Endüstri 4.0 Kapsamında Akıllı Fabrikaların İncelenmesi

M. Hanefi Calp[1*], Ekrem Bahçekapılı[1], Muhammet Berigel[1]

1 Karadeniz Technical University, * Corresponding author, hcalp25@hotmail.com

Özet

Son yıllarda, özellikle üretim sektörlerinde oldukça önem arzeden Akıllı Fabrikalar, firmalar için daha esnek ve uygulanabilir bir üretim sistemi sağlamaktadır. Özellikle, mekanik imalat ekipmanlarının devreye girmesinden elektronik ve bilgisayar teknolojilerinin desteğiyle otomasyon ve kontrol alanlarına kadar birçok alanda da yer almıştır. Bu çalışmada, öncelikle Endüstri 4.0 kavramı irdelenmiş, alt bileşenleri kısaca açıklanmıştır. Bununla birlikte, Endüstri 4.0 kapsamında "Akıllı Fabrikalar" konusu ayrıntılarıyla incelenmiştir. Bu bağlamda, geleneksel fabrikalardan akıllı fabrikalara evrilme süreci, akıllı fabrika mimarisi, temel özellikleri, yaşam döngüsü, görevleri, kullanım alanları ve bu fabrikaları oluştururken gerekli olan teknolojiler tartışılmıştır. Araştırma sonucunda, akıllı fabrikaların; uygulamada hala bazı teknik zorluklar yaşansa da, makineler arası iletişim sağlayarak üretim süreçlerini etkin bir şekilde gerçekleştirebildiği, üretim ekipmanlarını robot teknolojileriyle destekleyerek otomasyon sağlayabildiği ve makineler aracılığıyla güncelleme veya yeni ortamlara kolaylıkla uyum sağlayabildiği ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, küresel zorluklarla başa çıkmak için sürdürülebilir bir üretim sürecinin uygulanmasında akıllı fabrikalardan etkili bir şekilde yararlanıldığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, Akıllı fabrika, Üretim endüstrisi, Otomasyon.

Title

Investigation of Smart Factories within the scope Industry 4.0

Abstract

In recent years, Smart Factories has provided a more flexible and feasible manufacturing system for companies, especially in production sectors. Especially, it has taken place in many fields, from mechanical commissioning equipment to electronic and computer technology to automation and control areas. In this study, firstly the concept of Industry 4.0 is examined and its sub-components are briefly explained. However, 'Smart Factories' has been examined in detail in Industry 4.0 scope. In this context, we have discussed the processes from the traditional factories to the intelligent factory evolutionary process, the intelligent factory architecture, the basic features, the life cycle, the tasks, the areas of use and the technologies that are required to create these factories. As a result of research, even though it still has some technical difficulties in practice, it is obtained that smart factories can provide automation by supporting the production equipment with robot technologies, and it can update with the help of machines or easily adapt to new environments. Nevertheless, it has been found that intelligent factories have been effectively utilized in the implementation of a sustainable manufacturing process to cope with global challenges.

Keywords: Industry 4.0, Smart factory, Manufacturing industry, Automation.

Citation: Calp, M. H., Bahçekapılı, E., Berigel, M. (2018, October) *Title*. Paper presented at the Fifth International Management Information Systems Conference.

Editor: H. Kemal İlter, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

Received: August 19, 2018, **Accepted:** October 18, 2018, **Published:** November 10, 2018

Copyright: © 2018 IMISC Calp et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Giriş

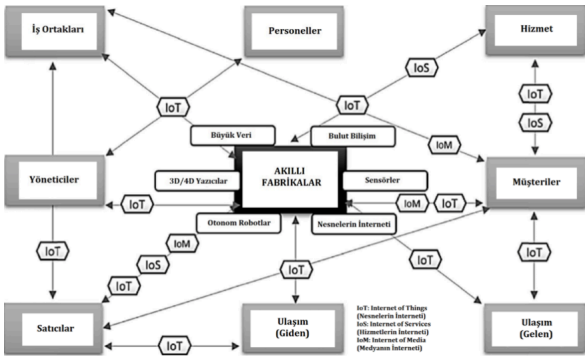
Günümüzde, endüstri sürekli gelişmekte ve üretimde kullanılan yöntem ve teknikler her geçen gün değişim yaşamaktadır. Bu değişim, hem üretim işlemlerini hem de ülkelerin toplumsal demografik yapılarını, kültürlerini ve ekonomik durumlarını etkilemektedir. Günümüze kadar birkaç endüstri devrimi yaşanmıştır. Birinci Endüstri Devrimi (Endüstri 1.0), İngiltere'de doğmuş ve 18. yüzyılın ortalarından başlayıp 19. Yüzyılın ortalarına kadar etkisini göstermiştir. Birinci Endüstri Devrimi'ni başlatan en önemli etkenler arasında, tekstil sektöründe verimliliğin artması, buhar makinelerinin kullanılmaya başlaması ve demir üretimi olarak görülmektedir. İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0) başka bir ifadeyle teknoloji devrimi, yaklaşık olarak

