

PAPER DETAILS

TITLE: Endüstri 4.0: Firsat mi Tehlike mi?

AUTHORS: Ahmet Rasit PETEKCI

PAGES: 7-15

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1478657>



Derleme Makale

Endüstri 4.0: Fırsat mı Tehlike mi?

Anahtar Kelimeler:

Endüstri 4.0
Yapay Zekâ
İnovasyon
Dijitalleşme
Robot Teknolojisi

ÖZ

Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın niteliği ve kavramsal perspektifi, ayrıca gelişimiyle beraber ortaya çıkan yeniliklerin yaratacağı veya yaratması muhtemel avantaj ve dezavantajların neler olabileceği incelenmiştir. Çalışma, Endüstri 4.0'ın içeriği, niteliği, bileşenleri ve gelecekte yaşantımıza nasıl bir etkisi olabileceğine dair birtakım öngörülerden bahsetmiştir. Ancak çalışmanın en çok vurgulanması gereken kısmı, Endüstri 4.0'ın yaratması muhtemel avantaj ve dezavantajlarıdır. Endüstri 4.0'ın ilk kez 2011'de ortaya çıkması ve dönüşümün emekleme döneminde olması sebebiyle, bu öngörüler şu anlık tahmin olmaktan daha öteye geçemeyecektir. Bu devrimin öncüllerinden farkı, geçmişten tamamen kopuş ve yepyeni bir üretim biçimi hayatımıza sunmasıdır. Üretim sürecindeki robot-insan işbirliği, bu devrim ile birlikte yerini sadece robotların egemen olduğu ve otomasyonu yürüttüğü fabrikalara bırakabilir. Bu çalışma, "karanlık üretim" adını verilen bu üretim biçiminin içeriğinden de bahsetmiş, artı ve eksi yönlerini de ortaya koymuştur. Endüstri 4.0 kavramı literatüre yeni katıldığından dolayı, net bir tanımını ve güncel etkilerini sunmamız mevcut durumda mümkün olmayacaktır. Küresel çapta sistematik bir dönüşüm sağlandıktan sonra bu kavramın belirginleşeceğini ve etkilerinin ortaya çıkacağını söylemek de daha olası durmaktır.

Industry 4.0: Opportunity or Danger?

Keywords:

Industry 4.0
Artificial intelligence
Innovation
Digitalization
Robot Technology

ABSTRACT

In this study, the nature and conceptual perspective of Industry 4.0, as well as the advantages and disadvantages that will or may be created by the innovations that emerge with its development are examined. The study mentioned some predictions about the content, nature, components of Industry 4.0 and how it may affect our lives in the future. However, the most emphasized part of the study is the possible advantages and disadvantages of Industry 4.0. Since Industry 4.0 first appeared in 2011 and the transformation is in its infancy, these predictions will not go beyond being a momentary estimate. The difference of this revolution from its predecessors is that it breaks completely with the past and offers a brand new way of production to our lives. With this revolution, robot-human cooperation in the production process can be replaced by factories where only robots dominate and carry out automation. This study also mentioned the content of this mode of production called "dark production" and revealed its pros and cons. Since the concept of Industry 4.0 has just joined the literature, it will not be possible for us to present a clear definition and current effects. It is more likely to say that this concept will become more pronounced and its effects will emerge after a global systematic transformation is achieved.

*Sorumlu Yazar

*(arpetekci@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-4355-6845

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 30/12/2020; Kabul Tarihi: 04/03/2021

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

1. GİRİŞ

Küreselleşme ve neoliberalizm çerçevesinde ülkelerde yaşanan iktisadi dönüşümler sonrasında ülkeler dışarıya daha açık pozisyona geldi ve bu sayede bilginin küresel çapta artan sirkülasyonu ile birlikte ülkeler sadece sermayeyi değil aynı zamanda beşerî kaynakları da kullanma çabasına girişmiştir (Akben & Avşar, 2018). Mevcut insan kaynağını ve eğitim imkânlarını sermaye sayesinde inovatif girişimlere ayıran ve teknolojik alanda önemli gelişmeler sağlayan ülkeler, Ar-Ge yatırımlarına ciddi önem vererek, bir yandan dünya ekonomisinin dönüşümüne katkı sağlamış olup bir yandan da kalkınma kaynaklı ciddi bir ekonomik büyüme istikrarına kavuşmuştur (Akkuşçu, 2019). Zamanla bu dönüşüm, ekonominin temelini oluşturan her sektörü ve her ölçekten firmayı etkileyecek seviyede bir devrimin gerçekleşmesini sağladı ve bu devrime uyum sağlayamayan sektörlerin endüstriyel faaliyetlere verimli bir şekilde devam etmesi oldukça zor hale geldi. Endüstri 4.0, tüm birimlerin birbiriyle olan iletişimine ve sağlanan verilere eş zamanlı olarak ulaşılabilmesine ve verilerden alınan verimin maksimize edilerek katma değer en üst seviyede sağlanmasını hedefliyordu (Anuşlu & Fırat, 2020). Ürünlerin üretilmesinden tüketilmesine, bozulmasına, hatta geri dönüşümüne kadar olarak süreç içerisinde bu teknolojiye dayanarak neticesinde, tüm bu zincirin ortaya çıkardığı dönüşümden maksimum verim alınması hedeflendi. Bu verimin alınması için zincirin bileşenlerinin otomasyon sistemine dâhil olması gerekiyordu. Bir yandan gelişme sağlanan robot teknolojisinin de desteğiyle, gerçek zamanlı ve devamlı sağlanan iletişim imkânları da kullanılarak, kendi kendisini yönetebilen akıllı makineler sayesinde etkileşimin en üst düzeyde olması amaçlandı. Bu makinelerin pratikte sağlanacak olan etkinliği de akıllı siber-fiziksel sistemler kullanılarak oluşturulan akıllı fabrikalar sayesinde mümkün olacaktı (Kasa & Aslan, 2020). Dördüncü Sanayi Devrimi dönemi esasında hem piyasanın hem de üretim biçiminin bir talebi olarak ortaya çıktı. Teknolojinin gelişmesi ve küreselleşmeyle birlikte hem üretim kapasitenin artması hem de hammaddeye kolayca ulaşabiliyor olmak, pazarın doyum noktasına ulaşmasına sebep olmuştur. Bu durum arz-talep dengesinde yaşanabilecek bir krizden kaçınmak için gelişmiş ülkeler tarafından belli önlemler alınmasına karar verilmiştir. Bu nedenle maliyetleri düşürmek adına post-fordist üretim biçimini benimsenerek, yatırımlar emek maliyetinin daha düşük seviyelerde olduğu ülkelere kaydırılmıştır. (Özçelik & Onursal, 2020). Özellikle Çin ve Hindistan'ın, bu yatırımları endüstriyel alanda sağladıkları gelişimle birleştirerek Batı ile rekabete girmesi sonucunda, Almanya'nın öncülüğünde bazı ülkeler rekabet avantajını sağlamak adına çareyi Endüstri 4.0'a geçiş ile buldu. Çin'in küresel çapta üretim ağını

