

AKILLI FABRİKALAR*

SMART FACTORIES

Dr. Öğr. Üyesi Zümrüt Hatice ŞEKKELİ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
Türkoğlu Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü
Kahramanmaraş/TÜRKİYE, E-mail: zhkiper@yahoo.com

Prof. Dr. İsmail BAKAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü
Kahramanmaraş/TÜRKİYE, E-mail: ibakan63@hotmail.com

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
<p>Makale Geçmişi: Geliş: 2 Ekim 2018 Kabul: 23 Ekim 2018</p>	<p>Teknolojik gelişmelerin etkisiyle üretimde nesnelerin ve hizmetlerin interneti ile siber fiziksel sistem uygulamaları kullanılmaya başlanmış; bu durum Endüstri 4.0 devriminin başlamasına neden olmuştur (Wang ve Zhou, 2015). Diğer bir ifade ile, Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti, Siber-Fiziksel Sistemleri Endüstri 4.0'ın ana öğelerini oluşturmaktadır. Bu öğelerin entegrasyonu ile de akıllı fabrikalar doğmuştur (Bartodziej, 2017:35).</p> <p>Nesnelerin fabrikası, çok mekânlı fabrika, eş zamanlı fabrika olarak da adlandırılan ve endüstriyel uygulayıcıların yanı sıra akademisyenler tarafından sıklıkla kullanılan akıllı fabrika kavramının aslında net bir tanımı bulunmamaktadır. Ancak mevcuttaki tüm tanımların bütünleştirilmesiyle akıllı fabrika kavramını; otomasyon, yazılım kombinasyonları, donanım, mekanik altyapı gibi teknolojik gelişmelere uyum sağlayabilen ve yeniden yapılandırılabilen üretim süreçleriyle; imalat kaynaklı sorunları dinamik, esnek ve çevik bir biçimde çözebilen fabrika olarak tanımlamak mümkündür (Radziwona vd.,2014:1185).</p> <p>Bu çalışmada akıllı fabrika konseptinin neleri içerdiğinin ve ne gibi faydaları olduğunun teorik olarak açıklanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla alanda daha önce yapılmış olan birçok uluslararası yayın incelenerek; konunun özü açıklanmaya çalışılmıştır.</p>
<p>Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Akıllı Fabrika, İoTs.</p>	
<p>DOI: 10.15637/jlecon.270</p>	
<p>JEL Kodları: M16, O14, L87</p>	

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article History: Received: 2 October 2018 Accepted: 22 October 2018</p>	<p>The effect of technological developments, İoTs and Cyber-Physical Systems are begun to use at manufacturing. This alteration led to the start of the revolution Industry 4.0. (Wang and Zhou, 2015). In other</p>

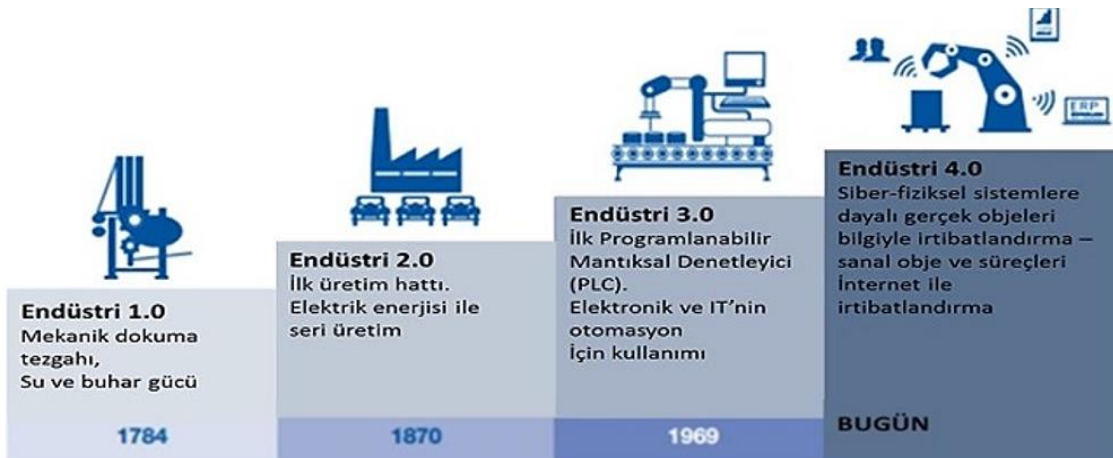
* Bu çalışma, 19-21 Nisan 2018 tarihleri arasında Kepez-Çanakkale'de gerçekleştirilen Umut konulu II. Uluslararası Rating Academy Kongresi'nde sunulmuş aynı isimli bildirinin gözden geçirilmiş halidir.

Keywords: Industry 4.0, Smart Factories, İoTs.	words, the main elements of Industry 4.0 are İoTs and Cyber-Physical Systems. The smart factory is born with the integration of these applications (Bartodziej, 2017:35).
DOI: 10.15637/jlecon.270	The smart factory is called aU-Factory (ubiquitous factory), a factory-of-things, a real-time factory, or an intelligent factory of the future also. Like its name, there is no consensus about a clear definition of the smart factory. Combinations of the definitions there occurs a definition as "a factory system which is combining ubiquitous computing technology as autonomous, sustainable and reconfigurable production, by using software, hardware with networked; to solve problems dynamic, agile and flexible style (Radziwona etc,2014:1185-1188).
JEL Codes: M16, O14, L87	The aim of the study, to explain what the smart factory concept is and how useful it is. Therefore, many international studies are sought to clarify the core of smart factories.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze üç adet büyük sanayi devrimi gerçekleşmiştir (Şekil 1). Her bir sanayi devrimi toplumsal ve endüstriyel açıdan gelişme sağlamış ve bir diğer devrime zemin hazırlamıştır. Bu devrimlerden ilki “Buhar Makinesi” nin icadıdır. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) olarak adlandırılan bu yeni dönemde buhar makinasının icat edilmesi ile su ve buhar teknolojileri üretimde kullanılmaya başlanmış; bunun sonucunda aletler ve insan gücü temelli yapılan atölye tipi üretimin yerini, makine temelli fabrika tipi üretim almıştır. Bu devrimle üretim miktarlarında ciddi artışlar olmuş; bu da ülkelerin ekonomilerinin büyümesine olanak sağlamıştır (Alçın, 2016:20). Birinci Sanayi Devrimini (Endüstri 1.0), İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0) takip etmiştir. 20. yüzyılın başlarında yaşanan bu ikinci devrim ile üretimde elektrik enerjisinden faydalanılmaya ve seri üretim yapılmaya başlanmıştır (Yıldız, 2017:547). Ayrıca bu dönemde çelik temelli üretim teknikleri geliştirilmiş; içten patlamalı motorlar, telgraf, radyo vs. gibi buluşlar yapılmıştır (Sayer ve Ülker, 2014:66). Elektronikğin üretim sektöründe kullanılarak otomasyon sistemlerine geçilmesi ise Üçüncü sanayi devrimini başlatmıştır. (Schmidt vd.,2015). Bu devrimin en belirgin özelliği; üretim süreçlerinde yoğun bir biçimde yazılım, donanımları kontrol edilebilir robotik ve otomasyon sistemlerinin endüstriyel alanlarda aktif olarak kullanılmaya başlanmasıdır. Bu dönemde nükleer enerji, biogenetikler, sentetik ürünler, mikro-elektronik teknoloji, hologram, fiber optikler, biotarım, lazerler gibi buluşlar da yapılmıştır (www.ekonomidunya.com). Ne var ki söz konusu buluşlar dördüncü sanayi devriminin temelini oluşturmuşlardır (Pfohl vd.,2015: 32).

Şekil 1. Endüstrinin Tarihsel Gelişimi



Kaynak: (<http://www.bilgeteknoloji.net/tr/endustri-40-nedir.html>)

Dünya üzerinde küreselleşme, mesafeleri kısaltmış, sınırları kaldırmış ve tüm dünyanın büyük bir pazara dönüşmesine neden olmuştur. Dünya genelinde yaşanan sosyal ve ekonomik değişimlerin bu pazarda yer alan herkesi direkt ya da dolaylı bir şekilde etkilemesiyle birlikte teknolojinin artan bir ivme ile gelişimini sürdürmesi rekabetin oldukça yoğun yaşanması sonucunu doğurmuştur (Ürgün ve Duru;2014). İşletmeler bu durumun üstesinden gelebilmek için tüm değer zincirini çevik ve duyarlı bir biçimde yönetebilecekleri, inovasyonlardan başlayarak üretim ve dağıtımına kadar süren, yakın iş birliği sunabilen ve çabuk adapte olabilen sanal ve fiziksel yapılara ihtiyaç duymaya başlamışlardır (Schumacher vd., 2016). Bu ihtiyacın güdülediği arayışlar ile Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) ortaya çıkmıştır.

