

## **DİJİTAL DÖNÜŞÜM PARADİGMASI: ENDÜSTRİ 4.0**

**Prof. Dr. Süleyman TÜRKEL<sup>1</sup>**

**Fatma YEŐİLKUŐ<sup>2</sup>**

### **ÖZET**

Üretim araçlarının organize edilmesinin yeni bir yöntemi olarak ifade edilen Endüstri 4.0, günümüz ekonomisinin yeni bir gerçeği olmakla birlikte; organizasyonlardaki üretim sistemleri, tasarım, operasyonlar ve hizmetleri önemli ölçüde dönüőtürmektedir. Bu kapsamda, fiziksel ve dijital dünyayı giderek birbirine entegre etmesiyle diğer endüstriyel devrimlerden teknolojik anlamda daha ayırt edici bir devrim olan Endüstri 4.0; bu çalışmanın da temelini oluőturan lojistik, Araştırma-Geliőtirme (Ar-Ge) ve eğitim gibi faaliyet alanlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Buradan hareketle bu çalışmayla, Endüstri 4.0 paradigmasının doğru bir şekilde anlaşılması suretiyle “Endüstriyel Devrim”lerin tarihsel gelişimini, Endüstri 4.0’ın başlıca bileşenlerini ve yoğun olarak etkilemiş olduğu lojistik, Ar-Ge ve eğitim gibi faaliyet alanlarındaki uygulamalarını detaylı bir şekilde inceleyerek ilgili literatüre katkı sağlamak ve bu doğrultuda gerekli çıkarımlarda bulunmak amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Sanayi Devrimi, Lojistik 4.0, Ar-Ge, Eğitim 4.0

### **THE PARADIGM OF DIGITAL TRANSFORMATION: INDUSTRY 4.0**

#### **ABSTRACT**

Industry 4.0, which is expressed as a new method of organizing production tools, is a new reality of today’s economy and significantly transforms production systems, design, operations and services in the organizations. In this respect, Industry 4.0, which is a more technologically distinctive revolution from other industrial revolutions due to the exponentially engagement of the physical and digital world, impacts on the fundamental fields of activity such as logistics, Research and Development (R&D) and education that are the main field of this study. From this point of view, for understanding the paradigm of Industry 4.0 appropriately, the study aims at contributing to the related literature via examining the historical developments of the “Industrial Revolutions”, the main components of Industry 4.0, and its implementations in logistics, R&D and education that have been strictly and intensely influenced in detail and making future deductions in this line.

**Keywords:** Industry 4.0, Industrial Revolution, Logistics 4.0, R&D, Education 4.0

---

<sup>1</sup> Toros Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü, [suleyman.turkel@toros.edu.tr](mailto:suleyman.turkel@toros.edu.tr)

<sup>2</sup> Toros Üniversitesi SBE Doktora Öğrencisi, [fbyesilkus@gmail.com](mailto:fbyesilkus@gmail.com)

## GİRİŞ

Dijitalleşmenin giderek yaygınlaşması, meslekleri, iş ilişkilerini, çalışma kavramını, eylem biçimlerini ve aynı zamanda üreticilerin beklentilerini etkilemektedir. Dijital dünyada yaşanan hızlı gelişmeler; teknolojik-bilimsel bir devrimin oluşumu, insan-makine iş birliği sürecinin tersine çevrilmesi ile duyarlı ve hızlı cevap verebilen bir ekonomik sürece geçişin kombinasyonu sonucunda meydana gelmektedir (André, 2019: 3). Bu bağlamda endüstriyel dijitalleşme döneminde organizasyonlar, süreçlerinin, makinelerinin, iş görenlerinin ve hatta ürünlerine ilişkin verilerin doğru bir şekilde toplanması, analiz edilmesi, işletmenin gelişiminin değerlendirilmesi ve performansının iyileştirilmesi noktasında entegrasyonu sağlanmış bir ağın oluşumuna giderek daha fazla yatırım yapmaktadır (Nagy vd., 2018: 1).

Bu çerçevede “Endüstriyel Devrimler” önemli gelişmeler sağlamıştır. Temel anlamda dört büyük sanayi devriminin var olduğu görülmektedir (Baygın vd., 2016: 1). Birinci, ikinci ve üçüncü sanayi devrimi sırasıyla buhar gücü, elektrifikasyon ve otomasyon kullanarak endüstri ve endüstriyel süreçleri değiştirirken (Pessôa ve Becker, 2000: 1), Endüstri 4.0 ekonomideki tüm üretken birimlerin tutarlı bir şekilde sayısallaştırılması ve birbirine bağlanmasıyla (Xing ve Marwala, 2017: 2) yalnızca organizasyonları değil, lojistik ve Ar-Ge faaliyetlerini de beraberinde etkilemiştir (Parham ve Tamminga, 2018: 180). Bununla birlikte, Endüstri 4.0, eğitimsel inovasyon ortamını da beraberinde değiştirerek, eğitimde insan-makine ara yüzünü daha evrensel hale getiren yapay zekâ ve dijital fiziksel platformlarla Eğitim 4.0’ın oluşmasına zemin hazırlamıştır (Shahroom ve Hussin, 2018: 315). Bu hususlardan hareketle çalışmanın amacı, Endüstri 4.0’ın tanımının doğru bir şekilde anlaşılabilmesi noktasında Endüstriyel Devrimlerin tarihsel gelişimine ek olarak, Endüstri 4.0’ın temel karakteristik özelliklerini ve yoğun olarak etkilediği lojistik, Ar-Ge ve eğitim alanlarındaki uygulamalarını detaylı bir şekilde inceleyerek ilgili literatüre katkıda bulunmaktır.

### 1. ENDÜSTRİYEL DEVRİMLERİN GELİŞİMİ

Sanayi devrimi, toplumu ve ekonomiyi kökten değiştiren bir kavram ve gelişmeyi nitelendirmektedir (Bloem vd., 2014: 12). Bu bağlamda, sanayi devriminin başlangıcından bu yana gelişen teknolojiyle birlikte verimlilikte önemli sonuçlar elde edilmiş; buhar motorunun keşfiyle, 19. yüzyılda fabrikalar güçlenmiş, elektrifikasyon ile yirminci yüzyılın başlarında seri üretim başlamış ve 1970’lerde sanayiler makineleşmiştir. Akabinde endüstriyel teknolojik gelişmeler ve özellikle “Bilgi Teknolojileri (BT)”nin dönüşümü daha da dikkat çekmiştir (Rüßmann vd., 2015: 54).