genişletmeyi başarmış olması hem yerel çapta hem de Doğu Asya ülkelerindeki teknolojik olanaklar ve sermaye birikimi sayesinde Batı ile rekabet edebilecek duruma getirmiştir (Yıldırım, 2019). Bu sebepten dolayı Almanlar yeni teknolojileri geliştirme ihtiyacının olduğunu fark ederek yeni endüstri çağına geçişi ilan etmiştir. Endüstri 4.0 kavramı ilk kez 2011 yılında Hannover'de düzenlenen bir fuarda gündeme geldi. Bu etkinlikte, akıllı teknolojinin kullanılması ile bulut teknolojisi, dijital ekonomi gibi kavramların ortaya çıkması sayesinde merkezi üretim biçiminin terk edilmesi ve daha esnek bir üretim biçimine geçilmesi gerektiği belirtilmiştir (Sosyal & Pamuk, 2018). Esasında bu devrimin yaratacağı dönüşüme baktığımızda geçmişte endüstriyel devrimlerden farkı bulunmaktadır. Bu fark beklentiler, sanayi yerine teknolojik atılımlarla dönüşümün gerçekleşmesi üzerinedir. Bugün de gelişmeleri incelediğimizde Endüstri 4.0'ın bileşenleri sayesinde teknolojiye dönük atılımlara finansman sağlayan ülkelerin; gelişmişlik düzeyinde ciddi bir artış, işçilerin işini yürütebilme şeklinde veya mesleklerde ciddi dönüşüm yaşanacağı öngörülmekte, ayrıca gelecekte; sosyal, siyasi ve ekonomik sonuçlar doğuracağına, ekonomi politik ve toplum ilişkileri derinden etkileyeceğine de kesin gözüyle bakılmaktadır. 1980'lerden sonra dünyada hâkim olmaya başlayan "küreselleşme" kavramının, Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan dijitalleşmeyi zorunlu kıldığını da belirtmek gerekir. Küreselleşme ile birlikte ticaretin ve etkileşimin artması sebebiyle dünyada artan rekabet unsurları hem talebe hem de talebin getirdiği yenilikler sayesinde ortaya çıkan teknolojik gelişmelere, işletmelerin hızlı şekilde yanıt vermesini ve dönüşüme ayak uydurmasını gerektirdi. Teknolojinin bir yandan ölçeği, bir yandan da ekonomi üzerindeki payı arttı (Demirci, 2019). Böylece Endüstri 4.0'ın niteliğinin dijitalleşme ve otomasyon kavramları tarafından oluşturulmasının ve siber-fiziksel sistemler kullanılarak hem üretim sürecinin hem de rekabet gücünün iyileştirilmesinin önü açılmıştır.

2. ENDÜSTRİ 4.0'DA DİJİTALLEŞME VE YAPAY ZEKÂNIN ROLÜ

Endüstri 4.0'ın nihai amaçları arasında, kendi kendisini kontrol edebilen, kendi konfigürasyonunu sağlayabilen ve kendi kusurlarını tespit ederek düzenleyebilen bir otomasyon sistemi üretebilmek ve bu sistemle optimize edilmiş şekilde üretimi sağlayan akıllı fabrikalar kurmak vardır. Tüm sistemlerin birbiriyle entegrasyon içerisinde olması zorunludur. Bu entegrasyon süreci, bileşenlerin eş zamanlı ve sürekli iletişim içerisinde kalmasını ve makinelerin bu sayede, dijital ortamda kendisini yöneterek etkinliği maksimize edebilmesini, yani hem yüksek kalitede hem de daha hızlı şekilde üretimin sağlanmasını hedeflemektedir. (Vaidya vd.,