2011 yılında Hannover fuarında ilk defa bahsi geçen Endüstri 4.0 kavramı, 2013 yılına gelindiğinde bu kavramın tanıtıldığı ve gelecekte ihtiyaç duyulacak stratejilerin belirtildiği “Endüstri 4.0 Stratejik Girişiminin Uygulanması İçin Öneriler” raporunda yer almıştır (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013). 2016 yılında Davos’ta düzenlenen Dünya Ekonomik Forumu’nda bahsi geçen endüstri 4.0 kavramı zamanla ABD ve Kore’nin yanı sıra birçok ülkede de duyulmaya başlamıştır.

Endüstri 4.0 en genel ifadeyle, inovatif bilgi ve iletişim teknolojisinin endüstriyel faaliyetlerle entegrasyonudur. Buradaki temel amaç; müşteri beklentilerini karşılayacak biçimde daha farklı, yeni ürün ve hizmetlerin yaratılmasına imkan verecek, değer zincirinde yer alan süreçleri ve ürünleri akıllı ağ sistemi ile bütünleştirerek, daha etkin örgütsel süreçlerin sağlanmasıdır (Barreto vd.,2017:1246).

Yapay zekâ, 3D yazıcılar, uzay, robotik, biyo, nano teknolojileri gibi teknolojik gelişmeler sayesinde her bir nesnenin, başka nesnelere internet üzerinden etkileşim sağladığı ve bu etkileşimle sürekli olarak yenilendiği ve böylece akıllandığı Endüstri 4.0’da (Aksoy, 2017:37), asıl hedeflenen kendi kendini yönetebilen üretim süreçlerine sahip akıllı fabrikaların hayata geçirilmesidir (Wan ve Zhou, 2015:136).

Akıllı fabrika, sanal dünya ve fiziksel dünyanın entegrasyonunu sağlayan, akıllı üretim yapabilen ve veri değişiminin gerçekleşmesini sağlayan oldukça zeki bir organizma biçimidir. Mevcut fabrikalara kıyasla akıllı fabrikalar, önemli ölçüde kaynak kullanımını artırmakta; depolamayı azaltmakta, kişiselleştirilmiş ürün dağıtım çemberini kısaltmakta; çok daha hızlı ve çok daha düşük fireyle üretim yapabilmekte; tedarik zinciri boyunca stoklamada radikal bir azalma sağlamaktadır (Wang ve Zhou, 2015:136; <https://the-lmj.com/>).

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

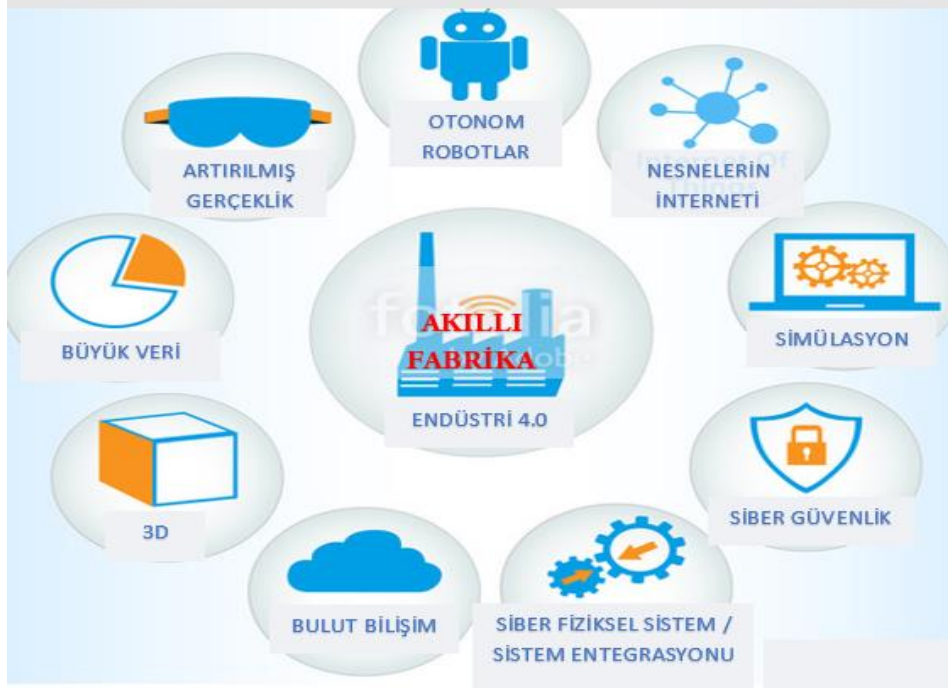
2.1. Akıllı Fabrikalar

Akıllı fabrika; tüm süreçlerin otomasyon kullanılarak ve sürecin kendi kendine iyileşmesinin mümkün olduğu; makine ve ekipman temelli bir işletme ortamı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifade ile akıllı fabrika; fiziksel dünya ve sanal dünyanın bütünleşmesini sağlamak amacıyla veri alışverişi yapabilen son derece akıllı bir organizmadır. Ürün, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kombine edilerek üretim ve tedarik süreçlerine entegrasyonunu içeren akıllı fabrika; günümüz fabrikalarına kıyasla, önemli ölçüde kaynak kullanımını artırmakta; kişiselleştirilmiş ürünlerin depolama ve dağıtım döngüsünü azaltmakta ve üretimin müşteri talepleri ile eş zamanlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Wan ve Zhou, 2015:136; <https://www.manufacturingtomorrow.com/>; (Erişim tarihi: 17.06.2018).).

Sürekli gelişim ve öğrenme halinde olduğu için *Öğrenen fabrikalar* ya da hiçbir insanın çalışmaması nedeniyle *Karanlık Fabrikalar* olarak da adlandırılan Akıllı fabrikalar üretim süreçlerinde sürekli artmakta olan karmaşıklığın yönetilebilir hale getirilmesini ve üretimin cazip, sürdürülebilir ve karlı olmasını sağlamaktadır (Yıldız, 2018:551).

Akıllı fabrikalar son yıllarda bazı farklı alanlardaki üretim süreçlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Yazılımlar, CPS ve IoT gibi uygulamalar vs. ile teknik alt yapıların oluşturulduğu bu fabrikalarda endüstri 4.0 ve onun getireceklerine uyum sağlama süreci başlatılmıştır (Prinz vd.2016:113).

Şekil 2. Akıllı fabrika bileşenleri



Kaynak: (<https://www2.deloitte.com/>; Erişim tarihi: 17.06.2018)

206

Akıllı fabrika oluşumunun birçok yapısal bileşeni bulunmaktadır. Bu bileşenin ilki; sistem içi iletişim sistemidir. Akıllı fabrikada bulunan otonom robotlar, sensörlü makineler, ekipmanlar gibi her bir nesne kendi içinde ve birbiriyle iletişim kurmak durumundadır. Endüstri 4.0 ile gelişen *Nesnelerin İnterneti (İoTs)* kavramı burada ortaya çıkmaktadır (<https://magg4.com/> (Erişim tarihi: 15.07.2018).

Bir teknoloji türü olmaktan ziyade bir kavram olarak nitelendirilen Nesnelerin İnterneti (IoT)(Bartodziej, 2017:54), İlk defa 1999 yılında Ashton tarafından MIT RFID araştırma grubunda ifade edilmiştir. “Nesnelerin İnterneti (IoT: Internet of Things)” olarak adlandırılan bu yeni kavramın uygulama biçimlerindeki farklılıklar sebebiyle çok çeşitli tanımları bulunmaktadır. En genel hali ile bu kavramı; nesnelerin internet alt yapısına sahip bir iletişim ağında; yazılım programları, RFID etiketleri, sensörler, tetikleyiciler, akıllı telefonlar vs. aracılığıyla insanlarla ve birbirleri ile etkileşim halinde olması; bu yolla kendi kendini yapılandırabilmesi, bir kimliği ve aklının olması” olarak tanımlamak mümkündür (Xia vd., 2012; Hermann vd., 2016; Lee vd., 2013; Erturan ve Engin, 2017; Akt. Şekkelî ve Bakan, 2018:21).