Endüstriyel devrimlerin, ekonomik gelişmelere hayati derecede katkıda bulunması ve katlanarak büyüyen teknolojilerle günümüzün dijital ve yapay zekâ üretim sisteminin itici gücü olması sebebiyle önem arz ettiği görülmektedir. Bu bağlamda, ekonomik kalkınmada ve rekabet gücünde kritik rol oynayan teknolojik üretim sistemlerinin ülkeler tarafından neden yakından takip edilmesi veya bu teknolojik ilerlemeye nasıl adapte olunması gerektiği dikkat çekmektedir (Koç ve Teker, 2019: 305).

Bu hususlar doğrultusunda, endüstriyel devrimlerin her birinin zamanının geleneksel endüstriyel yaklaşımlarını, tüm toplumun ve bireyin yaşam biçimini kökten değiştiren yenilikçi bir yaklaşım uyguladığı varsayılmaktadır (Kravchenko ve Kyzymenko, 2019: 122).

### 1.1. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)

Makineleşme tarihinin en seçkin dönüm noktalarından birisi olan Birinci Sanayi Devrimi, 1750-1760 yıllarında İngiltere’de başlamış ve etkisi, 1820-1840’lı yıllara kadar devam etmiştir (Mohajan, 2019a: 378). Dünya tarihinde “Sanayi Devrimi 1.0”ın göstergesi veya başlangıç noktası olarak açıkça temsil edilen James Watt’ın buhar gücünü icat etmesi, bu dönem için en iyi bilinen bilgi olma niteliği taşımaktadır (Koç ve Teker, 2019: 305). Bu açıdan buhar motorunun getirmiş olduğu yenilikler, imalat sanayinin üretim kapasitesini son derece artırmış ve kömür madenciliği gibi endüstrilerin gelişmesinde kritik bir rol oynamıştır (Agarwal ve Agarwal, 2017: 1064).

Birinci Sanayi Devrimi, insan ve hayvan işçiliğinden makinelere geçişin sağlanması, yeni kimyasal üretim ve demir üretim süreçlerinin oluşturulması, su gücünün kullanımıyla verimliliğinin artırılması, buhar gücünün artan kullanımı ve makinelerin geliştirilmesiyle meydana gelmiştir (Allen, 2006: 2000; Rifkin, 2016: 9). Açık bir ifadeyle, ekonomik büyümenin kademeli olarak hızlanmasının ve işgücünün belirgin şekilde sanayileşmesinin paradoksal bir birleşimi ile ortaya çıkmıştır (Crafts, 2005: 537). Yanı sıra, Birinci Sanayi Devrimi, “Tarım Devrimi”ni beraberinde getirmiş; tarım verimliliğinin artmasıyla endüstrinin gelişimi ivme kazanmış ve makine ile ekipmanlar çoğaltılmıştır (Bairoch ve Velen, 1966: 49).

### 1.2. İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)

Elektrik, içten yanmalı motor, kimya endüstrileri, alaşımlar, petrol ve diğer kimyasallar, telgraf, telefon ve radyo gibi iletişim teknolojileri gibi çok sayıda yeni teknolojilerin keşfedilmesiyle (Gordon, 2000: 49; Rifkin, 2016: 9), 1860-1914 dönemi İkinci Sanayi Devrimi olarak nitelendirilmektedir (Mohajan, 2019b: 1). Henry Ford’un oluşturduğu montaj hattı, üretim sürecinin tarihindeki paradigma değişikliğini endüstriyel bir devrime itmiş; Model T, montaj hattındaki ilk otomobil olarak, daha ucuz arabaların üretimini ve pazarda daha yüksek ücretli işlerin var olmasını kolaylaştırmıştır (Koç ve Teker, 2019: 305).

Dahası İkinci Sanayi Devrimi döneminde, Michael Faraday tarafından elektromanyetik sistemi kurulmuş ve fabrikalardaki elektriğe ilişkin komplikasyonların oluşması engellenmeye çalışılmıştır. Elektrifikasyonun bulunmasıyla, çalışma koşulları önemli ölçüde artmış, gaz aydınlatmasının neden olduğu kirlilik ortadan kalkmıştır (Agarwal ve Agarwal, 2017: 1064). Ek olarak, İkinci Sanayi Devrimi, bilgi biçimi ya da bilim ve teknoloji arasındaki karşılıklı geri bildirimleri hızlandırmakla birlikte Birinci Sanayi Devriminin oldukça sınırlı ve yerelleştirilmiş başarılarını çok daha geniş bir faaliyet ve ürün yelpazesine yaymıştır. Bu bağlamda yeni teknolojiler, orta ve işçi sınıflarının günlük yaşamlarına daha önce hiç olmadığı kadar ulaştığından, yaşam standartları ve paranın satın alma gücü hızla artmıştır (Mokyr, 1999: 219).

Diğer bir ifadeyle, üretim sürecinde artan sermaye kullanımı, pazarların genişlemesi, arz ve talebin artması, büyük şirketlerin ortaya çıkması sebebiyle işletmeler, üretim faktörlerinin verimliliğini artırmak ve gelişmekte olan ücretli işçi sınıfının taleplerini karşılamak amacıyla yönetimdeki çalışmaların, uygulamaların ve özellikle personelin organizasyonu ve motivasyonundaki çalışmaların geliştirilmesine özen göstermiştir (Coluccia, 2012: 52).

### 1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)

Üçüncü Sanayi Devrimi, bilgisayar teknolojisinin ara yüz olarak kullanıldığı tamamen farklı bir dönem olarak ifade edilmekle birlikte bu dönemde, insan gücünün öneminin giderek azaldığı ve üretim hızının bilgisayar sistemleriyle önemli ölçüde arttığı bilinmektedir (Koç ve Teker, 2019: 305). Bu bağlamda, Üçüncü Sanayi Devriminde dijital araç ve ekipmanlar hem tasarım hem de üretim için üreticiler tarafından yaygın bir şekilde kullanılmakta ve bu durumun, tasarımların paylaşılmasını ve iş birliği yapılmasını kolaylaştırdığı varsayılmaktadır. Ayrıca doğrudan dijital üretim sayesinde üreticiler, daha büyük ölçekte üretim kaynağı oluşturarak piyasaya sunabilmektedir (Troxler, 2013: 2).