2018). İçinde bulunduğumuz koşullara baktığımızda da henüz bu devrimi gerçekleştirebilmiş değiliz fakat bunun hazırlık aşamasında olduğunu belirtmek gerekir. Dijitalleşme vurgusunun yapılması bize, siber-fiziksel sistemlerin varlığını nitelemek ya da diğer tabirle somutlaştırmak amacıyla kullanılır. Bu açıdan Endüstri 4.0'a bakınca, fiziksel sistemin sanal ortamda karşılık bulabildiği bir otomasyon sürecinden bahsediyoruz. Otomasyonun bir kısmı makinelerin veri toplaması ve bu verilerin hatasız şekilde işlenmesini içeriyor ve bu sürecin istikrarlı bir şekilde devam edebilmesi de etkinliği önemli ölçüde artırıyor (Xu vd., 2018). Sensörlerin topladığı veriler öncelikle depolanıyor ve veri tabanlarının oluşturulması için de madencilik yöntemi kullanılarak bir ayıklama işlemi yapılıyor. Bu verilerin somut ve değerlendirilebilir bilgiye dönüştürülmesi için gerçek zamanlı algoritmalar kullanılıyor. Algoritmaların ise gerçek zamanlı işlem yapabilmesi için mutlak suretle yapay zekâya ihtiyacı var çünkü Endüstri 4.0'ın hedeflediği şekilde, bu makineler bu işlemleri özerk biçimde yapabilmelidir. Bu sürecin sonucunda da yapay zekâ elde ettiği gerekli verileri gerçek bilgiye dönüştürerek robotlara gerekli komutları verecektir. Böylece bu sirkülasyon, bahsi geçen otomasyon sürecini oluşturacaktır. Bu otomasyon süreci, birçok bileşenin siber-fiziksel sistem içerisindeki internet ağı sayesinde birbiriyle bağlantı kuran dijital ürünlerin aynı anda kullanılması sonucu oluşmaktadır. Sistemin bileşenleri de bulut teknoloji tarafından saklanmakta ve yönetilmektedir (Rojko, 2017). Endüstri 4.0 bu sebepten dolayı sadece bir otomasyon sistemi değildir. Aynı zamanda teknolojik bileşenlerin birbirine entegre olduğu bir süreci niteler. Bu bileşenler, siber-fiziksel sistem sayesinde ve internet ortamında oluşturulan ağ ile birbirleriyle etkileşime girerek, üretim sürecini istikrarlı kılar. Tam bu noktada sistemin daha iyi anlaşılması için bileşenlerinden de ayrıca bahsetmemiz gerekir (Dalenogare vd., 2018).

3. ENDÜSTRİ 4.0'DA DİJİTALLEŞME VE YAPAY ZEKÂNIN ROLÜ

3.1. Siber Güvenlik

İşletmeler bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanabilmek, bileşenlerin arasındaki iletişimin kesintiye uğramasını engellemek, bulut teknolojisinde depolanan verilerin başkasının eline geçmesine engel olmak gibi gerekçeler sebebiyle siber güvenliğe ciddi bir önem vermiş ve buna yönelik uzmanlarla çalışmaya başlamıştır. Üretim sürecinin etkin şekilde devam edebilmesi ve teknolojik bileşenlerin birbiriyle veri alışverişi yapabilmesi, internet bazlı ağ kanalıyla ilerleyen ürün yaşam döngüsünün dışarıdan müdahalelere kapalı olmasını gerektirir. Sadece yetkili uzmanlara

ve sisteme dahil olan makinelere erişim imkânı vererek veri akışını en güvenli şekilde sağlamak da gerekir (Sanders vd., 2016).

3.2. Bulut Teknolojisi

İşletmelere sunucu, ağ, depolama gibi hizmetler sunmayı amaçlar ve imalat sanayi için önemli ve destekleyici bir unsurdur. Depolama hizmetleri, bilgisayar ağı ve sunucuları gibi bilgi işlem kaynaklarının paylaşıldığı havuza sağlanan ağ erişiminin kullanımını sağlama işlevini üstlenir (Sung, 2018).

3.3. Akıllı Fabrikalar

Tedarik ve üretim zincirinin sürdürülebilir olması için ağ tabanlı bilgi işlem teknolojilerinden faydalanılması sayesinde akıllı üretim sağlanır. Bu fabrikalar Endüstri 4.0'ın çekirdeğini oluşturur. Siber-fiziksel sistemler de teknolojik tedariki sağlar. İnsanlar ile makineler arasındaki teknolojik etkileşimi sezgisel olarak yapabilme kapasitesine sahiptir. Makinelerin ve insanların yürüttüğü görevlere yardımcı sistem olarak karşımıza çıkar. Bileşenlerin konumu veya durumunu ya da buna yönelik bilgileri dikkate alarak işlem uygulayan bir sistemdir. Bu sistem hem sanal ortamdan hem de fiziksel açıdan elde edilen bilgileri işleyerek, talepleri karşılayacak şekilde tam zamanlı üretimi gerçekleştirebilmeli ve üretim aşamasında olabildiğince az fire vermelidir. Endüstri 4.0'ın temel hedefleri arasında ekonomik büyüme ve istihdamda artış vardır. Bu süreç içerisinde fabrikaların da üretim süreci değişmiş ve üretimde insanın rolü dönüşüm yaşamıştır. Akıllı fabrikaların ortaya çıkması ve ileri derecede otomasyon sistemlerin oluşması neticesinde düşük nitelikte işgücüne eskisi kadar ihtiyaç duyulmayacaktır. Ancak yeni süreçte hata payının azalması, üretim sürecinin hızlanması ve maliyetlerin azalması için Nesnelerin İnterneti kusursuz bir şekilde uygulanmalı ve makineler arasındaki etkileşimin sensörler ve yazılımlar ile artırılması gerekir. Siber-fiziksel sistemler de önemli bir rol üstlenmektedir. Siber fiziksel sistemler sayesinde üretim aşamasında önemli ölçüde esneklik sağlanacak ve süreç içerisinde belli başlı değişiklikler yapmak daha basit hale gelecektir (Frank vd., 2019).

3.4. Siber-Fiziksel Sistemler

Fiziksel çevre ve bununla bağlantı süreçlerle ilgili bağlantılar kurabilen ve internet ortamında veri işleme ve veriye erişebilme sürecini sağlayabilen, birbiriyle ortak çalışan hesaplama varlıklarıdır. Veriler doğrudan elde edilebilir veya kontrol üniteleri sayesinde elde edilebilir. Üretimin fiziksel ve siber araçları bir araya gelir ve bu teknoloji

sayesinde esas çıktı oluşana kadar geçen süreç gözlemlenerek hataların giderilebilmesi amaçlanır. Makinelerin zeki ve esnek yazılımlar kullanılarak uzaktan kontrolü sağlanabilir (Tjahjono vd., 2017).

