



ATLAS INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL ON SOCIAL SCIENCES

Open Access Refereed E-Journal & Refereed & Indexed
ISSN:2619-936X



Vol:5, Issue:21	2019	pp.558-569
Article Arrival Date: 18.07.2019		Published Date: 06.09.2019

ENDÜSTRİ 4.0 : AKILLI FABRİKA¹

INDUSTRY 4.0: SMART FACTORY

Doç.Dr. Nevin AYDIN

Artvin Çoruh Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Artvin/Türkiye

Doi Number : <http://dx.doi.org/10.31568/atlas.108>
Article Type : Research Article



ÖZET

Dördüncü Sanayi Devrimi hayatımızın bir parçası olmaya hazırlanırken, akıllı sistemler, bilgi tabanlı servisler, siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti gibi kavramlar Endüstri 4.0 ile hayatın her alanında değişim yaratmaya devam ediyor. Bu değişim sanayi içinde de etkili olmaktadır. Tüketiciler kendilerine özel ürünler üretilmesini istemektedirler. Çağımızda kişilere uygun üretilmiş ürünler onları mutlu etmeye başlamıştır. Dördüncü Sanayi Devrimi yani Endüstri 4.0 ile bu tür üretim gerçekleştirilebileceğinden tüketicilerin istekleri karşılanabiliyor olacaktır. Endüstri 4.0 ile fiziksel parça ve makineler birbirleriyle internet üzerinden iletişime geçerek üretimde kaynakların verimli kullanılması, enerji tasarrufu, stok azalması, hız, esneklik gibi fonksiyonları ön plana çıkarmaktadır. Endüstri 4.0 ile binlerce sensör ve iletişim sistemiyle donatılan Akıllı fabrikalar; sanal gerçeklik, simülasyon ve sanal prototiplerin oluşturulmasıyla ürün piyasaya çıkmadan ürün hakkında karar vermemizi sağlayacaktır. Akıllı Fabrikalar Endüstri 4.0 ile, üretimin geleceği için yeni iş modelleri ortaya çıkaracaktır.

Anakhtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Akıllı üretim, Akıllı Fabrika.

ABSTRACT

While the Fourth Industrial Revolution is preparing to be a part of our lives, the concepts such as intelligent systems, knowledge-based services, cyber-physical systems, and Internet of Things continue to create change in every aspect of people's lives through Industry 4.0. This change is also effective in industry. The consumers prefer special products to be produced for themselves. The products produced according to the specific needs of the consumers have begun to make them happy. With the Fourth Industrial Revolution, i.e. Industry 4.0, this kind of production can be realized such that consumers' needs can be met. With Industry 4.0, the parts and machines communicate with each other through the Internet and the functions such as efficient use of resources in production, energy savings, stock reduction, speed, flexibility come to the forefront. Intelligent factories equipped with thousands of sensors and communication systems with industry 4.0; through virtual reality, simulation, and virtual prototypes, we can make decisions about the product without introducing the product to the market. Smart Fabrics Industry 4.0 will emerge new business models for the future of the production systems.

Key words: Industry 4.0, Smart production, Smart factory.

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 dördüncü endüstriyel devrimi temsil eder. Ürünlerin yaşam döngüsü boyunca tüketiciden üreticiye değer zinciri boyunca yeni bir süreç olup müşterilerin talebi için yeni hizmet modelidir. Bu yeni sistemde özerk karar verme, değişen iş gücü yeni endüstriyel

¹ VI Uluslararası ÇİN'den Adriyatik'e Sosyal Bilimler Kongresi, 29-31 Mart 2018, ANKARA, Özet bildiri olarak sunulmuştur.

tasarımla güvenlikle ilişkili siber-fiziksel sistemler ve çeşitli IT ve OT sistemlerindeki verileri kararlara çevirerek, yeni iş modelleri olarak piyasaya çıkmaktadır. Dolayısıyla Endüstri 4.0, üretim teknolojilerinin gerçekleşmesinde “Otonom Robotlar, Büyük Veri, Siber-fiziksel sistemler, Nesnelerin İnterneti” ve Bulut Bilgi işleme gibi farklı disiplinler önemli rol oynamaktadır. Ayrıca Endüstri 4.0, "akıllı fabrika" olarak adlandırılır.

Endüstri 4.0’da yeni üretim yöntemleri, akıllı süreç optimizasyonları ve yüksek makine ulaşılabilirliği ile daha verimli bir üretime ulaşma amaçlanmaktadır. Endüstri 4.0’ın sağladığı faydalar sayesinde Geleneksel üretimin yüksek teknoloji ile donatılmasıyla, Endüstri 4.0 sayesinde akıllı nesnelerin yaşamımızı kolaylaştırması, az enerji kullanılması, dolayısıyla, sistemin çevre dostu olması Endüstri 4.0 kapsamında gerçekleşecektir. Endüstri 4.0, akıllı üretim sistemlerini kapsadığından, ortaya çıkabilecek hataların kolay teşhis edilmesini ve önlem alınmasını kolaylaştıracaktır.

Almanya, dünyadaki en rekabetçi imalat sanayilerinden birine sahiptir. Üretim ekipmanları sektöründe global bir liderdir. Almanya’nın güçlü makine ve tesis imalat sanayi, küresel düzeyde önemli IT yeterlilikleri ve gömülü sistemlerdeki ve otomasyon mühendisliğindeki bilgi birikimi ile yeni bir tür sanayileşme potansiyeline girmek için konumlanmıştır (Kagermann vd., 2013)

Üretim sürecinde fabrikalardaki makinelerde siber-fiziksel sistemlerin kullanılmasıyla insanlardan bağımsız kendi kendilerini koordine ve optimize eden üretim yapabilecek "akıllı fabrikaları" ortaya çıkarmıştır. Eğer Endüstri 4.0 stratejisi gerçekleşirse üretim süresi, maliyetler ve üretim için gerekli enerji miktarı azalarak, üretimde kalite artacaktır. Dolayısıyla Sanayi 4.0’ı öne çıkan faydaları, üretkenlik, ciro artışı, istihdam ve yatırımdır.

2. ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİ

2.1. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Benzersiz bir şekilde adreslenebilir nesnelerin kendi aralarında oluşturduğu, dünya çapında yaygın bir ağ ve bu ağdaki nesnelerin belirli bir protokol ile birbirleriyle iletişim içinde olmaları olarak tanımlanabilir. Günlük yaşamımızda; tarım alanında, akıllı şehir ve ev konseptlerinde, enerji, güvenlik ve sağlık gibi alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Endüstri 4.0 birbirlerine bağlı otomatik makine ve robotların işbirliği yaptıkları imalat ortamında; kaynakları, tasarım ve lojistik süreçleri etkin kullanmayı ve değer zincirindeki diğer firmalarla da bu yapıyı irtibatlandırılmayı da öngördüğünden, IoT bu yapının önemli bir parçası haline gelmektedir (Kökhan, 2017).

2.2. Siber-Fiziksel Sistemler(Cyber-Physical Systems, CPS)

Veriler tüm yaşam döngüsü boyunca büyük miktarlarda toplanmakta ve yerel kararları alabilmek için merkezi olmayan bir şekilde depolanmakta, bu vizyonu gerçekleştirmek için, makineler, depolama sistemleri ve yardımcı programlar gibi unsurların bilgi paylaşabilmesinin yanı sıra birbirlerini bağımsız olarak harekete geçirip kontrol edebilmeleri gerekmektedir. Bu sistemlere Siber-Fiziksel Sistemler denir (Baheti & Gill, 2011).

2.3. Büyük Veri (Big Data)

Herhangi bir kaynaktan veri alıp onları para ve zaman tasarrufu, yeni proje gelişimi ve optimize edilmiş önerileri aynı zamanda da akıllı karar verilmesini sağlayan cevaplar bulmak için analiz eder. Büyük veri güçlü analizlerle birleştiğinde işle alakalı aşağıdakiler gerçekleştirilebilir (Eğer, 2018):

- ✓ Gerçek zamanlı hata ve sorunların temel nedenlerini belirleme
- ✓ Müşterilerin satın alma alışkanlıklarına dayanarak satış amaçlı kuponlar üretme

- ✓ İşleyişi etkilemeden önce yanlış davranışları tespit etme

2.4. Rfid Teknolojileri

Rfid otomatik nesne tanımlama teknolojisi olarak tanımlanabilir. Rfid, mikro işlemci ile donatılmış etiket (tag) taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı bilgiler ile hareketlerinin izlenebilmesi imkanını veren, radyo frekansları ile çalışan otomatik tanıma sistemleridir (Kökhan, 2017).

2.5. Bulut Veri İşleme

Kapalı bir sistem içerisinde Endüstri 4.0 uygulanabileceği gibi açık sistemler de mevcuttur. Satış ve pazarlama süreçlerini içeren Endüstri 4.0 uygulamaları ciddi anlamda buluttan faydalanmaktadır (Kökhan, 2017). Bulut Teknolojisi sayesinde akıllı fabrikalar kurularak sistem kendi kendini organize edebilmeye başlamıştır. Bulut teknolojisi sayesinde üretim ile ilgili her türlü rapora ve veriye anında, istediğimiz yerden ulaşabilmekteyiz. Hem verilerin güvenliği, hem de ulaşılabilirliği açısından bulut teknolojisi, akıllı fabrikaların önemli bir parçası olmuştur (Akıllı Üretim Blog, 2017a).

2.6. Otonom Robotlar

Otonom robotların olmadığı yerde Endüstri 4.0'dan bahsedilemez. "Otonom Robotlar", otomatik iş yapma özelliği olan robotlardan farklı olarak, belli zekaya sahip robotik sistemler olarak tanımlanabilir (Kökhan, 2017).

Endüstri 4.0'da Otonom robotlar esnek üretim sistemleri için anahtar teknolojidir. Endüstri 4.0 geleceğin fabrikalarının gerçekleşmesinde önemli rol oynayacaktır.

2.7. Simülasyon

Çoğu Endüstri 4.0 uygulamasında benzetim modelleri kullanılmaktadır. Benzetim; olayları tarif edebilmek için daha önceki olguları benzeterek yeni modele karar verme yöntemidir. Özellikle Monte Carlo algoritması gibi kuyruk teorilerine yanıt veren benzetim modelleri otonom robotların çoklu ortamda işleyişlerini düzenlemektedirler (Kökhan, 2017).

2.8. Sistem Entegrasyonu

Birden fazla süreci birbirine bağlayan Endüstri 4.0 uygulamaları için sistem entegrasyonu zorunlu bir ihtiyaçtır (Kökhan, 2017).

2.9. Bütünleştirilmiş İmalat

Klasik talaşlı imalatın, yani ana hammaddeden malzeme azaltarak şekil vermenin yerini 3D yazıcılarla malzeme ekleyerek şekil verme işlemidir. Bu yöntemle, klasik sistemle realize edilemeyecek pek çok tasarım elle tutulur hale gelmektedir. Prototip ve numüne süreçleri olağanüstü kısılcıca müşteriye ürün ve hizmet sunma hızında fark atılmaktadır (Kökhan, 2017).

