



ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDE İNOVASYON

Dr. Öğr. Üye. Yusuf ESMER*

Mehmet Asif ALAN**

ÖZ

Sanayi devrimleri Dünya ekonomi ve sanayi hayatının dönüm noktalarıdır. Endüstri 4.0 bu sanayi devrimlerinin sonuncusu olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla Endüstri 4.0 son yıllarda üzerinde sıklıkla konuşulan ve araştırmacıların ilgisini çeken bir konu olmuştur. İlk kez 2011 yılında Hannover Fuarında Endüstri 4.0 kavramı gündeme getirilmiş, "Akıllı Fabrikalar" ve siber-fiziksel imalat sistemlerinin küresel anlamda birbiriyle esnek işbirliğini mümkün kılan bir üretim sisteminden söz edilmiştir. Başta ABD, Almanya ve Çin olmak üzere dünya ekonomisine yön veren birçok ülke Endüstri 4.0 modeline geçmeye çalışmaktadır. Endüstri 4.0 modeli her konuda bir devrim olmakla birlikte aynı zamanda birçok yeniliği, dönüşümü ve değişimi de beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla Endüstri 4.0 modeline geçmeden önce birçok konuda büyük çapta inovasyonların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İnovasyon; ürün, süreç, pazarlama ve örgütsel anlamda katma değer oluşturan yenilikleri ifade etmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin sağladığı inovasyonlar ihtiyaçtan çok zorunluluk olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle zorunlu görülen inovasyonların gerçekleşmemesi durumunda Endüstri 4.0 modeline geçişin başarılı olması mümkün görünmemektedir. Bu çalışmanın amacı Endüstri 4.0 modeline geçişte inovasyonun önemini ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle Endüstri 4.0 ve inovasyon kavramları açıklanmakta, sonrasında Endüstri 4.0 perspektifinde inovasyon incelenmekte, örnekler verilmekte ve öneriler geliştirilmektedir. Ayrıca araştırmada Endüstri 4.0 devrimi için ürün, süreç ve pazarlama inovasyonlarından daha çok örgütsel inovasyonların gerekli olduğu vurgulanmaktadır. Bu bağlamda Endüstri 4.0 modeline geçişte örgütsel anlamda çok sayıda radikal inovasyonların yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, İnovasyon, Örgütsel İnovasyon, Sosyal İnovasyon, Teknolojik İnovasyon

INNOVATION IN INDUSTRIAL 4.0 PERSPECTIVE

ABSTRACT

Industrial revolutions are the turning points of the world economy and industrial life. Industry 4.0 is considered the last of these industrial revolutions. Therefore, Industry 4.0 has been a subject that has been frequently discussed and attracted the attention of researchers in recent years. The concept of Industry 4.0 was first introduced at the Hannover Fair in 2011, and a production system enabling the flexible cooperation of the Smart Factories and cyber-physical manufacturing systems in a global sense has been mentioned. Many countries that direct the world economy, particularly the USA, Germany and China, are trying to pass to the Industry 4.0 model. While the Industry 4.0 model is a revolution in every issue, it also brings many innovations, transformations and changes. Therefore, a great deal of innovation is required in many areas before passing the Industry 4.0 model. Innovation refers to novelty that create added value in product, process, marketing and organizational terms. The innovations provided by Industry 4.0 technologies are considered as necessity rather than need. Therefore, it is not possible to be successful in transition to the Industry 4.0 model if the required

* Bayburt Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, yesmer@bayburt.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-3691-1730

** Bayburt Üniversitesi Aydıntepe Meslek Yüksekokulu, alanasif@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0002-6947-404X

innovations are not realized. The aim of this study is to reveal the importance of innovation in transition to the Industry 4.0 model. For this purpose, firstly the concepts of Industry 4.0 and innovation are explained, then innovation is examined in the perspective of Industrial 4.0, examples are given and suggestions are developed. In addition, it is emphasized that organizational innovations are necessary for Industry 4.0 revolution rather than product, process and marketing innovations. In this context, many radical innovations have to be made in the organizational sense in the transition to the Industry 4.0 model.

Keywords: Industry 4.0, Innovations, Organizational Innovation, Social Innovation, Technological Innovation

1.Giriş

Dünya ekonomik, politik ve sanayi açısından sürekli değişim geçirmekte ve bu yönde dünyada her geçen gün yeni gelişmelerin olduğu görülmektedir. Bu değişim ve gelişmelerle beraber sanayide bugüne kadar birçok devrim yaşanmıştır. Bu devrimler sırasıyla Endüstri 1.0, Endüstri 2.0, Endüstri 3.0 ve Endüstri 4.0`dır. Endüstri 1.0; su ve buhar gücünden faydalanan motorun varlığına dayanmaktadır. Endüstri 2.0; elektrik enerjisinin kullanımı, seri üretim ve montaj hattına dayanmaktadır. Endüstri 3.0; enerji alternatifi olarak nükleer enerji kullanımı ve otomasyon için Programlanabilen Mantıksal Denetleyici (PLC) ve Enformasyon Teknolojileri (IT) sistemlerinin kullanımına dayanmaktadır. Başlangıcı 21.yüzyılın başları olan Endüstri 4.0 ise Siber-Fiziksel Sistemler (CPS), Nesnelerin İnterneti (IOT), İnternet Hizmetleri (IOS), Bulut Bilişim, Büyük Veri, Artırılmış Geçeklik, 3D Yazıcılar, Öğrenen Robotlar ve Akıllı Fabrika temellerine dayanan yeni bir sanayi devrimidir (Yıldız, 2018: 555). Endüstri 4.0 kavramı ilk olarak 2011 yılında endüstri alanında kendini kanıtlamış bir ülke olan Almanya`da düzenlenen bir fuarda kullanılarak birçok yönetici ve uzman tarafından üretimde bir devrimin yaşandığı ve bilişim çağının modern bir hal alarak üretim teknolojisini bir üst seviyeye taşımakta olduğu ifade edilmiştir (Yüksel ve Genç, 2018: 339). Endüstri 4.0 üretimi siber-fiziksel sistemlerle gerçekleştirmeyi öngörmekte ve bu yönden diğer sanayi devrimlerinden farklı özelliğe sahip olmaktadır. Bilgi toplumunun gelmiş olduğu son sanayi devrimidir. Ayrıca Endüstri 4.0 üretimde insan gücünün etkisini azaltarak yeni nesil robotik üretime (robotların üretim süreçlerini kendiliğinden yönetebilir hale gelmesi) geçişin zeminini hazırlamaktadır (Bulut ve Akçacı, 2017: 50). Bu bağlamda başta ABD olmak üzere birçok ülke Endüstri 4.0 modeline geçmeyi planlamaktadır. Bu durum birçok değişimi ve yeniliği de beraberinde getirmektedir. Endüstri 4.0 yeni ürünler, yeni organizasyonlar, yeni süreçler, yeniden yapılandırma demektir. Bu nedenle birçok alanda inovasyonların yapılması gerekmektedir. "Katma değer sağlayan yenilik" olarak ifade edilen inovasyonun Endüstri 4.0 modeline geçişte her sektörde ihtiyaç duyulan önemli bir olgu olduğu söylenebilir. Bu nedenle sektör temsilcileri, yöneticiler, kamu temsilcileri ve ilgili sorumlular Endüstri 4.0 sürecinde ürün, süreç, pazarlama ve örgütsel inovasyonlar konusunda bilgilendirilmeli ve bu yönde çalışmalar yapılmalıdır. Aksi durumda ise Endüstri 4.0 modeline geçişin başarılı olması mümkün olmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı Endüstri 4.0 modeline geçişte inovasyonun önemini ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle Endüstri 4.0 ve inovasyon kavramları açıklanmakta, sonrasında Endüstri 4.0 perspektifinde inovasyon incelenmekte, örnekler verilmekte ve öneriler geliştirilmektedir.

2. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 ile ilgili bilgi vermeden önce önceki sanayi devrimlerinden söz etmek gerekmektedir. Birinci sanayi devrimi 18.yüzyılın sonlarında İngiltere`de tekstil sanayiinde

başlamış olmasına rağmen öncesinde üretim genellikle insanların evlerinde el aletleri ya da temel makineler kullanılarak yapılmaktaydı (Vyas, 2018: 1; Arslan, 2017: 4). İnsani ve maddi değişimlerin hızlandırılmasının yolunu açarak tüm endüstriyel sürece ilk ivme kazandıran bu dönem, el yordamı ile üretimden mekanize üretime geçişe karşılık gelmektedir (Douaioui vd., 2018:129). Birinci endüstri devriminde sonra yeni hedef elektrik, petrol ve gazın gücünden faydalanma ve böylece dünya üretim, iletişim ve ulaşım alanındaki yeniliklere geçiş olan ikinci sanayi devriminin önü açılmıştır (Vyas, 2018: 1). 19. yüzyılın sonlarında, elektrik enerjisinin kullanılması ve seri üretim ile sembolize edilen ikinci sanayi devrimi başlamıştır (Xu vd., 2018: 2942) . Bugünün örgütlerinin içerisinde bulunduğu veya terk etmek üzere olduğu, başlangıcı 1970'li yıllara dayanan sanayi devrimidir (Vaidya vd., 2018: 234). İkinci sanayi devrinin getirdiği seri üretimin artık programlanabilir mantık denetleyicileri (PLC) ile bütünleştiği görülmektedir (Genç, 2017: 10). Üçüncü endüstri devriminin başrolünde dijital ürünler/ çözümler, internet, bilgisayar ve otomasyon sistemleri yer almaktadır (ATSO, 2017: 20). Tablo 1`de endüstri devrimleri özetlenmektedir.

Tablo 1: Endüstri Devrimleri

Endüstri Devrimleri	Zaman	Açıklama
1. Endüstri Devrimi	18. yüzyılın sonu	1784 yılında ilk endüstriyel dokuma tezgâhı kuruldu. Su ve buhar enerjili mekanik üretim tesisleri devreye girdi.
2. Endüstri Devrimi	20.yüzyılın başlangıcı	1870 yılında ilk üretim hattı, Cincinnati Mezbahaları kuruldu. İşbölümüne dayalı, elektrik enerjili kitlesel üretim devreye girdi.
3. Endüstri Devrimi	1970`li yılların başı	1964 yılında ilk programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC), Modicon 084 kuruldu. İmalat otomasyonunu ileri safhalara taşımayı başaran elektronik ve bilgi teknolojileri devreye girdi.
4. Endüstri Devrimi (Endüstri 4.0)	Bugün	Siber-fiziksel sistemlere dayalı üretim devreye girdi.

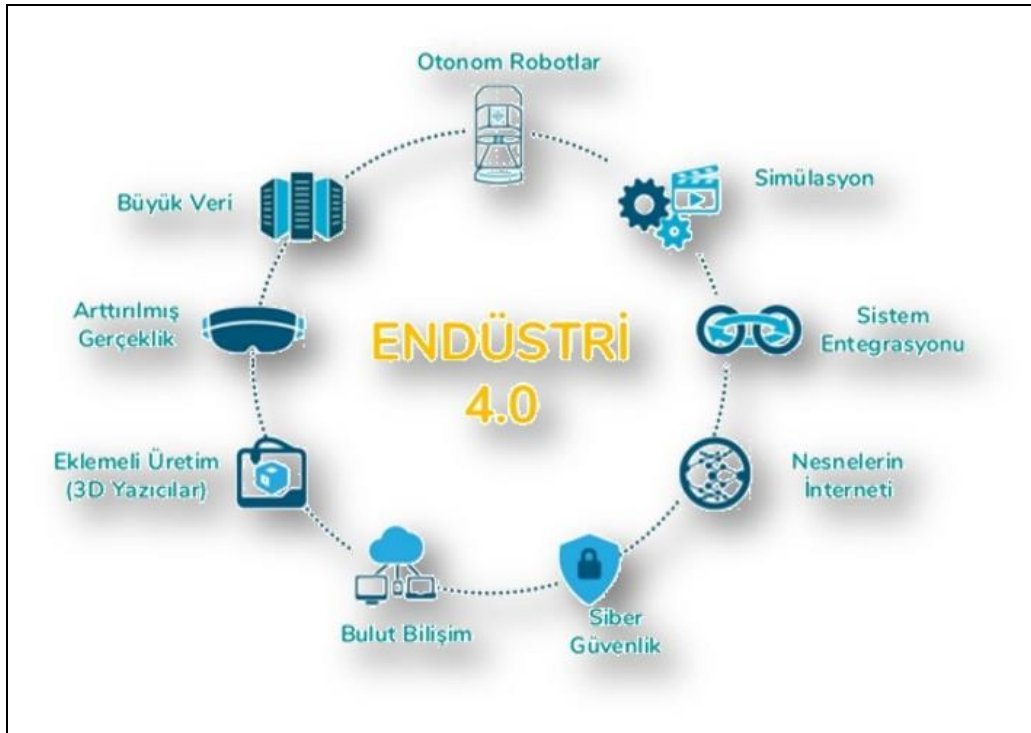
Kaynak: National Academy of Science and Engineering, 2013: 13

Basit anlamda Endüstri 4.0, karmaşık fiziksel makine ve cihazların ağ sensörleri ile entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017: 467). Geniş anlamda ise Endüstri 4.0, akıllı makinelerin, ürünlerin ve üretim kaynaklarının esnek üretim sistemleri ile dikey entegrasyonu sağlanarak ve farklı ölçütler bazında optimize edilebilecek sektörler arası değer ağları ile yatay entegrasyonu sağlanarak oluşturulan önemli bir modeldir (Kagermann vd., 2016: 19).