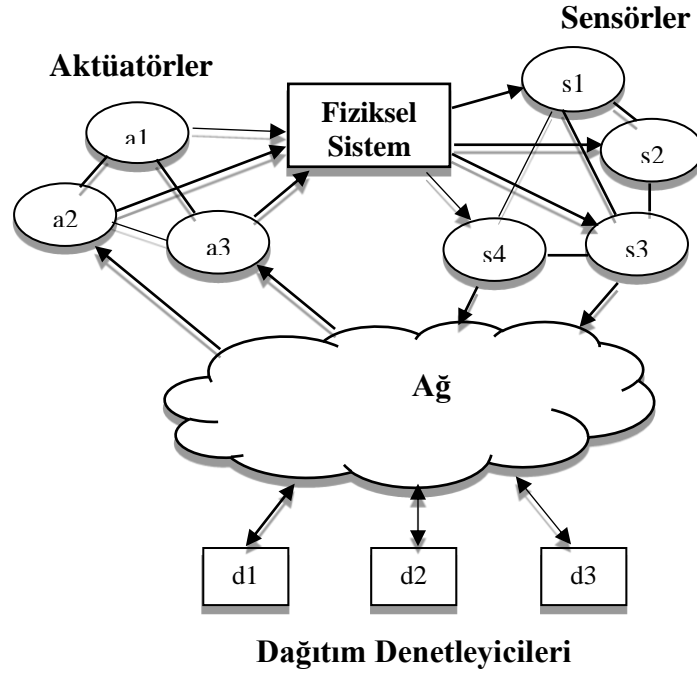
Üçüncü Sanayi Devriminde, kısmen hidrojen şeklinde depolanan veya akıllı ara şebekeler aracılığıyla oluşturulan yenilenebilir enerjinin ortaya çıkması, ekonomiyi ve üretimi etkileyen önemli bir unsur olma niteliği taşımaktadır (Rifkin, 2008: 27). Bu kapsamda geleneksel fosil yakıt temelli toplumdaki, yenilenebilir enerji veya alternatif enerji temelli topluma doğru yönelen bir paradigmayı ifade etmektedir. Bununla birlikte sıfır marjinal maliyet toplumu, nesnelere interneti ve 3 boyutlu yazıcı gibi BT'nin en son odaklandığı teknolojik yenilikleri nitelemektedir (Lee vd., 2018: 22). Açık bir ifadeyle özellikle internet, yazılım, donanım ve telekomünikasyondaki teknolojik ilerlemeler dikkat çekmekte ve bu teknolojik ilerlemeler ticari uygulamaları da beraberinde dönüştürerek, üretkenlikte önemli kazanımlar sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Smith, 2001: 1).

## 2. DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 4.0)

Endüstri 4.0, günümüzde yaşanan dijitalleşmenin ve üretim sürecinin insan tarafından manuel müdahale ile sağlanabileceği bir "Dijital Devrim" olarak tanımlanmaktadır. Temel amaç, mevcut üretimin, dijital üretim ihtiyaçlarına daha iyi uyacak bir şekilde adapte edilmesi ve geliştirilmesi olarak kabul edilmektedir (Kumar ve Nayyar, 2020: 1). Endüstri 4.0 kavramı veya geleceğin endüstrisi, üretim araçlarını organize etmenin yeni bir yöntemi olarak ifade edilmektedir. Bu yeni endüstri, sanal dünyanın, dijital tasarım ve yönetimin (finans ve pazarlama) gerçek dünyadaki ürün ve nesnelere yakınsaması olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, Dördüncü Sanayi Devriminin, tüketicileri benzersiz ve kişiselleştirilmiş ürünlerle baştan çıkarmayı ve düşük üretim hacimlerine rağmen önemli finansal kazançlar elde etmeyi amaçlamaktadır (André, 2019: 17).

Endüstri 4.0, temel olarak katma değerli ağların kurulmasını sağlamak için üretim tesisleri, tedarik zincirleri ve hizmet sistemlerinin entegrasyonundan meydana gelmektedir. Bu nedenle başarılı bir adaptasyon için büyük veri analitiği, otonom (uyarlanabilir) robotlar, siber fiziksel altyapı, denetleyiciler, simülasyon, yatay ve dikey entegrasyon, sensörler, bulut sistemleri, ek üretim ve artırılmış gerçeklik gibi yeni teknolojilerin gerekliliği önem arz etmektedir (Salkın vd., 2018: 4; Hwang, 2019: 290; Ndung'u ve Signé, 2020: 1). Bu kapsamda, Endüstri 4.0'ın şematik gösterimi Şekil 1'de yer almaktadır.