Nesnelerin İnterneti (IoT); üretim prosesleri, taşımacılık enerji ağları, hasta takip sistemleri, geri dönüşüm süreçleri, akıllı binalar, alışveriş merkezleri gibi farklı alanlarda gerçekleşen fiziksel olayları denetlemeyi, izlemeyi ve elde edilen verileri analiz etmeyi sağlayan cihaz, yazılım ve erişim hizmetlerini içeren bir iletişim ağıdır (Gökrem ve Bozuklu, 2016:47; Ercan ve Kutay, 2016:600).

Nesnelerin İnterneti sadece nesnelerin internete bağlanması ile olmamaktadır. Aynı zamanda RFID (radyo frekanslı tanıma sistemi) türevi algılayıcılar ve tanımlayıcılar yoluyla birbirleri ile de iletişim kurarak bilgi edinebilmektedirler. Bu yolla nesnelere “düşünme”,

“hissetme” ve “konuşma” gibi özellikler elde etmeye başlayarak durum bilgilerini güncelleyebilecek beceriye erişebilmektedirler. Bu sayede “akıllı” nesnelere, evler, fabrikalar gerçek hale gelecektir (Kutup, 2011).

Şekil 3. Nesnelere internetinin katmanları



Kaynak: (Gökrem ve Bozuklu, 2016:48)

Nesnelerin interneti organizmasının katmanları; çekirdek, cihaz, iletişim ve bilinç olmak üzere dört ögeden oluşmaktadır (Şekil 1). Çekirdek katmanında doğal çevreyi ve sıcaklık, konum, ağırlık, ışık şiddeti, nem, ph değeri, ses şiddeti gibi bütün ölçülebilir ama işlenmemiş veriler yer almaktadır. Bu ham veriler cihaz katmanında analog veya sayısal sinyallere dönüştürülerek iletişim katmanına iletilmektedir. Gerek insan ile makine gerekse makine ile makine iletişimi için gerekli olan kablosuz ve kablolu (RFID, Zigbee, NFC, Kızılötesi, Bluetooth, M-Bus, GPRS ve GSM, Bacnet, LPWAN, vs.) iletişim protokol ve altyapısının bulunduğu iletişim katmanında bu veriler işlenmek üzere veri işleme merkezine iletilmektedir. Hacim olarak küçük veri işleme işlemleri, gömülü sistemler ile gerçekleştirirken daha büyük veriler depolanmak üzere bulut bilişim sistemlerine iletilmektedirler. Güvenlik, gizlilik, kimliklendirme, tanıma gibi işlemler de bu katmanda gerçekleştirilmektedir (Gökrem ve Bozuklu, 2016:48).

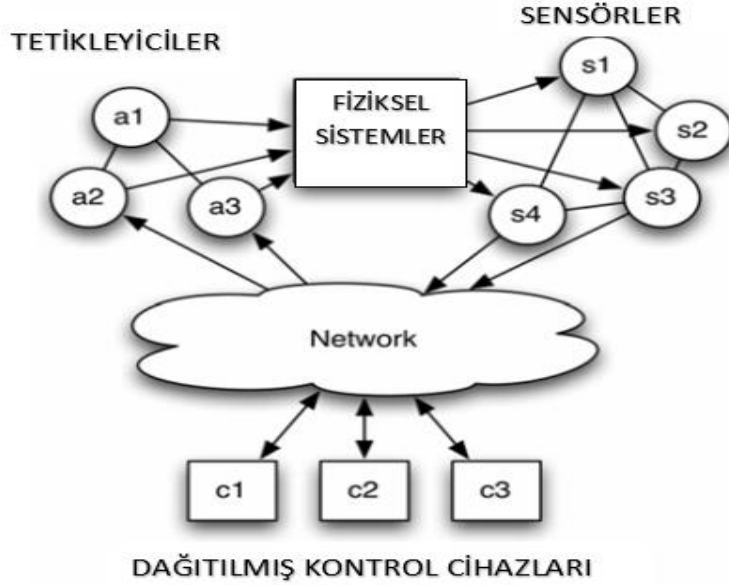
IoT teknolojisinde; üretimde kullanılan makine, cihaz ve teçhizatlar birbirleriyle ağ yoluyla otomatik iletişim sağlayarak üretimi insan katkısı minimum olacak biçimde takip edebilmekte, olası arızalar önceden tahmin yoluyla önlenebilmekte, duruş süreleri azaltılabilmekte, ham madde, malzeme, yarı mamul vs. ihtiyacı hızla belirlenerek temin edilebilmektedir. Aynı zamanda yönetim; sürece dair tüm bilgileri dünyanın neresinden talep edilirse edilsin eş zamanlı olarak edinebilmekte, bu bilgileri dağıtım kanalları ve müşteriler ile paylaşılabilir (Ercan ve Kutay, 2016:601). Nesnelere interneti çevresel yönetimde (atmosfer durumu, deprem ve tsunami, vahşi yaşam ve yerleşim alanları gibi.); altyapı denetiminde, (köprü, tren, karayolları vs.), endüstriyel alanlarda (donanımlarının kontrolü, süreç otomasyonu, tedarik zinciri vs.), enerji yönetiminde (verimlilik, etkinlik vs.), tıp ve sağlık sistemlerinde (kan basıncı, kalp ritminden, kan şekeri vs. gözetimi), yapı ve ev otomasyonunda (ışık, ısı, havalandırma, iklimlendirme, vd.), nakliye sistemlerinde (taşıt, altyapı, akıllı park, filo yönetimi vs.) uygulanmaktadır (Koroğlu, 2015).

Akıllı fabrikaların oluşumunda görev yapan bir diğer yapı ise Siber Fiziksel Sistemlerdir. Fiziksel ortam ile sanal ortam arasında iletişim sağlayabilen **Siber Fiziksel Sistemler**, üretim sürecindeki en ufak detayları dahi fark edebilen, kontrol eden ve olası problemlerde çözüm sunabilen sistemlerdir (<https://magg4.com> (Erişim tarihi: 15.07.2018))

Siber Fiziksel Sistemler (CPS); işlemsel ve fiziksel yeteneklerin yeni yöntemler kullanılarak bütünleştirilmesi yoluyla çevresindeki fiziksel dünya ile yoğun bağlantı içinde olan nesnelere ve insanlarla iş birliği sağlayan yeni nesil sistemlerdir (Timm ve Lorig, 2015; Baheti ve Gill, 2011). Siber fiziksel sistem uygulamalarında, tüm sistem genelinde ihtiyaç duyulan fonksiyonları gerçekleştirmek amacıyla, birbirleri ile etkileşim halinde olan her bir sistem

katmanına özel algoritmalar ve yazılımlar kullanılmakta (Lee, 2015: 18); RFID teknolojisi, sensörler ve aktüatörler (tetikleyiciler) ile fiziksel dünyayı sanal bilgi işlem dünyasına bağlanmaktadır (<http://www.endustri40.com>; (Erişim tarihi: 17.06.2018)). Radyo frekansları vasıtasıyla nesnelere tanımlama yöntemi olan RFID teknolojisi ile, RFID okuyucusu elde ettiği nesnelere dair bilgileri, bir bilgisayar ya da mikroişlemci olan ara birime iletmekte, ara birim de bu bilgileri işleyerek, işletme bilgi sistemlerine aktarmaktadır (Adıgüzel, 2005:71; Rushton vd., 2010: 325; Özkazanç, 2010:83-84). Böylece IoT ile siber fiziksel sistemler birbirleriyle ve fabrika içerisinde ya da dışında ki şahıslarla gerçek zamanlı olarak beraber çalışabilmektedirler (Ercan ve Kutay, 2016:602).

Şekil 4. Siber Fiziksel Sistemin Genel Yapısı



Kaynak: (Barreto vd.,2017:1247).