Endüstri 4.0 modeli, 9 temel teknolojiye dayanan bir dönüşümdür. Bunlar; büyük veri ve analitik, özerk robotlar, simülasyon, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, endüstriyel nesnelerin interneti, siber güvenlik, bulut bilişim, katmanlı imalat, arttırılmış gerçekliktir (Şekil 1). Bu dönüşümde, sensörler, makineler, iş parçaları ve bilgi teknoloji sistemleri, değer

zinciri boyunca tek bir işletmeye bağlanmaktadır. Bu bağlı sistemler (siber-fiziksel sistemler), standart internet tabanlı protokolleri kullanarak birbirleriyle etkileşime girebilmekte, başarısızlığı tahmin edebilmekte, kendilerini yapılandırmak ve değişikliklere uyum sağlamak için verileri analiz edebilmektedir. Dolayısıyla Endüstri 4.0, makineler arasında veri toplamayı ve analiz etmeyi mümkün kılarak, düşük maliyetle daha kaliteli ürünler üretmek için daha hızlı, daha esnek ve daha verimli süreçler sağlamayı mümkün kılmaktadır (Gerbert vd., 2015: 1). Literatür incelendiğinde Endüstri 4.0 modelinin 9 teknolojiden oluştuğu görülmektedir. Şekil 1`de Endüstri 4.0 modelini oluşturan teknolojiler gösterilmektedir.

Şekil 1: Endüstri 4.0 Modelini Oluşturan Teknolojiler



Kaynak: Altay, 2018: 1; Gerbert vd, 2015: 1

Chiarelloa vd. (2018: 252) çevrimiçi bir ansiklopedi olan Wikipedia`dan faydalanarak Endüstri 4.0 modelini oluşturan teknolojilerin (3D baskı, arttırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik) çerçevesini çizmeye çalışmışlardır. Bu teknolojiler Tablo 2`de açıklanmaktadır.

Tablo 2: Endüstri 4.0 Teknolojileri

Teknoloji	Açıklama
3D Baskı	İlave üretim olarak da bilinen 3D baskı, bilgisayar kontrolü altında malzeme katmanlarının oluşturulduğu üç boyutlu nesne oluşturma işlemleridir.
Arttırılmış Gerçeklik	Arttırılmış gerçeklik (AR); ses, video, grafik veya GPS verisi gibi bilgisayar tarafından üretilen duyuşal girdiler tarafından elemanları arttırılan ya da tamamlanan fiziksel, gerçek dünyadaki bir çevrenin doğrudan veya dolaylı bir görüntüsüdür. Bir bilgisayar tarafından gerçeklik

	görünümünün değiştirildiği bilgisayarlı gerçeklik denilen daha genel bir kavramla ilgilidir.
Sanal Gerçeklik	Sanal gerçeklik (VR) tipik olarak, kullanıcının sanal veya hayali bir ortamda fiziksel varlığını simüle eden gerçekçi görüntüler, sesler ve diğer duyumlar oluşturmak için bazen fiziksel alanlarla veya çok projeksiyonlu ortamlarla birlikte sanal gerçeklik kulaklıklarını kullanan bilgisayar teknolojilerini ifade eder.

Kaynak: Chiarelloa vd., 2018: 252

3. İnovasyon

İnovasyon, üretici fikirlerin başarılı bir şekilde uygulanması ve bu fikirlerin örgütlerdeki çeşitli paydaşlar tarafından kabulü olarak değerlendirilmektedir (Duxbury, 2012: 11). İnovasyon sözcüğü, Latince kökenli "innovatus" fiilinden türetilmiştir. Innovatus, değiştirmek, yenilik yapmak, yenilemek gibi anlamlara gelmektedir (Yazıcı, 2018: 73). İnovasyon dar anlamda Türkçe'ye yenilik, yenilikçi ve yenilenme gibi kavramlar ile çevrilmeye çalışılsa da gerçek anlamda verilmek istenen anlam bu ifadeye karşılık gelmemektedir. Drucker'a göre novelty (yenilik) ve innovation (inovasyon) birbiriyle karıştırılan kavramlardır (Elçi ve Karataylı, 2008: 6-18). Freeman'a göre; icat, inovasyon ve yenilik farklı kavramlardır. İcat, yeni ya da geliştirilmiş araç, yöntem ya da sistem için bir taslak, düşünce veya model iken, inovasyon ise değer oluşturma süreçlerini içeren yeni üretim, metod, sistem ya da araçların ekonomik manada kullanılması yani ekonomik değere dönüştürülmesidir. İnovasyon ve icat arasındaki farkı ortaya koymak için şu durum örnek verilebilir: Dikiş makinesi denilince akıllara İsaac Singer tarafından geliştirilen Singer markası gelmektedir. Ancak dikiş makinesi aslında 1846 yılında Elias Howe tarafından icat edilmiştir. İsaac Singer ise bu dikiş makinesine ekonomik değer katarak inovasyona dönüştürmüştür (Oğuztürk ve Türkoğlu, 2004: 14-15). Bu bağlamda inovasyonun para kazandıran yenilik olduğu ifade edilmektedir (Esmer vd., 2019: 177). Schumpeter, dar anlamda inovasyonu, üretim fonksiyonunda bir yenilik geliştirmek şeklinde tanımlamaktadır. Geniş anlamda ise inovasyon, yeni bir üretim yöntemi geliştirmek, yeni bir ürün ortaya çıkarmak, yeni bir pazar oluşturmak, hammadde veya yarı mamul sağlamak için yeni kaynaklar geliştirmek, yeni bir organizasyon oluşturmak gibi faaliyetleri içermektedir (Işık ve Kılınc, 2016: 15). OECD Oslo Kılavuzu, ürün inovasyonu, süreç inovasyonu, pazarlama inovasyonu ve örgütsel inovasyon olmak üzere 4 tür inovasyon türüne odaklanmaktadır. Ürün inovasyonu, öngörülen kullanımlara veya mevcut özelliklere göre önemli derecede iyileştirilmiş yeni bir hizmetin veya bir malın ortaya çıkarılmasıdır. Ürün inovasyonu, yeni bilgi veya teknolojilerden yararlanmak olabileceği gibi mevcut bilgi ve teknolojilerin yeni kullanımlara açılması ya da bunların bir bileşimi de olabilmektedir. Süreç inovasyonu, önemli derecede iyileştirilmiş ve yeni bir teslimat ya da üretim yönteminin meydana getirilmesi, mevcut ürünleri daha hızlı, daha kaliteli ve daha az maliyetle üretmeyi sağlayacak teknolojideki teçhizat, araç ve bilgilerin kullanılması şeklinde tanımlanmaktadır. Pazarlama inovasyonu, ürün yerleştirmede, ürün promosyonunda, ürün fiyatlandırmasında, ürün tasarımında ya da paketlemesinde önemli değişiklikleri kapsayan yeni bir pazarlama yöntemini uygulamaktır. Örgütsel inovasyon ise örgütün ticari uygulamalarında, dış ilişkilerinde, yönetim süreçlerinde etkin ve yeni bir örgütsel yöntem ve

yaklaşımın uygulanmasıdır (OECD, 2005: 51-56) (Elçi ve Karataylı, 2008: 5-6) (Kılıç ve Keklik, 2012: 98-99).

