

Endüstri 4.0 için SWOT Analizi

Begümhan TURGUT¹

¹Dr., bturgut@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7594-9128

Öz: Endüstri 4.0 için SWOT Analizi, Endüstri 4.0'in benimsenmesi ve uygulanmasıyla ilişkili güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri değerlendiren stratejik bir çerçeve görevi görür. Bu dönüştürücü konsept, bilgi teknolojisi (IT) sistemlerinin fiziksel sistemlerle kusursuz entegrasyonu ile karakterize edilen ve siber-fiziksel sistemlerle sonuçlanan dördüncü sanayi devrimini temsil ediyor. Endüstri 4.0'in genel hedefi, gerçek zamanlı veri paylaşımı ve fiziksel nesnelere birbirine bağlanması yoluyla endüstrileri daha akıllı, dinamik ve esnek hale getirerek geliştirmektir. Endüstriyel uygulayıcılar, SWOT faktörlerini anlayarak Endüstri 4.0'i stratejik olarak uygulayabilir, güçlü yönlerinden ve fırsatlarından yararlanabilir, zayıf yönlerini proaktif olarak ele alabilir ve potansiyel tehditleri azaltabilir. Endüstri 4.0 birçok sektörde ve iş alanında gelişmiş durumdadır. Son zamanlarda yeni iş modelleri sağlayan, süreçlerin etkinliğini ve verimliliğini artıran bu trend bazı teknolojileri etkin olarak kullanmaktadır. Bu çalışmada Endüstri 4.0 ve ana bileşenleri olan Siber-Fiziksel Sistemler, Nesnelere İnterneti, Akıllı Fabrikalar ve Büyük Veri üzerine literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması sonucunda, endüstri 4.0'in uygulanmasında SWOT analizi kullanılarak endüstri 4.0'in bazı özellikleri değerlendirilmektedir. Endüstri 4.0 ile ilgili güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri tanımlanmaktadır. Bu dört faktör grubunun dikkate alınmasıyla endüstriyel uygulayıcılar Endüstri 4.0'in nasıl uygulanacağını anlayabilirler. Ayrıca endüstriyel uygulayıcılar, endüstri 4.0'in sunduğu güçlü yanları/fırsatları kullanarak endüstri 4.0'in getirdiği tehditlerin/zayıflıkların etkisini azaltacak stratejik kararlar alabilirler.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, SWOT Analizi, Bilgi Yönetimi

Jel Kodları: L1, M2

SWOT Analysis for Industry 4.0

Abstract: SWOT Analysis for Industry 4.0 serves as a strategic framework that assesses the strengths, weaknesses, opportunities, and threats associated with the adoption and implementation of Industry 4.0. This transformative concept represents the fourth industrial revolution, characterized by the seamless integration of information technology (IT) systems with physical systems, resulting in cyber-physical systems. The overarching goal of Industry 4.0 is to enhance industries by making them more intelligent, dynamic, and flexible through real-time data sharing and the interconnection of physical objects. By comprehending the SWOT factors, industrial practitioners can strategically implement Industry 4.0, leveraging its strengths and opportunities while proactively addressing weaknesses and mitigating potential threats. Industry 4.0 is advanced in many sectors and business areas. In this study, a literature review has been conducted on Industry 4.0 and its main components, including Cyber-Physical Systems, the Internet of Things, Smart Factories, and Big Data. The results of the literature review indicate that a SWOT analysis is used to assess certain features of Industry 4.0 during its implementation. The strengths, weaknesses, opportunities, and threats related to Industry 4.0 are identified. By considering these four groups of factors, industrial practitioners can understand how to implement Industry 4.0. Additionally, industrial practitioners can make strategic decisions that mitigate the impacts of the threats and weaknesses brought by Industry 4.0 by leveraging its strengths and opportunities.

Atf: Turgut, B. (2024).
Endüstri 4.0 için SWOT Analizi,
Politik Ekonomik Kuram, 8(3),
863-877.
<https://doi.org/10.30586/pek.1435359>

Geliş Tarihi: 11.02.2024
Kabul Tarihi: 18.09.2024



Telif Hakkı: © 2024. (CC BY)
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: Industry 4.0, SWOT Analysis, Information Management

Jel Codes: L1, M2

1. Giriş

Üretim alanında, fabrikalara sürekli üretim ve sıfır aksam süresi sağlamak için üretim alanına bilgi teknolojileri (Information Technology - BT) uygulamaları yaklaşımı getirilmesi gereklidir. Bu nedenle Siber-Fiziksel Sistemler'in (Cyber Physical Systems - CPS) üretim, lojistik ve hizmetlere entegrasyonu, fabrikalara kendi kendini tanıyan ve kendini uyarlayan makineler ve üretim modelini akıllıca kullanacak kapsamlı bilgiler sağlayacaktır. Bu özellikler günümüzün fabrikalarını önemli ekonomik potansiyele sahip bir Endüstri 4.0 fabrikasına dönüştürecektir. Lee vd., (2013), günümüzün üretim fabrikaları ile endüstri 4.0 fabrikası arasındaki temel farkı üç düzeyde bileşen, makine ve üretim sistemi şeklinde sınıflandırdı. Endüstri 4.0, CPS'rin sanal ve fiziksel dünyadan elde edilen verileri kullanarak fiziksel süreçleri takip eden dijital teknoloji ve akıllı fabrika kavramlarından oluşur. Endüstri 4.0 teknolojileri, belirli İnternet ağlarını kullanarak birbirine bağlanan ve birbirleriyle etkileşimde bulunan çeşitli sensörler, BT sistemleri ve makinelerden oluşur (Aceto vd., 2019, ss. 3467-3501). Endüstri 4.0 iyileştirme kapsamını belirleyerek karar süreçlerini daha bilgilendirici, yenilikçi hale getirebilir (Kamble vd., 2020, ss. 1319-1337). BT, müşteri taleplerine karşı, karar almayı optimize etme ve üretim sistemlerinde esneklik yaratma kapasitesine sahiptir (Zheng vd., 2021, ss. 1922-1954). Dolayısıyla, üretim verimliliği ve endüstriyel büyümeyi artırır.

Hofmann ve Rüsç'e (2017) göre (Siber-Fiziksel Sistemler) CPS'ler Endüstri 4.0'ın ilk bileşenidir. Kagermann vd. (2013), makinelerin, depolama sistemleri ve üretim tesislerinin birleştirilmesi bir CPS'yi tanımlamaktadır. Bu sistemler küresel ağlarla birbirine bağlanır ve Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT) ile senkronize edilmiş bir bilgi alışverişi gerçekleştirerek bağımsız, kontrollü ve bilinen eylemlerin oluşturulmasına olanak tanır. Bu sistemler, dijital ve gerçek dünya arasında fiziksel iletişime olanak sağlayan, tek ve akıllı bir sistem oluşturan, birbirine veya internet üzerinden bağlanan entegre yazılımlara sahip nesnelere (Kamble vd, 2018, ss. 408-425). Entegre elemanları ve aktüatörleri, CPS'yi dış dünyaya yerleştirmek amacıyla bir mekanizmayı hareket ettirmek veya kontrol etmek için kullanılan sensörler ve bileşenlerdir. Sensörler verileri toplayarak bunların işlenmesine ve bir ağda kullanılabilir olmasına olanak tanır. Ghobakhloo'ya (2018) göre CPS, kullanıcılarıyla (nesnelere, insanlar ve makineler) internet aracılığıyla sıkı bir şekilde bütünleşmektedir ve hesaplamalı algoritmalar tarafından kontrol edilip izlenmektedir. Schwab (2016)'a göre, makineler arasındaki bağlantıyla, gerçek ve sanal dünyayı birbirine bağlayan bir CPS ortamı yaratılır ve bu, üretkenlik ve karar vermede merkezi olmayan yönetim açısından büyük kazanımlarla sonuçlanabilir. Dijitalleşmenin, tüketicilerin ihtiyaçlarına ulaşmak için endüstriyel sektörlerin verimliliğini ve diğer yönetim göstergelerini artıracığını, dolayısıyla Büyük Veri tarafından sağlanan gerçek zamanlı yanıt ve büyük veri depolama kapasitesinin, yeni dönemde daha büyük bir fark oluşturacağı beklenmektedir (Davies vd., 2017, ss. 1288-1295).

2. Literatür Taraması

Akıllı fabrikalara, akıllı hizmetlere, akıllı ürünlere sahip olan endüstri 4.0'da makineler, insanlar ve çevre tarafından üretilen birçok veri vardır. Bu verilere büyük veri adı verilir. Dolayısıyla bu veriler kullanılarak akıllı kararlar alınabilir (Bojana vd., 2017, s. 797). Endüstri 4.0 iş modellerinde birçok değişikliği beraberinde getirecektir. Endüstri 4.0 yardımıyla taleplere karşı daha kaliteli kişileştirilmiş ürünler sunulacaktır.