Siber Fiziksel Sistemler (CPS) uygulamalarının üretimde kullanılması ile akıllı makineler sürekli olarak mevcut stok seviyesi, olası problemler, fireler, talepteki değişiklikler, siparişlerdeki farklılıklar gibi konularda bilgi paylaşmaktadırlar. Süreçler ve termin tarihleri etkinliği artırmak ve teslimat sürelerini optimize etmek amacıyla kontrol edilmektedir. RFID uyumlu sensör ve kontrol cihazları makinelerin fabrika, network ve insanlar ile iletişim sağlamasına imkân tanımaktadırlar. Bu sistemin bel kemiğini ise akıllı üretim robotları oluşturmaktadır. Üretim kontrol sistemine direkt bağlı olan bu robotlar tüm üretim sürecini baştan sona düzenlemekte ve kaynakların optimizasyonunu sağlamaktadırlar (Guban ve Kovacs, 2017:113). Siber Fiziksel Sistemlerinin (CPS) fabrikalardaki geleneksel üretim proseslerinde ya da lojistik uygulamalarında kullanılmaya başlanması, mevcut fabrikaların Siber Fiziksel Üretim Sistemlerine (CPPS – Cyber-Physical Production Systems) yani Akıllı Fabrikalara (Smart Factory) dönüşmesine neden olmuştur (Lee, 2015: 18).

Akıllı fabrikaların bileşenlerinden bir diğeri ise **Bulut bilişim teknolojisi**dir. Akıllı fabrikalarda nesnelere edinilen anlık veriler, bulut tabanlı sistemlerde depolanmaktadır. Bu sayede üretim sürecinin takibi oldukça kolay olmakta ve olası problemlere eş zamanlı olarak uzaktan bile olsa müdahale edilebilmektedir. Üretimde gerekli olan her konu ile ilgili gereken veriler toplanabilmekte ve anlamlı bir biçime getirilerek bulut sistemleri vasıtasıyla paylaşılabilir (https://magg4.com/; (Erişim tarihi: 15.07.2018)).

Bulut bilişim teknolojisi, çevrim içi bilgi paylaşım hizmeti olarak da tanımlanmaktadır. Bilgiler; bilişim araçları arasından internet yoluyla paylaşılmakta böylece erişimi kolay hale

gelmektedir (Şekkeli ve Bakan, 2018:24). Depolama ve bilişime dair sınırları ortadan kaldıran bulut bilişim teknolojisi sayesinde; sadece lokal değil global seviyede üretilen ve depolanan tüm veriler **Büyük Veri'** yi (**Big Data**) oluşturmaktadır. Büyük veri; zamanla ve sistemli ya da rastgele bir biçimde elde edilen, işlenmiş ya da ham verilerdir. Büyük verinin analiz edilmesi yani kullanılabilir hale gelmesi ile daha gerçekçi stratejiler oluşturma ve karar alma imkânı elde edilmektedir (<http://www.endustri40.com/> (Erişim tarihi: 17.06.2018)).

Akıllı fabrika oluşumunda bulut bilişim ve büyük veriden sonra **yapay zekâ** süreci yer almaktadır. Üretim aşamalarında görev yapan cihazların yapay zekâ tabanlı çalışma sistemiyle donatıldıklarında, inisiyatif kullanabilecek ve tavsiyelerde bulunabilecek duruma gelmeleri öngörülmektedir. Gelişimini büyük veriden de beslenerek sağlayan yapay zekâ ile akıllı fabrika sisteminde anlık denetimin mümkün hale gelmesi düşünülmektedir. Yapay zekâ ile çalışan ve imalat sürekli iletişim kuran **Otonom Robotlar** ya da otonom makinelerin hem kendi hem de birbirlerinin hatalarını denetleyecek ve sürekli iyileştirmelerle süreci daha verimli duruma getirebilecek olmaları (<https://magg4.com> (Erişim tarihi: 15.07.2018)) böylece hem bireysel hem de paydaşlarının toplu amaçlara ulaşmalarını sağlayabilmeleri beklenmektedir (Timm ve Lorig, 2015:3118).

Bir diğer akıllı fabrika bileşeni ise **Simülasyon**dur. Simülasyonu, tedarik zincirinin tamamının ya da ilgili kısmının durum, akış veya davranışlarının gözlenebilmesi ve düzenlenebilmesi amacıyla, işletme içindeki ya da işletme dışındaki (tedarik, üretim, dağıtım, pazarlama, satış vs.) süreçlerin modellenerek bilgisayar ortamında yeniden yapılandırılması şeklinde tanımlamak mümkündür. Simülasyonun çevrim dışı, proaktif ve reaktif olmak üzere üç modu bulunmaktadır. Çevrim dışı simülasyon, programlamada belirsizliğin yüksek olduğu ve hassas analizin gerektiği durumlarda kullanılmaktadır. Proaktif simülasyon, planlanmış çizelge olası sapmaların önceden tanımlanması için yapılmaktadır, kısa dönemli uygulamalarda erken durum tespiti yapması açısından faydalıdır. Reaktif mod ise mevcut ve yapılmış olan faaliyetlerin analiz edilmesi ve kayıpların minimizasyonunun sağlanması amacıyla uygulanmaktadır (Monostori vd.,2016:625).

Tüm bu bileşenlere ek olarak **Artırılmış Gerçeklik** teknolojisi de akıllı fabrikaların bileşenlerindedir. Artırılmış gerçeklik; gerçek dünya ile bağlantısını sürdüren, bilgi ve görüntülerin gerçek dünyada bulunan görüntülere eklenebildiği, gerçek ve sanal nesnelerin aynı ortamda birlikte algılanmasına imkân tanıyan bir ortam olarak tanımlanmaktadır (İçten ve Bal, 2017:402). Artırılmış gerçeklik ile ürünler üretilmeden önce tasarımı ve işleyişi tecrübe edilebilmekte, bir ürünün ambalajı açılmadan içindeki görülebilmektedir. Aynı zamanda makinelerin işleyişi sırasında oluşan problemin nereden ve niçin kaynaklandığı makine sökümü yapılmadan bulunabilmekte, mekanlara gidilmeden yerinden gezilebilmekte ve hatta izlenmesi istenilen mekandaki rüzgarı, nemi, kokuyu vs. hissedebilmek mümkün hale gelebilmektedir (<http://www.endustri40.com/> (Erişim tarihi: 17.06.2018 Artırılmış gerçeklik ve simülasyon teknikleri sayesinde hem ürünlerin hem de üretim sürecinin sanal ortamda birebir oluşturulması sayesinde, çeşitli senaryolar oluşturularak olası problemler sanal ortamda deneyimlenip gerçekleşmeden çözülebilmekte, mevcut birçok aksaklığın önüne geçilebilmekte ve daha verimli kararlar alınabilmektedir (<https://magg4.com> (Erişim tarihi: 15.07. 2018)).

Siber güvenlik de akıllı fabrikalar için kritik role sahip bir bileşendir. Siber güvenlik; siber çevre, kuruluş ve kullanıcıların varlıklarını korumak için araç, politika, güvenlik anlayışı, güvenlik önlemleri, kurallar, risk yönetim yaklaşımları, eylemler, eğitimler, en iyi uygulamalar, sigorta ve teknolojilerin bir araya getirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Kuruluşun ve kullanıcıların varlıkları; bağlantılı bilgisayarlar, personel, alt yapı, uygulamalar, hizmetler, iletişim sistemleri ve siber ortamda iletilen ve/veya saklanan bilgilerin tümünü içermektedir.

Siber güvenlikle kuruluşun ve kullanıcıların tüm bu varlıklarının siber ortamda olası risklere karşı korunması amaçlanmaktadır (Solms ve Niekerk, 2013:97-98).

Son yıllarda Blok zinciri teknolojisi de sistemlerin güvenliğini sağlamak amacıyla tedarik zincirlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Başlangıçta finansal alanda yeni bir yaklaşım olan elektronik para birimi Bitcoin'in güvenliğini sağlamak için geliştirilmiş olsa da, uygulama alanı zamanla genişlemiş, yalnızca finans değil birçok alanında da yer almaya başlamıştır (Hackius ve Petersen, 2017). Teyit edilen bilginin sabit bir şekilde depolanmasını ve dağıtılmasını sağlayan blok zincir teknolojisinde esas amaç düzensiz gelen bilgilerin ve şeffaf olmayan tedarik zincirinin yarattığı düzensizliğin azaltılması, ilk tedarikçiden son müşteriye varıncaya kadar tüm tedarik zincirinin şeffaflığının ve sürdürülebilir izlenebilirliğinin sağlanması ve bu yolla güvenliğin artırılmasıdır (Amina, 2016).