19. yüzyılın ortalarından başlayıp 20. yüzyılın ortalarına kadar olan dönemi içermektedir Bu devrimin başlamasındaki en önemli faktör demiryollarının da gelişmesiyle birlikte uzak pazarlara ulaşımın ve hammadde tedarikinin kolaylaşmasıdır. Üçüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 3.0), savaş sırasında duyulan ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen teknolojiler ile başlamıştır. İkinci Dünya Savaşı sonucunda iletişim, haberleşme ve teknolojinin gelişmesiyle üretimde otomasyon gündeme gelmiştir. Bu dönemde yazılım sektörünün büyümesiyle makineler de değişime uğramıştır. Bütün bu gelişim evrelerinden sonra, Almanya tarafından Endüstri 4.0 veya Dördüncü Sanayi Devrimi kavramı ortaya atılmıştır (Soysal, M., & Pamuk, N. S., 2018; Drath ve Horch, 2014; Jänicke, M., & Jacob, K., 2009; Redclift, M., 2005; Alexopoulos, K. vd., 2016). Endüstri 4.0, üretim teknolojilerinin Siber Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti ve Bulut Bilişimi tarafından geliştirildiği ve dönüştürüldüğü Akıllı Fabrikalar yaratmayı hedeflemektedir (Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T., 2017; Lee J, Bagheri B, Kao HA., 2015; Lasi H, Fettke P, Kemper HG, Feld T, Hoffmann M., 2014; Wang S, Wan J, Zhang D, Li D, Zhang C., 2016).

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 kapsamında Akıllı Fabrikalar konusu ayrıntılı bir şekilde incelenmiş olup, konuyla ilgili bir farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır. Çalışmanın sonraki bölümleri şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde, Endüstri 4.0 kavramı ve alt bileşenleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, akıllı fabrikaların yapısı, mimarisi, temel özellikleri, yaşam döngüsü, geleneksel fabrikalardan farkı ve gerekli teknolojiler tartışılmıştır. Son bölümde ise, çalışmadan elde edilen sonuçlar sunulmuş ve mevcut konu hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Endüstri 4.0

İlk defa 2011 yılında ortaya çıkan Endüstri 4.0 kavramının temeli; endüstriyel üretim sürecinde yer alan tüm birimlerin birbiriyle iletişimine, ilgili verilere gerçek zamanlı olarak ulaşılabilmesine ve bu veriler sayesinde mümkün olan en fazla katma değerin sağlanmasına dayanmaktadır. Genel olarak Endüstri 4.0'ın kapsamlı ve açıklayıcı bir tanımı şu şekilde yapılmaktadır: "Endüstri 4.0, ürünlerin ve üretim sistemlerinin yaşam döngüsündeki bütün değer zincirinin organizasyon ve yönetiminde yeni bir seviye olan Dördüncü Endüstri Devrimi'ni tanımlar. Bu döngü, sürekli artarak bireyselleşen müşteri isteklerine odaklanır ve fikir aşamasından başlayarak ürün geliştirme ve üretim siparişinden, bir ürünün son kullanıcıya dağıtımını ve geri dönüşümünü de kapsayacak şekilde tüm zinciri içine alan hizmetleri içerir." (Soysal, M., & Pamuk, N. S., 2018; Macdougall, W., 2014; Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M., 2014). Endüstri 4.0 kavramı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin ve endüstriyel teknolojinin entegrasyonu olmakla birlikte, üretimin daha dijital hale gelmesini sağlamak için, dijital ve akıllı bir fabrikayı gerçekleştirmek üzere bir Siber-Fiziksel Sistem oluşturmaya dayanmaktadır. Endüstri 4.0'ın amacı, üretim süreci boyunca insanlar, ürünler ve cihazlar arasında gerçek zamanlı etkileşimler ile kişiselleştirilmiş ve dijital ürün ve hizmetlerin son derece esnek bir üretim modeli oluşturmaktır (Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L., 2015). Şekil 1, Endüstri 4.0 için genel bir bakış açısı sunmaktadır.