Endüstri 4.0 ile birlikte küresel iş kaybı ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla yeni beceri ve bilgiye duyulan ihtiyaçlar artmıştır. Dünya çapında yapılan bir araştırmaya göre, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde Endüstri 4.0'ın kullanımına bağlı olarak, çalışanların işlerini kaybetmemeleri için yeni becerileri öğrenmesi gerekiyor (Shank, 2016, s. 2). Sanayi 4.0 ile yeni teknolojilerin ortaya çıkması, insan emeğinin yerini alırken aynı zamanda kamu yönetiminin de geleceğini tehdit edecektir (Shava ve Hofisi, 2017, s. 209). Endüstri 4.0, yerel ve merkezi yönetimlerin yeni ve gelişmiş teknolojileri kullanarak daha iyi hizmet

vermesini sağlar (McKinsey, 2016). Endüstri 4.0'ın tüm zayıf yönlerine ve tehditlerine karşı sunduğu pek çok fırsat vardır. Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 Sürdürülebilirlik raporuna göre sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma, sektörde dikkate alınması gereken bir kavramdır. Kalkınma "Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden, bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınmadır" (WCED., 1987). Sürdürülebilir kalkınmada endüstri 4.0 önemli rol oynayarak, makinenin yaşam döngüsünü artıracak, endüstriyel atıkları azaltacak ve daha verimli süreçlere katkıda bulunacaktır (Carvalho., 2018, s. 672).

Endüstri 4.0'da makinelerle etkileşim, robotik veya diğer evrimsel ilerlemelerle artırılabilecektir (Shafiq vd., 2015, s. 1149). Tüm üretim süreçlerinde esneklik yönetimini mümkün kılan, işletmenin değişen piyasa koşullarına, üretim sistemini geliştirme ve yenileme stratejisi ile; tasarım, ürün, iş akışı, sürekli etkinlik ve verimlilik alanlarındaki gelişmelerle, müşteri istek ve ihtiyaçları göz önüne alınarak başarılabılır (Kagermann vd., 2013). Ayrıca, öngörülebilirlik ve gerçek zamanlı kontrolün birleşimiyle karar verme süreci daha da geliştirilebilir. Bu bağlamda müşteri ve tedarikçi memnuniyetinde artış gibi avantajlar sağlanabilir (Muller ve Voigt, 2018, s. 124). Örneğin, üretim kolayca değiştirilebildiğinden ve ürünlerde farklı kişiselleştirmelere uyum sağlanabildiğinden müşteri, belirtilen tüm gereksinimlerini karşılayacak kişiselleştirilmiş çözümlere sahip olabilir (Kagermann vd., 2013). Yeni hizmetlerin geliştirilmesinin iş-yaşam dengesini, ekonomik rekabeti etkileyebileceği dikkate alındığında avantajları ve demografik değişiklikleri olumlu yönde etkilemektedir (Garcia ve Garcia, 2019, s. 417).

Yeni dönem, dijitalleşme sadece modern teknolojinin sunduğu imkanlardan yararlanmakla kalmaz, aynı zamanda teknolojik yeniliklerle başlayan bir sürecin sonucudur (Dalenogare vd., 2018, ss. 383-394). Endüstri 4.0, organizasyonu yüksek teknolojik araçlarla uzaktan yönetilebilen ve izlenebilen bir zincir olarak görülmektedir (Rajpurohit ve Arvid, 2016, ss. 535-541). Çalışanlar uzaktan görevlerini yerine getirerek süreçleri kontrol edebilecektir (Weking vd., 2018, s. 317). Horvath ve Szabo (2019) göre, Endüstri 4.0'ın güçlerinin artan rekabet, artan inovasyon kapasitesi ve üretkenlik, artan müşteri beklentileri, enerji tasarrufu ve sürdürülebilirliği iyileştirme ihtiyacı, yönetim faaliyetlerini destekleyen finansal ve performans faktörleri ve iş modeli inovasyonu fırsatı yaratır. Endüstri 4.0'ın kullanılması sadece yeni teknolojiler ve/veya araçlar ve/veya üretim yöntemleri meselesi değildir. Aynı zamanda tüm yönetim yönlerinde değişiklikler anlamına gelir ve sektörün faaliyet gösterdiği ekosistemin tüm yönlerini kapsar (Piccarozzi vd., 2018, s. 6).

Yaratılan fırsatlara rağmen, Endüstri 4.0'ın uygulanması söz konusu olduğunda şirketlerin yanıt vermesi gereken birçok zorluk vardır. Öncelikle Endüstri 4.0'ı uygulamak isteyen her ülke için yasa ve yönetmeliklerin mevcut olması gerekmektedir (Muller, 2019, ss. 2189-2194). Temel endişelerden biri mevcut BT altyapısının ve donanımının konsept kapsamındaki süreçleri yönetememesidir (Hamzeh vd., 2018, ss. 49-57). Bu nedenle, sektörlerin büyük miktarda harcama gerektiren yenilikçi teknolojik çözümler elde etmesi gerekecektir. Gecikmeleri, arızaları ve bilgi güvenliği sorunlarını önlemek için sistemlerin istikrarını ve güvenilirliğini sağlamak önemlidir (Sung, 2018, ss. 40-45). Ayrıca bilgi güvenliği genel olarak büyük bir risk olarak kabul edildiğinden, uygun ölçümlerle etkin bir şekilde ele alınması gerekmektedir (Sung, 2018, ss. 40-45). İlk aşamalarda uzman bilgi teknolojilerine sahip kişilere ihtiyaç olacaktır (Muller ve Voigt, 2018, ss. 122-127). Vasıflı işgücü eksikliğinin hayati önem taşıması ve uygulamaları etkilemesi nedeniyle insan kaynaklarında zorluklar olacaktır (Sung, 2018, ss. 40-45.). Organizasyon kültürünün tüm bölümlerde akıllı teknolojiye dönüştürülmesi önemlidir. Organizasyonel faaliyetleri otomatikleştirecek yüksek teknolojilerin kullanılması, genel olarak dijitalleştirilmiş bir organizasyon kültürünü gerektirir (Kagermann vd., 2013). Endüstri 4.0'ın hedefleri belirlenmeli ve paydaşlar bunu kabul etmeli ve üzerinde düşünmelidir (Muller, 2019, ss. 2189-2194). Süreçlerin ve makinelerin izlenmesi yoluyla veriler toplanır ve istatistiksel modellere yansıtılabilir ve böylece akıllı bir fabrika oluşturulur (Wang vd., 2018; Dalenogare vd., 2018, ss. 383-394). Büyük veri depolama ve veri madenciliği, rekabet

avantajı yarattığı için başarının temel faktörü olarak kabul edilmektedir (Frank vd., 2019, ss. 15-26).

2.1. Endüstri 4.0'da Akıllı Teknolojiler

Endüstri 4.0, değer zinciri boyunca birbirleriyle otonom olarak iletişim kuran teknolojilere ve cihazlara dayalı üretim süreçlerinin organizasyonunu ifade etmektedir. Kendi kendini yapılandırma, kendi kendini izleme ve kendi kendini geliştirme gibi otonom özelliklere sahip akıllı sistemler tarafından yönlendirilen üretim eko sistemleri oluşturulur. Tedarik sürecinden üretim sürecine kadar pek çok akıllı fabrikada Endüstri 4.0 teknolojileri ile maksimum kapasitede daha verimli üretim yapılmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileriyle akıllı üretim, akıllı ürün ve akıllı tedarik gibi kavramlar kullanılmaya başlamıştır (Brettel vd., 2014, ss. 37-44). Simülasyon ve bazı sistem entegrasyon araçları da Endüstri 4.0'ın kapsamı içindedir (Landriscina, 2013, ss. 27-35). Maddi varlıkların internete bağlanması, verilere uzaktan erişmeyi ve nesnelere kontrol etmeyi mümkün kılar. İnternetteki mevcut verileri birleştirmek için Nesnelere İnterneti gibi sinerjik sistemlere ihtiyaç vardır (Kopetz, 2011, ss. 307-323). Dördüncü Nesil Uzun Vadeli Evrim (4G Long-Term Evolution - 4G-LTE) kablosuz internet erişimi ve Wi-Fi (Wireless Fidelity - Wi-Fi) teknolojilerinin kullanımıyla, iletişim ağlarının kullanımı zorunlu hale gelmiştir. İnternetin yayılmasıyla birlikte yeni modeller ortaya çıkmış; en önemlisi Nesnelere İnterneti teknolojisi olmuştur (Lee vd., 2013, ss. 257-282). Nesnelere İnterneti, nesnelere manuel veri girişi gerektirmeden iletişim kurduğu akıllı bir ağ yapısı olarak tanımlanabilir (Akta vd., 2016, ss. 37-54). Aynı zamanda, Nesnelere İnterneti, adreslenebilir ve nesnelere belirli bir protokolle iletişim kurması anlamına gelir (Yang vd., 2014, ss. 2180-2191).