3.5. İnternet Servisleri

İnternet aracılığı ile sağlayıcıların servislerini sunabilmesini sağlar. Hizmet için sağlanan iş modeli ve altyapı ile servis bir araya gelerek internet servislerini oluşturur. Bu sayede dijitalleşme olanakları da kullanılarak, işletmelere küresel boyutta hizmetler sunulabilir (Wilkesmann & Wilkesmann, 2018).

3.6. Nesnelerin İnterneti

2012 yılında hayatımıza giren yeni internet protokolü sayesinde ağlar içerisinde akıllı nesnelerin birbiriyle iletişim sağlayabilmesi olanaklı hale geldi. Ağ bağlantısı içerisinde yer alan fiziksel cihazların birbiriyle olan etkileşimini ve bu bağlantı sayesinde cihazların uzaktan kontrol edilmesi sağlandı. Öte yandan; nesneler, insanlar, ağlar ve bilgi bir araya gelerek, "Nesnelerin İnterneti ve Servisleri" kavramını oluşturdu. Endüstri 4.0 aşaması esasında imalat sektöründeki bu ilerleme ile mümkün olabilmisti. Bu kavram sayesinde üretim sürecinde dördüncü aşamaya geçildi. Ayrıca "Nesnelerin İnterneti" taşınan ve algılayıcı aygıtların belirli bir amaç etrafında hizmet etmek için eşsiz adresleme şemaları ile kendi arasında etkileşime girmesine ve eş zamanlı olarak çevresinde yer alan akıllı bileşenlerle koordine çalışmasına yardımcı olur. Üretim sürecine doğrudan katılan makineler ile sürecin sonrasında görev alan dijital ürünlerin internet tabanlı ortamda etkileşimde bulunması, Endüstri 4.0 olarak bilinen üretim konseptini ortaya çıkaran gelişmelerden birisidir (Kamble vd., 2018).

3.7. Büyük Veri ve Veri Analitiği

Bu kavram sadece veri toplama veya verilere erişim ile ilgili değildir. Üretim devam ederken ve üretim sonlandıktan sonra ürün ve ürünün kullanımı hakkında pek çok veri kazanılır. Öte yandan ürünün kullanıcısı hakkında da birçok veri saklanır ki buradaki amaç, ürünün geliştirilmesi adına bulgu elde etmektir. Ayrıca bu verileri çözmek, anlamak ve analiz etmek de nihai amaçtır. Bu noktada neredeyse exabyte boyutuna varan veri kümelerinden bahsedebiliriz. Bu kümeler, veri tabanıyla alakalı ortalama işlevde bir yazılımın verileri etkin şekilde depolamasının veya analiz edebilmesinin çok daha ötesinde bir büyüklüğe sahiptir. Büyük Veri ise karmaşık yapısından ve boyutunun büyük olmasından dolayı, kuruluşlar için rekabette ve değer yaratma hususunda önemli bir bileşendir. Sensörden tablete kadar uzanan geniş bir alanda

Büyük Veri kullanım açısından önemli bir fark yaratacaktır. Mevcut şartlar doğrultusunda birçok verinin bir araya getirilmesinin mümkün olması, bir yandan bilgi kirliliğinin yarattığı tahribat sebebiyle doğru bilginin kullanımını zorlaştırmaya sebep olmaktadır. Bu bilgilerin doğru şekilde ayrışması için de karışık verileri daha sade hale getirmek adına çalışmalar yapılmaktadır. Makinelerin ürettiği verilen bulut teknolojisinde saklanması sayesinde gündelik hayatımızda bu verilere kolayca ulaşabiliyoruz. Fakat ilerleyen yıllarda bu verilerin boyutlarının mevcut duruma göre çok daha büyük olacağı tahmin edilmektedir. Büyük Veri tam bu noktada işe yaraması beklenen bileşendir. Kısacası, akıllı makinelerin sürekli olarak bilgi üretmesi ve depolaması gerekmektedir. Bu verilerin de sürekli bir analize ve değerlendirmeye ihtiyacı vardır. Sürecin etkin şekilde işlemesi için veri analitiği kavramı ortaya atılmıştır. Yani verilerin analizi ve etkin olarak kullanılması, hata payının düşmesi ve esnekliğin sağlanması amaçlanır (Zheng vd., 2018).

3.8. Otomasyon ve Yapay Zekâ

Büyük Veri kaynaklı olarak ortaya çıkan devasa işlem hacmi ve karmaşık hale getiren üretim süreci, Yapay Zekâ kavramının etrafında ciddi teknolojik gelişmelerin yaşanmasını sağlamıştır. Yapay Zekâ, insana ait olan birtakım bilişsel süreçlerin; algılama, kavramlar arasında ilişki kurabilme ve bunları analiz edebilme gibi, bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Otomasyon kavramı ise makineleşmede ileri ve gelişmiş bir düzeyi tarif eder. Robot kollar sayesinde esnek üretimin gerçekleşmesi ve sensörler aracılığı ile otomasyon düzeneğinin çevresiyle etkileşime girerek veri alışverişi yapabilmesi sayesinde robot kollar da yapay zekanın akıllı yazılımlara sahip hayati organlarından birisi olarak karşımıza çıkar (Barreto vd., 2017).

3.9. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik

Sanal Gerçeklik, fiziksel alanı ve insanların aktivitelerini taklit eder. Üretimin başından sonuna kadar ilerleyen süreçte, ürün yaşam döngüsünün bir taklidi olarak karşımıza çıkar. Bilgisayar modelinin oluşturduğu üç boyutlu ortamda, katılımcı esasında hareket halindeymiş gibi görünür. Eskiden rutin işler için kullanılan birtakım basit grafik araçları olarak karşımıza çıkarken, bugün mesleki alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Sağlık ya da oyun gibi alanlarda karşımıza çıkar. Arttırılmış gerçeklik de sanal gerçekliğin devamı niteliğindedir. Maliyet ve zaman açısından verimliliğe olumlu etkisi vardır. Ürün yaşam döngüsünde yer alan fiziksel ve sanal ortamı birbirine entegre ederek üretim imkanlarının genişlemesini sağlar (Wagner vd., 2017).