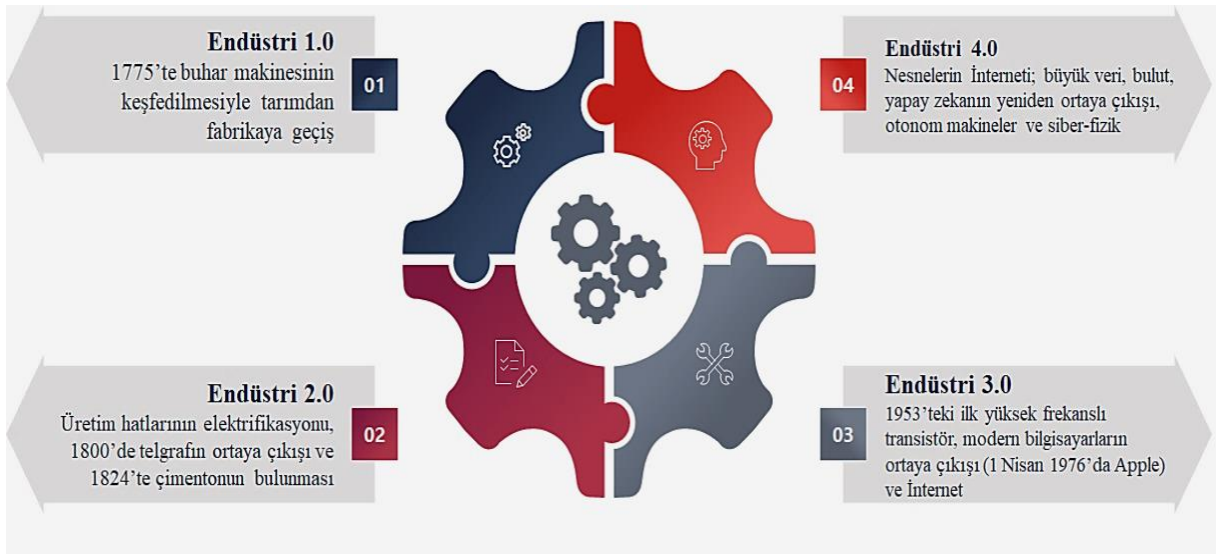
Şekil 1: Endüstri 4.0 Modeli



**Kaynak:** Barreto vd. (2017: 1247)'den uyarlanmıştır.

Bu bağlamda Endüstri 4.0 ürünlerin dijitalleştirilmesi, büyük veri ve bulut bilişim sistemlerinin varlığı (Moavenzadeh, 2015: 4) ve tüm disiplinleri, ekonomileri ve endüstrileri etkileyen, fiziksel, dijital ve biyolojik dünyaları birbirine entegre eden bir dizi yeni teknolojiyle karakterize edilmesi sebebiyle diğer endüstriyel devrimlerden teknolojik anlamda daha ayırt edici ve daha farklıdır (Schwab, 2016: 15). Bu fark, Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2: Endüstriyel Devrimler



**Kaynak:** Dastbaz (2019: 2)'dan uyarlanmıştır.

Bu doğrultuda Endüstri 4.0, siber-fiziksel ortamı kullanan üretim teknolojilerindeki otomasyon ve yüksek kaliteli bilgi akışlarındaki mevcut eğilimi nitelemektedir. Bununla birlikte veri hacmindeki artış, bilgi işlem gücü ve bağlanabilirliğin (*connectivity*) dijitalleşmesiyle sınıflandırılmaktadır (Balog vd., 2019: 1). Yanı sıra bilgi işlem gücü, akıllı kontrol ve bağlanabilirlik konusundaki ilerlemeler, yalnızca akıllı ürünlerin geliştirilmesine değil aynı zamanda diğer bazı alanlarda da köklü değişikliklere izin vermektedir (Pessôa ve Becker, 2020: 1). Örneğin, organizasyonel süreçleri dijitalleştirerek bu süreci dikey olarak bütünleştirmekle birlikte, tedarikçiden müşterilere tüm dahili süreçleri yatay olarak bütünleştirmektedir. Açık bir ifadeyle, “merkezileştirilmiş” üretim biçiminden “merkezi olmayan” üretime geçişteki paradigmayı nitelemektedir. Böylece makineler ürünü yalnızca basit bir şekilde işlemekten öte; bilgi ağına, iş ortaklarına, paydaşlarına ve müşterilerine bir şekilde entegre olmaktadır (Xing ve Marwala, 2017: 2). Buradan hareketle nesnelere interneti, hizmetler, veriler ve insanları kapsayarak üretimin geleceğini değiştiren Endüstri 4.0, Şekil 3’te gösterildiği üzere dört temel bileşene sahip olmaktadır.

**Şekil 3: Endüstri 4.0’ın Dört Temel Bileşeni**



**Kaynak:** Deloitte (2015: 1)’den uyarlanmıştır.

Dahası Tablo 1’de ifade edildiği şekilde, Dördüncü Sanayi Devriminin yapısının; teknolojiler, uygulamalar ve destek veren kurumlar olmak üzere üç unsuru içerdiği dikkat çekmekle birlikte bu yapının, paydaşların talep ve beklentilerine göre değişebildiği ifade edilmektedir (Moon ve Seol, 2017: 256). Bu çerçevede Endüstri 4.0’da yer alan teknolojiler; çekirdek ve taban teknolojiler olarak ikiye ayrılmakta; uygulamalar, ürünler ve akıllı sistemler olarak ele alınmakta ve destekleyici kurumların da bu yapıda yer aldığı görülmektedir (Hwang, 2019: 290).

**Tablo 1: Endüstri 4.0'ın Yapısı**

Alan	Sektör	Yenilikler/Uygulamalar
<b>Teknolojiler</b>	<i>Çekirdek Teknolojiler</i>	Nesnelerin interneti, yapay zekâ, bulut sistemler, büyük veri, robot ve 5G iletişim
	<i>Taban Teknolojiler</i>	Veri güvenliği, sensör, yeni malzeme ve genom teknolojileri
<b>Uygulamalar</b>	<i>Ürünler</i>	Giyilebilir, sentetik ve biyolojik ürünler
	<i>Akıllı Sistemler</i>	Akıllı araba, akıllı fabrika, akıllı güvenlik, akıllı savunma, akıllı enerji
<b>Kurumlar</b>	<i>Yasal Zemin</i>	Veri özellikleri, test ve sertifikalandırma, akıllı uygulamalar için yönergeler

**Kaynak:** Moon ve Seol (2017: 256)'dan uyarlanmıştır.

Diğer taraftan dijital dönüşümün yasal zemininin oluşturulmasında hükümet, siyasi elitler ve yöneticilerin; “Endüstri 4.0 ve Lojistik” ile “Endüstri 4.0 ve Ar-Ge” gibi faaliyet alanlarında dijital dönüşümün kilit faktörlerini göz önünde bulundurması gerekmektedir (Parham ve Tamminga, 2018: 180).

Bu açıdan hükümetin Ar-Ge yatırım programlarının, devlet bilgi işlem gücüne erişimi; uzay, ilaç ve teknolojide büyük atılımlar da dahil olmak üzere ortak malların yaratılması, dağıtılması ve özel pazarların katalize edilmesinde etkili bir rol oynadığı kabul edilmektedir. Çünkü hükümetler, piyasadaki sosyal, ekonomik veya çevresel sorunların belirlenmesine (Herweijer vd., 2018: 8), üretimin akılcı işletmecilik uygulamaları çerçevesinde gerçekleştirilmesine ve iş yapma kolaylığının (*ease of doing business*) sağlanmasına (Özbozkurt, 2020: 414) yönelik düzenleyici piyasa mekanizmaları oluşturabilme yetkisine sahip olmaktadır (Herweijer vd., 2018: 8).