2.10. Arttırılmış Gerçeklik

Operatörlerin evlerinde oturarak üç boyutlu görme ve dokunma kabiliyetine sahip kask ve eldivenle tezgahları çalıştıracakları günler çok yakındadır. Hatta bazı cerrahlar dünyanın öbür ucundan Afrika'daki bir özel oda içerisinde katarakt ameliyatlarını çok yakında başarıyla gerçekleştirebileceklerdir (Kökhan, 2017).

2.11. Yeni Sistem Bileşenleri

Endüstri 4.0'ın bileşenlerini hızlıca kavrayıp bunları entegre ederek oluşturacağımız sistemlerle üretim ve yönetimde farklılaşmamız gerekiyor. Bunun için yapmamız gereken tek

şey, “Zaten biliyoruz” veya “Biz yapıyoruz” demek yerine yeni sistemlere, disiplinler arası yaklaşımlara yelken açmak ve takipçisi olmaktır (Kökhan, 2017).

2.12. Robot Teknolojileri

Fabrikaların üretim süreçlerinde hayati önemi olan robotlar, sağladıkları hız ve kolaylıklarla her geçen gün sanayide daha çok rol almış ve günümüzde çok olağan bir işgücü haline gelmiştir. Önceki dönemlerde genelde yalnız çalışan robotların bundan sonraki dönemlerde birbirleriyle konuşur hale geleceği aynı zamanda insanla birlikte çalışan insan gibi robotların karşımızda olacağı düşünülmektedir (Kökhan, 2017).

2.13. Sensörler: Endüstri 4.0 kullanımı sensörlere bağlıdır. Sensörler, bu sanayi devriminde üretimde kullanılacak olan makinelere veri tedariği sağlayacak konumdadır. Akıllı sensörlerin, otomatik izleme ve yapılandırma özelliklerinden yararlanılarak prosesin hızlı, güvenilir ve daha kolay bir şekilde işlemesi hedeflenmektedir.

3. ENDÜSTRİ 4.0 FAYDALARI

- ✓ Üretim için gereken girişimcilik ve risk oranını en aza düşürmesi.
- ✓ Üretim öncesi sürecin hesaplanması ve bunu istatistiksel olarak doğrulaması.
- ✓ Sanal gerçeklik ile önceden kurulacak olan fabrika ve üretim alanının holografik görüntülenmesi.
- ✓ Tasarlanacak ürünlerin, hologramlı yansıtıcılar ile ön görüntülenmesinin sağlanması.
- ✓ Makineler arası iş koluna bölünmenin sağlanabilmesi.
- ✓ İş alanını hesaplama ve gereksiz makineleşmeyi önleme.
- ✓ Kriz analizi ile alınacak risklerin oranını hesaplayabilme.
- ✓ Elde bulunan malzemeler ile yeni bir ürün tasarlayabilme.
- ✓ En önemlisi iki programlı çalışma sayesinde zamandan tasarruf sağlayabilme (Akıllı Üretim Blog, 2017b)
- ✓ Daha az zaman kaybı
- ✓ Daha iyi kaynak kullanımı
- ✓ Daha odaklı ve verimli işgücü
- ✓ Daha doğru ve uygulanabilir performans metrikleri
- ✓ Daha odaklı bütçe kullanımı
- ✓ Proaktif parça değiştirme ve onarımları sağlama
- ✓ Daha iyi karlılık sağlama

Otomatik makineler ve akıllı imalat tesisleri gelişmeye devam ederken bu devrim toplum üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olacaktır. Hayatı kolaylaştırmanın yanı sıra kesinlikle ekonomik faydalar sağlayacaktır (Volsoft, 2017a).

4. AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİ

Akıllı Üretim, birkaç kuruluş tarafından oluşturulan bir terimdir. Amerika Birleşik Devletleri'nde Enerji Bakanlığı (DoE), Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) (Wallace vd., 2013).

Akıllı Üretim sistemleri çeşitli teknolojileri içerir. Veri odaklı, bir tedarik ağının vizyonunu gerçekleştirmek için IoT, robotik / otomasyon, büyük veri analitiği ve bulut bilişim dahil olmak üzere başka teknolojileride içerebilir (Mittal vd., 2016, Fedorov vd., 2015).

Akıllı üretim uygulamasında, bu değişimi kolaylaştırmak için Nesnelerin İnterneti gibi kavramlar kullanılır. Endüstri 4.0'daki ayrıcalıklı özellik, tek tek müşteri gereksinimlerini tek tek ürünler olarak, çok küçük lot büyüklüğünde ürün varyantları ile karşılamaktır (Bochmann vd., 2015: 270).

Akıllı üretim, insan etkileşimini en aza indirme ve yalnızca önemli olduğunda insan beyni gücünü kullanma sürecidir. Endüstri 4.0 için hedeflerin bazıları oldukça iddialı olsa da, umut, yapay zekanın ve otomatik karar verme mekanizmasının, mükemmel mekanik otomasyonun ve simbiyotik insan entegrasyonunun gelişmesine ve tamamen birbirine bağlı ve “akıllı” olan üretim tesislerine sahip olabilesidir (Deng, 2016).

Akıllı üretim sistemleri ile tüketici ihtiyaçlarına hızlı cevap veren ürünler, iyileştirilmiş üretim kalitesi, daha az hata, daha az israf, daha az kaynak kullanımı hedefleniyor. Akıllı fabrikalarda üretimde, değer zincirlerinin iyileştirilerek, esneklik, verimlilik ve maliyet gibi kavramların optimize edilmesini sağlayan “dördüncü” Endüstri devrimi olarak tanımlanan Endüstri 4.0’ın da temelini oluşturmaktadır.

