüm uygulamalarını gelecek beş sene içerisinde uygulamayı planladıklarını belirtmiştir. Araştırma bulguları, sanayide dijital dönüşüm farkındalığının yüksek olduğunu gösterse de, bu sürecin şirketlerin yetkinlik seviyelerine göre şekillenen, uzun vadeli planlama gerektiren bir süreç olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Boston Consulting Group [13] tarafından 2015 yılında yapılan detaylı bir araştırmada; Endüstri 4.0'ın yaygın olarak uygulanmasının önümüzdeki 10-15 yıl içerisinde Alman ekonomisi üzerinde çok önemli etkiler yaratma potansiyeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu etkinin üretimde dönüşüm maliyetlerinin % 15-25'ine karşılık gelen bir sanayi verimliliği artışı ile, yaklaşık 90-150 Milyar Euro'ya ulaşan bir maliyet avantajı sağlayacağı tahmin edilmektedir.

TÜSİAD ve BCG[11] tarafından gerçekleştirilen ortak çalışmada; Türkiye'de sanayide dijital dönüşüm yetkinliğinin ölçülmesi amaçlanmış olup, teknoloji kullanan ve dijital dönüşüme ihtiyaç duyan sanayi şirketlerinin mevcut durumu ve dijital dönüşümü sağlayan teknoloji tedarikçisi ekosistemin mevcut durumu incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre; Türkiye'de altı farklı sektörde faaliyet gösteren toplam 25 Türk

imalat şirket grubuyla detaylı görüşmeler gerçekleştirilmiş olup, araştırmaya katılan şirketlerin %61'i sanayide dijital dönüşüme hazır olduğunu belirtmesine rağmen, şirketlerin dijital dönüşüm yetkinlik seviyelerinin mevcut durumda düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Üretim işletmelerinin dijital dönüşüm yetkinlik seviyeleri [6].

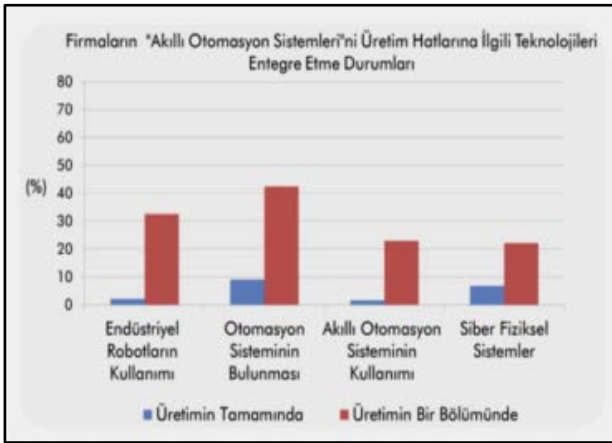
Araştırma sonucuna göre; Türkiye'de sanayi şirketlerinin dijital teknoloji uygulamaları açısından henüz başlangıç seviyesinde oldukları ve pilot projeler dışında dijital dönüşüm sürecinde büyük gelişme göstermedikleri görülmüştür [18]. Dijital olgunluk seviyesi en yüksek sektörler; otomotiv, beyaz eşya, elektronik, bilgisayar ve optik ürünler, malzeme, kauçuk ve plastik sanayi olarak belirtilmektedir. Bu analiz, Türkiye'nin küresel değer zincirinden pay alması, ihracat performansını güçlendirmesi ve sahip olduğu rekabet avantajının analiz edilmesi açısından oldukça önemlidir.

3. Geleneksel Üretim Modellerinin Endüstri 4.0 İle Entegrasyonu

Üretim işletmelerinin uzun vadede küresel rekabette başarı sağlayabilmeleri için; dijital dönüşüm kilidini açmaları ve endüstri 4.0 perspektifinde dijital dönüşüm ve üretim süreçlerinin entegrasyonu çok büyük önem arz etmektedir. Değişen müşteri taleplerine cevap verme, kitlesel olarak özelleştirilmiş ürünler üretme, büyük veri analizi ve veriyi doğru yorumlama, dijital teknoloji ile yeni iş modelleri kullanımı, yeniliklere entegre olabilecek nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi, daha verimli ve daha az atık üreten üretim süreçlerinin oluşturulması, dijital dönüşüm sürecinin önemli çıktıları olarak belirlenmiştir [19]. Üretim süreçlerinde dijital teknolojilerin kullanılması üzerine yapılan araştırmalara göre; üretim sürecinin tamamında ya da bir bölümünde, dijital teknolojilerin önemli ölçüde kullanılmaya başlanmış olduğu görülmüştür (Şekil 7).

Endüstri 4.0 ekseninde dijital teknolojilerin geleneksel üretim modeline entegrasyonu; verimlilik, büyüme, istihdam ve yatırım sarmalında önemli katkı potansiyeline sahiptir. Türkiye'deki sektör verileri, şirketlerden toplanılan bilgiler ve doğrulamalardan yararlanarak BCG [6] tarafından geliştirilen modele göre; Endüstri 4.0'ın başarılı şekilde geleneksel üretim

modelleri ile entegre edilmesi durumunda; Türkiye'deki üretim sektörlerinin verimliliğinde % 4-7 artış sağlayacağı ve bu artışın tahminen 50 milyar TL'ye ulaşan bir fayda potansiyeli olacağı belirtilmektedir. Sadece dönüşüm maliyeti değerlendirildiğinde, verimlilik artışının % 5-15 arasında olması beklenmektedir. Dijital dönüşümün üretim sürecine entegrasyonu ile; beyaz eşya sektöründe % 9-14; tekstil sektöründe % 10-16; kimya sektöründe % 8-12 ve yiyecek-içecek sektöründe % 9-12 potansiyel verimlilik artışı tahmin edilmektedir. Endüstri 4.0 çerçevesinde; üretimde yıllık yaklaşık % 3'e kadar ulaşabilecek bir artış ve 150-200 milyar TL düzeyinde ek gelir beklenmektedir. Türkiye'de sanayi sektörünün, Endüstri 4.0 teknolojilerini üretim sürecine dâhil etmek için önümüzdeki on yılda yaklaşık 10-15 milyar TL yatırım yapması gerektiğini tahmin edilmektedir.