Şekil 1. Endüstri 4.0'ın genel çerçevesi (Magruk, A., 2016).

Endüstri 4.0'ın hedefi, daha yüksek seviyede iş verimliliği ve bunun yanı sıra daha yüksek bir otomatik hale getirme düzeyine ulaşmaktır. Endüstri 4.0'ın beş ana özelliği; dijitalleşme, optimizasyon ve üretimin özelleştirilmesi; otomasyon ve adaptasyon; insan makine etkileşimi; katma değerli hizmetler ve işletmeler ve otomatik veri alışverişi ve iletişim olarak belirtilmektedir. Bu özellikler sadece internet teknolojileri ve gelişmiş algoritmalar ile yüksek derecede ilişkili değil, aynı zamanda Endüstri 4.0'ın endüstriyel bir değer katma ve bilgi yönetimi süreci olduğunu da göstermektedir (Lu, Y., 2017). Ayrıca, Endüstri 4.0'ın bileşenlerini; Nesnelerin İnterneti, Siber-Fiziksel Sistem, Otonom Robotlar, Arttırılmış Gerçeklik, Simülasyon, Sistem Entegrasyonu, Büyük Veri, Bulut Bilişim ve Akıllı Fabrikalar başlıkları altında toplamak mümkündür (Doğan, A., Calp, M. H, Tüfekci, A., Bensghir, T. K., 2017).

Akıllı Fabrikalar

Endüstri devrimleriyle birlikte, fabrikalar üretim süreçlerini güncellemek zorunda kalmış ve otomasyonun gündeme gelmesiyle de bu süreçlerde yer alan insan faktörünün rolü değişmiştir. Bu noktada, akıllı fabrikaların ortaya çıkması ve yüksek teknolojiye sahip otomasyon sistemleri ile birlikte düşük nitelikli işgücüne olan ihtiyaç oldukça azalmıştır. Akıllı fabrikaların temel amacı, otomasyon sistemini sağlayarak üretimde gerçekleşen hata oranlarını düşürmek, üretim süreçlerinde hız kazanmak ve üretim maliyetlerini düşürmektir. Akıllı fabrikalar, prototip ürün çıkarma veya ürün üretilmeden önceki ilk halini sipariş edebilme, ya da kendi tasarımını yapabilme imkânı tanıma gibi önemli yararlar sağlamaktadır. Ayrıca, akıllı fabrikaların içerisindeki sistemin büyük veri analizlerini uygun bir şekilde yapıp uygulama yeteneği edinmesi çok önemlidir. Bununla birlikte, bu sistemin sağlayacağı faydalar sadece fabrika içerisinde kalmayıp, tedarik zinciri ağının da söz konusu durumlarla ilgili daha fazla bilgiye sahip olmasına yardımcı olacaktır (Soysal, M., & Pamuk, N. S., 2018; Tuominen, V., 2016; Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G., 2014).

Geleneksel Fabrikalardan Akıllı Fabrikalara Evrilme Süreci

Endüstri 4.0 ve siber-fiziksel sistemlerin entegrasyonu, üretim endüstrisi için önemli faydalar sağlar. Sözkonusu faydaların en kısa ifadesi "Akıllı Fabrika"dır. Akıllı fabrikanın benimsenmesi, internetin insanların bilgi ile etkileşimde bulunma şeklini değiştirdiği gibi, mühendislik sistemlerinin etkileşimini dönüştürebilecek bir olay da olabilir. Sadece fiziksel dünyada değil, aynı zamanda internet dünyasında da birtakım faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Örneğin, Facebook gerçek hayatla iç içe

olan bir siber hayattır. Benzer kavramlar, akıllı bir fabrikada imalat sistemine de uygulanır. Her fiziksel bileşen ve makine, siber uzayda, sensör ağlarından ve manuel girişlerden üretilen verilerden oluşan ikiz bir modele sahiptir. Akıllı fabrikalar, yüksek verimli, atak ve esnek bir şekilde gerçekleştirmek için birbirine bağlı sistemlerden bilgi ağını güçlendirir. Akıllı bir fabrikada imalatçı, üretimdeki son dakika değişikliklerini ve geleneksel fabrikalarda elde edilemeyen diğer esneklikleri destekleyerek, herhangi bir üretim hızında müşteri şartnamelerini karşılayabilir. Tablo 1'de, günümüz fabrikalar ile Endüstri 4.0 tabanlı akıllı fabrikaların karşılaştırması verilmiştir.