Endüstri 4.0, dijital dönüşüm dinamiklerini kullanarak akıllı üretim ekonomisini ortaya çıkarmaktadır. Küresel rekabette yer almak isteyen işletmeler, üretim ve dağıtım süreçlerinde yer alan akıllı robotlar ile bunların dış dünya ile bilgi alışverişlerini sağlayacak internet nesnelerin uyumla çalışmasını koordine edecek uzman ekiplere ihtiyacı olacaktır.

Endüstri 4.0 ile sanayideki mevcut üretim anlayışının, bilişim teknolojileri ile birlikte yeniden şekillenerek rekabet avantajına dönüşmesi hedeflenmektedir. Bu yeni üretim sürecinde, siber-fiziksel Sistemler, nesnelerin interneti ve büyük veri gibi birçok farklı kavram ve uygulamaların üretim sistemlerine, dolayısıyla tüm değer zincirine eklenmesiyle ortaya çıkan yeni bir anlayış söz konusudur. Endüstri 4.0 ile üretim tesisleri; makinelerini, depo sistemlerini, araç-gereçlerini küresel ağlara dönüştürmektedir. Üretimde akıllı cihazlar birbirleri ile gerçek zamanlı etkileşim kurarak daha verimli çalışmaktadırlar. Birbiriyle etkileşime giren makineler ürünün kalite kontrolünü yapıp üretim sürecindeki hataları daha hızlı kontrol altına almaktadırlar. Dolayısıyla akıllı fabrikalarda büyük veri analiziyle üretim daha da verimli ve kaliteli hale gelmektedir (KoçSistem, 2018).

Akıllı üretim ve Akıllı Fabrika, imalat sürecini optimize etmek amacıyla ortaya çıkan geniş bir üretim kavramıdır. Akıllı üretim, imalat verimliliğini artırmak için bilgisayar kontrolleri, modelleme, büyük veri ve diğer otomasyonu kullanan süreçtir. Akıllı üretim, dinamik ve küresel bir pazara hitap edebilmek için fiziksel süreçlerde esneklik sağlamak için gelişmiş bilgi ve üretim teknolojilerinden faydalanmayı hedeflemektedir. Akıllı Üretim, bir sonraki Sanayi Devrimi veya Endüstrisi 4.0 olarak öngörülmektedir.

Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST), Akıllı Üretim’i fabrikada, tedarik ağında ve müşteri ihtiyaçlarında değişen talep ve koşulları karşılamak için gerçek zamanında tepki veren, tamamen entegre ve işbirliğine dayalı üretim sistemleri olarak tanımlar (Volsoft, 2017b).

5. AKILLI FABRİKALAR

Akıllı Üretim ve Akıllı Fabrika, üretim süreci ile ilgili tüm bilgilerin, tüm üretim tedarik zincirleri ve ürün yaşam döngülerinde ne zaman ve nerede ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir olmasını sağlar (Manufacturing Tomorrow, 2017)

Siber-Fiziksel Sistemlerin (CPS) üretim sistemleri içerisindeki uygulamasına Siber Fiziksel Üretim Sistemleri (CPPS – Cyber-Physical Production Systems) ya da Akıllı Fabrika (Smart Factory) adı verilmektedir (Rudtsch vd., 2014: 313).

Akıllı Fabrika, farklı bağlamlarda kullanılan bir terimdir. Bazıları Akıllı Üretim'in Akıllı Üretim ve Endüstri 4.0'ın daha geniş tedarik ağı kapsamından ziyade bireysel varlığa (fabrika seviyesi) odaklandığını iddia edebilir (Wang vd., 2016: 1; Zuehlke, 2008: 14101; Lucke vd., 2008: 115). Bu durumda Akıllı Fabrika paradigması Nesnelerin İnterneti ve CPS ile güçlü bir şekilde ilişkilidir (Park, 2015: 2491).

Nesnelerin interneti ve Siber-Fiziksel sistemin entegrasyonu ile Sanayi 4.0'ın temel bileşeni “Akıllı Fabrikalar” ortaya çıkmıştır. Akıllı fabrika, insanlara ve makinalara görevlerini yerine getirmede fiziksel ve sanal dünyadan gelen bilgilerle yardımcı olmaktadır.

Akıllı fabrika insan ile bütünleşik bir sistem olup, insan devreye sorun çözme bölümünde girmektedir. Her şeyin yolunda gidip gitmediğine karar verip, sorunu bularak çözen insan ile bir arada yürütülecek bir sanayi devrimidir (İpekçi, 2018).

Akıllı fabrikalar da, endüstriyel bilgisayarlar üretimi merkezi bir yapıda ve uzaktan kontrol edebilen, dolayısıyla kendi yönetimini kendisi gerçekleştirebilen sistemler olarak ifade edilebilir. Akıllı fabrikaları geleneksel sistemler ile mukayesse edecek olursak, insan gücü ile gerçekleştirilen manuel operasyonlardaki hataların ortadan kaldırılması, makineler tarafından gerçekleştirilen otomatik kontroller sayesinde, üretimin her safhasında verimliliği yüksek ve üst seviyede kaliteli ürün üretilmesidir. Günümüzde akıllı fabrikalar hızla bir şekilde geleneksel fabrikaların yerini almaya başlamıştır. Daha az insan gücü kullanarak ve daha az çalışma alanı kullanarak maliyetleri büyük ölçüde azaltarak, üretim ile birlikte karlılığı arttırarak, müşteri memnuniyetini yüksek kalitede ürün üreterek karşılamaktadır. Akıllı fabrika ve bazı temel özellikleri: Bağlantı, optimizasyon, şeffaflık, proaktiflik ve çeviklik. Bu özelliklerin her biri daha bilinçli kararlar vermede rol oynayabilir ve kuruluşların üretim sürecini iyileştirmesine yardımcı olabilir. Hiçbir zaman iki akıllı fabrikanın aynı görünüme sahip olamayacağı, imalatçıların kendi özel ihtiyaçları doğrultusunda farklı özelliklerin önceliğinin olabileceğini belirtmek gerekir.