### 2.1. Endüstri 4.0 ve Lojistik

Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne uygulanması “Lojistik 4.0” olarak adlandırılmaktadır. Bu bağlamda nesnelerin interneti, büyük veri ve veri madenciliği ile hizmetlerin interneti gibi akıllı hizmetler ve ürünler, Lojistik 4.0'ın önemli bileşenleri olmaktadır (Radivojević ve Milosavljević, 2017: 287). Lojistikte kullanılan bu akıllı ürünler; tedarikçi ve müşteri arasındaki iletişimin sağlanması, süreçlerin kontrol edilmesi ve müdahalenin kolaylaşmasında; akıllı hizmetler ise ölçüm, fiyatlandırma ve bilgi hizmetlerinin sağlanmasında kritik rol oynamaktadır (Göçmen ve Erol, 2018: 77). Bununla birlikte akıllı ürün ve hizmetler, insan müdahalesiyle gerçekleşen faaliyetleri kapsamakta ve akıllı lojistiği oluşturmaktadır. Akıllı lojistik ise pazardaki düzenlemeleri değiştirebilen ve işletmenin müşteri ihtiyaçlarını anlayıp tespit edebilen bir lojistik sistemini ifade etmekte olup; müşteri hizmetleri seviyesinin artırılması, üretim optimizasyonunu iyileştirmeyi ve üretim maliyetlerini düşürmeyi hedeflemektedir (Barreto vd., 2017: 1247).

Çağdaş tedarik zinciri uygulamalarındaki en yeni teknolojilerin tanımlanmasına odaklanan ve yeni bir paradigma olarak tanımlanan Lojistik 4.0, süreçsel (tedarik zinciri süreçleri) ve teknik (tedarik zincirlerindeki dahili süreçleri destekleyen araçlar ve teknolojiler) faaliyetlerin birbirine entegre olmasıyla ortaya çıkmaktadır (Szymańska vd., 2017: 299-303). Ek olarak bu yeni paradigma, gerçek zamanlı olarak makineler ve insanlar arasındaki iletişimi sağlayan internet kullanımının artması ve gelişmiş dijitalleşmenin kullanılmasının bir sonucu olmakta ve etkili bir Lojistik 4.0 için birtakım uygulamaların varlığı önem arz etmektedir. Bu çerçevede, Şekil 4, Lojistik 4.0'ın başlıca unsurlarını ifade etmektedir.

**Şekil 4: Lojistik 4.0'ın Başlıca Unsurları**



**Kaynak:** Barreto vd. (2017: 1248-1250)'den uyarlanmıştır.

Bu bağlamda tedarik zincirlerinde meydana gelebilecek değişikliklerin genel üretkenliğini, esnekliğini ve faaliyet hızını artıran ve süreçlerin optimizasyonunu güçlendirmede kritik rol oynayan kaynakların (insanlar, malzemeler, ekipman vb.) planlanması; ulaşım yönetimi, kontrol, altyapı, operasyonlar, politikalar ve kontrol yöntemlerini organize ederek bilgi işlem donanımı, konumlandırma sistemi, sensör teknolojileri, telekomünikasyon, veri işleme, sanal operasyon ve planlama tekniklerini içeren akıllı ulaşım sistemleri; bulut tabanlı sistemlerin yaygınlaşarak işletmelerin daha iyi ve yenilikçi hizmet sunmasında ve rekabet avantajı elde etmesini içeren bilgi güvenliği; tüm değer zinciri aşamalarında koordinasyon ve uyumun sağlanarak ürünlerin belirli bir yerde olmasını ifade eden depo yönetim sistemleri ve sipariş, dağıtım merkezi ile depo arasındaki etkileşimin etkili bir şekilde sürdürülmesini niteleyen ulaşım yönetim sistemlerinin varlığı, Lojistik 4.0 için kritik bir rol oynamaktadır (Barreto vd., 2017: 1248-1250).

## 2.2. Endüstri 4.0 ve Ar-Ge

Son zamanlarda organizasyonlar, yüksek düzeyde rekabetçi iş süreçleri ve koşulları sebebiyle hizmet kalitesine ve organizasyonel sürdürülebilirlik konusuna dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda organizasyonlar, işletme alanına bakılmaksızın, kâr elde etmenin yeni ve farklı yönlerini keşfedebilmek ve organizasyonel amaçlara ulaşabilmek için çaba göstermekte (İnce ve Özbozkurt, 2019: 103) olup, Ar-Ge faaliyetlerini artırmaya yönelik aksiyonlarda bulunabilmektedir.



Endüstri 4.0 projelerinin başarılı olabilmesinde Ar-Ge faaliyetleri hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda Endüstri 4.0'ı benimseyen işletmelerin verimliliğinin, ekonomik performansının ve rekabet edilebilirliğinin artmasında Ar-Ge sonuçlarının iş süreçlerine dahil edilmesi önem arz etmektedir (Švarcová vd., 2019: 1848).

Ar-Ge programlarına sürekli yatırım yapılması, işletmelerin sınır ötesi ortaklarını tanımlamada ve araştırma projelerinde iş birliğinin gerçekleşmesine yardımcı olabilmekte ve Endüstri 4.0 kapsamında teknoloji konseptlerinin en iyi uygulamalarının tasarlanması ile teknolojik yol haritalarının geliştirilmesine olanak sağlayabilmektedir (Blanchet vd., 2014: 21). Dahası Ar-Ge faaliyetlerinin ve araştırma enstitülerinin kurulması müşteri ilişkilerinin gelişmesine olanak sağlamakta ve proje ekiplerinin oluşturulması, Endüstri 4.0 çözümlerinin geliştirilmesi ve uygulanması, işletmenin rekabet edilebilirlik düzeyini de olumlu yönde etkilemektedir (Veile vd., 2019: 13).

### 2.3. Endüstri 4.0 ve Eğitim

Endüstri 4.0, yalnızca işletmeleri, işletmelerdeki yönetim sürecini, hükümetleri ve insanları etkilemekle kalmamış; aynı zamanda, eğitimi de etkilemiş ve Eğitim 4.0 ortaya çıkmıştır (Hussin, 2018: 92). Açık bir ifadeyle Dördüncü Sanayi Devrimi, eğitimsel inovasyon ortamını da değiştirmiş ve inovasyondaki bu hızlı devrim, “Eğitim 4.0” modelini ortaya koymuştur. Bu çerçevede Eğitim 4.0, eğitim gelişimi ve becerisine odaklanmakta ve öğrenmenin hiper, akıllı, taşınabilir ve sanal versiyonunu ifade etmektedir (Shahroom ve Hussin, 2018: 315).