Walker`a göre inovasyonun ürün, süreç ve işbirlikçi olmak üzere 3 türü bulunmaktadır. Ürün inovasyonu, müşteriler için yeni ürünlerin oluşturulması anlamına gelmektedir. Toplam, yayılcı ve evrimci olmak üzere 3 türü bulunmaktadır: *Toplam*; yeni ürünü yeni müşterilere sunmak, *yayılcı*; var olan ürünleri daha önce olduğu gibi aynı müşteriye sunma, *evrimci*; benzer örgütlere yeni ürün sunmaktır. Süreç inovasyonu ise hem yönetimi hem de örgütü etkileyen bir unsurdur. Kuralları, rolleri, süreçleri, yapıları, iletişim çeşitlerini, örgütsel üyeler arasındaki ilişkiyi değiştirmektedir. Teknolojik ve saf örgütsel inovasyon olmak üzere 2 tür süreç inovasyonu bulunmaktadır: *Teknolojik inovasyon*; fiziksel ekipmanlar, teknikler ve örgütsel sistemlerle ilişkili değişimleri, *saf örgütsel inovasyon* ise yapı ve strateji ile ilgili yeniliklerin yanında yönetim süreçleriyle de ilgilidir. İşbirlikçi inovasyon; örgüt ve çevre arasındaki ilişkiyi temel almaktadır. İşbirlikçi inovasyon hizmet sağlayıcılar ve diğer kamu yapıları gibi örgütlerle iletişim süreci ile ilgilidir (Gonzalez vd., 2013: 2026-2027).

Schumpeter, inovasyon kavramını “yaratıcı yıkım” olarak değerlendirmekte ve yenilik sürecini yaratıcı yıkım (creative destruction) süreci olarak ele almaktadır. Yaratıcı yıkım sürecinde yeni üretim metodları, yeni pazarlar, yeni tüketim maddeleri, yeni örgüt yapıları, bir devrim ve yenilenme havasında eski unsurları yok etmektedir. Yaratıcı yıkım olarak ifade edilen inovasyonların getirdiği bu devrimi kendi iç dinamikleri ile yakalayamayan örgütler yeni üretim metodlarını, yeni pazarları, yeni tüketim maddelerini ve yeni teknolojileri üretebilenlerden transfer şeklinde tedarik sürecine gitmek zorunda kalmaktadırlar (Tiryakioğlu, 2014: 8-9). İçerdiği farklılığın ve yeniliğin büyüklüğüne göre inovasyonlar, “artımsal” ve “radikal” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Radikal inovasyon, daha önce denenmemiş ürün, hizmet veya yöntemlerin radikal fikirler sonucu geliştirildiği büyük atılımlarla oluşmaktadır. Artımsal inovasyon ise kademeli yapılan bir dizi iyileştirme ve geliştirme faaliyetini içeren çalışmaların sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Radikal inovasyon ile müşterilerin davranışlarında önemli değişikliklere yol açan büyük ölçüde değişmiş ürünler ve/veya tamamen yeni mal, hizmet ve yöntemler geliştirilmekte ve pazara sunulmaktadır. Bunun dışında kalan inovasyonlar artımsal inovasyon olarak değerlendirilmektedir (Elçi ve Karataylı, 2008: 9). Şekil 2`de inovasyon döngüsü gösterilmektedir.

Şekil 2: İnovasyon Döngüsü



Kaynak: Elçi ve Karataylı, 2008: 19

Yenilik sürecinin inovasyon ile sonuçlanabilmesi inovasyon döngüsü ile gerçekleşmektedir. İnovasyon döngüsü, inovasyonun oluşabilmesi için fırsatların belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile başlamaktadır. Yakalanan fırsatlar arasında stratejik önemi en fazla olan seçenek tercih edilmektedir. Seçimi yapılan inovasyon fikri için ihtiyaç duyulan bilgi ve diğer kaynakların tedarik edilmesi gerekmektedir. İnovasyon fikri için gerekli kaynaklar sağlandıktan sonra artık inovasyon uygulaması yapılarak mal, hizmet ve pazarlar ile ilgili gerinbildirimler alınarak ticarileştirme yapılmaktadır. Tüm aşamalardaki başarı ve başarısızlıkların değerlendirilmesi ile inovasyonun öğrenilmesi döngüyü tamamlamaktadır.

4. Endüstri 4.0 ve İnovasyon

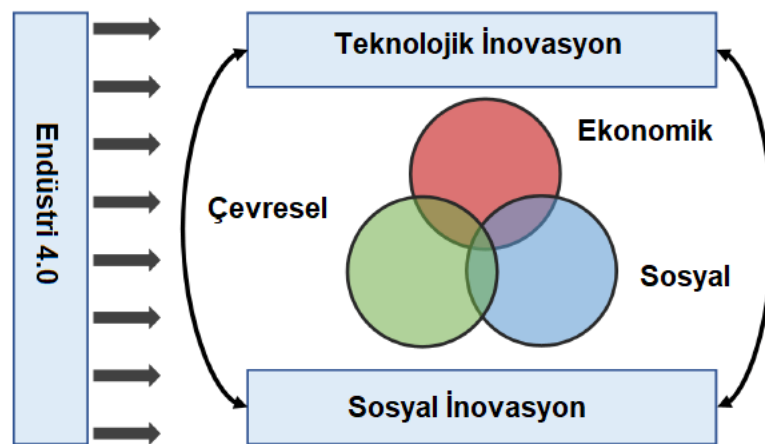
Üretimde teknolojinin sürekli gelişmesiyle birlikte yenilikçi üretim anlayışı kendini göstermiştir. Chesbrough'a göre teknolojik gelişmelere ayak uydurmak isteyen işletmelerin iç ve dış inovasyon fikirlerini ve pazar kanallarını kullanmaları gerekmektedir (Ovacı, 2017: 123). Bu görüş Endüstri 4.0 ve inovasyon bağlantısı ortaya koymaktadır. Çünkü Endüstri 4.0 yüksek teknolojik gelişme ve dönüşümü içeren bir sanayi devrimi olduğu için inovasyonla yakından ilişkilidir (TÜSİAD, 2016: 6). Endüstri 4.0 ile birlikte yenilikçi, verimli ve hatasız ürünler oraya çıkmaya başlamış, akıllı fabrikalar ile birlikte üretimde inovasyonlar artmıştır (Proente Otomasyon, 2018:1). Endüstri 4.0, bilgi, veri ve IoT ile inovasyona dayalı bir ekonomiye geçişi temsil etmektedir Bu durum, endüstriyel çağın mevcut yapısını, pazarlarını ve iş süreçlerini etkilemekte ve yeni bir dijitalleşme çağına, üretim sistemlerinin "daha akıllı" bir ağa dönüşmelerine ve birbirine bağlı iş süreçlerine yol açmaktadır. Son dönemde inovasyonla birlikte mükemmel bir ortak yaşam inşa edebilen, sanayileşme süreci için yeni bir konsept oluşturabilen ve piyasayı yeni bir rekabet ve ürün farklılaşması dönemine yönlendirebilen dönüşüme ilave bileşenler (mobil, bulut, sosyal medya ve büyük veri) ortaya çıkmıştır (Morrar vd., 2017: 15). Endüstri 4.0 ile örgütlerin dijitalleşmesi, paydaşların işbirliğine dayanan ve bu işbirliğinde çeşitli fırsatların sunulduğu bir inovasyon ekosisteminin oluşturulması zorunlu olmaktadır. Dolayısıyla teknolojik gelişim ve dönüşümü inovasyon süreçlerine yansıtmak için açık inovasyona dayalı bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir

(Ovacı, 2017: 113). Endüstri 4.0, müşteri ihtiyaçlarına mümkün olandan daha hızlı bir şekilde yanıt verilmesine imkan sağlamaktadır. Üretim sürecinin esnekliğini, hızını, verimliliğini ve kalitesini arttırarak yeni iş modellerinin, üretim süreçlerinin ve diğer inovasyonların benimsenmesinin temelini oluşturmaktadır (Gerbert vd., 2015: 1).

İletişim, internet ve bilişim teknolojileri alanındaki inovatif gelişmeler Endüstri 4.0 devriminin temel yapı taşlarıdır (Tekin ve Karakuş, 2018: 2104). Endüstri 4.0 modelinin önemli ve devrim olma ihtimalinin 5 sebebinden bir tanesi büyük inovasyon ekonomisine yol açmasıdır. Çünkü Endüstri 4.0 devriminde dijital zincirler sadece verimliliği arttırmakla kalmamakta aynı zamanda yeni iş modellerinin çok daha hızlı uygulanmasını sağlayarak yenilikleri de artırmaktadır. Örneğin; üreticiler pazarlarda ihtiyaç duymadıkları ekipmanı veya satış kapasitesini paylaşarak yeni işler oluşturabilmektedir (Schmitt, 2013: 1). Endüstri 4.0 devriminde, pazar payı, ölçek ekonomileri ve kaynaklara erişim gibi geleneksel rekabet faktörleri, inovasyon gibi diğer faktörlerle bağlantı kurmaktadır. Bu devrim tüketicilerin rolünü değiştirerek onları daha fazla sonuç odaklı hale getirmektedir. Bu nedenle örgütlerin inovasyonlar için iş modellerini değiştirmeleri ve tüketici davranışlarındaki değişikliklere duyarlılığı arttırmak için esnek değer zincirleri oluşturmaları gerekmektedir (Morrar vd., 2017: 15). Tüketici davranışlarındaki bireysel ihtiyaçlar ve konfora yönelik bu değişimler, üreticinin inovatif çözümler üretmesini zorunlu hale getirmiş ve Endüstri 4.0 devriminin önünü açmıştır (Tunçel vd., 2018: 1). Dolayısıyla Endüstri 4.0 devrimine geçişte inovasyonun zorunlu bir aşama olduğu söylenebilmektedir.

Endüstri 4.0 devriminin sağlamış olduğu faydalarının yanında sosyal, çevresel, politik, yasal ekonomik ve teknik olarak bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajların önüne geçebilmek için inovasyona dayalı üretim süreçlerinin tasarlanması ve hizmet odaklı yeni iş modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Ovacı, 2017: 121). Bu bağlamda Endüstri 4.0 devriminin, iş yaşamında yöntem ve koşulları önemli ölçüde değiştirmesi, iş adaylarına önemli fırsatlar sunması beklenmektedir. Ancak örgütlerin bu şartlara uyum sağlayabilmeleri için örgütsel anlamda inovasyonlar yapmaları gerekmektedir. Aksi durumda ise örgütlerin yok olma potansiyelleri bulunmaktadır. Bu durumda inovasyon kapasitesinin geliştirilmesinin örgütler için önemli bir unsur olduğu söylenebilir. Bu nedenle örgütlerin Endüstri 4.0 çağına ayak uydurabilmeleri için ekonomik, çevresel ve sosyal birçok konuda sosyal ve teknolojik inovasyonlara yer vermeleri gerekmektedir. Şekil 3`de Endüstri 4.0 ve inovasyon ilişkisi gösterilmektedir.

Şekil 3: Endüstri 4.0 ve İnovasyon İlişkisi



Kaynak: Morrar vd., 2017: 17

Endüstri 4.0 devrimine zemin hazırlayan birçok inovatif teknolojinin ortaya çıktığı görülmektedir. Çalışmanın daha önceki kısımlarında başlıklar halinde verilen bu teknolojiler aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

Büyük Veri ve Analitik: Birçok farklı kaynaktan (üretim ekipmanı ve sistemleri ile işletme ve müşteri yönetimi sistemleri) verilerin toplanması ve kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi, gerçek zamanlı karar vermeyi desteklemek için standart hale getirilmesini kapsamaktadır. Dünyanın dört bir yanında insanlar ve makineler, internet tarayıcılarında ve sosyal ağlarda, araba kullanırken, kredi kartıyla ödeme yaparken, çevrimiçi alışveriş sırasında, akıllı telefonlarında arama yaparken ve daha pek çok durumda büyük miktarda veri üretmektedir. Bu veriler borsa, nükleer fizik, bölgesel taşımacılık, telekomünikasyon, pazar araştırması, enerji arzı, sigorta şirketleri, perakende zincirleri, otomotiv sektörü, kriminoloji, terörle mücadele ve pazarlama açısından ilgi çekmektedir. Örneğin; çevrimiçi perakendeci olan Amazon, makine öğrenmesi ve tahmine dayalı analitik üzerinde yaptığı çalışma, özel algoritmalar sayesinde sosyal medya yayınlarını takip ederek müşterilerin bireysel moda tarzı hakkında elde ettiği veriyi kişiselleştirip kullanıcılarına ürün önerisi olarak sunmaktadır (Infineon, 2019: 1). Google grip salgınına belirlemek için, çiftçiler tarla ve ahır kullanımını optimize etmek için, BMW büyük bir üretim işlemiyle, tasarım, üretim, lojistik ve dağıtım alanlarında büyük miktarda veri üretmek ve bu işi koordine etmek, maliyetleri azaltmak ve 15 ülkeye bölünmüş 31 montaj tesisi arasındaki verimliliği artırmak, veri akışını otomatikleştirmek ve karar vermeyi geliştirmek için büyük veri ve analitik teknolojisini kullanmaktadır (Gerbert vd., 2015: 1; Marr, 2017:1; Regelin, 2018: 1).