Akıllı fabrikalar, gerçek zamanlı kararlar almak için gerekli verileri üretmek için temel süreçlerin ve malzemelerin birbirine bağlanmasını gerektirir. Gerçekten akıllı bir fabrikada, varlıkların akıllı sensörlerle donatılması, böylece sistemler yeni ve geleneksel kaynaklardan sürekli olarak veri setleri çekebilir, böylece verilerin sürekli güncellenmesi söz konusudur. Operasyonların ve iş sistemlerinin yanı sıra tedarikçilerden ve müşterilerden gelen verilerin entegrasyonu, yukarı akış ve aşağıya akış tedarik zinciri süreçlerinin bütünsel bir görünümünü sağlamakta ve toplam şebeke verimliliğini *arttırmaktadır*. Optimize edilmiş bir akıllı fabrika, operasyonların minimum manuel müdahale ve yüksek güvenilirlikle yürütülmesini sağlar. Akıllı fabrikada bulunan otomatik iş akışları, varlıkların bütünleşmiş, gelişmiş izleme ve çizelgeleme ve optimize edilmiş enerji tüketimi, verimliliği, çalışma süresini ve kaliteyi arttırabileceği gibi maliyetleri ve israfı azaltabilir (Burke vd., 2017).

Akıllı fabrikada, yakalanan veriler şeffaftır: Gerçek zamanlı veri görselleştirmeleri, süreçlerden ve alansal veya üretimden üretilen ürünlerden elde edilen verileri dönüştürüp, insanlar için karar verme özerkliğinde kullanılabilir hale getiren fikirlere dönüştürebilir. Şeffaf bir ağ, tesis genelinde daha fazla görünürlüğü sağlayabilir, gerçek zamanlı uyarılar ve bildirimler ve gerçek zamanlı izleme gibi araçlar sağlayarak daha doğru kararlar almasını sağlar.

Proaktif bir sistemde, çalışanlar ve sistemler, ortaya çıktıktan sonra kendilerine tepki vermek yerine, sorunlar veya zorluklar ortaya çıkmadan önce öngörude bulunabilir ve davranabilir.

Bu özellik, anormalliklerin belirlenmesi, envanterin stokta kalması ve yenilenmesi, kalite sorunlarının belirlenmesi şekilde ele alınabilir. Akıllı fabrikanın geçmişteki ve gerçek zamanlı verilere dayalı gelecekteki sonuçları tahmin etmesi, çalışma süresini, verimliliği ve kaliteyi artırabilir ve güvenlik sorunlarını önleyebilir.

Çevik esneklik, akıllı fabrikanın en az müdahale ile zamanlama ve ürün değişikliklerine uyum sağlamasına olanak tanır. Gelişmiş akıllı fabrikalar ayrıca, oluşturulmakta olan ürüne bağlı olarak ekipman ve malzeme akışlarını kendi kendine yapılandırabilir ve değişiklikleri zamanlayabilir. Çeviklik, çizelgeleme veya ürün değişiklikleri nedeniyle geçişleri en aza indirgeyerek fabrika çalışma süresini ve verimini artırabilir ve esnek zamanlama özelliğini etkinleştirir (Parrott & Warshaw, 2017).

Bu özellikler, üreticilere varlıkları ve sistemleri arasında daha fazla görünürlük sağlıyor ve daha geleneksel fabrika yapılarının karşılaştığı zorlukların bazılarının üstesinden gelerek verimlilik artışı sağlıyor ve tedarikçi ve müşteri koşullarındaki dalgalanmalara daha fazla tepki veriyor. Geleneksel fabrikalar ve tedarik zincirleri, sürekli değişen modalara ayak uydurmak için zorluklarla karşı karşıya kalabilir. Müşteri talebine yakın konumda bulunan yeni akıllı fabrikalar, yeni trendlere daha iyi uyum sağlayabilir.

Tablo 1. Akıllı Fabrika (Parrott & Warshaw, 2017).

	Veri Kaynağı	Bugünün Fabrikası		Endüstri 4.0	
		Özellikler	Teknolojiler	Özellikler	Teknolojiler
Bileşen	Sensör	Hassas	Akıllı sensörler ve hata algılayıcılar	Öz farkındalık kendiliğinden tahmin	Hata izleme ve ürün yaşam süresi tahmini
Makine	Kontrolör	Üretilebilirlik ve Performas	Durum tabanlı izleme teşhis	Öz farkındalık kendiliğinden tahmin ve Öz değerlendirme	Sağlıklı yaşam süresi izlemesi
Üretim Sistemi	Ağ bağlantılı Sistem	Üretkenlik ve Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)	Yalın operasyonlar: İş ve atık azaltımı	Kendiliğinden yapılanma kendini koruma kendiliğinden organizasyon	Sorunsuz üretkenlik

Aslında otomasyon, fabrikaların daha akıllı olmasıdır. Yapay zekâ kullanan makinelerin dış katkı olmadan karar vermesi, üretim zaman hesaplaması, bir önceki/sonraki sürecin hızına göre hızını ayarlaması, bozulduğunda kendi kendini tamir etmesi, ürünün hatalı olması durumunda makinenin veya ürünün bu durumu tespit etmesi, gereksiz zamanın, israfın ve beklemlerin azaltılmasıyla değer zincirinin daha verimli hale gelmesidir.