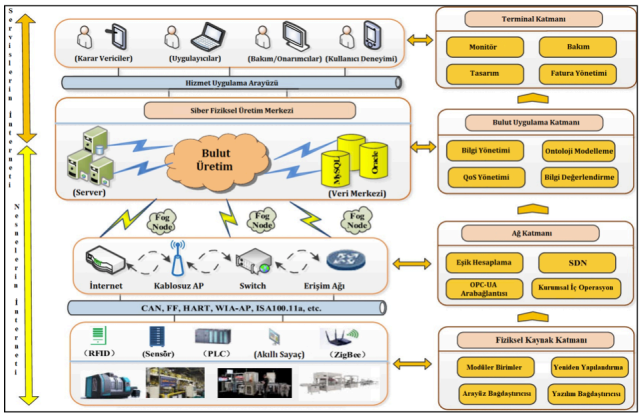
Tablo 1. Günümüz fabrikalar ile akıllı fabrikaların karşılaştırılması (Lee, J. 2015).

	Veri Kaynağı	Günümüz Fabrikaları		Akıllı Fabrikalar (Endüstri 4.0 tabanlı)	
		Özellikler	Teknolojiler	Özellikler	Teknolojiler
Bileşen	Sensör	Hassas	Akıllı Sensörler ve Arıza Tespiti	Kendi kendine tetikte olma, Kendi kendine tahmin	Arıza izleme ve kalan yaşam tahmini
Makine	Kontrolör	Üretilebilirlik ve Performans	Durum Tabanlı İzleme ve Teşhis	Kendi kendine farkındalık, Kendi kendine tahmin, Kendi kendine karşılaştırma	Tahmini süre ve arıza önleme
Üretim sistemi	Ağ sistemi	Verimlilik	Verimsiz Operasyonlar: İş ve Atık Azaltma	Kendi kendine yapılandırma, Kendi kendine bakım, Kendi kendine organize	Esnek kontrol sistemleri ile endişesiz ön görülebilirlik

Akıllı fabrika mimarisi

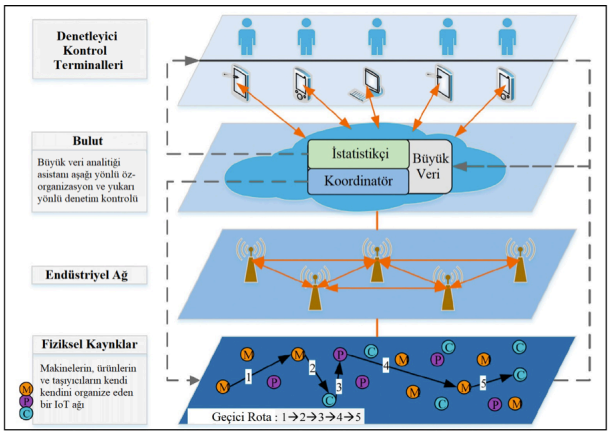
Endüstri 4.0 kapsamında, akıllı fabrikaların mimarisi, işletmeler ve akademik araştırmacılardan büyük ilgi görmektedir. Bu nedenle, akıllı fabrikanın mimari yapısı ve akıllı fabrika uygulaması için gerekli standartlar hala tartışılmaktadır. Benkamoun ve diğ., üretim sistemini farklı birimler ve işlev penceresinden temsil etmek için kullanılabilecek bir sınıf diyagramı önermişlerdir (Benkamoun, N., ElMaraghy, W., Huyet, A. L., & Kouiss, K., 2014). Radziwon ve diğ., akıllı fabrikayı, aslında, uyarlanabilir ve değişken üretimin bir parçası olduğunu vurgulamışlardır (Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. 2014). Lin ve diğ., akıllı fabrikaların üretim kaynaklarının optimal şekilde düzenlenmesini kolaylaştıran bulut üretim sistemleri olduğunu belirtmişlerdir (Lin, T. Y., Yang, C., Gu, M., Li, B., Xiao, Y. Y., Shi, G. Q., & Xing, C. 2016). Özetle, dijital ve otomatik fabrikayı temel alan akıllı fabrika, üretim kaynaklarının ve QoS (Quality of Service) yönetiminin iyileştirilmesi için bilgi teknolojisini (ör. Bulut platformu ve IoT) kullanmaktadır. Akıllı fabrikayı inşa etmek için üretim işletmelerinin üretim ve pazarlamayı iyileştirmesi, üretim sürecinin kontrol edilebilirliğini artırması ve atölyede elle müdahaleyi azaltması gerekmektedir (Wan, J., Tang, S., Hua, Q., Li, D., Liu, C., & Lloret, J. 2017; Wan, J., Tang, S., Yan, H., Li, D., Wang, S., & Vasilakos, A. V. 2016; Lyu, Y., & Zhang, J. 2016).