2.2. Akıllı Fabrikaların Özellikleri

Akıllı fabrikalar, bir ağ üzerinden performansını kendi başına optimize edebilen, her yeni duruma adapte olabilen, eş zamanlı bir biçimde öğrenebilen ve üretim prosesini özerk bir biçimde yönetebilen esnek bir sistemdir. Bu sistemin kendine özgü temel özellikleri bulunmaktadır. Bunlar; bağlantısallık, optimizasyon, şeffaflık, proaktiflik ve çeviklik. Söz konusu özellikler üreticilere sistemin nasıl olduğu konusunda yön göstermesi açısından büyük önem taşımaktadır (<https://www2.deloitte.com/>; (Erişim tarihi: 17.06.2018).

Şekil 5. Akıllı Fabrikanın özellikleri



Kaynak: (<https://www2.deloitte.com/>(Erişim tarihi: 17.06.2018).).

• Bağlantısallık

Akıllı fabrikanın belki de en önemli özelliği bağlantısallıktır. Akıllı fabrikada tüm nesnelere sürekli bilgi elde edebilmek ve bu bilgileri sürekli güncelleyebilmek amacıyla akıllı sensörler ile donatılmıştır. Akıllı fabrikada süreçlere dair çeşitli kararlar alabilmek için ihtiyaç duyulan bilginin elde edilmesi aşamasında tüm bu nesnelere birbirleriyle bağlantı kurması gerekmektedir. Bu bağlantı sayesinde işletme içi ve dışı süreçlere dair toplanan tüm bu veriler tedarik zincirini başından sonuna izleme imkânı sağlamaktadır.

• Optimizasyon

Akıllı bir fabrikanın optimizasyonu, işlemlerin en az müdahale ve yüksek güvenilirlik ile gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Akıllı fabrika içerisindeki otomatik iş akışları, varlıkların senkronizasyonu, gelişmiş izlenebilirlik, ileri düzeyde programlanabilirlik ve

optimize edilmiş enerji tüketimi sayesinde verimlilik, çalışma süresi ve kalitesi artmakta; maliyetler ve atıklar azalmaktadır.

- **Şeffaflık**

Akıllı fabrikalarda bilgi sürekli şeffaftır. Eş zamanlı bilgi görünürlüğü sayesinde süreçlerden, sahadan ya da üretilmekte olan üründen alınan bilgiler dönüştürülerek hem insanlara hem de otonom sistemlere iletilmektedir. Şeffaf ağ, tesis genelinde eş zamanlı alarmlar, uyarılar yoluyla eş zamanlı takip ve izlenebilirlik sunarak organizasyonun daha doğru kararlar alabilmesine imkân sağlamaktadır.

- **Proaktiflik**

Bir proaktif sistemde çalışanlar tahmin edebilmek ve sorun olmadan önce sorun olacağını tahmin ederek olmadan önce faaliyete geçebilmektedirler. Ancak her zaman bu tahmin doğru olmamakta ya da sorun yanlış tanımlanmaktadır. Bu da kalite hatalarına, fazla stok bulundurmaya, güvenlik kayıplarına vs. yol açmaktadır. Oysa ki akıllı fabrikalarda geçmiş zaman verileri ve sürekli gelen eş zamanlı bilgi sayesinde tahminler daha doğru ve gerçekçi olmaktadır. Bu da sürelerin kısaltmakta, verimliliği ve kaliteyi artırmaktadır

- **Çeviklik**

Çevik esneklik akıllı fabrikanın programa ve ürün değişikliklerine minimum düzeyde müdahale ile adapte olmasına izin vermektedir. Gelişmiş akıllı fabrikalar kendilerini yeniden yapılandırabildiklerinden malzeme akışı ürün ya da program değişikliğine bağlı olarak eş zamanlı bir biçimde değiştirilebilmektedir.

2.3.AKILLI FABRİKALAR İLE GELENEKSEL FABRİKALARIN FARKLARI

Küreselleşme ve dalgalı piyasalar sebebiyle sürekli değişen koşullara uyum sağlamaya çalışan işletmelere, bilgi ve iletişim teknolojilerinde sürekli yaşanan gelişmeler büyük vaatler sunmaktadır. Özellikle Endüstri 4.0 devriminin üretim sürecinde, işletmeler ve çalışanlar üzerine büyük bir etkisi olacağı öngörülmektedir. Çünkü insan gücü ile yapılan tüm üretim yöntemleri değişirken, geleneksel işletmelerin yerini kendi kendine faaliyet gösterebilen, sürekli öğrenebilen “akıllı fabrikalar” almaya başlamıştır (Prinz vd., 2016:113). Bu akıllı fabrikaların geleneksel fabrikalardan (Tablo 1.); üretim yöntemleri, üretim süreci, stok yönetimi, bileşenler, kaynak kullanımı, karar süreci, örgüt yapısı, rotalama, bağlantı, bilişim sistemleri, kontrol, bilgi yönetimi gibi konularda büyük farklılıkları bulunmaktadır (Wang vd., 2016: 6; Lee vd., 2015:19; Davutoğlu, 2017:556-557;<https://www.forbes.com/> (Erişim tarihi: 05.07.2018))

Tablo 1. Akıllı Fabrikaların Geleneksel Fabrikalardan Farkları

	GELENEKSEL FABRİKA	AKILLI FABRİKA
Üretim yöntemleri	İnsan temelli: İş görenlerin bilgi, beceri ve uzmanlığına dayalıdır.	İnternet temelli: Nesnelere ve otonom sistemlerin ağ bağlantısı ile etkileşimine dayalıdır.
Üretim süreci	Bağımsız üretim: Üretim sürecinde makineler birbirinden bağımsız olarak çalışmaktadır ve makinelerin önceden yapılandırılmaya ihtiyacı vardır.	Sistemlerin entegrasyonu: Üretim sürecinde makineler birbirine bağlıdır ve diğer makinelerle iletişim kurarak kendilerini yapılandırabilmekte ve çalışabilmektedirler.
Stok yönetimi	Stok bulundurma odaklı: Süreçteki değişimi dikkate alarak stoklamaya önem verir.	Stok bulundurmama odaklı: Tam zamanlı üretim ve müşteri odaklılık nedeniyle stoklamaya yer verilmez.
Karar süreci	İnsan odaklı: Karar verme süreci insan odaklı olarak yapılandırılmaktadır.	Teknoloji odaklı: Karar verme süreci yapay zekaya sahip olan robotlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.
Bilgi yönetimi	İzole bilgi: Makine kendi sürecinin bilgilerini kaydetmekte ve bilgi nadiren başkaları tarafından kullanılmaktadır.	Büyük veri: Akıllı nesnelere, büyük veri üretmekte, bu veriler yüksek bant genişliğinde transfer edilmekte ve bulut ile büyük verileri işlemektedir.
Kaynak kullanımı	Sınırlı ve önceden belirlenmiş kaynaklar: Seri üretim yapabilmek için, daha önceden dikkatlice hesaplanmış, uyarlanmış ve yapılandırılmış kaynaklar bulundurulmaktadır.	Kaynak dağılımı: Çok çeşitli tipte küçük parti ürünleri üretmek için, farklı türde kaynaklar bir arada bulunmaktadır.
Örgüt yapısı	Örgütsel katmanlar: Örgüt yapısı piramit şeklindedir ve tepe ile alt kademeleri arasında yönetim katmanları bulunmaktadır.	Örgüt düzleştirme: Örgüt içi bilgi paylaşımının yaygınlaşması ve hızlanması ile örgütsel piramidin tepe ve alt kademeleri arasındaki yönetim katmanları ortadan kalkmıştır.
Rotalama	Sabit rotalama: Üretim hattı sabittir. Değişiklik olması gerektiği durumlarda sistem kapatılarak manuel bir şekilde yapılandırılmaktadır.	Dinamik rotalama: Farklı tipteki ürünler arasında geçiş yapabilmek için gerek kaynak ve gerekse hattın rotası otomatik olarak yeniden yapılandırılmaktadır.
Bağlantı	Atölye kontrol ağı: İş istasyonları arasında kontrol amaçlı bağlantı kullanılmaktadır ancak makineler arası bağlantı bulunmamaktadır.	Kapsamlı bağlantılar: Makineler, ürünler, bilgi sistemleri ve insanlar birbirleri ile bağlantı kurmuşlardır ve yüksek internet alt yapısı sayesinde etkileşim halindedirler.
Bilişim Sistemleri	Ayrılmış katman: Sahada kullanılan cihazlar üst bilişim sistemlerinden ayrılmıştır.	Derin yakınsama: Akıllı fabrika internet ağ üzerinden faaliyet yapmaktadır. IWN ve bulut ile fiziksel yapılar ve bilişim sistemleri entegre olmaktadır.
Kontrol	Bağımsız denetim: Her makine kendisine verilen görevleri gerçekleştirmek için önceden programlanmıştır.	Kendini örgütleme: Kontrol fonksiyonu çok fazla birime dağıtılmıştır. Bu akıllı birimler birbirleriyle kendilerini organize etmek için müzakere etmektedirler.
Bileşenler	Sensörler: Ölçüm ve hata bulmaya yönelik kullanılmaktadırlar.	Akıllı sensörler: Öz farkındalık ve öz öngörü sahibidirler.