Bilişim teknolojileri, mühendislik, üretim ve lojistiğin birleşimiyle iş süreçlerinin tamamen dijital bir ortama dönüşmesi, otomatik ve esnek üretim süreçlerinin yönetiminde müşteriler ve paydaşlar arasında köprü olan akıllı yapılar, fabrikaları diğer kurumlara ve bölgelere bağlayarak sanal işlem yapılmasını sağlayan internet hizmetleri, isabetli karar verebilme yeteneği üretim kaynaklarının en uygun kullanımı, akıllı makinelerle beraber daha bilgili ve problem çözen çalışanlar aslında beklenen gelişmelerdir.

Gelecek hedefleri arasında müşteri tercihlerini veri analizleriyle yapan ve iş yapma şeklini gerçek zamanlı olarak ayarlayan makineler ve sistem, ürün talebinden ürün teslimine kendi kendini yöneten/yönlendiren, stokları kontrol eden, sipariş veren ve takip eden fabrikalar, kendi kendini yöneten, daha hızlı ürün üretme, takip etme ve alan kullanımı yapan otomasyonlu ambarlama sistemleri ve sistemdeki her bireyle haberleşen akıllı fabrikalardır. Kendi sorun ve problemlerini belirleyen, takip eden ve çözen makineler ve sistemler, müşterinin istek ve sorunlarını anında algılayan ve önlem alan fabrikalar ve lojistik sistemleri, ürünün her adımı kazandığı değeri ölçen, gereksiz adımları tespit eden, öneride bulunabilen ve kendini sürekli geliştiren bir değer zinciri içinde yer almaktadır. Bu sistemler teknolojinin

hızı gelişimi ve çok fazla disiplinden insanın bir araya gelerek çalışması sonucu ortaya çıkan bilimsel gelişmelerdir (Yücekaya, 2018).

6. GELECEĞİN FABRİKALARINDA OLMASI GEREKENLER

- ✓ Sabit üretim tezgahları ve robot kolları yerine talebe bağlı fabrika içinde herhangi bir noktada konumlanabilen otonom üretim tezgahları ve robot kolları.
- ✓ AGV, TGV gibi tanımlı bir rotada taşıma yapan sistemler yerine kendi konumunu bilen ve etrafı algılayarak otonom olarak hareket eden otonom robot taşıyıcılar.
- ✓ Sabit iş planları yerine birbirleri etkileşimi ve olası arızaları dikkate alarak iş planları üretebilen ve problem durumunda birbirlerinin yerini kendi kendine alacak otonom robotik sistemler otonom robotlar, Endüstri 4.0'ın kritik noktalarından biri olan esnek üretim sistemleri için anahtar teknolojidir (Yazıcı, 2016: 39).

7. GELECEĞİN AKILLI FABRİKASI

Yapay Zeka Araştırma Merkezi (DFKI), çeşitli üreticilerle birlikte akıllı fabrika olarak adlandırılan, geleceğin bir akıllı fabrikasının ilk proto tipini geliştirdi. Başlıca özelliği, çeşitli bilgi sistemlerinin yardımıyla birbiriyle özerk şekilde iletişim kuran bağımsız üretim modüllerinin bütünleşmiş olmasıdır. İnsanlar sadece üretim sürecinde destekleyici bir rol oynamaktadır. Geliştirme üç temel unsura dayanmaktadır:

1. Akıllı iletişim ürünü
2. Ağa bağlı sistem
3. Sistemin yardımcı operatörü

Akıllı ürün, entegre sensörlerin (örneğin RFID) yardımıyla mevcut sipariş, malzeme ve üretim verileri hakkında sürekli olarak bilgilendirilir ve böylece kendi üretimini etkiler. Bireysel akıllı ürünler siber fiziksel sistem bileşenlerinden geçirilir ve bireysel çalışma adımlarını izler. Bu sistemde operatör, montaj işlemi ve gerekli iş adımlarının ayrıntılarıyla birlikte ürün hakkında doğrudan bilgilendirilir (Kesayak, 2018).

8. SONUÇ

Geleceğin fabrikasında üretim esnekliği, sıfır stokla çalışma ve bilgisayar destekli tasarım, üretim gibi kavramların insandan bağımsız bir şekilde otomatik sistemler tarafından yerine getirilmesidir. Daha az insan gücü ile küçülen fabrika alanları, üretilen ürün çeşiti ve miktarının artmasıyla, yeni ürünlerin hızlı bir şekilde piyasaya çıkması, üretim sürelerinin kısılması ve verimliliğin yanında kalitenin artmasıdır. Aslında teknik gibi görünen tüm bu gelişmeler sadece üretimde değil birçok alanda değişiklikleri beraberinde getiriyor. Endüstri 4.0 ile sanayii kuruluşları verimli doğal kaynak kullanarak karbon ayak izi azaltma konusunda adımlar atmaktadır. Kas gücü yerine nitelikli iş gücüne talep artmaktadır (Qualist, 2016).

Almanya, Endüstri 4.0 sanayi devriminin öncülerinden kabul edilmektedir. Bundan dolayı en önemli adımlar Alman fabrikalarında olmuştur. Almanlar, Endüstri 4.0 teknolojisi ile donatılmış akıllı fabrikaların başka hiçbir teknolojiye ihtiyaç duymadan %30 ila %40 oranında verim artışının ispatını gerçekleştirmiştir (Akıllı Üretim Blog, 2017c).

Bugünün gelişmiş otomatik fabrikalarında bulunan bileşenler, araçlar, nakliye konteynerleri, makineler ve konveyör sistemleri Endüstri 4.0 ile birlikte binlerce sensör ve iletişim sistemiyle donatılarak bu sayede hız, verimlilik ve kalite artırılabilecektir. Bu fabrikalar; sanal gerçeklik, simülasyon ve sanal prototiplerin oluşturulmasıyla daha ürün piyasaya sunulmadan ürün geleceği hakkında bilgi sahibi olmamıza kısaca geleceği öngörmemizi sağlayarak sağlam

kararlar almamıza, kaliteli, hızlı ve az maliyetli ürünler üretmemize olanak sağlayacaktır (Şimşek, 2018).