Akıllı fabrikanın uygulanmasında IoT, temeldeki ekipman kaynaklarını entegre etmek için kullanılır. Buna göre, üretim sistemi algılama, ara bağlantı ve veri entegrasyonu yeteneklerine sahiptir. Veri analizi ve bilimsel kararlar, akıllı fabrikada ürünlerin üretim planlaması, ekipman servisi ve kalite kontrolünü sağlamak için kullanılır. Ayrıca, hizmetlerin interneti, üretim kaynaklarını yerel bir veritabanından bulut sunucusuna sanallaştırmak için sunulmuştur. İnsan-makine etkileşimi sayesinde, sipariş odaklı piyasaya yönelik akıllı üretimin küresel işbirlikçi süreci inşa edilmiştir. Bu nedenle akıllı fabrika, temel olarak üç unsurdan oluşan bir mühendislik sistemini temsil eder: ara bağlantı, işbirliği ve yürütme. Şekil 2'de gösterildiği gibi, akıllı fabrikanın mimarisi, fiziksel katman, ağ katmanı, veri uygulama katmanı ve terminal katman olmak üzere dört katman içerir (Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. 2018; Zhang, D., Wan, J., Hsu, C. H., & Rayes, A. 2016; Shu, Z., Wan, J., Zhang, D., & Li, D. 2016).



Şekil 2. Akıllı fabrikaların hiyerarşik mimarisi (Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. 2018).

Bir başka kaynakta ise akıllı fabrikalar, fiziksel kaynak katmanı, endüstriyel ağ katmanı, bulut tabakası ve denetleyici kontrol terminal katmanı olmak üzere yine dört katmanda özetlenmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Akıllı fabrikaların genel çerçevesi (Wang, S. et al., 2016).

Fiziksel kaynaklar, endüstriyel ağ aracılığıyla birbirleriyle iletişim kuran akıllı nesneler olarak uygulanır. Entegre bilgi sistemi, fiziksel kaynak katmanından büyük veri toplayan ve denetleyici kontrol terminalleri aracılığıyla insanlarla etkileşime giren bulutta bulunmaktadır. Böylece, somut çerçeve, soyut bilgilerin serbestçe akması için ağa bağlı bir dünya sağlar. Bu, fiziksel nesnelerin ve bilgi varlıklarının derinden bütünleştirildiği bir siber fiziksel sistemi oluşturur (Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. 2016; Soliman, F., & Youssef, M. A. 2003).

Akıllı fabrikaların temel özellikleri

Akıllı fabrikalar, fabrika verimliliğini ve kaynakların gerçek zamanlı olarak etkin kullanımını artırmayı hedeflemektedir. Bu hedefler, fabrika ortamında değişiklikler, kaynak tahsisi, zamanlama, optimizasyon ve gerçek zamanlı kontrol için esnek olay odaklı reaksiyonlar ile elde edilir (Shiue, Y. R., Lee, K. C., &

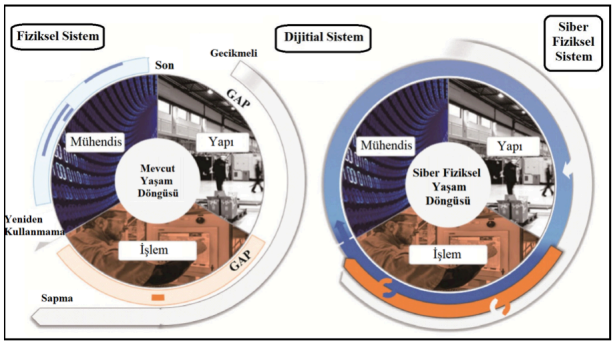
Su, C. T. 2018; Herrmann, Pentek ve Otto, 2016; Wang, Wan, Li ve Zhang, 2016)

Akıllı fabrikaların temel özellikleri ve bu özelliklerin akıllı fabrikaların sürdürülebilirliğini nasıl geliştirebileceği ortaya koyulmuştur.