2.2. Endüstri 4.0'da Büyük Veri

Büyük Veri teknikleri, Endüstri 4.0'da üretim eko sisteminde üretilen büyük miktardaki verinin analiz edilmesini sağlar. Tahmine dayalı ve tanımlayıcı analiz gibi teknikler, üretim süreçlerinde, kontrolde ve izlemede yer alan makinelerin durumunu ve çalışmasını değerlendirmeyi sağlar (Yin ve Kaynak, 2015, ss. 143-146). Arızaların önceden tespitinde veri analizi, verimsizlikleri ve maliyetleri azaltır. Aynı zamanda, endüstriyel süreçlerin geliştirilmesinde desenlerin tanımlanması ve verilerin ilişkilendirilmesi, operasyonel verimlilikte anlık kararların alınması, müşteri davranışına dayalı yeni iş modellerinin oluşturulması, mevcut ürünlerle ve makine öğrenimiyle ilişkili yeni hizmetlerin tasarlanmasında kullanılır (Mourtzis vd., 2016, ss. 290-295).

Günümüzde pazarda kalabilmek ve büyüebilmek için yapılacak stratejik dönüşümlerin başında büyük veri yatırımları gelmektedir. Büyük veri analitiğinin sağlayabileceği değerli bilgilere ve olumlu etkilere rağmen, bu tür uygulamalarda dikkate alınması gereken sınırlamalar ve zorluklar da vardır (Gao vd., 2015). Geleneksel veri işleme yöntemlerinin ötesine geçer ve işletmelerin daha doğru kararlar vermesine yardımcı olabilir. Büyük veri gizli kalıpları, trendleri ve ilişkileri ortaya çıkararak işletmelerin rekabet avantajı elde etmelerine katkıda bulunabilir (Campos vd., 2017, ss. 143-149).

Verilerin yapısı değişiklik gösterir; yapılandırılmamış veya yarı yapılandırılmış olabilir ve konu analitik olduğunda bunların dönüşümü önemlidir.

Organizasyonel kaynaklar tarafından üretilen verilerin yorumlanması analitikler aracılığıyla sağlanır ve performans iyileştirmeleri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Hamalainen ve Inkinen, 2019). Veri analitiği, ürün ömrünün farklı aşamalarında maliyetleri azaltan çözümlerin oluşturulmasına olanak tanıdığından imalat sektörü için avantajlar yaratmaktadır (Fahmideh ve Beydoun, 2019, ss. 948-963). Tedarik zinciri ve üretim, imalatçıların ve akademisyenlerin temel odak noktasıdır; çünkü operasyonlarının en büyük bölümünü temsil eder ve dolayısıyla insan kaynakları ve harcama tahsisini sağlarken aynı zamanda ürünün tüm yaşam döngüsünü de etkiler. Etkin yönetim, sektörlerin temel amacı olan maliyetlerin azalmasını ve gelir fazlalığını beraberinde getirir. McKinsey araştırmasına göre büyük veri projelerinin uygulanması, işletme

sermayesinde %7'lik bir azalmaya yol açabilir (Mourtzis vd., 2016, ss. 290-295). Sensörler ve makinelerden gelen heterojen veriler toplanıp araştırıldığından, değerli bilgiler üretmek ve aynı zamanda gerçek zamanlı izlemeye olanak sağlamak amacıyla sistemler arasındaki bağlantılar ve iletişim, büyük veri analitiğinde önemli bir rol oynamaktadır. CPS uygulamaları aracılığıyla makineler arasındaki veri akışı, sistemlerin birlikte çalışabilirliğini kolaylaştırmaktadır (Lee vd., 2015). Endüstri 4.0'ın temel amacı, üretimin optimizasyonu ve sistemler arası veri alışverişinde gerçekleştirilen verimlilik artışını sağlamaktır (Golzer vd., 2015, s. 61). Büyük veri analitiği, daha iyi kalite ve daha düşük maliyetler elde etmek amacıyla tedarik zinciri operasyonlarının çeşitli aşamalarını kolaylaştırır. Büyük veri analitiği, tedarik zinciri yönetiminde daha doğru ve etkin planlama yapılmasını sağlayarak tedarik zinciri zorluklarına karşı çözümler geliştirebilir (Moktadir vd., 2019, ss. 1063-1075).

Veri analitiği aynı zamanda verinin bilgiye dönüştürülmesini desteklemektedir (Campos vd., 2017, ss. 143-149; Lakshmi ve Raghunandhan, 2011, ss. 27-35). Ylijoki ve Porras'a (2019) göre veriler, bilgi haline dönüştürülmesi için işlenmesi gereken ham sembollerdir. Lakshmi ve Raghunandhan'a (2011) göre müşteriler için daha önceden tespit edilmemiş gerçeklerin ortaya çıkarılması, maliyetlerin azaltılması, mevcut kullanılan altyapının otomasyonunu içeren veri analitiği faydalarının ortaya çıkarılmasıdır. Analitik sonuçlarının illüstrasyonu kullanıcı odaklı olmalıdır. Yani görselleştirme kullanıcılar tarafından anlaşılabilir şekilde geliştirilmelidir. Kullanıcıların bilgiyi kararlarında temel olarak kullanacakları göz önüne alındığında, başarılı bir şekilde yorumlayabilmeleri kritik önem taşımaktadır. Veri setlerinin verimli bir şekilde kullanılması hayati önem taşımaktadır (Jukic vd., 2015, ss. 200-209). Sektörler, operasyonları sırasında karar almada kullanılan veriler üretir (Campos vd., 2017, ss. 143-149). Sorunlarla yüzleşmek veya fırsatlardan yararlanmak için gerçek zamanlı olarak toplanan ve analiz edilen veriler karar almada, iş dünyası için çok önemlidir (Lakshmi ve Raghunandhan, 2011, ss. 27-35). Pazar ortamı giderek daha fazla sürekli değişimlerle karakterize edildiğinden, kuruluşların rekabetçi kalabilmeleri için esnek olmaları ve bunlara zamanında yanıt vermeleri gerekmektedir. Verilerin gerçek zamanlı olarak bilgiye dönüştürülmesi başarının anahtarıdır (Bumblauskas vd., 2017, ss. 703-720). Örneğin, üretimde verilerin yoğun şekilde büyümesi kesinlikle kaçınılmazdır ve kusurları hızlı bir şekilde ele almak ve geleceğe yönelik olası önleyici eylemleri belirlemek için bir araç olabilir (Mousannif vd., 2016, ss. 260-288).

Büyük verileri yönetmek, dayanıklı, akıllı ve kendi kendini uyarlayabilen makineler hedefine ulaşmak için makinelerin birbirine bağlanabilirliğinden yararlanmak için bir CPS daha da geliştirilebilir (Lee vd., 2015, ss. 18-23). Büyük verinin kullanılması, uyumlu eko ürünlerin tasarımına, daha az hammadde tüketimine ve daha fazla ürünü geri dönüştürmesine imkan sağlar (Zhou vd., 2017, ss. 50-56). Witkowski'ye (2017) göre Büyük Veri, mevcut mağaza sistemlerine kıyasla daha hızlı ve daha verimli bir şekilde veri toplama ve işleme yeteneğine sahiptir. Büyük Veri, şirket düzeyinde karar verme sürecini daha iyi desteklemek için en önemli bilgileri en az önemli olanlardan ayırabilir (Huxtable ve Schaefer, 2016, ss. 46-51).

2.3. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (Industrial Internet of Things - IIoT)

IIoT'nin entegrasyonu performansı, ölçeklenebilirliği artırır ve kullanıcılar arasındaki boşluğu daraltarak endüstri şirketlerine operasyonlarının nasıl geliştiğine dair daha net bir görüş sağlar ve işlerini geliştirmelerine yardımcı olur. Üreticiler için IIoT, özellikle tedarik zincirinin kalite kontrolü ve izlenebilirliği açısından önemli bir potansiyel barındırıyor. IIoT'nin benimsenmesi endüstrilerin çalışma biçiminde devrim yaratabilir, ancak asıl zorluk, artan bağlantı yoluyla güvenliği korurken dijital dönüşüm çabalarını güçlendirecek stratejileri uygulamaya koymaktır. Odaklanmamız gereken üç ana alan ölçeklenebilirlik, güvenlik ve kullanılabilirliktir. Akıllı cihazların çoğalması güvenlik açıkları ve güvenlik sorunları yarattı. IIoT'yi benimseyen endüstriler ve işletmeler, fiziksel ve dijital bileşenleri güvenli bir şekilde yönetmek için bir dereceye kadar teknoloji şirketleri olarak planlamalı ve faaliyet göstermelidir.