Endüstri 4.0'da hedef insansız üretimdir. Özellikle bilgisayar teknolojilerinin olağanüstü gücüne paralel olarak akıllı fabrika dönemi başlayacaktır. Makinelerde her bileşenin birbiriyle haberleştiği, kendi kendine karar veren ve denetleyen üretim tesislerin dönemi başlayacaktır. Endüstri 4.0'la sanayi, bileşenleri esnek ve 3.Sanayi devriminden daha hızlı üretim yapan makinelere ihtiyaç olacaktır.

Akıllı Fabrikalarda amaçlanan, yüksek hızda tam esnek üretim yapabilmektir. Fabrikada bulunan makineler ve konveyör sistemlerinin bir bütün halinde Endüstri 4.0 ile binlerce sensör ve iletişim sisteminin birlikte etkileşerek üretimde verimlilik hız ve kalitede büyük artışlar sağlanmaktadır.

Endüstri 4.0, dijital dönüşüm dinamiklerini kullanarak geleceğin akıllı üretim ekonomisini ortaya koymaktadır. Küresel rekabette önde olmak isteyen işletmeler üretim ve dağıtım süreçlerinde akıllı robotlar, bunların dış dünyayla bilgi alışverişlerini sağlayacak internet nesneleri siber-fiziksel sistemler gibi sistemlerin bir araya getirilerek yeni iş modellerinin oluşturulmasıdır.

Akıllı Üretim'de, her şey sensörlerin ve RFID cipslerinin yardımıyla bağlanır. Örneğin, ürünler, ulaşım seçenekleri ve araçları birbirleriyle iletişim kuracak ve bireysel şirketlerin sınırları üzerinden bile genel üretim düzeyini yükseltmek amacıyla organize edilecektir. Bu üretim ortamında, ürünün kendisi üretim sürecinin aktif bir parçasıdır. Fiziksel ve sanal dünyanın bu kesintisiz entegrasyonu ancak mümkün çünkü her unsur aynı anda hem fiziksel hem de sanal bir model olarak ortaya çıkacaktır (Jacinto, 2014).

Düşük maliyetli doğru ve birbirine bağlı sensörlerin yaygınlaşmasıyla birlikte otomatikleştirilmiş fabrikalar giderek daha verimli hale gelecektir. Montaj hatları yakında kendilerini teşhis etmek ve onarmak için IoT'ye başvuracaktır. Kesiciler, ekler ve matkap ucu gibi bozulabilir takımlar aşındığında, ekipman sadece takımın kendisini değiştirmekle kalmayacak aynı zamanda yeni malzeme sipariş etmek için ağ üzerinden tedarikçisine bağlanacaktır.

Akıllı üretim sistemleri ile müşteri istek ve ihtiyaçlarına daha çok ve hızlı cevap veren özelleşmiş, iyileştirilmiş üretim kalitesi, üretimde daha az hata, yenilik süreçlerinin ortaya çıkması, daha az kaynak kullanımının amaçlanmasıdır. Makinelerin zamandan ve mekandan tasarruf edip işletmeleri gereksiz masraftan kurtarmasıdır. Üretim sürecinden sorumlu kişilerin, akıllı cihazlar ve makineler arası iletişim sayesinde işletme dışından veya işletme içinden makineleri kolaylıkla kontrol edip komut verebilmeleridir.

Akıllı üretim, birçok ülke ve firma için hala yetenek, çekirdek gibi birçok zorlukla karşılaşılıyor teknolojiler ve destekleyici endüstriler. Bugünün ikilemi üretim sistemi, istikrarlı süreçleri gerçekleştirmek için üretim ortamı küresel rekabet tarafından etkilenir, yüksek derecede karmaşıklık ve özerklik, kısa teslim süreleri ve yüksek ürün çeşitliliği gibi (Park, 2013: 75).

RFID, Endüstri 4.0'ı kolaylaştıran bir teknolojidir: "dijital fabrika" konsepti bir ürününün tasarımından simülasyonuna ve oradan fiziksel üretimine kadar tüm aşamalarına etki eder. Endüstri 4.0, makineler veya fabrikalar arasındaki veri haberleşmesini sağlayan dijital transmisyon teknolojilerinin yanı sıra, yarı mamül ürünler, takımlar, konteynir ve makinelerin otomatik tanımlanmasını sağlayan teknolojilerin kullanımını da gerektirir (Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu, 2018).

Endüstri 4.0 ile, bilgisayar teknolojilerinin hızla gelişimine bağlı olarak akıllı fabrika dönemi başlayacaktır. Böylece eğitilmiş iş gücüne ihtiyaç artarak, Dünyanın bir ucunda üretimi takip eden kontrol edebilen insanlara gereksinim artacaktır.

KAYNAKLAR

Akıllı Üretim Blog (2017a). Bulut Teknolojisi ve Kendini Organize Eden Akıllı Fabrikalar, <https://proente.com/bulut-teknolojisi-akilli-fabrikalar/>, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

Akıllı Üretim Blog (2017b). Akıllı Cihazlar ve Akıllı Fabrikaların Avantajları, <https://proente.com/akilli-cihazlar-akilli-fabrikalar/>, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

Akıllı Üretim Blog (2017c). Bulut Teknolojisi ve Kendini Organize Eden Akıllı Fabrikalar, <https://proente.com/bulut-teknolojisi-akilli-fabrikalar/>, Erişim Tarihi: 28.6.2018.