- *Fabrikalar için yeni planlama yöntemleri*
  Mekanik ve elektronik sistemlerin planlanması dikkate alınarak dijital modellere dayalı soyut planlama prosedürlerinin kullanılmasıdır. Ayrıca, kaynak ve enerji verimliliği için, akıllı fabrikalarda üretim süreçlerinin gerçek zamanlı olarak farklı seviyelerde optimize edilmelidir (Zuehlke, D. 2010; Shrouf, F., Ordieres-Meré, J., García-Sánchez, A., & Ortega-Mier, M. 2014).
- *Otomasyon ve insan rolünü değiştirme*
  Üretim işlemleri en az insan müdahalesi ile optimize edilebilir. Bu, verimliliği artırır ve enerji ve diğer kaynaklardaki hataları ve israfı azaltır.
- *Yeni hizmetler oluşturma*
  IoT (ör. akıllı cihazlar ve mobil uygulamalar), müşterilerden satın almadan önce ve sonra yeni hizmetler ve değerler yaratmanın yeni yollarını açar.
- *Enerji yönetimi*
  Enerji verimliliği iyileştirmesi, üretim hattında ve makine seviyesinde enerji tüketimi davranışının bilincinde olmayı gerektirir. Akıllı sayaçlar gerçek zamanlı veri sağlayabilir ve dış hizmetlerle işbirliği içinde kararlar alabilirler (Haller, S., Karnouskos, S., & Schroth, C. (2008, September); Vikhorev, K., Greenough, R., & Brown, N. 2013).
- *Esneklik*
  Akıllı üretim süreçleri ve kendi kendini yapılandırma; zaman, kalite, fiyat ve ekolojik yönler gibi farklı yönleri ele almaktadır (örn., Yoğun zamandan kaçınmak).
- *Şeffaflık ve optimum düzeyde karar verme*
  IoT, gerçek zamanda (örneğin üretim durumu) uçtan uca şeffaflık sağlar, üretim alanındaki fabrika alanları arasında optimizasyona olanak tanır ve daha sonra fabrika verimliliğini artırır. Şeffaflık, üretim süreçlerinin enerji tüketimi davranışları hakkında farkındalığı içerir.
- *Uzaktan gözlemleme*
  IoT teknolojisi, üçüncü tarafların (örneğin, tedarikçiler) fabrikaların yeni hizmetlerle izlenmesi, çalıştırılması ve bakımı konusunda katılımını sağlar.
- *Bağlı Tedarik Zinciri*
  IoT, üreticilerin gerçek zamanda teslim edilebilecek tedarik zinciri bilgilerini daha iyi anlamalarına yardımcı olacaktır. Makineyi ve ekipmanı tedarikçilere bağlayarak tüm taraflar, malzeme akışını ve üretim döngüsü sürelerini anlayabilirler.
- *Toplanan büyük veriden değer oluşturma*
  Yeni iyileştirmeler, büyük miktarlarda toplanan verilerin IoT cihazları tarafından analiz edilmesiyle sağlanabilir. Böylece, en iyi bakım hizmetleri sağlanabilir, makinelerin verimliliği artabilir ve müşterileriyle güçlü bir ilişki kurulabilir.
- *Proaktif bakım*
  Üretim sisteminin izlenmesi ve performans verilerinin gerçek zamanlı olarak toplanması, proaktif bakımın iyileştirilmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014, December)).

Akıllı fabrikaların yaşam döngüsü

Akıllı fabrikalar, bir sistem olarak düşünülürse yaşam döngüsüne sahip oldukları söylenebilir. Bu yaşam döngüsü içerisinde sahip olduğu özelliklere göre çalışmaktadırlar. Şekil 4'te, akıllı fabrika yaşam döngüsü için mevcut durum ve gelecek vizyonu verilmiştir.



Şekil 4. Akıllı fabrika yaşam döngüsü için mevcut durum ve gelecek vizyonu (Harrison, R., Vera, D., & Ahmad, B. 2016).

Şekil 4'ün sol tarafı, mevcut sistem yaşam döngüsünün tipik bir örneğini gösterir. Mühendislik süreci ayrılmıştır ve çeşitli dijital sistem modelleri arasında boşluklar vardır. Genel olarak iyi bir çözüm sunarlar, iyi bir şekilde desteklenirler ve güçlü operasyonel sistemler sağlayabilirler, ancak sınırlı bir çevikliğe sahiptirler. Bu faktörler, gecikmelere ve sonuçta bilginin yetersiz kullanım ömrüne yol açmaktadır ve öğrenilen dersler, sistemin sonraki yinelemelerine geri beslenmemektedir. Tipik olarak yeniden kullanımı zayıftır, sistemler genellikle ortak değildir ve ortak bir standarttan anlamsız bir sapma vardır. Şekil 4'ün sağ tarafı, mühendislik inşa etme ve işletim aşamalarının sorunsuz bir şekilde entegre edildiği siber fiziksel sisteminin yaşam döngüsünü göstermektedir. Alınan dersler, sistemin daha sonraki düzenlemelerine geri gönderilir. Siber ve fiziksel yönler, fiziksel sisteme sürekli olarak güncellenen dijital modelle sorunsuz bir şekilde bütünleştirilmiştir.