3.10. Öğrenen Robotlar

Bir robotun geçmişten günümüze kadar gelen deneyimleriyle hali hazırda var olan problemi çözecek kabiliyetlere sahip olması gerekir. Robot geliştirenlerin de esas amacı da bu kabiliyeti robotlara kazandırabilmektir. Programcılar klasik yöntemlere göre bu gelişim ve değişim sürecine bağlı olarak ilerleyen deneyimleri robotlara aktarmayı tercih eder (Masood & Sonntag, 2020).

3.11. Üç Boyutlu Yazıcılar

Geleneksel üretim modelinde, hammaddenin kesilerek nihai ürüne eklenmesiyle üretim sağlanır. Ancak süreç içerisinde malzeme fazlası olması, yüksek maliyete yol açmaktadır. Bu yöntem sayesinde; bilgisayar kontrolünde bulunan dijital ortamdaki bir verinin, üç boyutlu bir nesne haline getirilmesi hedeflenir. Gıda, cam, plastik veya silikon gibi bazı maddeler, gündelik hayatın önemli endüstriyel alanlarında üretim yapılabilmesi için kullanılır. Hammadde eritilir ve kat kat yerleştirme yapılarak süreç ilerler ve üretim sağlanır. Bu üretim biçiminde insana fazla gereksinim yoktur ve üretim süreci daha hızlı ilerler. Endüstri 4.0 ve karanlık üretimin sağlanması adına olmazsa olmaz bir bileşendir. Üretimde ciddi bir verimlilik sağlanır, üretimi zor olan küçük parçaların da kolay üretilmesi sağlanır (Ślusarczyk, 2018).

3.12. Akıllı/Karanlık Üretim

Bu kavram Endüstri 4.0 için vazgeçilmez niteliktedir. Karanlık üretim, herhangi bir insan müdahalesi olmadan robotlar aracılığıyla fabrikanın çalıştırılması ve imalat sürecinin sağlanmasıdır. Sağlanan Önceden programlanmış olan aygıtlar, dışarıdan bir müdahale olmadan kendi hallerinde üretim sürecini devam ettirir. Bu ifade bazen "Karanlık Fabrika" kavramı olarak da karşımıza çıkar. Gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılarak, esnek ve kendi arasında haberleşebilme imkânına sahip bir üretim sürecine sahip olmak, küresel çapta bir pazara dinamik şekilde hitap edebilmeyi de beraberinde getirir. Siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti ve bulut bilişim kullanılarak geliştirilen üretim teknolojilerine sahip bu akıllı fabrikalar, Endüstri 4.0'ın nihai hedefidir. Bu fabrikalarda üretim süreci kendi içerisinde özerk olarak ilerler ve kolay tanımlanabilir durumdadır. Akıllı fabrikalardan kaynaklı ortaya çıkan karmaşık süreç bu sayede yönetilebilir hale gelir ve üretimin kârlı olması sağlanır. Bu durumun ilk örneği Japonya'da ortaya çıkmıştır. İşletmeler insan işçiliğinin getirisi olan yüksek miktarda maliyet sebebiyle, otomasyonun robotlarla sağlanması yoluna gitmişti. Ancak post-

fordist üretime geçişle birlikte ucuz işçi gücünden faydalanmak isteyen Batı ülkelerinin, imalatını gelişmemiş ülkelere yönlendirmesi, büyümekte olan bu sektörün gelişimini bir süreliğine durdurmuştu. Günümüzde ise Karanlık üretim asla imkânsız bir hedef olarak görülüyor. Bu kavramın ismi de karanlıkta dahi makinelerin üretim sürecine katılımının devam etmesinden geliyor. Bu teknolojiler, cihazlar ve makinelerin geçmişten beri süregelen deneyimlerini olağanüstü bir durum veya gereksinim karşısında, üretim sistemi ile doğrudan etkileşimin kurulması sağlayarak yanıt vermesini sağlıyor (Luthra & Mangla, 2018).

4. ENDÜSTRİ 4.0 İLE HAYATIMIZDA BEKLENEN OLUMLU VE OLUMSUZ DEĞİŞİKLİKLER

Ülkelerin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak sadece üretim süreçlerinde değil aynı zamanda eğitim veya işgücü alanında, ülkelere yapılan yatırımlarda ve birtakım yasal düzenlemelerde de dönüşümler yaşanacaktır. Bu durumun yatırım, büyüme ve istihdam oranlarında artı veya eksi yönde birçok sonuç doğuracağı da kaçınılmazdır.

4.1. Avantajlar

Endüstri 4.0, Asya'nın ele geçirdiği ucuz iş gücü üstünlüğünü sona erdirmek amacıyla ortaya çıkmış gibi görünse de birçok alanda insanların işini kaybetmesine sebep olabileceği de beklenen bir durum olarak karşımıza çıkıyor. Fakat geçmiş endüstriyel devrimlere baktığımızda, özellikle makineleşmenin insanların işini kaybetmesine sebebiyet vereceği düşünülmese de, insanın üretim sürecinde değeri artmıştır. Öte yandan fiziksel ve ağır işlere git gide daha fazla makinelerin ağırlığını koyduğunu fakat akıl gerektiren işlerde ise insanların rolünün artmaya başladığını görüyoruz. İnsan böylece kendisini geliştirmek ve eğitim seviyesini yükseltmek durumunda kalmış, yeni rolünün getirisi olarak da yeni beceriler kazanması gerektiğinin farkına varmak zorunda kalmıştır. Yeni mesleklerin ortaya çıkışı ve teknoloji odaklı olmasının beklenmesi de bu konuda uzman kişilerin aranması ve bu sayede niteliğin yükselmesi anlamına gelecektir (Pereira & Romero, 2017).