Tablo 1 dikkatle incelendiğinde geleneksel fabrikalar ile akıllı fabrikalar arasında üretimden yönetime, alt yapıdan örgüt yapısına varıncaya kadar ciddi farklılıklar olduğu görülmektedir. Geleneksel fabrikalarda var olan basit görevler, yinelenen süreçler, görev, yetki ve sorumluluk tanımları, prosesler ve süreleri vs. standartlar, akıllı fabrikalarda yeniden yapılanma olacağından değişiklik gösterecek; görevler, yetki ve sorumluluklar büyük oranda farklılaşabilecektir. Ayrıca örgüt yapısı ve yönetim şekli farklılaşacak, süreç yapay zekaya sahip robotlar ile yönetilecektir (Davutoğlu, 2017: 557). Bu farklılıklar özellikle günümüz yoğun rekabet ortamında işletmelere yüksek verimlilik, düşük arıza oranı, optimum maliyet vs. büyük avantajlar sağlayacağından zamanla geleneksel üretim sistemleri ve fabrikalarının yerini akıllı fabrikaların alması kaçınılmazdır.

2.4. AKILLI FABRİKALARIN FAYDALARI

Geleneksel fabrikaların internet ile etkileşimi akıllı fabrikaların oluşmasına neden olmuştur. Akıllı fabrikalar teknoloji tabanlı olmalarının da sağladığı avantaj ile üretim alanında büyük faydalar yaratmaktadır. Bunlar;

- **Yüksek Rekabet Gücü;** fabrika donanımı ve bunun için gerekli olan gömülü sistemlerde, makinenin internet ve güçlü ağlarla bezenmesi, işletmelerin daha verimli ve küresel anlamda daha da rekabetçi olmasını sağlamaktadır.
- **Performans Etkinliği;** tedarik zinciri boyunca tüm verilerin anlık olarak toplanması, hata veya acil durumların gerçek zamanlı olarak tespiti sağlanarak müdahale edilebilmesi, verilerin sadece insanlardan değil nesnelere de toplanmasıyla verilerin kesin olması performansın daha iyi değerlendirilmesini ve gerekli iyileştirmelerin daha hızlı ve etkin bir biçimde yapılmasına imkan tanımaktadır.
- **Yüksek Üretkenlik;** akıllı üretim süreçleri sayesinde tüm tedarik zinciri ağı üzerinden verilere daha fazla erişim sağlanmaktadır. Üreticilerin ve tedarikçilerin üretim ve siparişlerle ilgili ihtiyaç duyduğu eş zamanlı verilere ulaşabilmeleri ile ihtiyaç duyulan malzeme, bu malzemenin tedarik miktarı ve işlem süresi tam olarak belirlenebilmekte, böylece verimlilik artmaktadır.
- **Daha Düşük Maliyet;** daha öngörülebilir envanter gereksinimleri, daha etkili bir işe alım ve personel kararları, düşük fire oranı, azaltılmış işlem ve süreç değişkenliği sayesinde maliyetler geleneksel fabrikalara kıyasla daha düşük olmaktadır. Ayrıca hem ürün hem de süreç kalitesinin artması ile bakım, onarım maliyetlerinde azalmalar söz konusudur.
- **Kalite;** karakteristik özelliği kendini optimize etmek olan akıllı fabrikalar, kalite hata eğilimlerini daha kolay ve hızlı bir biçimde tahmin ve tespit edebilmekte; kalitesizliğe neden olan insan, makine veya çevresel nedenleri belirleyerek, bu durumlara çözüm üretebilmektedir.
- **İnovatif İş Modelleri;** farklı akıllı sistemlerin kendi aralarında etkileşim kurmasıyla yeni akıl, yeni hizmet ve iş modelleri oluşması mümkün hale gelmektedir. Çeşitli nesnelere toplanan veriler birçok farklı ağlarda yeni modellerin ya da süreçlerin üretilmesine imkan sağlayacaktır.
- **Çalışma Şartlarında İyileşme;** uygun ayarlamalar yoluyla makinelerin insan çalışma döngüsüne uyumlaştırılması, iş görenlere yeni fırsatlar sunulabilecek ve iş görenlerin çalışma süreleri daha esnek ve bağımsız hale gelebilecektir.
- **Daha Fazla Esneklik;** teknoloji tabanlı olduğu için sistem değişiklikleri karşısında daha hızlı tepki vermekte ve değişikliklere daha kolay uyum sağlayabilmektedir.

- **Yüksek Güvenlik;** birçok faaliyetin insan gücü ile değil makine gücü ile yapılması iş gören hatalarının ve endüstriyel kazaların azalmasını sağlamaktadır (Davutoğlu, 2017:550; <http://www.fishmancorp.com>; <https://www.datexcorp.com/>; <https://proente.com/>, <https://www2.deloitte.com/>; <http://www.akillifabrika.org/>; Erişim tarihi 12.06.2018).

Özetlenecek olursa fabrikaların “akıllanması” ile güvenilirlik, teçhizat etkinliği ve ürün kalitesi artmakta; hata oranı ve fire miktarı azalmaktadır. Ayrıca müşteri siparişlerine anında yanıt verilebilmekte, anlık olarak değişimlere ayak uydurulabilmekte ve tam zamanında üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Bu da fabrikalara büyük ekonomik kazanç potansiyeli vaat etmektedir (Alçın, 2016).

2.5. Akıllı Fabrikalar İle İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar

Yeni kavramlar olan Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmakta olup bunların birçoğu yeni çalışmalardır. Bu çalışmaların en eskilerinden biri Shen vd.’nin 2007 yılında yaptıkları çalışmadır. Bu çalışmada üretim sürecinde programların internet tabanlı olarak yapılmasının üretimi eşsiz kılacağından bahsetmektedirler. Sendler (2013), Endüstri 4.0 konseptine göre ürün ve hizmetin insan etkisi olmadan başka ürün ve hizmetlerle internet aracılığıyla sağladığı bağlantı sayesinde özerk bir şekilde kendilerini geliştirdiğini iddia etmiştir. Preuveneers ve Ilie-Zudor (2017), siber-fiziksel sistemler ile iş süreçlerinin izlenmesinin, analiz edilmesinin ve otomatikleşmesinin mümkün hale geleceğini ve geleneksel fabrikaların, büyük veri, bulut bilişim, IoT vs. etkisi ile akıllı fabrikalara dönüşeceğini öne sürmüşlerdir. Alçın (2016)’a göre Endüstri 4.0 hakkında teorik bilgi verdiği çalışmasında yeni sürecin üretim ve tüketim algısını tümenden değiştirecektir. Chiu vd. (2017) bulut bilişim sistemi ve siber-fiziksel sistemleri kullanılarak akıllı bakım sistemi oluşturulabileceğinden bahsetmektedirler. Şekkelî ve Bakan (2017) yayınladıkları makalede endüstri 4.0 konseptinden ve onun üretim ve lojistik alanlarına olan etkilerinden bahsetmişlerdir. Endüstri 4.0 gerçeği üzerine bir makalesi bulunan Gentner (2016) ile Hofmann ve Rusch (2017) makalelerinde mevcut durum ile Endüstri 4.0’ın etkisi altındaki gelecekteki durumu kıyaslamışlardır. Gökrem ve Bozuklu (2016) nesnelerin internetinden bahsettikleri çalışmalarında Türkiye’deki mevcut duruma da yer vermişlerdir. Hermann vd. (2016) ise çalışmalarında Endüstri 4.0’dan bahsetmekte; üretim, materyal kullanımı, tedarik zinciri yönetimi gibi endüstriyel süreçleri içeren temel iyileştirmeler olduğunu iddia etmektedirler. Ivanov vd.’nin (2016) akıllı bir fabrikaların süreçlerinin programlanması için dinamik bir model ve algoritma konusunda çalışmaları bulunmaktadır. Yıldız (2017) Endüstri 4.0’ı Türkiye açısından değerlendirdiği çalışmasında, bu devrime adapte olabilmek için ülke genelinde öncelik eğitim olmak üzere birçok farklı alanlarda radikal iyileştirmelerin yapılmasının şart olduğunu vurgulamaktadır. Liao vd. (2017)’nin çalışmasının amacı, Endüstri 4.0’daki akademik ilerlemeleri araştırarak bu boşluğu gidermektir. Schmidt vd. (2015) makalelerinde Endüstri 4.0’ı, çeşitli teknolojik gelişmelerin entegre olduğu ve gerek ürün gerekse de süreçleri içeren ve siber fiziksel sistemler vasıtasıyla dijital ile fiziksel iş akışının sağlayan bir konsept olarak tanımlamışlardır. Prinz vd. (2016) çalışmalarında öğrenen fabrikalardan ve bunların iş çevresi, iş gören, alt yapı vs. etkilerinden bahsetmişlerdir. Yıldız (2018) geleneksel fabrikaların yetersiz olmasının yöneticileri yeni arayışlara yönlendirdiğini, akıllı fabrikaların bu yetersizliğe çözüm olarak ortaya çıktığını iddia etmiştir.