Özerk Robotlar: Karmaşık görevlerin üstesinden gelmek için kullanılan robotlar daha özerk, esnek ve işbirlikçi halde birbirleri ile etkileşime girerek, insanlarla çalışarak ve onlardan öğrenerek endüstrinin geleceğinde yer almaktadır. Örneğin, bir Avrupa robot üreticisi olan Kuka, birbiriyle etkileşime giren özerk robotlar sunmaktadır (Kuka, 2019: 1).

Simülasyon: Mühendislik aşamasında, ürün, malzeme ve üretim süreçlerinin 3D simülasyonları hâlihazırda kullanılmakta ancak fiziksel dünyayı, makineleri, ürünleri ve insanları içerebilen sanal bir model oluşturmak için gerçek zamanlı verilerden yararlanılmaktadır. Böylece “dijital ikiz” sayesinde, operatörlerin fiziksel değişmeden önce sanal dünyada sıradaki ürün için makine ayarlarını test etmelerini ve optimize etmelerini, böylece makine kurulum zamanlarını azaltma ve kaliteyi artırmalarını sağlamaktadır (Siemens, 2013: 1).

Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu: Endüstri 4.0 ile örgütler arası, evrensel veri entegrasyon ağları geliştikçe ve gerçekten otomatik değer zincirleri sağlandıkça, örgütler, departmanlar, fonksiyonlar ve yetenekler çok daha tutarlı hale gelmektedir. Örneğin; Dassault Systèmes ve BoostAeroSpace, Avrupa havacılık ve savunma endüstrisi için bir işbirliği platformu başlatmıştır. Bu platform, AirDesign, tasarım ve üretim işbirliği için ortak bir çalışma alanı olarak hizmet vermektedir. Birden fazla ortak arasında ürün ve üretim verisi alışverişinin karmaşık görevini üstlenmektedir (Dassault Systemes, 2014: 1).

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti: Günümüzde, üreticiler yalnızca bazı sensörleri ve makineleri ağa bağlayarak gömülü bilgisayarları kullanmaktadır. Ancak Endüstriyel Nesnelerin İnterneti ile bazen bitmemiş ürünler dâhil olmak üzere daha fazla cihaz gömülü bilgisayarla zenginleştirilerek ve standart teknolojiler kullanılarak birbirlerine bağlanabilmektedir. Böylece cihazlarının hem birbirleriyle hem de daha merkezi kontrol

cihazlarıyla iletişim kurması ve etkileşimde bulunması sağlanmaktadır. Aynı zamanda analitik karar vermeyi merkezîyetçilikten uzaklaştırarak gerçek zamanlı tepkiler verme imkânı da sunmaktadır. Örneğin; bir tahrik ve kontrol sistemi satıcısı olan Bosch Rexroth, yarı otomatik, merkezi olmayan bir üretim prosesine sahip vanalar için bir üretim tesisi kurmuştur. Ürünler radyo frekansı tanımlama kodları ile tanımlanmakta ve iş istasyonları, her ürün için hangi üretim adımlarının gerçekleştirilmesi gerektiğini ve belirli bir işlemi gerçekleştirmek için nasıl adapte olabileceklerini bilmektedir. (Rexroth, 2019: 1).

Siber Güvenlik: Endüstri 4.0 ile artan bağlantı ve standart iletişim protokollerinin kullanımı ile kritik endüstriyel sistemleri ve üretim hatlarını siber güvenlik tehditlerinden koruma ihtiyacı büyük ölçüde artmaktadır. Bu nedenle güvenli ve güvenilir iletişim ile birlikte gelişmiş kimlik, makine ve kullanıcıların erişim yönetimi çok önemlidir (Gerbert vd., 2015: 1).

Bulut Bilişim: Örgütler bazı kurumsal ve analitik uygulamaları için bulut tabanlı yazılım kullanmakta ancak Endüstri 4.0 ile üretimle ilgili işletme, siteler ve şirketler arasında daha fazla veri paylaşımı gerekmektedir. Aynı zamanda, bulut teknolojilerinin performansı da artarak, sadece birkaç milisaniyelik reaksiyon sürelerine ulaşılmaktadır. Bu bağlamda makine verileri ve işlevselliği giderek daha fazla buluta dağıtılabilen ve üretim sistemleri için daha fazla veriye dayalı hizmetler sağlanabilmektedir. Böylece işlemleri izleyen ve kontrol eden sistemler ile bulut tabanlı olabilmek ihtimali ortaya çıkmaktadır (Şahin, 2018: 1).

Katmanlı İmalat: Endüstri 4.0 ile birlikte prototip ve tek tip parçalar üretmek için kullandıkları 3-D baskı gibi ilave üretim benimsenmeye başlanmıştır. Bu katkı-üretim yöntemleri, karmaşık, hafif tasarımlar gibi üretim avantajları sunan küçük miktarlarda özelleştirilmiş ürün üretmek için yaygın olarak kullanılabilir. Yüksek performanslı, merkezi olmayan katkı üretim sistemleri nakliye mesafelerini ve eldeki stokları azaltmaktadır. Örneğin; havacılık şirketleri uçak ağırlığını azaltan ve titanyum gibi hammadde harcamalarını düşüren yeni tasarımlar uygulamak için ek üretim kullanmaktadırlar (Rogueelement, 2019: 1).

Artırılmış Gerçeklik: Artırılmış gerçeklik temelli sistemler, bir depoda parça seçimi ve mobil cihazlara onarım talimatı gönderme gibi çeşitli hizmetleri desteklemektedir. Başlangıç aşamasında olan bu sistemler gelecekte şirketle ve çalışanla için karar alma ve çalışma prosedürlerini geliştirmede gerçek zamanlı bilgi sağlamak için kullanılmaktadır. Çalışanlar, tamir gerektiren gerçek sisteme bakarken belirli bir parçanın nasıl değiştirileceğine dair onarım talimatları alabilmektedir. Örneğin; Siemens, tesis personeline acil durumlarla başa çıkabilme konusunda eğitim vermek için artırılmış gerçeklik gözlükleriyle gerçekçi, veri tabanlı 3 boyutlu bir ortam kullanan Comos yazılımı için sanal bir tesis operatörü eğitim modülünü geliştirmiştir (Advice-Manufacturing, 2019: 1).