Eğitim 4.0, toplumun “İnovasyon Çağı”ndaki öğrenme ihtiyacını karşılamakta ve bağlanabilirlik ile görselleştirmenin entegrasyonundan meydana gelmektedir. Ayrıca bu öğrenme modeli, öğrencinin toplumdaki değişikliklere göre gelişmesine yardımcı olan yeni teknolojiyi uygulama yeteneğini geliştirebilmektedir (Maria vd., 2018: 3). Yanı sıra Endüstri 4.0'ın eğitimde kullanılması nitelikli personelin eğitimi açısından da önem arz etmekte olup, nitelikli personelin öğrencilere Eğitim 4.0'ın tasarım ilkelerini benimsetmesi kolaylaşabilecektir. Bu kapsamda bilgi teknolojisi kavramı kullanılarak işlenecek ve görsel unsurlarla desteklenecek ders içeriğindeki değişikliklere ek olarak öğretimin etkinliğini de artabilecektir (Baygın vd., 2016: 4). Ancak Eğitim 4.0'ın birtakım zayıf yönleri de bulunmakta ve bu çerçevede Tablo 2, Eğitim 4.0'ın güçlü ve zayıf yönlerini ifade etmektedir.

**Tablo 2: Eğitim 4.0'ın Güçlü ve Zayıf Yönleri**

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
<ul style="list-style-type: none"><li>Eğitimcilerin yeni teknoloji araçlarına katılması için bir fırsat yaratması</li><li>Teknoloji bilgisini ve kullanımını geliştirmesi</li><li>21. yüzyıla adapte olarak teknoloji ortamlarının geliştirilmesi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Dijital toplulukların beklentileri karşılamaması</li><li>Değişime direnç</li><li>Dijitale bağımlı olarak sosyal hayattan uzaklaşma</li></ul>

**Kaynak:** Lawrence vd. (2019: 515-517)'den uyarlanmıştır.

Tablo 2’den hareketle Eğitim 4.0, eğitimcilerin endüstri ile entegre olma ve yeni teknoloji araçlarına adapte olma fırsatını yaratmakla birlikte bu durum, öğrencileri, düşünmeye ve öğrenme sürecine dahil olmaya teşvik edebilmektedir. Ek olarak gerek eğitimci gerekse öğrencilerin teknolojiye ilişkin bilgi ve kaynakları doğru ve uygun yöntemlerle geliştirip uygulamasına olanak sağlayabilmektedir. Ayrıca Eğitim 4.0, 21. yüzyıl koşullarına göre teknolojinin gelişimini entegre edebilmek adına bir platform oluşturabilmektedir. Yanı sıra dijital toplulukların beklentilerinin sağlanamaması, Eğitim 4.0’ın zayıf bir yönü olmakla birlikte teknolojinin beraberinde getirdiği problemlerin varlığı, bireyleri değişime karşı direnmeye itmekte ve bu çerçevede stres meydana gelebilmektedir (Lawrence vd., 2019: 514-517). Nitekim Özbozkurt (2019a: 1203)’un gerçekleştirmiş olduğu bir çalışmada da bireyin değişime direnç düzeyi arttıkça stres düzeyinin de arttığı tespit edilmiştir. Son olarak bilginin ulaşılabilirliğinin kolaylaşması yüz yüze iletişimi sınırlamış ve eğitimciler ile öğrenciler arasında 7/24 erişilebilen sanal bir bağ kurulmasına neden olmuştur (Lawrence vd., 2019: 517).

## SONUÇ

İş dünyası, üretim birimlerinin tutarlı bir şekilde sayısallaştırılması ve birbirine bağlanması fikrini ifade eden Endüstri 4.0 (Blanchet vd., 2014: 7)’dan önemli ölçüde etkilenmekte ve lojistik, Ar-Ge, eğitim dahil birçok faaliyet alanında büyük bir dönüşüm gözlemlenmektedir (Parham ve Tamminga, 2018: 189). Bilgi birikiminin giderek artması ve teknoloji ile üretim yapısının giderek değişmesi, benzer malları daha verimli üretmek yerine üretimde yeniliği beraberinde getirmektedir (Pehlivanoğlu ve Narman, 2019: 150). Bu bağlamda Endüstri 4.0 ile teknolojik ilerlemenin “yeni” aşaması, robotik, otomasyon ve yapay zekânın geleneksel üretim araçlarını geride bırakarak, yeni endüstrilere yaygın olarak uygulanmasını öngörmekle birlikte; bu durumun, gelecekteki üretim süreçlerini önemli ölçüde değiştirmesi ve sonuç olarak gelecekteki endüstriyel stratejilerin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Bu doğrultuda organizasyonların, Endüstri 4.0, teknik bilgi (*know-how*), Ar-Ge ve tedarik zinciri süreçlerini birbirine entegre etmesiyle; organizasyonel karar vermede aktif, ilgili tüm bilgi ve yeterli kapasiteye sahip bir organizasyon ekibinin oluşturulmasına zemin hazırlaması hayati öneme sahip olmaktadır (Veile vd., 2019: 16). Bu durum organizasyonların üretim sürecinin daha kolay ve hızlı olmasına imkân sağlayabilecek, rekabet avantajı elde edebilmesinde öncül bir unsur olabilecektir.

Diğer taraftan organizasyonlarda, iş görenlerin dijital dönüşümü ve teknolojinin getirmiş olduğu gelişmeleri benimseyerek iş süreçlerine dahil etmeleri beklenmektedir. Ancak bazı koşullarda bireylerde, ileri teknolojilere uyum sağlanamaması nedeniyle teknostres meydana gelebilmektedir (Shahrabi, Ghiasi ve Limooni, 2015: 518). Açık bir ifadeyle yeni teknik becerilere ve yeni teknolojik sürece bağlı sistem, mevcut çalışanlara zorluk yaratabilmekte (Deloitte, 2015: 14) ve iş görenlerde teknoloji kaynaklı stres oluşabilmektedir. Ayrıca yoğun teknostrese maruz kalan bireylerin verimliliği (Özbozkurt, 2019b: 65) ve motivasyonu (Özbozkurt, 2019c: 14) da bu doğrultuda etkilenebilmektedir.

Bu sebeple organizasyonlar, iş görenlerinin Endüstri 4.0 gelişmelerine adapte olabilmesi için yalnızca dijital dönüşümün amacını anlamasına değil, aynı zamanda gelişen bu değişikliklere karşın uygun şekilde aksiyon almasına yardımcı olmalıdır. Açık bir ifadeyle dijital dönüşümü, hükümetlerin gerçekleştirmiş olduğu destekle birlikte iş sürecine aktarmak organizasyonların görevi olduğundan; organizasyonlar, iş görenleri hem fiziksel hem de psikolojik olarak bu dönüşüme hazırlamalıdır. Bu bağlamda İnsan Kaynakları (İK) Departmanı'nın rolü önem arz etmekte ve bu dönüşüme kolay bir şekilde adapte olunabilmesi noktasında İK politikalarının yeniden düzenlenmesi tavsiye edilmektedir.