2.4. Endüstri 4.0'da Bulut Bilişim

Büyük hacimli verilerin analizi, kullanıldığı alanların depolanması ve takibi önemlidir. Bu takibin gerçekleştirilmesinde teknolojilerden faydalanılması gerekmektedir. Bilgi işlem teknolojisi, verilerin ne zaman ve kim tarafından saklandığının anlık olarak takip edilmesini sağlar. Bulut bilişim teknolojileri eğitimde bireylerin verilerini/anlık verilerini izlemek ve eğitim süreçlerini kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bulut bilişim ayrıca kullanıcıların bilgi teknolojisi maliyetlerini azaltır (Mladen, 2008, ss. 235-246).

Bulut bilişimin endüstri 4.0'da hayati bir rol oynaması beklenir ve CPS temel unsurlarından biri olarak kabul edilir. Bulut bilişim, sahip olduğu büyük paylaşım yetenekleriyle CPS içerisindeki üretimin verimliliğini artıracak ve çok uluslu sektörler makine arıza nedenleri bulut platformu üzerinden diğer çok uluslu kuruluşlarıyla paylaşılabilir. Givhchi, Trsek ve Jasperneite (2013) tarafından endüstriyel otomasyon sistemlerindeki potansiyeller hakkında yapılan bir çalışma, mobil bilişim ve nesnelerin interneti gibi bilgi teknolojilerini endüstriyel otomasyon fonksiyonlarına entegre etmek için bir bulut platformunun hayati bir rol oynadığını ortaya çıkardı. Diğer yandan bulut bilişim, BT hizmetlerinin imalat sanayine sunulmasında ele alınması gereken bazı zorlukları beraberinde getirecektir. Ayrıca, Givhchi, Trsek ve Jasperneite (2013) tarafından yapılan araştırmaya göre, gelecekte bulut bilişimin daha başarılı kullanımı ve benimsenmesi için ele alınması gereken bazı gereksinimler vardır: maliyet azaltma, uyarlanabilirlik, bilgi entegrasyonu gibi. Dillon, Wu ve Chang'a (2010) göre güvenlik kaygıları, bulut bilişimle ilgili temel zorluklardır ve veri kaybı, kimlik avı gibi bulut bilişimin getirdiği yeni güvenlik sorunları vardır.

2.5. Endüstri 4.0'da Blok Zinciri (Blockchain)

Blockchain, farklı işlem aşamalarında, tüm işlemleri ve zaman çizelgelerini işaretleyen güvenilir bir çerçeve içinde Endüstri 4.0'da merkezi olmayan işlemlere ve bilgi paylaşımına olanak tanır. Blockchain, sektörlerin yalnızca güvenle çalışmasına değil, aynı zamanda bunları da test etmelerine olanak tanır. Sensörlerden ve makinelerden elde edilen verileri kullanarak sistemleri ve üreticileri önemli ölçüde tasarruf sağlayacak şekilde optimize etmek için kritik bilgiler kullanılabilir. Mevcut dijital devrime, blockchain teknolojilerinin de eklenmesi yenilikleri beraberinde getirecektir. Tüketim malları sektörü tedarik, üretim ve perakende satışta en etkili sektördür (Ammar vd., 2021, ss. 5089-5096; Hathaliya vd., 2019, ss. pp. 87-91.).

2.6. Endüstri 4.0'da Siber-Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems - CPS)

CPS, endüstri 4.0'ın temel bileşenleridir. CPS'ler, dördüncü sanayi devriminin teknolojik varlığını temsil eder. Fiziksel ve siber alanı bütünleştiren bu tür sistemler, ürün ve süreç yaşam döngüleri boyunca veri/bilginin dijital temsilini destekleyebilen yaygın ve işbirliğine dayalı bir endüstriyel altyapı sağlar (Rajkumar vd., 2020, ss. 731-736). Artan özerklik talebi ve hem karar alma süresini hem de bant genişliğini azaltma ihtiyacı, tasarımcıları CPS'leri akıllı mekanizmalarla entegre etmeye zorluyor. Böyle yeni nesil sistemler, doğrudan CPS birimlerinde arıza tahminini, yeni çalışma koşullarına/ihtiyaçlarına kendi kendini uyarlamayı ve otonom davranışı destekleyebilecektir (Sarma vd., 2015, ss. 625-628). Teknolojilerin gelişimiyle birlikte bilgi teknolojileri ve CPS önemi ortaya çıkmaktadır. CPS'lerin teknolojiyle birlikte gelişmesi, makinelerin gelişimini etkilemiş ve makinelerin insan yaşamındaki rolünü artırmıştır. Makineler birçok sektörde insanların işini kolaylaştırmaktadır (Cross, 2018, s. 575). CPS gömülü sistem ve sistemlerle gerçek zamanlı sistemlerin entegrasyonudur. Bu tür bir entegrasyonda bilgiye dayalı mühendislik sistemleri, yapay zeka, mevcut kurulu sistemler gibi çok sayıda araç ve sistemi bir araya getirilerek CPS adı verilen yeni bir sisteme dönüştürür (Raj vd., 2010, ss. 731-736).

2.7. Endüstri 4.0'da Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality - AR)

“Artırılmış gerçeklik” Endüstri 4.0'da doğru bilgilerin doğru zamanda, doğru kişilere ulaştırılmasında önemli rol oynar. Bu, üretim sistemlerinin daha uyarlanabilir ve esnek olmasını sağlayarak daha az kusur ve daha iyi kararlar alınmasına olanak sağlar. Gerçek dünya ile sanal dünya arasında geçiş yapan artırılmış gerçeklik teknolojisinde görüntü kalitesini grafik, ses sistemleri ve animasyonla artırmaya yönelik teknoloji sıklıkla kullanılmaktadır. Endüstriyel Artırılmış Gerçekliği (Industrial Augmented Reality - IAR), Endüstri 4.0'ın temel elemanlarından biridir. AR pazarı hızlı bir şekilde yükselse de endüstrideki geniş çapta kullanımı azdır. Endüstriyel dijitalleşme ve Endüstri 4.0 genel olarak yeni ortaya çıkan teknolojilerin fırsatlarından yararlanır. Akıllı otomasyonun artan önemine rağmen işçiler üretim operasyonlarının önemli bir parçasıdır. Endüstri 4.0'ın temel ilkelerinden biri üretim süreçlerinin otomasyonunu ve dijitalleşmesini sağlamak olsa da, çalışanların önemi, onların bilgileri ve akıllı üretim ortamlarına sahip akıllı fabrikalarda çalışabilme olasılığı güçlü bir şekilde vurgulanmaktadır (Masood ve Egger, 2019, ss. 181-195). AB, 2015 yılında IAR, akıllı fabrikaların gelişimini yönlendirecek ana teknolojilerden biri olarak sınıflandırmıştır (Longo vd., 2017, ss. 144–159). Günümüzde birçok sektör IAR'yi müşterilerine ürünleriyle ilgili yeni hizmetler sunmak için önemli bir fırsat olarak görüyor. Wang'a göre IAR, esnek gerçek zamanlı bilgiler edinme olanağı sunarak önemli bir verimlilik avantajı sağlıyor. IAR aynı zamanda hata oranının azalmasına da katkıda bulunur. Üstelik teknik destek konusunda uzmanlarla iletişim kurmanın kolay bir yolunu sunmaktadır (Wang vd., 2016, ss. 1-22.).

2.8. Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing - AM)

Katmanlı üretim taşınması kolay, hafif ürünler gibi çeşitli avantajlara sahip, küçük partiler halinde özel ürünler üretmek için kullanılır. Aynı zamanda envanter ve nakliye maliyetlerini de azaltır. Katmanlı üretim, ürünlerin çok yüksek miktarda kişiselleştirilmesini sağlar. Katmanlı üretim, geleneksel üretim süreçleriyle karşılaştırıldığında özelleştirilmiş, karmaşık parçalar üretmek, teslim süresini kısaltmak, sürdürülebilirliği geliştirmek ve malzeme israfını azaltmak gibi birçok özellik sağlar. Endüstri 4.0'ın en büyük hedefi, üretimde insan emeği ve katkısını minimuma indirerek, hatasız, mükemmel ürünler üretebilmektir. Üç boyutlu yazıcılar bu hedefe ulaşmak için kullanılacak en güçlü araçlardır. Kullanıldıkları alanlarda insan emeğini yaklaşık sifıra indirebilmektedirler. Dolayısı ile 3D yazıcılar, Endüstri 4.0 devrimi için son derece önemli cihazlardır. Üç boyutlu yazıcılar, bilgisayarlarda saklanan bilgilerin sanal nesnelere doğal nesnelere dönüştürülmesini sağlar (Barnatt, 2013, s. 11120). Üç boyutlu üretime imkan sağlayan bu teknolojiye literatürde katmanlı imalat da denilmektedir (Kneissl, 2013, s. 4). Gelecekte IIoT ve CPS yardımıyla, üç boyutlu yazıcı olarak bilinen makine, tüm dünyayla iletişim kurabilecek veya internet erişimi olan her yerden kontrol edilebilecektir. Günümüzde kişiselleştirilebilirlik kavramı önem kazanmaktadır. Sektörlerin faaliyet gösterdikleri ortama uyum sağlamaları, ve farklı pazarlarda tüketicileri memnun etmeleri gerekmektedir.