3. SONUÇ

4. sanayi devrimi özellikle üretim sektöründe büyük bir etki yaratmaktadır. Zira Endüstri 4.0’ın başlattığı nesnelere ve insan arası iş birliği anlayışı ile çok daha etkin, verimli ve hızlı faaliyet gösterebilen yeni ve çeşitli üretim prosesleri oluşmaktadır. Özellikle üretimde kullanılmaya başlanan akıllı cihazlar, insan hatasını minimuma indirmekte, eş zamanlı bilgiye

erişimi mümkün kılmakta, üretimde kaliteyi artırmakta, kayıplar ve atıkların azalmasının etkisi ile maliyetleri azaltmakta, yüksek performans ve yüksek rekabetçilik yaratmakta ve elde edilen tüm verilerin karar süreçlerinde kullanılmasını sağlamaktadır.

Endüstri 4.0 anlayışının üretim süreçlerinde uygulanması *Akıllı Fabrikaların* oluşmasına neden olmuştur. Akıllı fabrikalardaki Nesnelerin İnterneti (IoT), Siber-Fiziksel Sistemler, artırılmış gerçeklik, yapay zekâ vd. uygulamalar sayesinde kaynak tüketimi optimize olmakta, verimlilik artmakta, kendi kendini yapılandırabilen otonom robotlar ile üretim süreçlerini hızlanmakta; seri üretimden müşteri ihtiyaçlarına göre özel ve akıllı ürün ya da hizmetler üretilebilmekte; üretim tesisleri ile nesnelere arasında eş zamanlı bilgi alışverişi yapılarak üretimde hata payı minimuma indirilebilmektedir. Özetle geleneksel fabrika ve mevcut üretim anlayışı tamamen değişmektedir. Bu değişim domino etkisi yaratarak sektör geneline de yayılmakta; sektöre istihdam, ekonomik büyüme, istikrar, etkinlik, iş güvenliği, verimlilik, sürdürülebilir rekabet avantajı vs. büyük vaatler sunmaktadır.

Teknolojik alt yapının olmazsa olmaz olduğu bu dönüşümde değişime ayak uydurulmak isteyen işletmelerin ilk olarak teknolojik alt yapılarını güncellemeleri gerekmektedir. Bu amaçla kompleks yapıların bütünleştirilmesi için siber fiziksel sistemlere, nesnelerin internetine, yapay zekâ uygulamalarına, bulut bilişim sistemlerine ve ilgili yazılımlara yatırım yapması gerekmektedir. Ayrıca güvenliğin sağlanması için siber güvenlik ağının oluşturulması önemlidir. İkinci olarak da değişimin işgücüne olan etkisinin ortaya konması gerekmektedir. Gelecekte ihtiyaç duyulacak yeni iş modellerinin tanımlanması, iş organizasyonunun yapılması, bu konulara hâkim ve kendini geliştirebilen örgüt yapısı için insan kaynağı planlaması ve tahsisinin yapılması bu noktada büyük önem taşımaktadır. Üçüncü olarak ise bu değişim sürecinin tüm sektörde yaygınlaşmasının sağlanmasıdır. Sektörde yer alan işletmelerin iş birliği yapması ile sektörel anlamda rekabet avantajı elde edilecektir. Tüm sektörün bu süreci içselleştirilmesi, ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır.

Endüstri 4.0, Türkiye açısından da büyük önem arz etmektedir. Eğer Endüstri 4.0 doğru uygulanır ve doğru yönetilirse ülke açısından önemli fırsatlar yakalanacaktır. Bu nedenle en önce eğitim sisteminin Endüstri 4.0 ile uyumlu olacak bir şekilde yapılandırılması gerekmektedir. Eğer çağın gerisinde kalmak istenmiyorsa problem çözebilen, robotik kodlama yapabilen, yeni algoritmalar geliştirebilen, yazılım oluşturabilen bir neslin yetiştirilmesi şarttır. Ayrıca gerek akademik camiada gerekse de işletmeler bazında Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri artırılmalıdır. Bu konuda yapılan çalışmalar maddi ve manevi açılarından teşvik edilmelidir. Mevcut çalışanların bu yeni sisteme uyum sağlamaları için yurt içinde ya da yurt dışında verilen çeşitli eğitimlere katılımları sağlanmalı, mümkünse bu konu üzerinde uzman işletmelerde staj imkanları sunulmalıdır. Tüm bunların gerçekleşebilmesi için üniversite, kamu ve özel sektör arasında sağlıklı ve sağlam bir iş birliği kurulması gerekmektedir. Üniversiteler sektörün beklentilerine ve endüstri 4.0'a uyumlu eleman yetiştirmeye gayret göstermeli, özellikle de endüstri 4.0'a yönelik bölümler açılarak öğrencilerin bu alanlarda yetişmelerini sağlamalıdır. Devlet özel sektöre teşvik verirken Endüstri 4.0'a uyumu öncelikli tutmalı ve akıllı fabrika kurulumu ile ilgili daha fazla destek sunmalıdır.

Bu devrimin mevcut olan her şeyi kökünden değiştireceği ve tüm dünyayı etkisi altına alacağı bir gerçektir. Asıl sorun beklenen bu senaryoda Türkiye'nin nasıl bir konum alacağıdır. Yapılması gereken bir kenarda durup seyirci kalmak yerine sürece en başından uyum sağlamaktır. Bu nedenle Endüstri 4.0'ın detaylarına vakıf olunması ve avantajlarından yararlanmak için gereken hazırlığın bir an önce yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- ADIGÜZEL, B., 2005. Bilişim Sistemlerinin Lojistik Yönetiminde Etkin Kullanımı ve Buna İlişkin Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı.
- ALÇIN, Sinan, 2016. Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2): 19-30.
- BADZAR, Amina, 2016. "Blockchain For Securing Sustainable Transport Contracts And Supply Chain Transparency". *Helsingborg, Sweden*,
- BAHETI, Radhakisan; GILL, Helen, 2011. Cyber-physical systems. *The Impact of Control Technology*, 12: 161-166.
- BARRETO, L., AMARAL, A., PEREIRA, T. 2017. Industry 4.0 İmplications İn Logistics: An Overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- BARTODZIEJ, Christoph Jan 2017. The Concept İndustry4.0. In: *The Concept Industry 4.0*. Springer Gabler, Wiesbaden, 27-50.
- CHİU, Y. C., CHENG, F. T., HUANG, H. C., 2017, Developing a factory-wide intelligent predictive maintenance system based on Industry 4.0. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Cilt: 40, Sayı: 7, 562-571. doi: 10.1080/02533839.2017.1362357
- DAVUTOĞLU, Naci Atalay, Birol Akgül, Erşan Yıldız. (2017) "İşletme Yönetiminde sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak" (ASOS JOURNAL- Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, s.52.
- ERCAN, Tuncay, KUTAY, Mahir, 2016. "Endüstride Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları", Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, AKÜ FEMÜBİD 16 (2016) 035102 (599-607), DOI: 10.5578/fmbd.43411
- ERTURAN, İlkey Ejder; ERGİN, Emre, 2017. Muhasebe Denetiminde Nesnelerin İnterneti: Stok Döngüsü. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 75.
- GENTNER, S., 2016, Industry 4.0: Reality, Future or just Science Fiction? How to Convince Today's Management to Invest in Tomorrow's Future! Successful Strategies for Industry 4.0 and Manufacturing IT. *Chimia*, 70(9): 628-633. doi: 10.2533/chimia.2016.628
- GÖKREM, Levent; BOZUKLU, Mehmet, 2016. Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13: 47-68.
- GUBÁN, Miklós; KOVÁCS, György 2017. Industry 4.0 Conception. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 10(1): 111.
- HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris, 2016. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: *System Sciences (HICSS)*, 49th Hawaii International Conference on. IEEE., p. 3928-3937.
- HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco, 2017. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 2017, 89: 23-34
- HÜLSMANN, Thorsten., 2015. Logistics 4.0 And The Internet Of Things «Workshop «Platforms for Connected Factories of theFuture.