Organizasyonların yoğun rekabet ortamında başarılı bir performans sergileyebilmesi için proaktif bir yaklaşımla optimum stratejilerin belirlenmesi ve aksiyonların hızlı bir şekilde hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan BT Departmanı da organizasyonların verimliliğinin artırılması noktasında kritik bir rol oynamakta olup; sistemin başarılı ve sürdürülebilir olması için yüksek eğitilmiş iş görenlerin ve siber-fiziksel sistemler ve bulut sistemleri üzerinde uzmanlaşan çalışanların varlığının, organizasyonlarda artırılması esas olmalıdır.

Ayrıca, daha akıllı süreçler, daha akıllı ürünler ve organizasyonların rekabet üstünlüğünü elde edebilmesi için daha güçlü bir entegrasyona ihtiyaç olması sebebiyle daha akıllı bir ticari yaklaşımı benimseyerek BT'ye ayrılan finansal desteği ve yatırımları artırmaları önerilmektedir. Nitekim, Türkeli ve Bozağaç (2018: 422) da yeni üretim ve yönetim modelleri sayesinde organizasyonların, çevresel ve teknolojik değişim koşullarına daha kolay uyum sağlayabildiğine ve rekabet üstünlüğü elde edebildiğine dikkat çekmektedir. Benzer bir şekilde Pehlivanoglu (2014: 147), günümüz rekabet ortamında işletmelerin hayatta kalabilmesi için yeniliklere her daim açık olunmasına ve rakiplerden daha üstün teknolojilerin gerekliliğine vurgu yapmaktadır.

Son olarak bu araştırma, organizasyonların dijital dönüşümü şekillendirebilmesi ve organizasyonel büyüme için yeni fırsatların tespit edilebilmesi doğrultusunda her ne kadar ilgili literatüre katkıda bulunmasına rağmen; Endüstri 4.0'ın etkilediği spesifik alanların incelenmesi, bu çalışmanın sınırlılığını ortaya koymaktadır. Buradan hareketle araştırmacılara; Endüstri 4.0'ın yoğun olarak hissedildiği diğer faaliyet alanlarının ele alınması ve bu faaliyet alanlarında, alanında uzman yöneticilerle nitel çalışmaların gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Benzer bir şekilde organizasyonel verimliliğin artırılması hususunda, Endüstri 4.0'ın yoğun olduğu sektörlerde görevini ifa eden iş görenlerin, Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu teknolojik yenilik ve değişimler hakkında ne ölçüde bilgi sahibi ve bu yenilik ve değişimlere ne oranda hazır olduğuna ilişkin nicel araştırmaların gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

**KAYNAKÇA**

- Agarwal, H. & Agarwal, R. (2017). First industrial revolution and second industrial revolution: technological differences and the differences in banking and financing of the firms. *Saudi Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(11), 1062-1066.
- Allen, R. C. (2011, January). The British industrial revolution in global perspective. *In Proceedings of the British Academy*, 167, 199-240.
- André, J. C. (2019). *Industry 4.0: Paradoxes et conflicts*. UK: ISTE Group. ISBN 978-1-78630-482-7
- Bairoch, P. & Velen, V. A. (1966). Original characteristics and consequences of the industrial revolution 1. *Diogenes*, 14(54), 47–58. doi:10.1177/039219216601405403
- Balog, M., Trojanová, M. & Balog, P. (2019). *Experimental analysis of properties and possibilities of application RFID tags in real conditions*. *In Industry 4.0: Trends in Management of Intelligent Manufacturing Systems* (pp. 1-16). Springer, Cham. ISBN 978-3-030-14011-3
- Barreto, L., Amaral, A. & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. doi:10.1016/j.promfg.2017.09.045
- Baygın, M., Yetis, H., Karaköse, M. & Akın, E. (2016). An effect analysis of industry 4.0 to higher education. 2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET). 1-4. doi:10.1109/ithet.2016.7760744
- Blanchet, M., Rinn, T., Von Thaden, G. & De Thieulloy, G. (2014). Think act industry 4.0 the new industrial revolution how Europe will succeed. Munich: Roland Berger Strategy Consultants. 1-24.
- Bloem, J., Van Doorn, M., Duivesteyn, S., Maas, R. & Van Ommeren, E. (2014). The fourth industrial revolution things to tighten the link between IT and OT. *SOGETI*, 1-40.
- Coluccia, D. (2012). *The second industrial revolution (late 1800s and early 1900s)*. *In corporate management in a knowledge-based economy* (pp. 52-64). London: Palgrave Macmillan. ISBN: 978-0-230-35545-3
- Crafts, N. (2005). The first industrial revolution: Resolving the slow growth/rapid industrialization paradox. *Journal of the European Economic Association*, 3(2-3), 525-534.
- Dastbaz, M. (2019). *Industry 4.0 (i4. 0): The hype, the reality, and the challenges ahead*. *In Industry 4.0 and engineering for a sustainable future* (pp. 1-11). Springer, Cham. ISBN 978-3-030-12953-8
- Deloitte. (2015). Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies.
- Gordon, R. J. (2000). Does the “new economy” measure up to the great inventions of the past? *Journal of Economic Perspectives*, 14(2), 49–74.