Akıllı fabrikalar için gerekli teknolojiler

Akıllı fabrika, akıllı sensörler ve algılama, hesaplama ve tahmine dayalı analitik ve esnek kontrol teknolojilerinden oluşan IoT ve endüstriyel internet teknolojilerini kullanarak büyük ölçekli üretimde yeni bir yaklaşım tanımlar. Bu teknolojiler, bilgiyi elde etmek, aktarmak, yorumlamak ve analiz etmek ve üretim sürecini amaçlanan şekilde kontrol etmek için bir araya getirilmelidir. Önceki bölümde belirtildiği gibi, akıllı fabrikanın gereksinimlerini siber-fiziksel sistemler aracılığıyla yerine getirmek mümkündür (Lee, J. 2015; Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. 2015).

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 kavramı ve temel bileşenleri açıklanmış olup, Endüstri 4.0 kapsamında "Akıllı Fabrikalar" konusu ayrıntılarıyla incelenmiştir. Bu bağlamda, akıllı fabrika mimarisi, temel özellikleri, yaşam döngüsü, görevleri, kullanım alanları, geleneksel fabrikalardan akıllı fabrikalara evrilme süreci ve bu fabrikaları oluştururken gerekli olan teknolojiler tartışılmıştır. Araştırma sonucunda, akıllı fabrikaların; makineler arası iletişim sağlayarak üretim süreçlerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilebildiği, üretim ekipmanların robot teknolojileriyle desteklenerek otomasyon sağlanabildiği, makinelerin güncelleme

veya yeni ortamlara kolaylıkla uyum sağlayabildiği ve hem insan gücü hem de insan sağlığı açısından fabrikalara olumlu katkılar sağladığı açıkça ortaya çıkmıştır. Ayrıca, büyük veri, nesnelerin interneti ve bulut bilişim gibi teknolojilerin desteğiyle akıllı fabrikaların oluştuğu ve üretim süreçlerinde kullanılan nesnelerin birbirleriyle iletişim kurarak daha verimli bir üretim gerçekleştirdiği anlaşılmıştır. Temel olarak, akıllı nesnelerden büyük verilerin toplandığı ve bu verilerin buluta aktarılarak sistemi optimize etmek için ihtiyaç halinde kullanıldığı bir yapı olduğu, tüm bu yetenekleriyle akıllı fabrikalar sayesinde üretim sisteminde geri bildirim, kolay yönetim ve koordinasyon sağlanabildiği tespit edilmiştir. Bu durum, daha kısa zamanda, daha kolay bir şekilde ve daha az maliyetle üretimi beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte, enerji tüketim verilerinin toplanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve karar vericilere herhangi bir yerde (örneğin mobil cihaz ile) gerçek zamanlı olarak sunulması ve bu verilerin üretim yönetimi uygulamalarına entegre edilmesi ile birlikte enerji verimliliği artırılabilir. Akıllı fabrikalar, üretim tesislerindeki yeni gelişmelerle pratik uygulamalarda daha etkili kullanılabilir. Ayrıca, KOBİ'lerin, akıllı fabrikaları otomasyon ve üretim alanlarında kullanmaları için gerekli eğitimler verilmelidir. Son olarak, akıllı fabrika teknolojisinin günümüzde tüm endüstrilere entegre edilerek üretim süreçlerine katkı sağlanması desteklenmelidir.

Kaynakça

Alexopoulos, K., Makris, S., Xanthakis, V., Sipsas, K., & Chryssolouris, G., (2016), A concept for context-aware computing in manufacturing: The white goods case, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Cilt: 29, Sayı: 8, s. 839-849.

Benkamoun, N., ElMaraghy, W., Huyet, A. L., & Kouiss, K. (2014). Architecture framework for manufacturing system design. Procedia CIRP, 17, 88-93.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M., (2014), How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective, International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering, Cilt: 8, Sayı: 1, s. 37-44.

Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2018). Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges. IEEE Access, 6, 6505-6519.