3. SWOT Analizi

İngilizcede yer alan Weaknesses (Zayıf Yönler), Strengths (Güçlü Yönler), Threats (Tehditler) ve Opportunities (Fırsatlar) kelimelerinin baş harflerinin kısaltılması şeklinde literatürde yer alan SWOT analizi; işletmenin iç güçlü ve zayıf yönlerini, dış fırsat ve tehditlerini belirleyen bir tekniktir. SWOT Analizi, Stanford Araştırma Enstitüsü'nde (Stanford Research Institute) 1960 tarihinden 1970 tarihine kadar Albert Humphrey ve ekibinin yaptığı çalışmaların ürünüdür. Ekip tarafından yapılan analizde, "Şu anda iyi olan tatmin edicidir, gelecekte iyi olan bir fırsattır; şu andaki kötü bir hata ve gelecekteki kötü bir tehdittir" şeklinde belirtilmiştir (Thompson vd., 2007).

Bir sektörün küresel stratejik analizi, Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler kısaltmasından elde edilen bir araç olan SWOT matrisi aracılığıyla

gerçekleştirilebilir (Batalha ve Rachid, 2008). Güçlü ve zayıf yönler iç çevre ile ilgilidir ve fırsatlar ve tehditler dış çevreden gelir, çevreyi makro ve mikro düzeyde analiz edebilir (Harrisson, 2010).

SWOT analizi iki bölümden oluşur; iç ve dış analizler. İç analiz; kaynakları, yetenekleri, temel yetkinlikleri ve kuruluşa özgü rekabet avantajlarını tanımlar. Dış analiz; Rakiplerin kaynaklarına, sektör ortamına ve genel çevreye bakarak pazar fırsatlarını ve tehditlerini belirler. SWOT analizinin temel amacı, bir kuruluşun iç ve dış çevresi hakkında sahip olduğu bilgileri kullanmak ve stratejisini buna göre belirlemektir. Bu bağlamda, SWOT analizi, sektörlerin büyümesini sağlamak amacıyla stratejik plan hazırlamakta kullanılan iç ve dış çevreyi analiz ederek kuruluşların rekabetçi konumunu değerlendirilmekte kullanılan güçlü bir metottur.

3.1. Endüstri 4.0 için SWOT Analizi

Her sanayi devriminin ortaya çıkmasıyla birlikte toplum ve endüstride iyimserlik ve kötümserlik vardır. Sanayi devrimi endüstrilerin çalışma biçimini değiştirmektedir (Lasi vd., 2014, ss. 239-242). Dördüncü sanayi devrimini temsil eden Endüstri 4.0 istisnai bir durum değildir. Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından yapılan bir ankete göre, endüstri 4.0 ile ilgili en büyük endişelerden biri küresel iş kaybıdır; çünkü gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki insanların çoğunluğu, işlerini tehdit eden teknolojik gelişmelerden korkmaktadır (Shank, 2016). Endüstri 4.0'ın kullanılması halinde dünya çapında çok fazla iş kaybı yaşanacaktır (World Economic Forum (WEF), 2016). Aynı şekilde sanayide de Endüstri 4.0, üçüncü sanayi devriminde olduğu gibi uzun vadede insan emeğinin yerini alacak yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla kamu yönetiminin geleceğini tehdit edecektir (Shava ve Hofisi, 2017, ss. 203-215). Ancak endüstri 4.0, yerel ve merkezi yönetimlerin yeni ve gelişmiş teknolojileri kullanarak daha iyi hizmet vermelerine yardımcı olabilir (McKinsey, 2016). Endüstri 4.0'ın tüm zayıf yönleri ve tehditlerinin yanı sıra endüstri 4.0'ın sunduğu pek çok fırsat da vardır. Endüstri 4.0'ı akıllı makineleri birbirine bağlayan bir üretim sürecini birleştiren bir model olduğunu varsayarsak, Endüstri 4.0 ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki bağlantı kurulabilir. Sürdürülebilirliği çevresel, sosyal ve ekonomik ilişkiler üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirme şeklinde özetleyebiliriz. Bu bağlamda, iklim değişikliği, kirlilik ve çevreye özen gösterilmesi, doğal kaynakların sorumlu bir şekilde kullanılması hedeflenir. Endüstri 4.0, sürdürülebilir kalkınmada hayati bir rol oynayabilir. Endüstri 4.0'ın kullanıma başlamasıyla endüstriler, makine yaşam döngüsünü artırabilir, endüstriyel atığı azaltabilir ve daha verimli süreçlere sahip olabilir (Carvalho vd., 2018, ss. 671-678). Endüstri 4.0'ı ve endüstri üzerindeki etkisini anlamak için, SWOT analizini kullanarak endüstri 4.0 ile ilgili güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler araştırılmıştır.

Güçlü Yönler (Strengths):

- Endüstrilerin aynı işlevleri yerine getiren makine ve ekipmanları paylaşmalarına fırsat tanır
- Makinelerin müşteri taleplerine göre üründe değişiklik yapabilmelerini sağlar
- Ürün tasarımı veya mevsimsel değişimlerde ortaya çıkan değişikliklerde üretim sisteminin esnek olmasını sağlar
- İşletme, insan ve CPS'lerin birbirleriyle etkileşim içinde bulunmasını sağlar
- Tüketiciler için daha fazla değer yaratır. Bunun içinde internet hizmetleri ve hizmetlerin internetini kullanır
- Akıllı teknolojilerin kullanımı sayesinde verimliliği artırarak, hammadde ve enerjide tasarruf sağlar
- CPS kullanımıyla üretim sistemlerinin esnekliğini artırır
- Müşteriyi bir ağ üzerinden üretim döngüsüne entegre ederek müşteri memnuniyetini artırır
- Ekipmandan gelen tüm gerçek zamanlı veriler sayesinde, arıza sürelerinin azaltılması, ekipmanın üretkenliğini artırır

- Her türlü hasarın veya planlanmamış bakımın azaltılmasını sağlayarak masrafları ve kalite kontrolün artırılmasını sağlayarak ekstra hammadde satın alma maliyetini azaltır
- Gerçek zamanlı izleme ve kalite kontrol, üretimin her noktasından veri toplanmasına olanak tanır. İade ve hasar gören ürünleri azaltarak maliyetlerin düşmesini sağlar
- Bireysel ve kişiye özel ürünlerin uygun fiyatlarla üretilmesi müşteri memnuniyetinin artmasını sağlar
- Artan ürün çeşitliliği, en son veri teknolojilerini kullanarak yeni iş modellerinin geliştirilmesine katkı sağlar
- Küreselleşme ile endüstriler, rekabet gücünü korumak ve artan müşteri taleplerini karşılamak için üretim çeşitliliğini ve kaliteyi artırarak yatırım yaparlar
- Sürekli azalan kar oranlarını kontrol altına alarak, sektörü iyileştirmek için teknolojiyi kullanır. İsrâfları azaltmak, ekipman kullanılabilirliğini iyileştirmek üretim istatistiklerinin kontrolü altında sağlanır
- Piyasaların durgunlaştığı zamanlarda rakiplerle baş edebilmek için stratejiler oluşturma, yatırım yapma gibi iyileştirme yöntemleri geliştirilebilir
- Endüstri 4.0'ın değer zincirlerinin optimizasyonu ve yalın üretim sistemlerinin geliştirilmesi, firmanın uzun vadede daha sürdürülebilir bir iş planı ve daha düşük maliyetler sunabileceğini göstermektedir.
- Endüstri 4.0, insan işgücünün daha zor/teknik/olmayan işlere odaklanmasını, makinelerin daha rutin işleri yapmasını, kaynaklarını daha uygun kullanımını hedefliyerek firmanın verimliliğinin artmasını ve maliyetlerin azalmasını sağlar.
- Endüstri 4.0, müşterilerin tasarım sürecine doğrudan girdi sağlamalarına olanak tanır. Bu bağlamda standart seri üretim teknikleriyle karşılaştırıldığında döngü sürelerini ve maliyetleri azaltır (Wang vd., 2017).