- Göçmen, E. & Erol, R. (2018). The transition to industry 4.0 in one of the Turkish logistics company. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(1), 76-85.
- Herweijer, C., Combes, B., Johnson, L., McCargow, R., Bhardwaj, S., Jackson, B. & Ramchandani, P. (2018). Enabling a sustainable Fourth Industrial Revolution: How G20 countries can create the conditions for emerging technologies to benefit people and the planet. 1-24.
- Hussin, A. A. (2018). Education 4.0 made simple: Ideas for teaching. *International Journal of Education and Literacy Studies*, 6(3), 92-98.
- Hwang, G. (2019). Challenges for innovative HRD in era of the 4th industrial revolution. *Asian Journal of Innovation and Policy*, 8(2), 288-301.
- İnce, M., & Özbozkurt, O. B. (2019). Achieving business excellence within the automotive industry: A qualitative study on a Volkswagen retailer. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(10), 103-116.
- Koç, T. C. & Teker, S. (2019). Industrial revolutions and its effects on quality of life. *PressAcademia Procedia*, 9(1), 304-311.
- Kravchenko, A. & Kyzymenko, I. (2019). The fourth industrial revolution: new paradigm of society development or posthumanist manifesto. *Philosophy & cosmology*, (22), 120-128.
- Lawrence, R., Ching, L. F. & Abdullah, H. (2019). Strengths and weaknesses of education 4.0 in the higher education institution. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(2). 511-519. DOI: 10.35940/ijitee.B1122.1292S319
- Lee, M., Yun, J. J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., Park, H., Jeon, J., Park, K., Jung, K., Yan, M. R., Lee, S. & Zhao, X. (2018). How to respond to the fourth industrial revolution, or the second information technology revolution? Dynamic new combinations between technology, market, and society through open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3), 21-45
- Maria, M., Shahbodin, F. & Pee, N. C. (2018). Malaysian higher education system towards industry 4.0—current trends overview. In AIP Conference Proceedings, 1-7.
- Moavenzadeh, J. (2015). The 4th Industrial Revolution: Reshaping the Future of Production. DHL Global Engineering & Manufacturing Summit, Amsterdam, The Netherlands, 1-8.
- Mohajan, H. (2019a). The first industrial revolution: creation of a new global human era. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 5(4), 377-387.
- Mohajan, H. (2019b). The second industrial revolution has brought modern social and economic developments. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 6(1), 1-14.
- Mokyr, J. (1999). *The second industrial revolution, 1870-1914*. Rome: Laterza Publishing.

- Moon, Y. & Seol, S. S. (2017). Evaluation of the theory of the 4 th industrial revolution. *Asian Journal of Innovation & Policy*, 6(3), 245-261.
- Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D. & Popp, J. (2018). The role and impact of industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—The case of Hungary. *Sustainability*, 10(3491), 1-25. Doi:10.3390/su10103491
- Nayyar, A. & Kumar, A. (2020). *A roadmap to industry 4.0: Smart production, sharp business and sustainable development*. Switzerland: Springer. ISBN: 978-3-030-14543-9
- Ndung'u, N. S. & Signé, L. (2020). Capturing the Fourth Industrial Revolution: A Regional and National Agenda. 1-14.
- Özbozkurt, O. B. (2019a). Değişime direnç ve iş stresi arasındaki ilişkinin incelenmesi üzerine nicel bir araştırma. *Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimlerde Akademik Çalışmalar* 2, 1196-1213. IVPE Yayınevi. ISBN: 978-9940-540-90-6.
- Özbozkurt, O. B. (2019b). Teknostres ve verimlilik arasındaki ilişkinin incelenmesi üzerine bir araştırma. *Geleceğin Dünyasında Bilimsel Ve Mesleki Çalışmalar*, 61-73. ISBN: 978-605-327-989-1
- Özbozkurt, O. B. (2019c). İşletmelerde teknostres ve motivasyonun bazı demografik değişkenler çerçevesinde incelenmesi üzerine nicel bir araştırma. *International Researches in Social Sciences and Humanities*, Gece Akademi, 9-18. ISBN: 978-605-7809-71-1
- Özbozkurt, O. B. (2020). Uluslararası işletmecilik perspektifinden politik risk: türleri, değerlendirilmesi ve yönetimi. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 15(1), 411-428. Doi: 10.29228/TurkishStudies.40446
- Parham, S. & Tamminga, H. J. (2018). The adaptation of the logistic industry to the fourth industrial revolution: The role of human resource management. *Journal of Business Management & Social Science Research*, 7(9), 179-191.
- Pehlivanoğlu, F. (2014). Türkiye'nin ilk 500 sanayi kuruluşunda sektörel etkinlik ve verimlilik bileşenlerindeki değişimler. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (40), 147-161.
- Pehlivanoğlu, F. & Narman, Z. (2019). Girişimcilik ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 15(1), 149-160.
- Pessôa, P. M. V. & Becker, J. J. M. (2020). Smart design engineering: a literature review of the impact of the 4th industrial revolution on product design and development. *Research in Engineering Design*. 1-21. Doi: 10.1007/s00163-020-00330-z
- Radivojević, G. & Milosavljević, L. (2017). The Concept of Logistics 4.0. In *Proceedings of the 4th Logistics International Conference—LOGIC*, pp. 283-292.
- Rifkin, J. (2008). The third industrial revolution. *Engineering & Technology*, 3(7), 26–27. doi:10.1049/et:20080718

- Rifkin, J. (2016). How the third industrial revolution will create a green economy. *New Perspectives Quarterly*, 33(1), 6–10. doi:10.1111/npqu.12017
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Salkın, C., Öner, M., Üstündağ, A. & Çevikcan, E. (2018). *A conceptual framework for industry 4.0: Managing The digital transformation*. Switzerland: Springer, Cham. ISBN 978-3-319-57869-9
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Switzerland, World Economic Forum. ISBN-13: 978-1-944835-01-9
- Shahrabi, A., Ghiasi, M. & Limooni, S. T. (2015). The Dimensions of Technostress Among Academic Librarians of Univesities Medical Sciences in Mazandaran Province. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 4(11), 516-531.
- Shahroom, A. A. & Hussin, N. (2018). Industrial revolution 4.0 and education. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(9), 314-319.
- Smith, B. L. (2001). The third industrial revolution: Policymaking for the Internet. *Colum. Sci. & Tech. L. Rev.*, 3(1), 1-45.
- Švarcová, J., Urbánek, T., Povolná, L. & Sobotková, E. (2019). Implementation of R&D Results and Industry 4.0 Influenced by selected macroeconomic indicators. *Applied Sciences*, 9(9), 1846-1860. Doi:10.3390/app9091846
- Szymańska, O., Adamczak, M. & Cyplik, P. (2017). Logistics 4.0-a new paradigm or set of known solutions?. *Research in Logistics & Production*, 7(4), 299–310 DOI: 10.21008/j.2083-4950.2017.7.4.2
- Troxler, P. (2013). Making the 3rd industrial revolution. The struggle for polycentric structures and a new peer production. *Petertroxler*. 1-17.
- Türkel, S. & Bozağaç, F. (2018). Endüstri 4.0'in insan kaynakları yönetimine etkileri. *Toros Üniversitesi İİSBF Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(9), 419-441.
- Xing, B. & Marwala, T. (2017). Implications of the fourth industrial age for higher education. 1-9.
- Veile, J. W. Kiel, D., Müller, J. M., & Voigt, K. I. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*.