Endüstri 4.0'ı robotlar ve insanların iş birliği olarak değerlendirdiğimizde, bu devrimin enerji tasarrufu sağladığını, kaynak verimliliğini arttırdığını, inovasyonların ortaya çıkma süresini kısalttığını ve ağlar arasında dikey ve yatay entegrasyonun sağlandığını söylememiz mümkün (Bartodziej, 2017).

Karanlık fabrikalarda üretim yapılması ile minimum maliyet ve verimli üretimin sağlanması beklenmektedir. Üretim aşamasında eski usullerin terk edilmesi beklenmektedir. Mesela fosil yakıt ya

da kömür gibi araçların yerini daha temiz ve yenilebilir enerji kaynaklarının alması, öte yandan bu devrimin modern teknolojilere uyum çerçevesinde şirketleri teşvik edici unsur olarak karşımıza çıkacağı öngörülmektedir (Ardito vd., 2019).

Sistemin kendi optimizasyonunu sağlaması, üretim aşamasının gerçek zamanlı olmasını sağlayacaktır. Kurumsal rekabet gücünde yaşanan artış, yenilikçi pazarlama tekniklerinin dijital ortamda sağlanmasıyla birlikte iş verimliliğinde de artışa katkıda bulunmuştur. Şirketler rekabete ortak olabilmek adına iş organizasyonunda sistematik değişikliklere gidecek, insan kaynaklarında da ciddi dönüşümler yaşanacaktır (Zhong vd., 2017).

Bu dönemde insanlar inovasyonun gücünün farkını vararak, girişimciliğin ön plana çıkması ile kendi işlerini kurma eğilimindedir. Inovasyonun Endüstri 4.0 için hayati bir öneme sahip olduğunu düşünürsek, dönemin insanın önemini arttırdığını söylememiz mümkün. Ancak insan bu yeni düzene ayak uydurabilmeli, yeniliğe açık olmalı ve elindeki bilgi ve verileri paylaşarak iletişim kanallarını her daim açık tutmalıdır (Ghobakhloo, 2018).

Üretimde kitlesel özelleştirme imkânı ve tasarım sürecine müşterilerin doğrudan müdahil olmaları, şirketlerin daha az maliyetle ve daha kısa çevrim süreciyle üretim yapmasına olanak tanır. Akıllı üretimin ortaya çıkışıyla birlikte hem esnek hem de hızlı üretimin sağlanması ve küresel çaptaki değişimlere hem fiziksel hem de organizasyonel açıdan çok daha kolay entegre olabilme fırsatı sunması açısından, Endüstri 4.0 kaçırılmaması gereken bir dönüşüm sürecidir (Schumacher vd., 2016).

Hukuk alanında yeni yaptırımlar ve düzenlemelerin ortaya çıkacağı düşünüldüğünde, siber-fiziksel sistemlerin ve devasa verilerin işlendiği sistemlerin güvenliğini sağlamak adına atılacak bu adımların bir yandan siber güvenlik alanında da ciddi atılımlar sağlaması beklenmektedir (Raj vd., 2020).

Küçük ve orta ölçekli işletmelerde çalışanlarla birlikte üretim sürecine katılması beklenen işbirlikçi robotlar(cobot) otomasyon konusunda ciddi kolaylıklar sağladığı için, KOBİ'lerin kısa vadede karşılaştığı karmaşık ve pahalı görünen ve üretimde zorluğa sebep olan aşamaları kolayca aşabilmesini sağlayabilir. Ayrıca iş kazalarının önlenmesi ve verimliliğin artması adına gerekli koşullar da ortaya çıkar (Bag vd., 2020).

İnsan kaynaklarının Endüstri 4.0 bileşenleri ile işbirliği halinde olması ve bazı şirketlerin işe alım süreçlerinde, adayların veri tabanlarına girilen bilgilerini yapay zekâ aracılığıyla değerlendirmesi, işe alımlarda daha adaletli ve verimli kararlar alınmasını sağlayabilir. İşe alımlarda beklenen şey

de kuşkusuz, entelektüel birikim ve yaratıcılık olacaktır.

4.2. Dezavantajlar

Yazılım teknolojileri ve fiziksel sistemlerle bütünleşmiş şekilde çalışan sistemleri denetleyebilecek kişilerin işe alınması, mavi yakalıların işten çıkarılma tehlikesini doğurur. Şirketler bu süreci minimum risk ile atlarmaya çalışacaktır. İşten çıkarılanların yarattığı yasal süreçler şirketler için zorlayıcı olabilir. Bu durum gerçekleşme dahi, mavi yakalıların kalifiye eleman niteliğine yükselmesi için gereken teknik ve teknolojik eğitim süreci de maliyetleri arttıracaktır. Bir yandan da kalifiye meslek gruplarına ilginin artması neticesinde de mavi yakalıların teknolojik ayrımcılık ve dışlanmaya maruz kalacaktır (Hofmann & Rüsç, 2017).

Robotlardan herhangi bir vergi alınmaması, sosyal güvenlik kurumlarını zora sokabilir. Öte yandan işverenin de robotlara maaş ödememe gibi bir ayrıcalığa sahip olması, toplum içerisinde gelir adaletsizliğinin daha uç boyutlara ulaşmasına yol açabilecektir. İşsizliğin artmasıyla birlikte devletin sırtına ekstra yük binmesi de muhtemel riskler arasındadır çünkü önceki endüstriyel devrimlerin aksine Endüstri 4.0, vasıfsız işçilere yönelik hiçbir iş alanı yaratamayacak bir yöntem ile hayatımıza karışmaya başlamaktadır. Bu durumun işsizliği ciddi ölçüde arttıracağına dair söylentiler de dillendirilmektedir (Moktadir vd., 2018).

Yeni teknolojilerin küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından satın alınabilmesi için yeterli finansmanın olmaması gibi bir durumda rekabete sekte vurması ve tekelleşmenin çok daha fazla ortaya çıkması muhtemeldir çünkü Endüstri 4.0 yüksek seviyede uzmanlık ve ciddi bir sermaye yatırımına ihtiyaç duyar (Muhuri vd., 2019).