Zayıf Yönler (Weaknesses):

- Operatörlerin eğitimi ve dijital işleri yönetme becerilerinin geliştirilmesi
- Rekabet eden farklı endüstriler arasında veri ve bilgi paylaşımının sağlanması
- Endüstri bileşenlerini akıllı hale getirmek için büyük yatırımın yapılması
- Kurumun rekabet gücünü etkileyen gizli verilerin sızmasını önlemek için bilgisayar verilerinin güvenliği ve akıllı sistemler arasındaki iş birliğinin sağlanması
- BT sektör için çok pahalı bir yatırımdır. Endüstri 4.0 için doğru yapılmayan yatırımlar sektör için iflasa sebebiyet verebilir
- IIoT, operasyonların yeni boyutlara taşınmalarına yardımcı olan güçlü bir araç olabilir. Fakat küçük ve orta ölçekli değişikliklerde büyük kapasiteli üretimler kadar fayda sağlamaz
- Günümüzde çoğu IIoT uygulaması, veri depolama/işleme için merkezi sunuculara ve veri iletimi için araçlara güvenmektedir; bu da verileri güvenlik risklerine maruz bırakır ve aynı zamanda yüksek işletim maliyeti ve gecikmeye neden olur (Miller, 2018, ss. 15-18; Liang vd., ss. 261-266; Aitzhan & Svetinovic, 2018, ss. 840-852; Teslya, & Ryabchikov, 2017, ss. 321-329). Bu nedenle veri güvenliği ve verimliliği IIoT için kritik öneme sahiptir (Kang vd., 2018, ss. 3690-3700).
- En büyük sorunlardan biri sektörlerde uygulanan otomasyon nedeniyle, daha az eğitilmiş çalışanlar için iş gücü kaybıdır
- IoT özellikli sensörler, sektörlerden oluşan endüstriyel verileri toplar. Bu veriler, yapılandırılmamış büyük verilerin bulunmasında oldukça karmaşıktır. Dolayısıyla farklı sektörlerin verileri arasında karmaşık bir ilişki bulunmaktadır. Verilerin organizasyonel amaçla kullanımı için ekiplerin verileri sınıflandırılması mümkün değildir
- IoT çözümlerinin özelliklerine uzun vadeli bir perspektiften bakıldığında, IoT cihazlarının maliyetleri azaltma ve verimliliği artırma potansiyeline sahip olduğu görülebilir.

- Şeffaflık bir güçlülük olarak görülse de aynı zamanda bir zayıflıktır. Bunun nedeni CPS'nin süreç ve faaliyetlerin yönetimini çalışanlar için daha zorlu hale getirmesidir. Karar vermeden önce çok daha fazla bilginin işlenmesi gerekir, bu da kafa karışıklığına ve yanlış karar vermeye yol açabilir (Strupczewski, 2015). İşin karmaşıklığının artmasının bir sonucu olarak, daha yüksek vasıflı uzmanlara ihtiyaç olacak ve bu da düşük vasıflı işlerin miktarını azaltacaktır (Walwei, 2016; Nübler, 2016).

Fırsatlar (Opportunities):

- Endüstrilerin verimliliğini, üretkenliğini ve esnekliğini artmasıyla sürdürülebilir kalkınmaya ve eko-sürdürülebilir üretime büyük katkı sağlayabilir olması
- Müşteri etkileşimi ile müşteri memnuniyetinin artırılması
- Verimlilik ve üretkenliğin artmasıyla ürün maliyetinde azalma
- Yatırımcılar ve pazarlar arasındaki engellerin kaldırılması
- Ürün ve hizmetlerin kişiselleştirilmesi
- Atıkların azaltılması
- Yüksek verimlilik nedeniyle enerji tüketimi ve maliyetlerde azalma
- Kısa teslimat süreleri
- Yeni iş modellerinin geliştirilmesi
- Üniversite ve Teknoloji enstitüleri ile ortak çalışma
- Sanal prototip oluşturma, yeni bir ürün geliştirme
- Yeni veri trendleri, üreticilerin makine verilerini hızlı bir şekilde yakalamasına, temizlemesine ve analiz etmesine ve performansı arttırmalarına yardımcı olur
- Makine arızalarının erken tespiti için toplanan verilerin analizi akıllı karar desteği sağlayarak bakım zamanlarının belirlenmesinde destek sağlar
- Mal ve hizmetlerde yeni lider pazarlar oluşturmak amacıyla imalat sanayinde daha yüksek düzeyde karlılık ve iş gücü verimliliği sağlanır
- Otomasyon ve veri entegrasyonu ile imalat sanayi sektöründe işleyiş dinamiklerinin değiştirilmesi
- Dijital dönüşüm endüstrilerde modern işgücü becerilerini geliştirir
- Verilerin yeniden yorumlanması ve analiz edilmesi sektörlerde yeni bir pazar fırsatı yaratır

Tehditler (Threats):

- İş kayıplarının artması, bilgisayar ve dijitalleşme ile vasıflı çalışanlara ihtiyaç duyulması
- İş gücünde yeteneklerin artmasıyla toplumda psikolojik baskının artması
- Veri ve bilgi önemli olduğunda, veri ve bilginin saklanması büyük endişe kaynağıdır
- Siber terörizm, bilgisayar korsanlığı ve siber suçlar endüstri 4.0'ın uygulanabilirliğine engel teşkil edebilecek güçlerdir
- Müşteri gizliliğini tehdit eden, nesnelere interneti yoluyla her şeyin dijitalleşmesi ve birbirine bağlanabilir olması düşüncesinin artması
- Endüstri 4.0'ı uygulamaya geçirirken firmaların aklını karıştıran bir unsur da çok fazla teknoloji seçeneğinin bulunmasıdır. Günümüzün artan değişim hızıyla, üreticilerin bu teknolojilerin desteklediği iş fırsatlarını anlamaları ve tanımları zordur.
- Uygun bilgi yönetimi sistemleri ve platformlarının noksanlığı
- Büyük miktarda verinin toplanması ve yönetilmesi ile ilgili algoritmaların geliştirilmesinde zorluklar
- Hacking, IoT platformunun en büyük güvenlik açığıdır. Özellikle siber saldırganlar tarafından ele geçirilerek hedef seçilen kurbanlara karşı yapılan saldırılarda kullanılan zombi ağların içerisine dahil edilen IoT cihazları olduğu görülmektedir. Verilerin çalınması organizasyon için büyük bir kayıptır. Dolayısıyla pazarda firmanın rekabet avantajlarını kaybettirecektir
- Pek çok üretici hala geleneksel yöntemlerin etkisinde kalarak, otomasyon teknolojisini benimsemek yerine insan emeğine inanmaktadır

- Verilerin entegrasyonu ve tüm verilerin merkezi bir komuta merkezinde alınması kolay bir yöntemdir. İş verileri analiz etmeye ve ondan sonuç çıkarmaya geldiğinde birçok şirket zorluk yaşamaktadır. Trendleri belirleyip eyleme geçirilebilir rapor hazırlarken hata yapmak çok kolaydır
- Eski teknolojiden en son teknolojiye geçişte, her kuruluşta çok çeşitli farklı standartlar ve tasarım ilkeleriyle karşılaşılır

4. Sonuç

Küreselleşme ile endüstri 4.0'ın ya da dördüncü sanayi devriminin sanayiye, topluma ve ekonomiye etkisi artıyor ve herkes endüstri 4.0'ın kendilerini nasıl etkileyeceğinden endişe ediyor. Endüstri 4.0 önümüzdeki yıllarda endüstriler tarafından uygulanacak ve müşteriyi memnun etmek için daha fazla üretkenliğe, esnekliğe ve kişiselleştirmeye olanak sağlayacaktır. Kuruluşlar çalışanlarına bütçe ayırarak eğitim vermeli ve becerilerini geliştirmelidir. Ancak tüm bunlarla birlikte endüstri 4.0, iş piyasasındaki değişiklikler, endüstrideki radikal değişiklikler gibi zorlukları ve sorunları da beraberinde getirecektir. Endüstri 4.0'ı kendi bünyelerine dahil etmek isteyen örgütlerin, başka örgütlerin benzer teknolojileri uygularken karşılaştıkları problemleri de değerlendirmeleri, incelemeleri gerekmektedir (Sreedharan ve Unnikrishnan, 2017, ss. 929-936.).

Kısacası bu çalışmada endüstri 4.0 ile ilgili SWOT analizi kullanılarak endüstri 4.0'ın güçlü, zayıf yönleri, fırsat ve tehditleri belirlenmeye çalışılmıştır. Analiz sonucunda endüstri 4.0'ın sektöre dezavantajlarından çok avantajlar sunduğu görülmektedir. Endüstri 4.0'ın en önemli güçlerinden bazıları, endüstrileri daha verimli hale getirmek, üretkenliği artırmak, üretim sistemini daha esnek hale getirmek, özelleştirme kolaylığı ve müşteri memnuniyeti sağlamaktır. Bunun yanı sıra sürdürülebilir kalkınma, müşteriyle doğrudan etkileşim ve yeni hizmetler, akıllı ürünler, enerji tüketiminin azaltılması, atıkların azaltılması, daha hızlı bağlantı ve yeni iş modelleri yaratılması gibi genel faydalarına daha fazla değer katan çeşitli fırsatlar da sunuyor olacaktır. Zayıf yönlerin ve tehditlerin çoğu, doğru yaklaşım ve planlama ile kontrol edilebilir ve/veya diğer sektörlerle göre rekabet avantajı olarak kullanılabilir. Endüstri 4.0'ın hayata geçirilmesi, yüksek otomasyon ve dijitalleşme nedeniyle iş kayıplarına ve küresel krize neden olma olasılığını barındırır. İş kaybının etkisini azaltmak için endüstriler, endüstri 4.0'ın sunduğu yeni iş modellerinden yararlanarak yeni iş fırsatları yaratabilirler. Ayrıca bilgisayar korsanlığı ve veri sızıntısı (siber güvenlik) riski de dikkate alınmalıdır.