5. Sonuç ve Öneriler

Dünyada meydana gelen değişimlerle birlikte dünya endüstrisinde de sürekli devrimlerin yaşandığı görülmektedir. Endüstri devrimleri Dünya ekonomi ve sanayi hayatının dönüm noktaları olarak görülmektedir. Endüstri 1.0, Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0 devrimlerinden sonra dünya endüstri devrimlerinin dördüncüsü olan Endüstri 4.0 devrimine hazırlanmaktadır. Endüstri 4.0, ilk olarak 2011 yılında Hannover Fuarında konuşularak, “Akıllı Fabrikalar” ve siber-fiziksel üretim sistemlerinin küresel anlamda birbiriyle esnek işbirliğini mümkün kılan bir üretim sisteminden söz edilmiştir. Bu bağlamda Endüstri 4.0, birçok değişimi, dönüşümü ve yeniliği beraberinde getirmektedir. Endüstri 4.0, yeni ürünler, yeni organizasyonlar, yeni süreçler, yeniden yapılandırma ve inovasyon demektir (Magg4, 2018: 1). “Katma değer

sağlayan yenilik” olarak ifade edilen inovasyonun Endüstri 4.0 modeline geçişte her sektörde ihtiyaç duyulan önemli bir olgu olduğu söylenebilir. Bu nedenle sektör temsilcileri, yöneticiler, kamu temsilcileri ve ilgili sorumlular Endüstri 4.0 sürecinde ürün, süreç, pazarlama ve örgütsel inovasyonlar konusunda bilgilendirilmeli ve bu yönde çalışmalar yapılmalıdır. Aksi durumda ise Endüstri 4.0 modeline geçişin başarılı olması mümkün olmamaktadır. Bu durumda inovasyon kapasitesinin geliştirilmesinin örgütler için önemli bir unsur olduğu söylenebilir. Bu nedenle örgütlerin Endüstri 4.0 çağına ayak uydurabilmeleri için ekonomik, sosyal ve teknolojik birçok konuda inovasyonlara yer vermeleri gerekmektedir. Başta ABD, Almanya ve Çin olmak üzere dünya ekonomisine yön veren birçok ülke Endüstri 4.0 devrimine geçiş hazırlığı yapmaktadır. Bu ülkelerde birçok konuda teknolojik inovasyonların yapıldığı görülebilmektedir. Bu inovasyonların başlıcaları; büyük veri ve analitik, özerk robotlar, simülasyon, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, endüstriyel nesnelerin interneti, siber güvenlik, bulut bilişim, katmanlı imalat, arttırılmış gerçekliktir. Diğer yandan Endüstri 4.0 devriminin, iş yaşamında yöntem ve koşulları önemli ölçüde değiştirmesi, iş adaylarına önemli fırsatlar sunması beklenmektedir. Ancak örgütlerin bu şartlara uyum sağlayabilmeleri için örgütsel anlamda inovasyonlar yapmaları gerekmektedir. Bu nedenle Endüstri 4.0 devrimi için ürün, süreç ve pazarlama ile ilgili teknolojik inovasyonlardan daha çok örgütsel inovasyonların yapılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Endüstri 4.0 birçok alanda köklü değişikliklerin yapılması demektir. Bu nedenle örgütlerin, toplumların ve devletlerin Endüstri 4.0 sürecine ayak uydurabilmeleri için ekonomik, teknolojik ve sosyal bağlamda çok sayıda radikal inovasyonlar yapmaları gerekmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte birçok konuda meydana gelecek değişiklikler insan emeğine olan ihtiyacın azalmasına neden olacaktır (Yazıcı, 2018: 79). İnsanın üretimden çekilerek sosyal, sanatsal vb. alanlara yönelerek yaratıcılığını ortaya çıkaracağı düşünülmektedir. Bu durumda insanın olmadığı bir üretim süreci (Endüstri 4.0) için yeni fikirlerin hayata geçmesini sağlayacak uygun inovasyon sisteminin kurulması gerekmektedir (Köksal, 2018: 55). Sonuç olarak, teorik olarak tasarlanan bu çalışmanın ilgili literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

ADVICE-MANUFACTURING. (2019). Virtual and Augmented Reality. <http://www.advice-manufacturing.com/Virtual-and-Augmented-Reality.html>, Erişim: 24.04.2019.

ALTAY. (2018). Endüstri 4.0 Uygulamaları. http://www.altay.com.tr/ENDUSTRI_4.0_UYGULAMALARI-505.htm, Erişim: 24.04.2019.

ARSLAN, Ü. Ç. (2017, 12 25). **Sanayi Devrimi: Sonuçları ve Uluslararası Sisteme Yansımaları**. Ankara: Başkent Üniversitesi/Avrupa Birliği Ve Uluslararası İlişkiler Enstitüsü. http://www.academia.edu/35814711/Sanayi_Devrimi_Sonu%C3%A7lar%C4%B1_ve_Uluslar_aras%C4%B1_Sisteme_Yans%C4%B1malar%C4%B1, Erişim: 05.02.2019.

ATSO. (2017). Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti. Ölçeğin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulama Projesi, Antalya. <https://www.atso.org.tr/yukleme/dosya/b5397a8cdd23159c064f2957c269fbe4.pdf>, Erişim: 24.01.2019.

BULUT, E., & AKÇACI, T. (2017). Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. **ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi**, 4(7), 50-72.

CHIARELLO, F., TRIVELLIB, L., BONACCORSIA, A., & FANTONIC, G. (2018). Extracting and Mapping Industry 4.0 Technologies Using Wikipedia. **Computers in Industry**, (100), 244-257. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.006>

DASSAULT SYSTEMES. (2014). Dassault Systèmes and BoostAerospace Announce “AirDesign” Collaboration Platform. <https://www.3ds.com/press-releases/single/dassault-systemes-and-boostaerospace-announce-airdesign-COLLABORATION-PLATFORM/>, Erişim: 24.04.2019.

DOUAILOU, K., FRI, M., MABROUKKI, C., & SEMMA, E. A. (2018). The Interaction between Industry 4.0 and Smart Logistics: Concepts and Perspectives. **11th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management LOGISTIQUA 2018**, (s. 128-132). Morocco: IEEE. doi: 10.1109/LOGISTIQUA.2018.8428300

DUXBURY, T. (2012). Creativity: Linking Theory and Practice for Entrepreneurs. **Technology Innovation Management Review**, 2(8), 10-15.

ELÇİ, Ş., & KARATAYLI, İ. (2008). **İnovasyon Rehberi: Kârlılık ve Rekabetin Elkitabı**. Ankara: Technopolis Group Türkiye.

ESMER, Y., YÜKSEL, M., & ŞAYLAN, O. (2019). Yerel Yönetimlerde İnovasyon Uygulamalarına Yönelik Bir Değerlendirme. **Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi**, 11(2), 175-189.

GENÇ, E. C. (2017). Türkiye`de 4.0 ve Kamu Politikası. **Liberal Perspektif Analizi**, (6), 4-37.