Doğan, A., Calp, M. H, Tüfekci, A., Bensghir, T. K. (2017). The analysis of management information systems field undergraduate level curriculum of private universities within the scope of industry 4.0 in Turkey, 4. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı,17-20 Ekim 2017, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Drath, R., & Horch, A., (2014), Industrie 4.0: Hit or hype?, IEEE industrial electronics magazine, Cilt: 8, Sayı: 2, s. 56-58.

Haller, S., Karnouskos, S., & Schroth, C. (2008, September). The internet of things in an enterprise context. In Future Internet Symposium (pp. 14-28). Springer, Berlin, Heidelberg.

Harrison, R., Vera, D., & Ahmad, B. (2016). Engineering the smart factory. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 29(6), 1046-1051.

Jänicke, M., & Jacob, K., (2009), A Third Industrial Revolution? Solutions to the crisis of resource-intensive growth.

Lasi H, Fettke P, Kemper HG, Feld T, Hoffmann M. Industry 4.0. Bus Inform Syst Eng 2014; 6(4):239–242.

Lee, J. (2015). Smart factory systems. Informatik-Spektrum, 38(3), 230-235.

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.

Lin, T. Y., Yang, C., Gu, M., Li, B., Xiao, Y. Y., Shi, G. Q., & Xing, C. (2016). Application technology of cloud manufacturing for aerospace complex products. Comput Integr Manuf Syst, 22(4), 884-894.

Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. Journal of Industrial Information Integration, 6, 1-10.

Lyu, Y., & Zhang, J. (2016). Big-data-based technical framework of smart factory. Computer Integrated Manufacturing Systems, 11, 022.

Macdougall, W., (2014), Industrie 4.0: Smart manufacturing for the future, Technical report of Germany Trade and Invest. https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf, Erişim Tarihi: 11.07.2018.

Magruk, A. (2016). Uncertainty in the Sphere of the industry 4.0-potential areas to research. Business, Management and Education, 14(2), 275.

Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. Procedia engineering, 69, 1184-1190.

Redclift, M., (2005), Sustainable development (1987–2005): An oxymoron comes of age, Sustainable development, Cilt: 13, Sayı: 4, s. 212-227.

Shiue, Y. R., Lee, K. C., & Su, C. T. (2018). Real-time scheduling for a smart factory using a reinforcement learning approach. omputers & Industrial Engineering.

Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014, December). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2014 IEEE International Conference on (pp. 697-701). IEEE.

Shrouf, F., Ordieres-Meré, J., García-Sánchez, A., & Ortega-Mier, M. (2014). Optimizing the production scheduling of a single machine to minimize total energy consumption costs. Journal of Cleaner Production, 67, 197-207.

Shu, Z., Wan, J., Zhang, D., & Li, D. (2016). Cloud-integrated cyber-physical systems for complex industrial applications. Mobile Networks and Applications, 21(5), 865-878.

Soliman, F., & Youssef, M. A. (2003). Internet-based e-commerce and its impact on manufacturing and business operations. Industrial Management & Data Systems, 103(8), 546-552.

Soysal, M., & Pamuk, N. S. (2018), Yeni sanayi devrimi endüstri 4.0 üzerine bir inceleme. Verimlilik Dergisi, (1), 41-66.

Trappey, A. J., Trappey, C. V., Govindarajan, U. H., Chuang, A. C., & Sun, J. J. (2017). A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0. Advanced Engineering Informatics, 33, 208-229.

Tuominen, V., (2016), The measurement-aided welding cell-giving sight to the blind, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Cilt: 86, Sayı: (1-4), s. 371-386.

Vikhorev, K., Greenough, R., & Brown, N. (2013). An advanced energy management framework to promote energy awareness. Journal of Cleaner Production, 43, 103-112.

Wan, J., Tang, S., Hua, Q., Li, D., Liu, C., & Lloret, J. (2017). Context-aware cloud robotics for material handling in cognitive industrial internet of things. IEEE Internet of Things Journal.

Wan, J., Tang, S., Yan, H., Li, D., Wang, S., & Vasilakos, A. V. (2016). Cloud robotics: Current status and open issues. IEEE Access, 4, 2797-2807.

Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. Computer Networks, 101, 158-168.

Zhang, D., Wan, J., Hsu, C. H., & Rayes, A. (2016). Industrial technologies and applications for the Internet of Things. Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, 101(C), 1-4.

Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. Engineering, 3(5), 616-630.

Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015, August). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2015 12th International Conference on (pp. 2147-2152). IEEE.

Zuehlke, D. (2010). SmartFactory—Towards a factory-of-things. Annual Reviews in Control, 34(1), 129-138.