Üretim sistemlerinin karmaşık hale gelmeye başlamasıyla birlikte kalifiye eleman bulmakta zorluklar yaşanabilir. Teknolojik gelişmelerin üretim sürecinde daha fazla etkisini göstermesiyle basit işler yerini daha zorlu ve karmaşık görevlere bırakacaktır. Akıllı fabrikalar; kod yazma, kendiliğinden karar verebilme ve çok yönlülük ile karakterize edilecektir. Bu durumda denetleme, bütünsel düşünme ve problemleri çözme gibi kabiliyetler bakımından ustalaşmış işçiler gerekmektedir (Pejic-Bach vd., 2020).

Bireyselleşmenin daha fazla önem kazanması ve mavi yakalıların etkinliğini kaybetmesi neticesinde sendikalaşma olumsuz etkileneyecektir. Çalışanlar sadece kendi çıkarları ve bireysel hakları üzerine bir hak arama çabasına girecektir. Mavi yakalıların yok olacağı düşüncesi de zaten gelecekte sendikalaşmanın tamamen ortadan kalkacağı ve

çalışanların sömürüye daha fazla maruz kalacağı tehlikesini yaratabilir. Ancak gelecekte yine de sendikalara ihtiyaç duyulması kaçınılmazdır çünkü inovatif girişimler için dijital emeğin de korunması gerekir. İlgili veriler ışığında Endüstri 4.0'ın incelenen teknoloji alanlarıyla alakalı insan yaşam sürecine dair avantajlar ve dezavantajlar Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Genel çerçeve içerisinde Endüstri 4.0'ın avantajları ve dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Üretim sürecinde insana verilen değerin artması	Mavi yakalıların işten çıkarılma tehlikesi
İnsana olan ihtiyacın iş gücünden akıl gücüne dönüşmesi	İşten çıkarılanların yarattığı yasal süreçlerin şirketler için zorlayıcı olması
Piyasada nitelik uzman ihtiyacının artması	Teknolojik ayrımcılık ve dışlanma
Kaynak verimliliğinin artması	Robotlardan herhangi bir vergi alınmaması ile sosyal güvenlik kurumlarının zorlanması
Enerji tasarrufunun sağlanması	Toplum içerisinde gelir adaletsizliğinin daha uç boyutlara ulaşması
Minimum maliyet ve verimli üretimin sağlanması	İşsizliğin artmasıyla birlikte devletin sırtına ekstra yük binmesi
Modern teknolojilere uyum çerçevesinde şirketlerin teşvik edilmesi	Yeni teknolojilerin küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından satın alınabilmesi için yeterli finansmanın olmaması
Üretim aşamasının gerçek zamanlı olması	Tekelleşmenin çok daha fazla ortaya çıkması
Yenilikçi pazarlama tekniklerinin dijital ortamda sağlanması	Kalifiye eleman bulmakta zorluklar yaşanması
İş organizasyonunda sistematik değişikliklerin yaşanması	Bireyselleşmenin daha fazla önem kazanması

Kişilerin kendi iş yerlerini kurma eğilimlerinin artması	Sendikalaşma oranının azalması
Tasarım sürecine müşterilerin doğrudan müdahil olmaları	Müşteri üretici arasında çatışmanın artması
Küresel çaptaki değişimlere kolay entegre olabilme	Yığından kaliteli bilginin seçilme zorluğu
Siber güvenlik alanında da ciddi atılımlar gerçekleşmesi	Şirketlerin güvenlik kaynaklarına büyük fon ayırması
İnsandan kaynaklanan iş kazalarının azalması	Beklenmeyen ve maliyetli robotik kazalarının ortaya çıkması
İşe alımlarda daha adaletli ve verimli kararlar alma	İşe alımlarda insani yönün göz ardı edilmesi

5. SONUÇ

Endüstri 4.0, bilgi ve iletişim teknolojilerinin ciddi bir gelişim kaydettiği dönemde, özellikle Bulut Teknolojisi ve Büyük Veri sayesinde hızla hayatımıza dâhil olmaktadır. Robotlar gelecekte hem imalatla hem de gündelik hayatta ciddi rol oynamaya başlayacaktır. Örneğin, çocuklar üç boyutlu yazıcılar sayesinde evinde oturup kendi istediği tarzda bir oyuncak üretebilecek veya kapımıza kargomuzu özerk çalışan bir robot getirecektir. Endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikler neticesinde öğrenmeyi ve niteliklerini geliştirmeyi amaç edinen insanlar, inovatif girişimler sayesinde hem kendileri için hem de dünya için yeni fırsatlar yaratabilme şansına kavuşacaktır. Akıllı fabrikaların ortaya çıkması ve niteliklerinin gelişmesi neticesinde, fabrika çalışanlarının daha iyi pozisyonlarda mesleğini yürütmesi mümkündür. Örneğin, Netflix'in tüketicinin tercihleri üzerinden davranışsal algoritmalar yaratması ve önerilerini buna göre sunması gibi örnekler bize yapay zekânın ve tüketicinin bir veri toplama kaynağı olarak kullanıldığını göstermektedir. Bu durum ülkeler arasında bir teknoloji ve ticaret savaşı yöntemi olarak karşımıza çıkar. Tüketicinin tercihiye göre politik, ruhsal, sosyal birçok alanda çeşitli algoritmaların geliştirilmesi, ülkelerin ve şirketlerin rekabet gücüne pozitif etkide bulunmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerine sahip olan veya finansman sağlayabilen ülkeler, hem makine-insan işbirliği hem de otomasyona dönük ileri düzeyde üretim ve endüstriyel araçlara sahip olmasıyla birlikte, ciddi düzeyde verimlilik ve etkinlik sağlayarak pazar payını küresel çapta ciddi boyuta çekme şansına