GERBERT, P., LORENZ, M., RUSSMANN, M., WALDNER, M., JUSTUS, J., ENGEL, P., & HARNISCH, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Bcg: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx, Erişim: 04.04.2019.

GONZALEZ, R., LLOPIS, J., & GASCO, J. (2013). Innovation in Public Services: The Case of Spanish Local Government. **Journal of Business Research**, 66(10), 2024–2033. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.02.028>

INFINEON. (2019). What you need to know about Big Data ? <https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/big-data-basics/>, Erişim: 11.04.2019.

IŞIK, N., & KILINÇ, E. C. (2016). İnovasyon-Temelli Ekonomi: Seçilmiş Ülkeler Üzerine Bir Uygulama. **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 16(1), 13-28.

KAGERMANN, H., ANDERL, R., GAUSEMEIER, J., SCHUH, G., & WAHLSTER, W. (2016). Industrie 4.0 in a Global Context Strategies for Cooperating with International Partners. München: Herbert Utz Verlag. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_eng_STUDIE_Industrie40_global_Web.pdf, Erişim: 18.04.2019.

KILIÇ, R., & KEKLİK, B. (2012). KOBİ'lerde Genel Firma Özelliklerinin İnovasyon Uygulamalarına Etkisi: Balıkesir İlinde Bir Araştırma. **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, (39), 93-118.

- Köksal, E. (2018). Endüstri 4.0: İnovasyon, Eğitim ve Kamu Politikaları. **Biktisat**, 1(3), 46-54.
- KUKA. (2019). KUKA Ready Packs. <https://www.kuka.com/tr-tr/%C3%BCr%C3%BCnler-hizmetler/robot-sistemleri/kuka-ready-packs>, Erişim: 11.04.2019.
- MAGG4. (2018). **Endüstri 4.0 Demek, İnovasyon Demektir**. Genç Nesil, Güncel İçerikler: <https://magg4.com/endustri-4-0-demek-inovasyon-demektir/>, Erişim: 17.0.2019.
- MARR, B. (2017). How BMW Uses Artificial Intelligence And Big Data To Design And Build Cars Of Tomorrow. Forbes: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/08/01/how-bmw-uses-artificial-intelligence-and-big-data-to-design-and-build-cars-of-tomorrow/#3e36a06d2b91>, Erişim: 04.04.2019.
- MORRAR, R., ARMAN, H., & MOUSA, S. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. **Technology Innovation Management Review**, 7(11), 12-21.
- MRUGALSKA, B., & WYRWICKA, M. K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. **Procedia Engineering**, 182, 466-473. doi:10.1016/j.proeng.2017.03.135
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING. (2013). **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0**. Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Frankfurt/Main. <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>, Erişim: 18.04.2019.
- OECD. (2005). **Oslo Klavuzu: Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler**. Ankara: OECD (Çeviren: TÜBİTAK). http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/kilavuzlar/Oslo_3_TR.pdf, Erişim: 24.04.2019.
- OĞUZTÜRK, B. S., & TÜRKOĞLU, M. (2004). Yenilik ve Yenilik Modelleri. **Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları**, 3(1), 14-20.
- OVACI, C. (2017). Endüstri 4.0 Çağında Açık İnovasyon. **Maliye Finans Yazıları**, (108), 113-132.
- PROENTE OTOMASYON. (2018). Endüstri 4.0 ve İnovasyon. <https://proente.com/endustri-4-0-inovasyon/>, Erişim: 22.04.2019.
- REGELIN, J. (2018). **Infineon Enables Open Source Software Stack for TPM 2.0-for Easier Integration of Security into Industrial and Automotive Applications**. Infineon: <https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/market-news/2018/INFCCS201808-075.html>, Erişim: 04.04.2019.
- REXROTH. (2019). IoT Gateway software -Get ready for Industry 4.0! <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/electric-drives-and-controls/news/software-iot-gateway/index>, Erişim: 04.04.2019.
- ROGUEELEMENT. (2019). <https://www.rogueelement.org/additive-manufacturing-creative-problem-solving>, Erişim: 14.04.2019.
- SCHMITT, K. (2013). Top 5 Reasons Why Industry 4.0 Is Real and Important. Digitalistmagazine: <https://www.digitalistmag.com/industries/2013/10/15/top-5-reasons-industry-4-0-real-important-0833970>, Erişim: 05.04.2019.

SIEMENS. (2013). Tecnomatix Plant Simulation Gerçekleri. <https://community.plm.automation.siemens.com/t5/Plant-Simulation-Forum/Tecnomatix-Plant-Simulation-facts-The-book/td-p/19939>, Erişim: 24.04.2019.

ŞAHİN, B. (2018). SAP'nin yapay zekâlı "Akıllı Bulut ERP" Çözümü Türkiye'de. Digitalage: <https://digitalage.com.tr/sapnin-yapay-zekali-akilli-bulut-erpcozumu-turkiyede/>, Erişim: 24.04.2019.

TEKİN, Z., & KARAKUŞ, K. (2018). Gelenekselden Akıllı Üretime Spor Endüstrisi 4.0. **İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi**, 7(3), 2103-2117.

TİRYAKİOĞLU, M. (2014). **Kalkınma İçin Türkiye'de Teknoloji Transferi Politikaları**. SETA: Ankara.

TUNÇEL, S., CANDAN, Z., & SATIR, A. (2018). Ahşap İşlemede İnovatif Yaklaşım: Endüstri 4.0. **Ağaç İşleme Teknolojileri Paneli**. İzmir. <http://www.sabittuncel.com/innovatif-yaklasim-endustri-4-0/>, Erişim: 24.04.2019.

TÜSİAD. (2016). Industry 4.0 in Turkey as An Imperative for Global Competitiveness An Emerging Market Perspective. (M. E.-N. Nurşen Numanoğlu, Dü.) İstanbul: BCG.

VAIDYA, S., AMBAD, P., & BHOSLE, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. **Procedia Manufacturing**, 20, 233-238. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>.

VYAS, K. (2018). How the First and Second Industrial Revolutions Changed Our World. Interesting Engineering: <https://interestingengineering.com/how-the-first-and-second-industrial-revolutions-changed-our-world>, Erişim: 09.01.2019.

XU, L. D., XU, E. L., & LI, L. (2018). Industry 4.0: State of the Art and Future Trends. **International Journal of Production Research**, 56(8), 2941-2962. doi:10.1080/00207543.2018.1444806

YAZICI, S. (2018). İnovasyon, Rekabet ve Devlet, **Turkish Studies: Information Technologies & Applied Sciences**, 13(13), 67-86. doi:10.7827/TurkishStudies.13388

YILDIZ, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 22(2), 546-556.

YÜKSEL, M., & GENÇ, K. Y. (2018). Endüstri 4.0 ve Liderlik. **2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies**, (s. 338-341). Samsun: SETSCI.