Çalışmadaki SWOT Analizi bilgileri endüstri uygulayıcılarına fikir sunmaktadır. İlk önce endüstri 4.0'ın zayıf yönleri ve tehditleri tespit ediliyor. Uygulayıcılar bu zayıf yönleri ve tehditleri dikkate alarak bunlara çözüm üretir. İkinci olarak endüstri uygulayıcıları endüstri 4.0'ın zayıf yönleri ve tehditlerine karşı endüstri 4.0'ın güçlü yönlerini ve fırsatlarını tanımlar. endüstri 4.0'ın bir bileşeni olan doğru bilgi yönetimi gibi uygulayıcıların da endüstri 4.0'ı kolaylıkla uygulayıp kullanabilecekleri model ve sistemleri tasarlamaları ve geliştirmeleri gerekmektedir. Bu çalışmanın sektör uygulayıcılarına sağladığı başka fayda çalışanlarının endüstri 4.0'ı uygulama becerilerinin geliştirilmesidir. Çalışanların iş yeteneklerini geliştirecek bir eğitim programından yararlanılmalıdır. Sonuç olarak endüstri 4.0'ın sektöre/sektörlere dezavantajlardan çok avantajlar sunduğu görülmektedir. Endüstri 4.0'ın çevre dostu, kaynakların sürdürülebilir ve sistemin arıza teşhisinin ve izlenmesinin daha kolay olması ve yeni iş modellerinin, yeni hizmet anlayışının geliştirilmesiyle üretimde kalite ve esnekliğin artırılmasıdır.

Kaynakça

Aceto, G., Persico, V., & Pescapè, A. (2019). A survey on information and communication Technologies for industry4.0: state-of-the-art, taxonomies, perspectives, and challenges. *IEEE Communications Surveys andTutorials*, 21(4), 3467-3501

- Akta, S. F., Çeken, C., & Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin interneti teknolojisinin biyomedikal alanındaki uygulamaları. *Düzce Üniv. Bilim ve Teknol. Derg.*, 4, 37–54.
- Aitzhan, N. Z. & Svetinovic, D. (2018). Security and privacy in decentralized energy trading through multi-signatures, blockchain and anonymous messaging streams, *IEEE Trans. Dependable Secure Comput.*, 15(5), 840–852.
- Ammar, M., Haleem, A., Javaid, M., Walia, R., Bahl, S. (2012). Improving material quality management and manufacturing organisations system through Industry 4.0 technologies Mater. Today: Proceedings, 45(6), pp. 5089-5096
- Avventuroso, G., Foresti, R., & Morosini, E. F. (2017). Production Paradigms for Additive Manufacturing Systems: a Simulation-based Analysis.
- Barnatt, C. (2013). 3D printing: The Next Industrial Revolution. In ABD: Create Space Independent Publishing Platform; CreateSpace Independent Publishing Platform: Scotts Valley, CA, USA, p. 11120.
- Batalha, M. O., & Rachid, A. (2008). Estratégias e organizações. In M. O. Batalha & A. Rachid, Introduction in production engineering. Rio de Janeiro: Elsevier
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective. *Int. J. Sci. Eng. Technol*, 8, 37–44.
- Bojana, N., Jelena, I., Nikola, S., Branislav, S., & Aleksandar, R. (2017). Predictive Manufacturing Systems In Industry 4.0: Trends, Benefits And Challenges. International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation.
- Bumblauskas, D., Nold, H., Bumblauskas, P., & Igou, A. (2017). Big data analytics: transforming data to action. *Business Process Management Journal*, 23(3), 703–720. <https://doi.org/10.1108/bpmj-03-2016-0056>
- Campos, J., Sharma, P., Gabiria, U. G., Jantunen, E., & Baglee, D. (2017). A Big Data Analytical Architecture for the Asset Management. *Procedia CIRP*, 64, 369–374. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.019>
- Campos, J., Sharma, P., Jantunen, E., Baglee, D., & Fumagalli, L. (2017). Business Performance Measurements in Asset Management with the Support of Big Data Technologies. *Management Systems in Production Engineering*, 25(3), 143–149. <https://doi.org/10.1515/mspe-2017-0021>
- Carvalho, N., Chaim, O., Cazarini, E., & Gerolamo, M. (2018). Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in sustainable manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 21, 671-678
- Cross, T. (2018). Human obsolescence, science and technology. In *The Economist: The World in 2018; The Economist Newspaper Limited: London, UK, 2018.* 114. Shaywitz, S. A new and complete science-based program for reading problems at any level. *Overcoming Dyslexia* 2005, 28, 575.
- 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.
- Davies, R., Coole, T., & Smith, A. (2017). Review of socio-technical considerations to ensure successful implementation of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1288-1295. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.256>
- Dillon, T., Wu, C., Chang, E. (2010). Cloud Computing: Issues and Challenges. In *IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, 27–33.
- Fahmideh, M., & Beydoun, G. (2019). Big data analytics architecture design—An application in manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*, 128, 948–963. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.08.004>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Gao, J., Koronios, A., & Selle, S. (2015). Towards a process view on critical success factors in big data analytics projects. In: 21st Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2015). Fajardo, Puerto Rico, 13-15 August 2015.
- García, S. G., & García, M. G. (2019). Industry 4.0 implications in production and maintenance management: An overview. *Procedia Manufacturing*, 41, 415–422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.027>
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910-936.
- Givhchi, O., Henning, T., & Juergen, J. (2013). Conference Program. In *Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*, 1–37.
- Golzer, Cato, & Amberg, M. (2015). Data processing requirements of industry 4.0-use cases for big data applications. In: *ECIS 2015 Research-in-Progress Papers*, Munster Germany, 26-29 May, 61.

- Hamzeh, R., Zhong, R., & Xu, X. W. (2018). A Survey Study on Industry 4.0 for New Zealand Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 26, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.007>
- Hämäläinen, E., & Inkinen, T. (2019). Industrial applications of big data in disruptive innovations supporting environmental reporting. *Journal of Industrial Information Integration*, 16, 100105. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.100105>
- Harrison, J. P. (2010). *Strategic planning and SWOT analysis*. In J. P. Harrison, *Essentials of strategic planning in healthcare*. Chicago: Health Administration Press.
- Hathaliya, J., Sharma, P., Tanwar, S., & Gupta, R. (2019). Blockchain-based remote patient monitoring in healthcare 4.0. *IEEE 9th International Conference On Advanced Computing (IACC)*, pp. 87-91.
- Hofmann, E., & Rüsçh, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>.
- Huxtable, J., & Schaefer, D. (2016). On servitization of the manufacturing industry in the UK. *Procedia CIRP*, 52, 46-51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.042>.
- Jukić, N., Sharma, A., Nestorov, S., & Jukić, B. (2015). Augmenting Data Warehouses with Big Data. *Information Systems Management*, 32(3), 200–209. <https://doi.org/10.1080/10580530.2015.1044338>
- Kagermann, H., Helbig, J., Schuh, G., & Wahlster, W. (2013). Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group München: Acatech.
- Kamble, S. K., 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.p>
- Kamble, S., Gunasekaran, A., & Dhone, N.C. (2020), Industry 4.0 and leanmanufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, vol. 58, no.5, pp. 1319-1337.
- Kneissl, W. (2013). 3D printing 2014-2025: Technologies, markets, players. In *ABD: ID Tech Ex; IDTechEX: Boston, MA, USA*, p. 4.
- Kopetz, H. (2011). *Internet of things*. In *Real-Time Systems*; Springer: New York, NY, USA, pp. 307–323.
- Lakshmi, B. & Raghunandhan, G. (2011). A conceptual overview of data mining. In: National conference on innovations in emerging technology, Erode India, 17-18 February, 27-35.
- Landriscina, F. (2013). *Simulation and Learning a Model-Centered Approach*; Springer: New York, NY, USA.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- Lee, J. (2013). Industry 4.0 in Big Data Environment. *German Harting Magazine*, 8–10.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters* 3, 18–23.
- Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manufacturing Letters*, 1(1), pp.38–41. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213846313000114> [Accessed July 14, 2014].
- Lee, G. M., Crespi, N., Choi, J.K., & Boussard, M. (2013). Internet of things. In *Evolution of Telecommunication Services*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 257–282.
- Lee, J., Ardakani, H. D., Yang, S., & Bagheri, B. (2015). Industrial Big Data Analytics and Cyber-physical Systems for Future Maintenance & Service Innovation. *Procedia CIRP*, 38, 3 7. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.026>
- Liang, X., Zhao, J., Shetty, S & Li, D. (2017). Towards data assurance and resilience in IoT using blockchain, in *Proc. IEEE Mil. Commun. Conf.*, Baltimore, MD, USA, pp. 261–266.
- Li, Z., Kang, J., Yu, R., Ye, D., Deng, Q. & Zhang, Y. (2018). Consortium blockchain for secure energy trading in industrial Internet of Things, *IEEE Trans. Ind. Inform.*, vol. 14, no. 8, pp. 3690–3700.
- Longo, F., Nicoletti, L., & Padovano, A. (2017). Smart operators in Industry 4.0: A human centred approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory context. *Computers & Industrial Engineering*, 113, 144–159.
- Masood, T., & Egger, J. (2019). Augmented reality in support of Industry 4.0: Implementation challenges and success factors. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 58, 181–195. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.02.003>.