sahiptir. Karanlık üretim neticesinde, makinenin üretim maliyetinin ucuzlaması, optimizasyon sayesinde kendi kusurlarını giderebilen sistemlerin ortaya çıkması, karanlıkta üretim yapılabilmesinin maliyetleri azaltması ve makinelerin 24 saat boyunca çalışabilmesi mümkün olacaktır. Böylece daha az maliyet ile üretimde etkinliğin ve sürekliliğin maksimize edildiği yeni bir dönem karşımıza çıkmaktadır. İnsan hatasından kaynaklanan kusursuzların da minimum seviyeye inmesi neticesinde düşük maliyetleri ve hatasız ürünlerin ortaya çıkması mümkündür. Öte yandan bu devrim bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Eğitimli insan gücüne ihtiyaç duyulması neticesinde alt dallarda çalışacak olan işçilere karşı teknolojik ayrımcılık uygulanması ihtimali vardır. Şirketlerin ayakta kalabilmesi ve rekabet gücünü koruması adına Endüstri 4.0'a olabildiğince hızlı şekilde adapte olması gerekmektedir fakat finansman yetersizliği sebebiyle gelişmiş ülkeler ile diğer ülkeler arasındaki makasın açılması ihtimali söz konusudur. Emegın piyasadaki payının azalması ve bu sebepte ortaya çıkması muhtemel olan sosyoekonomik eşitsizliğin yaratacağı sosyal çöküntü karşısında devletlerin üstüne daha büyük yük binecektir. Çalışanların ise dijital ortamda verilerini ve çalışmalarını saklaması muhtemel olduğundan dolayı, ciddi güvenlik açıkları endişesi vardır. Siber güvenlik uzmanlığının bu noktada ciddi yatırımlara ihtiyaç duyması da finansman sağlayamayan şirketlerin sırtına bir yük olarak binebilir. Mesleklerde yaşanan dönüşümler, hukuki açıdan da ciddi reformların gerektiğini bize göstermektedir. İleride robotların çalışma alanıyla alakalı hukuki düzenlemeler yapılması gerektiği ve bu sebepten işini kaybeden mavi yakalıların da sendikal haklarının korunması gerektiği barızdır. Toplumsal ve küresel çaptaki sorunların ve haksız uygulamaların giderilmesi sağlandığı takdirde, robot teknolojisi verimliliği ciddi boyutta arttıracak, teknolojik ve endüstriyel kalkınmanın önündeki engelleri kaldıracak ve hem sürdürülebilir hem de yenilenebilir enerjinin aktif ve etkin şekilde kullanımının da önünü açacaktır.

KAYNAKÇA

- Akben, İ., & Ayşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 26-37.
- Akkuşcu, H. İ. (2019). Endüstri 4.0'ın Çalışma Hayatına Etkileri ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 38(2), 65-98.
- Anuşlu, M. D., & Fırat, S. Ü. (2020). Ülkelerin Endüstri 4.0 Seviyesinin Sürdürülebilir Kalkınma Düzeylerine Etkisinin Analizi. *Endüstri Mühendisliği*, 31, 44-58.

- Ardito, L., Petruzzelli, A. M., Panniello, U., & Garavelli, A. C. (2019). Towards Industry 4.0. *Business Process Management Journal*.
- Bag, S., Gupta, S., & Kumar, S. (2020). Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*, 231, 107844.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Bartodziej, C. J. (2017). The concept industry 4.0. In *The concept industry 4.0* (pp. 27-50). Springer Gabler, Wiesbaden.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394.
- Demirci, E. (2019). Endüstri 4.0 sürecinde dijital dönüşüm ve sosyoekonomik yansımalar bağlamında insan kaynaklarının dönüşümü: Disiplinlerarası bir yaklaşım (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26.
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in industry*, 89, 23-34.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408-425.
- Kasa, H., Arslan, G. (2020). Endüstri 4.0 Kapsamında Teorik Bir Analiz: Türkiye Örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19 (76), 1810-1826. Doi: 10.17755/Esosder.665849
- Luthra, S., & Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply

- chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168-179.
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121, 103261.
- Moktadir, M. A., Ali, S. M., Kusi-Sarpong, S., & Shaikh, M. A. A. (2018). Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 730-741.
- Muhuri, P. K., Shukla, A. K., & Abraham, A. (2019). Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. *Engineering applications of artificial intelligence*, 78, 218-235.
- Özçelik, T., & Onursal, F. S. (2020). Endüstri 4.0'ın İş Hayatı ve Sendikalaşma Üzerine Etkisi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(1), 981-1007.
- Pamuk, N., Soysal, M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme. *Verimlilik Dergisi*, (1), 41-66. Retrieved From <https://Dergipark.Org.Tr/Tr/Pub/Verimlilik/Issue/34982/388198>
- Pejic-Bach, M., Bertoncel, T., Meško, M., & Krstić, Ž. (2020). Text mining of industry 4.0 job advertisements. *International Journal of Information Management*, 50, 416-431.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 107546.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. P. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(3), 811-833.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 52(1), 161-166.
- Ślusarczyk, B. (2018). Industry 4.0: Are we ready?. *Polish Journal of Management Studies*, 17.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: a Korea perspective. *Technological forecasting and social change*, 132, 40-45.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain?. *Procedia manufacturing*, 13, 1175-1182.
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0—a glimpse. *Procedia manufacturing*, 20, 233-238.
- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia Cirp*, 63, 125-131.
- Wilkesmann, M., & Wilkesmann, U. (2018). Industry 4.0—organizing routines or innovations?. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*.
- 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.
- Yıldırım, Y. (2019). Endüstri 4.0'a Kapsamlı Bir Bakış: 2011'den Bugüne. *Bilgi Dünyası*, 20(2), 217-249.
- Zheng, P., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., Mubarak, K., ... & Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13(2), 137-150.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3(5), 616-630.