- HACKIUS, Niels; PETERSEN, Moritz. Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat?. In: *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*. epubli, 2017. p. 3-18.
- IVANOV, D., DOLGUİ, A., SOKOLOV, B., WERNER, F., IVANOVA, M., 2016, A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, Cilt: 54, Sayı: 2, 386-402. doi: 10.1080/00207543.2014.999958
- İÇTEN, T., BAL.G., Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 401-415.
- KAGERMANN, Henning; LUKAS, Wolf-Dieter; WAHLSTER, Wolfgang, 2015. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI nachrichten*, 13: 11.
- KÖROĞLU, Osman, 2015. Nesnelerin İnterneti, algılayıcı ağları ve medya. İçinde Akademik Bilişim Konferansı. Eskişehir
- KUTUP, Nejat. Nesnelerin İnterneti: 4H, Her Yerden, Herkesle, Her Zaman, Her Nesne İle Bağlantı. *16. Türkiye'de İnternet Konferansı inet-tr'11*, 2011.
- LEE, GyuMyoung, CRESPIY, Noel, 2013. Internet of things. In: *Evolution of Telecommunication Services*. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 257-282.
- LEE, In; LEE, Kyoochun, 2015. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4): 431-440.
- LIAO, Y. X., DESCHAMPS, F., LOURES, E. D. R., RAMOS, L. F. P., 2017, Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, Cilt: 55, Sayı: 12, 3609-3629. doi: 10.1080/00207543.2017.1308576
- MONOSTORI, L., KÁDÁR, B., BAUERNHANSL, T., KONDOH, S., KUMARA, S., REINHART, G., ... & UEDA, K., 2016. Cyber-Physical Systems In Manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2): 621-641.
- ÖZKAZANÇ, Ü. İ., 2010. Malzeme Taşıma ve Depolama Teknolojileri, ÖZTÜRK, G. (ED.), Lojistikte Teknoloji Kullanımı, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2155, Açık öğretim Fakültesi Yayını No: 1183.
- PFOHL, Hans-Christian; YAHSİ, Burak; KURNAZ, Tamer, 2015. The Impact Of Industry 4.0. On The SupplyChainin W. *Kersten, T. Blecker*, 31-59.
- PREUVENEERS, D., ILIE-ZUDOR, E., 2017, The Intelligent Industry Of The Future: A Survey On Emerging Trends, Research Challenges And Opportunities In Industry 4.0. *Journal Of Ambient Intelligence And Smart Environments*, 9(3): 287-298. doi: 10.3233/ais-170432
- PRINZ, C., MORLOCK, F., FREITH, S., KREGGENFELD, N., KREIMEIER, D., KUHLENKÖTTER, B., 2016. Learning factory modules for smart factories in industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 113-118.
- RADZIWON, A., BILBERG, A., BOGERS, M., MADSEN, E. S., 2014. The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia engineering*, 69, 1184-1190.
- RUSHTON, A., CROUCHER, P., BAKER, P., 2010. *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, 4th, ed. Kogan Page, London

- SAYER, Sami; ÜLKER, Aydın, 2014. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi. Engineer & the Machinery Magazine, 657.
- SCHMIDT, R., MÖHRING, M., HÄRTING, R. C., REICHSTEIN, C., NEUMAIER, P., & JOZINOVIĆ, P., 2015, June. Industry 4.0- Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. In International Conference on Business Information Systems (pp. 16-27). Springer, Cham.
- SENDER, U., 2013. Industrie 4.0: Beherrschung Der Industriellen Komplexität Mit Syslm (Systems Lifecycle Management), In Sandler U. (Ed.), *Industrie4.0: Beherrschung Der Industriellen Komplexität Mit Syslm*, (Springer-Vieweg, Berlin, Heidelberg,)
- SHEN, W., Q. HAO, S. WANG, Y. LI, H. Ghenniwa. 2007. “An agent-based service-oriented integration architecture for collaborative intelligent manufacturing.” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 23(3): 315-325
- ŞEKKELİ, Zümrüt Hatice; BAKAN, İsmail, 2018. ENDÜSTRİ 4.0'IN ETKİSİYLE LOJİSTİK 4.0. *Journal of Life Economics*, 5.2: 17-36.
- TIMM, Ingo J.; LORIG, Fabian, 2015. Logistics 4.0-A Challenge for Simulation. In: Winter Simulation Conference (WSC). IEEE., p. 3118-3119..
- ÜRGÜN, Zuhale; DURU, M. Nafiz, 2014. KÜRESEL PAZAR TEKLİFLERİNİN TASARIMLAŞTIRILMASI. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 4.16: 43-62.
- VON SOLMS, Rossouw; VAN NIEKERK, Johan, 2013. From information security to cyber security. *computers & security*, 38: 97-102.
- WAN, Jiafu; ZHOU, Cai, Hu Keliang. 2015, Industrie 4.0: Enabling Technologies. In: Intelligent Computing and Internet of Things (ICIT), 2014 International Conference on. IEEE, p. 135-140.
- WANG, J. WAN, D. ZHANG, D. LI ,C. ZHANG, “Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent System with big data based feedback and coordination”, Computer Networks, vol.101, pp. 158-168, 2016.
- XIA Feng, YANG Laurence T., WANG Lizhe, VINEL Alexey,2012. “Internet of Things”, INTERNATIONAL JOURNAL OF COMMUNICATION SYSTEMS, Int. J. Commun. Syst. 2012; 25:1101–1102, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/dac.2417
- YILDIZ, Turkey. Yaklaşan Dördüncü Endüstri Devrimi ve Türkiye'deki Mevcut Durum.
- YILDIZ, Aytaç. Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, 2018, 22.2: 548-558.
- İnternet Kaynakları:**
- <https://proente.com/akilli-cihazlar-akilli-fabrikalar/> (Erişim tarihi 12.06.2018)
- <http://www.bilgeteknoloji.net/tr/endustri-40-nedir.html> (Erişim tarihi: 13.07.2018).
- <http://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/> (Erişim tarihi: 17.06.2018).
- <http://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/> (Erişim tarihi: 17.06.2018).
- <http://www.fishmancorp.com/benefits-smart-manufacturing/> (Erişim tarihi: 12.06.2018).
- <https://mag4.com/endustri-4-0-ve-akilli-fabrikalar-uretimde-verimliliği-artirmanın-5-yolu/> (Erişim tarihi: 15.07.2018).

<https://www.datexcorp.com/industry-4-0-smart-factory-digitization-supply-chain/>(Erişim tarihi: 12.06.2018).

<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html> (12.06.2018)

<https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2017/01/what-is-the-smart-factory-and-its-impact-on-manufacturing/9043> (Erişim tarihi: 11.07.2018).

<https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/03/19/the-anatomy-of-smart-manufacturing/#26bd391f6a6c> (Erişim tarihi: 05.07.2018).

<https://the-lmj.com/>(Erişim tarihi: 25.05.2018).

<http://www.akillifabrika.org/> (Erişim tarihi: 12.06.2018).

www.ekonomidunya.com (Erişim tarihi: 13.06.2018).