- McKinsey, C. (2016). *Public Sector Information Technology*. Chicago: McKinsey & Company.
- Mladen, A.V. (2008). Cloud computing-issues, research and implementations. *Journal of Computing and Information Technology*, 16(4):235-246.
- Miller, D. (2018). Blockchain and the Internet of Things in the industrial sector, *IT Professional*, 20(3), 15–18.
- Müller, J. M., & Voigt, K.-I. (2018). The Impact of Industry 4.0 on Supply Chains in Engineer-to-Order Industries - An Exploratory Case Study. *IFAC-Papers On Line*, 51(11), 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.245>.
- Müller, J. M. (2019). Assessing the barriers to Industry 4.0 implementation from a workers' perspective. *IFAC Papers On Line*, 52(13), 2189–2194. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.530>
- Moktadir, M. A., Ali, S. M., Paul, S. K., & Shukla, N. (2019). Barriers to big data analytics in manufacturing supply chains: A case study from Bangladesh. *Computers & Industrial Engineering*, 128, 1063–1075. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.04.013>
- Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. (2016). Industrial Big Data as a Result of IoT Adoption in Manufacturing. *Procedia CIRP*, 55, 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.038>
- Mousannif, H., Sabah, H., Douiji, Y., & Oulad S. Y. (2016). Big data projects: just jump right in! *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 12(2), 260–288. <https://doi.org/10.1108/ijpcc-04-2016-0023>
- Nübler, I. (2016, November). New technologies: A jobless future or a golden age of job creation? Retrieved May 19, 2018, from http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/--inst/documents/publication/wcms_544189.pdf
- Raj, R., Lee, I., & Stankovic, J. (2010), Cyber-Physical Systems: The Next Computing Revolution. *Design Automation Conference (DAC)*, pp. 731–736.
- Rajkumar, R.R., I. Lee, I., Sha, L & J. Stankovic, J. 2010, Cyber-physical systems: The next computing revolution, in *Proceedings of the 47th Design Automation Conference*, pp. 731–736.
- Rajpurohit, L., & Arvid, V. K. (2016). Industrie 4.0: An overview. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 3, 535–541
- Reddy, B. R. (2018). A Comprehensive Literature Review on Data Analytics in IIoT (Industrial Internet of Things). *HELIX*, 8(1), 2757–2764. <https://doi.org/10.29042/2018-2757-2764>
- Rehman, M. H., Yaqoob, I., Salah, K., Imran, M., Jayaraman, P. P., & Perera, C. (2019). The role of big data analytics in industrial Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*, 99, 247–259. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.04.020>
- Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review
- Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). *Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review*, 1-24
- Sarma, S., Dutt, N., Gupta, P., Venkatasubramanian, N & Nicolau, A. (2015). Cyberphysical-system-on-chip (cpsoc): A self-aware cpsoc paradigm with cross-layer virtual sensing and actuation, in *Design, Automation Test in Europe Conference Exhibition*, pp. 625–628
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution* Geneva: World Economic Forum.
- Scott, J., Gupta, N., Wember, C., & Newsom, S., & Caffrey, T. (2012). *Additive Manufacturing: Status and Opportunities*, 1-29.
- Shafiq, S. I., Sanin, C., Szczerbicki, E., & Toro, C. (2015). Virtual Engineering Object / Virtual Engineering Process: A specialized form of Cyber Physical System for Industrie 4.0. *Procedia Computer Science*, 60, 1146-1155. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.166>
- Shamim, S. E. A. (2016). Management Approaches for Industry 4.0 – A human resources management perspective. *IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, <https://www.researchgate.net/publication/311251654>, pp. 5309-5314.
- Shank, P. 2016. The Fourth Industrial Revolution: What Happens With Employment? <https://www.td.org/Publications/Blogs/Learning-Executive-Blog/2016/05/The-Fourth-Industrial-Revolution-What-Happens-with-Employment>. Accessed 10-9-2019.
- Shava, E., & Hofisi, C. (2017). Challenges and opportunities for public administration in the Fourth Industrial Revolution. *African Journal of Public Affairs*, 9(9), 203-215.
- Strupczewski, L. (2015, January 10). Big Data or Big Confusion? Retrieved May 29, 2018, from <https://www.business2community.com/big-data/big-data-bigconfusion-01118253>
- Sreedharan, V. R. & Unnikrishnan, A. (2017). Moving towards industry 4.0: a systematic review. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 117(20), 929-936.

- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>
- Teslya, N & Ryabchikov, I. (2017). Blockchain-based platform architecture for industrial IoT, in Proc. 21st Conf. of Open Innovations Assoc., Helsinki, Finland, pp. 321–329.
- Thompson, A. A., Strickland, A. J. & Gamble, J. E. (2007). *Crafting and Executing Strategy Concepts and Cases*, (15th Edition), USA: McGraw-Hill/Irwin
- Xu, L. D., & Duan, L. (2018). Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey. *Enterprise Information Systems*, 13(2), 148–169. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1442934>
- Walwei, U. (2016, September). Digitalization and structural labour market problems: The case of Germany. Retrieved May 19, 2018, from http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--dgreports/---inst/documents/publication/wcms_522355.pdf
- Wang, X., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2016). A comprehensive survey of augmented reality assembly research. *Advances in Manufacturing*, 4, 1–22.
- Wang et al. (2017, November 28). Industry 4.0: A way from mass customization to mass personalization production. Retrieved June 16, 2018, from https://link.springer.com/article/10.1007/s_40436-017-0204-7
- WCED, S. W. S. (1987). World commission on environment and development. *Our common future*, 17, 1-91.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, Industry 4.0 – innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769
- World Economic Forum (WEF). (2016). Five Million Jobs by 2020: The Real Challenge of the Fourth Industrial Revolution. Available at <https://www.weforum.org/press/2016/01/five-million-jobs-by-2020-the-real-challenge-of-the-fourth-industrial-revolution>. Accessed 15-9-2019.
- Yang, G., Xie, L., Mantsalo, M., Zhou, X., Pang, Z., Xu, L., Kao-Walter, S., Chen, Q., & Zheng, L. (2014). A Health-IoT Platform Based on the Integration of Intelligent Packaging, Unobtrusive Bio-Sensor and Intelligent Medicine Box. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10, 2180–2191.
- Yin, S., & Kaynak, O. (2015). Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends, *Proc. of IEEE*, 103(2), 143–146.
- Ylijoki, O., & Porras, J. (2018). A recipe for big data value creation. *Business Process Management Journal*, 25(5), 1085–1100. <https://doi.org/10.1108/bpmj-03-2018-0082>
- Verl, A. Robotics & Industrie 4.0. (2017). In IFR-International Federation of Robotics. Available online: https://scholar.archive.org/work/q26zts5rhjd5jhfbjzv6dhi62u/access/wayback/https://ifr.org/img/uploads/Presentation_Industry_i4.0_Rob_Alexander_VERL_29_9_16.pdf (accessed on 7 February 2022).
- Zhang, Y., Ma, S., Yang, H., Lv, J., & Liu, Y. (2018). A big data driven analytical framework for energyintensive manufacturing industries. *Journal of Cleaner Production*, 197, 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.170>
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A. & Perona, M. (2021). The applications of Industry4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1922-1954.
- Zhou, C., Damiano, N., Whisner, B., & Reyes, M. D. (2017). Industrial Internet of Things: (IIoT) applications in underground coal mines. *Mining Engineering*, 69(12), 50-56.

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Etik Onay: Yoktur.

Yazar Katkısı: Begümhan TURGUT (%100)

Conflict of Interest: None.

Funding: None.

Ethical Approval: None.

Author Contributions: Begümhan TURGUT (100%)