Baheti, R. & Gill, H. (2011). Cyber-physical systems, pp. 161–166. <http://www.ieeecss.org/sites/ieeecss.org/files/documents/IoCT-Part3-02CyberphysicalSystems.pdf>, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

Bochmann, L., Gehrke, L., Böckenkamp, A., Weichert, F., Albersmann, R., Prasse, C., Mertens, C., Motta, M., & Wegener, K. (2015). Towards Decentralized Production: A Novel Method to Identify Flexibility Potentials in Production Sequences Based on Flexibility Graphs, *International Journal of Automation Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 270–282.

Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M. Sniderman, B. (2017). The smart factory Responsive, adaptive, connected manufacturing, Deloitte Insights, <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>, Erişim Tarihi: 29.6.2018.

Deng, W. (2016). Industry 4.0: Digitization, sensorization and optimization, <https://inform.tmforum.org/internet-of-everything/2016/10/industry-4-0-digitization-sensorization-optimization/>, Erişim Tarihi: 30.6.2018.

Eğer, Ö. (2018). Big Data'nın (Büyük Veri) Endüstriyel Kullanımı, <http://www.endustri40.com/big-datanin-buyuk-veri-endustriyel-kullanimi/>, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

E. Wallace, F. Riddick, Panel on Enabling Smart Manufacturing, State College, USA, 2013.

S. Mittal, M. Kahn, J. Davis, T. Wuest, Smart Manufacturing: Characteristics and Technologies., Columbia, SC, USA, 2016.

A. Fedorov, E. Goloschchapov, O. Ipatov, V. Potekhin, V. Shkodyrev, S. Zobnin, Aspects of Smart Manufacturing Via Agent-based Approach, *Procedia Engineering* 100 (2015) 1572–1581.

İpekçi, E. (2018). Gelecekte Lojistik Sektörünü Neler Bekliyor? <http://www.emreipekci.com/gelecekte-lojistik-sektorunu-neler-bekliyor/>, Erişim Tarihi: 29.6.2018.

Jacinto, J. (2014). Smart Manufacturing? Industry 4.0? What's It All About? <http://www.totallyintegratedautomation.com/2014/07/smart-manufacturing-industry-4-0-whats/>, Erişim Tarihi: 30.6.2018.

Kagermann, H.; Wahlster, W. & Helbig, J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 -- Securing the Future of German Manufacturing Industry. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/

Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

Kesayak, B. (2018). Endüstri 4.0 ile Lojistiğin Değişen Yüzü, <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-lojistigin-degisen-yuzu/>, Erişim Tarihi: 29.6.2018.

KoçSistem (2018). Nesnelerin İnterneti Platformu: platform 360, <https://iot.kocsistem.com.tr/endustri-4-0>, Erişim Tarihi: 28.6.2018.

Kökhan, S. (2017). Endüstri 4.0 Ve Temel Bileşenleri – Part 1, <http://ailemvesirketim.net/endustri-4-0-ve-temel-bilesenleri-part-1/>, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

Lucke, D., Constantinescu, C., & Westkämper, E. (2008). Smart Factory - a Step Towards the Next Generation of Manufacturing, in: M. Mitsuishi, K. Ueda, F. Kimura (Eds.), *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier: The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems*, Springer, London, pp. 115–118.

Manufacturing Tomorrow (2017). What is the smart factory? <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2017/02/what-is-smart-manufacturing--the-smart-factory/9166>, Erişim Tarihi: 28.6.2018.

Park, H.S. (2013). From Automation to Autonomy-a New Trend for Smart Manufacturing, *DAAAM International Scientific Book*, Chapter 3, pp. 75-110.

Park, J.-M. (2015). Technology and Issue on Embodiment of Smart Factory in Small-Medium Manufacturing Business, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 40, issue. 12, pp. 2491–2502.

Parrott, A. & Warshaw, L. (2017). Industry 4.0 and the digital twin: Manufacturing meets its match, Deloitte University Press, <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>, Erişim Tarihi: 30.6.2018

Qualist (2016). Endüstri 4.0. nedir? <https://www.qualist.com/yayinlar/endustri-4-0-nedir>, Erişim Tarihi: 30.6.2018.

Rudtsch, V., Gausemeier, J., Gesing J., Mittag, T., & Peter, S. (2014). Pattern-based Business Model Development for CyberPhysical Production Systems, *Procedia CIRP*, vol. 25, pp. 313-319.

Şimşek, T. (2018). Endüstri 4.0 ile Geleceğe Bakış ve Beklentiler, <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-gelecege-bakis-ve-beklentiler/>, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu (2018). Endüstri 4.0 Yolunda: Dijital Fabrikalar, <http://www.kayserito.org.tr/upload/dosyalar/file/3.pdf>, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

Volsoft (2017a). Endüstri 4.0, Üretim ve IoT (Nesnelerin İnterneti), <https://www.volsoft.com.tr/endustri-4-0-uretim-ve-iot/>, Erişim Tarihi: 1.7.2018.

Volsoft (2017b). Akıllı Üretim Nedir? <https://www.volsoft.com.tr/akilli-uretim-nedir/>, Erişim Tarihi: 27.6.2018.

Yazıcı, A. (2016). Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar, *TMMOB Elektrik Mühendisliği Dergisi*, vol. 459, pp. 39.

Yücekaya, A. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi Ya Da Endüstri 4.0, *Panorama Khas*, <http://panorama.khas.edu.tr/dorduncu-sanayi-devrimi-ya-da-endustri-40-532>, Erişim Tarihi: 30.6.2018.

Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10.

Zuehlke, D. (2008). SmartFactory – from Vision to Reality in Factory 50 Technologies, Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control, pp.14101–14108.