Şekil 7. Türkiye'de dijital teknolojilerin üretim entegrasyonu [18].

4. Sonuçlar Ve Öneriler

Türkiye ve Dünyada sanayi sektörünün mevcut durumu değerlendirildiğinde; verimlilik ve yatırım darboğazını aşmak için dijital dönüşümün mutlak bir gereklilik olduğu açıktır. Dijital teknolojilerin geleneksel üretim modellerine entegrasyonu; ulusal kalkınma ekseninde; verimlilik, büyüme, istihdam ve yatırım potansiyeli açısından bir zorunluluktur. Bu süreçte dijital dönüşümü üretim süreçlerine entegre eden ülkeler ve şirketler küresel rekabet avantajı elde edecektir. Türkiye özelinde endüstri 4.0 perspektifinde üretimde dijital dönüşüm değerlendirildiğinde; bu süreçten ancak ülke devlet, üniversite, sanayi, şirket ve birey bazında tüm paydaşları kapsayan, eş güdümlü ve iyi tasarlanmış bir yaklaşımla fayda sağlanması mümkün olacaktır. Endüstri 4.0 ekseninde dijital iş modellerini başarı ile devreye alabilmek için; motivasyon, finansman, altyapı ve çalışma ortamı, önem arz etmektedir. İleride Endüstri 4.0 ekseninde gerçekleştirilecek çalışmaların başarısında; öncelikle sanayi işletmelerinin dijital süreçler konusunda mevcut durumlarının belirlenmesi ve gerekli altyapı ve insan kaynağının planlaması çok kritiktir. Bu kapsamda; sanayide dönüşüm için, teknoloji ve yenilik kapasitesinin geliştirilmesi ve nitelikli işgücünün yetiştirilmesi, veri iletişim altyapısının güçlendirilmesi, kurumsal yönetişimin güçlendirilmesi çok büyük önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- [1]. T. Bauernhansl, M. t. Hompel ve B. Vogel-Heuser, *Industrie 4.0 Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung - Technologien - Migration*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- [2]. E. Westkämper, *Towards the Re-Industrialization of Europe: A Concept for Manufacturing for 2030*, Berlin: Springer Verlag, 2014.
- [3]. «Digital Transformation of European Industry and Enterprises: A report of the Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship.» European Commission, Brussels, 2015.
- [4]. P. Gerbert , M. Harnisch, P. Engel, J. Justus, M. Rüßma, M. Lorenz ve M. Waldner, «Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.» 2015.
- [5]. Trenkle, «Industry 4.0 Challenges Applications and Potentials.» %1 içinde Uluslararası İleri Endüstriyel Otomasyon Kongre ve Sergisi, İstanbul, 2014.
- [6]. «Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi.» Boston Consulting Group, İstanbul, 2016.
- [7]. M. S. Çeliktaş, G. Sonlu, S. Özgel ve Y. Atalay, «Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası.» *Mühendis ve Makina*, cilt 56, no. 662, pp. 24-34, 2016.
- [8]. R. McManus, M. McDonald ve L. Henneborn, «Digital Double-Down: How Far Will Leaders Leap Ahead?» Accenture, 2014.
- [9]. «"Akıllı" Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi.» EKOIQ: Endüstri 4.0, 2014.
- [10]. «Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı.» TÜSİAD, İstanbul, 2016.
- [11]. «Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği.» TÜSİAD, 2017.
- [12]. «Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector.» McKinsey & Company, 2015.
- [13]. P. Gerbert , M. Lorenz , M. Rüßma, M. Harnisch, P. Engel, J. Justus ve M. Waldner, «Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.» Boston Consulting Group, 2015.
- [14]. Konak, «Yüksek Teknoloji İçeren Ürün İhracatının İhracat Hacmi ve Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi; Seçilmiş OECD Ülkeleri ve Türkiye Örneği.» *Yönetim, Ekonomi, Edebiyat, İslami ve Politik Bilimler Dergisi*, cilt 3, no. 2, pp. 56-80, 2018.
- [15]. E. Bulut ve T. Akçacı, «Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi.» *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, no. 7, pp. 50-72, 2017.
- [16]. H. Kagermann, W. Wahlster ve J. Helbig, «Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0.» Working Group, Frankfurt, 2013.
- [17]. «Dijital Dönüşüm.» Şubat 2018. [Erişim; 17.10.2019]. Available: <https://infooloji.com/wp-content/uploads/2018/03/2-dijital-donusum.pdf>.
- [18]. C. Sağroğlu, «Üretimde Dijital Dönüşüm.» %1 içinde Bilişimle-Gelişim: Türkiye'de Dijital Dönüşüm, Ankara, 2018.
- [19]. B. Ege, «4. Endüstri Devrimi Kapıda mı?» *Bilim ve Teknik*, no. 558, pp. 27-29, 2014.
- [20]. «Türkiye'nin Sanayi Devrimi "Dijital Türkiye" Yol Haritası.» T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018.