DOI No: <http://dx.doi.org/10.29228/Joh39417>

Makale Türü: Araştırma makalesi
Geliş Tarihi: 21.10.2019
Yayın Tarihi: 31.12.2019

Article Type: Research article
Submitted: 21.10.2019
Publishing date: 31.12.2019

Atıf Bilgisi / Reference Information

Okutmuş, E. (2019). Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavramsal Bir İnceleme. *Journal of History School*, 43, 1696-1717.

ENDÜSTRİ 4.0 ALT BİLEŞENLERİ KAPSAMINDA MALİYET MUHASEBESİNİN GELECEĞİ ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME

Ercüment OKUTMUŞ¹

Öz

Teknolojinin geldiği son noktada işletmelerin etkinliklerinin ve verimliliklerinin artırılmasında, teknolojiye adaptasyon büyük bir önem taşımaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte geleneksel üretim sistemleri yerini teknolojiye dayalı yeni sistemlere bırakmaya başlamıştır. Değişen üretim ortamları da maliyet muhasebesi sistemlerinin yeniden yapılandırılmasını gerektirmektedir. Çünkü yüksek yatırım maliyetleri, ürün çeşitliliğinin artması, ürün yaşam süresinin kısalması, yüksek kalite beklentisi ve müşteri odaklı olma gibi sebepler ürün maliyetlerinin hesaplanmasında geleneksel maliyet sistemlerinin yetersiz kalmasıyla sonuçlanmıştır. Ayrıca teknoloji yoğun üretim sürecinde mamul maliyetini oluşturan unsurlarda da değişimler meydana gelmektedir. Değişen üretim sürecinde toplam maliyetler içinde ilk madde malzeme maliyetleri hemen hemen aynı kalırken, işçilik giderlerinin payı azalmakta, genel üretim giderlerinin payı ise artmaktadır. Endüstri 4.0'ın 3D yazıcılar, simülasyon, siber fiziksel sistemler ve otonom robotlar vb. alt bileşenlerinde oluşan değişim ve gelişmeler üretimin şeklini süreçlerini dolayısı ile maliyet muhasebesini de değiştirmektedir. Bu çalışmada, endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikler ile üretim maliyetlerinde ve maliyet muhasebesi üzerinde gerçekleşmesi tahmin edilen değişimler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Muhasebe, Maliyet Muhasebesi, Çağdaş Maliyet Yöntemleri.

¹Doç. Dr. Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, ercumnet.okutmus@alanya.edu.tr, [Orcid: 0000-0001-6286-4873](https://orcid.org/0000-0001-6286-4873)

A Theoretical Investigation on the Future of Cost Accounting in the Concept of Industry 4.0's Sub-Contents

Abstract

Adaptation to the latest technological advancements has great importance today for increasing the efficiency and productivity. Traditional production systems are now being replaced by new technology-based systems as Industry 4.0 advances. Changing production environments also made it necessary the restructuring of cost accounting systems. Traditional costing methods are insufficient as a consequence of the reasons such as high investment cost, wider product diversity, shorter product life cycle, higher quality expectations and more customer oriented management etc. Besides, elements that consists the cost of the product are changing within this high-tech production processes. In this high-tech production process, the share of labor costs decreases and the share of overhead costs increases while the costs of raw materials remain almost the same. The changes and developments in the sub-components of industry 4.0 such as 3D printers, simulation, cyber physical systems and autonomous robots change the shape of production processes and inevitably changes cost accounting too. In this research, the innovations brought by industry 4.0 and the expected changes in production costs and cost accounting are examined.

Keywords: Industry 4.0, Accounting, Cost Accounting, Contemporary Costing Methods.

GİRİŞ

Küreselleşme geri dönülemez şekilde teknolojinin ve iletişim olanaklarının etkisiyle dünyayı değiştirmiştir. Bu değişim işletmelerin teknoloji bazlı bir etkileşim içine girme zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir. Rekabetin birincil unsuru yukarıda sayılan nedenlerden dolayı teknoloji ve teknolojik değişimin işletmelere uyarlanması haline gelmiştir. Fiziksel sınırların kalkması farklı ülkelerdeki aynı sektördeki işletmeleri yoğun rekabet ortamına sokmuş ve işletmeleri rekabet üstünlüğü ile ilgili yeni yöntemler arayışına itmiştir. Dolayısıyla rekabet gücü, bir işletmenin aynı sektörde bulunan rakiplerine göre daha düşük veya aynı maliyetlerle üretimde bulunduklarında, teknolojiyi takip ve kullanma düzeyleri noktasında yenilikler yaratabildiklerinde oluşmaktadır (Yelgen, 2016: 1).

Günümüzde satış fiyatını işletmeler değil, tam rekabetin olduğu varsayılan piyasa koşulları ve müşteri beklentileri oluşturmaktadır (Okutmuş ve Ergül, 2015: 98). Bu koşullarda fiyat=maliyet+kar denklemi içinde fiyat değiştirilemiyor ise ortaklar da belirli bir kar düzeyini talep edeceklerinden, işletmeler rekabet koşullarında faaliyetlerini etkin bir şekilde devam ettirebilmek için maliyetlerin minimizasyonu üzerinde çalışmak zorunda kalacaklardır. Bu

noktadan hareketle işletmeler maliyet düşürme ve maliyet etkinliğinin sağlanması açısından yeni maliyet yöntem ve yaklaşımlarını işletmelerine uyarlamaktadırlar. Ancak bu yöntem ve yaklaşımlar teknoloji bazlı sistemlerle uyumlaştırıldığında etkinlik düzeyinin de doğru orantılı olarak artması söz konusu olacaktır. Teknoloji bazlı sistemler maliyetleri dolaylı ya da doğrudan etkilemektedir.

Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkma sebeplerinden biri de işletmelerin üretimlerinin gelişmiş ülkelere kayması ile ilişkili sorunların çözülmesine yöneliktir. Endüstri 4.0 ile üretim maliyetlerinin düşürülmesi için üretim operasyonlarının gelişmemiş ülkelere kaydırılması ile bu ülkelerin gerekli yatırımları yapması, gelişmiş ülkelerin rakip kazanmaları ile sonuçlanmıştır (Sarıkulak, 2018: 39). Üretim sistemleri Endüstri 4.0 ile birlikte baştan sona dönüşecek ve otomasyon ağırlıklı, teknoloji bazlı entegre sistemler işletmelerde yoğun olarak kullanılmaya başlanacaktır. Artık bu süreçte hangi ürünün üretildiğinden çok ürünün nasıl üretildiği, ürün üretilirken teknolojinin hangi oranda kullanıldığı veya kullanılacağı önemli hale gelmiştir (TAYSAD, 2016: 78).

Endüstri 4.0 yaklaşımı ile rekabet gücü avantajlarının devamlılığını sağlamak ve katma değeri yüksek ürünlerle dünya pazarından daha fazla pay almak hedeflenmektedir (TÜSİAD, 2016: 13). Endüstri 4.0 ile yeni üretim tekniklerinin yaratacağı olumlu dönüşüm, işletmelerin düşük katma değerli üretimden yüksek katma değerli yatırım ve ürün üretme döngüsüne girmesini sağlayacak ve ciddi bir rekabet avantajı oluşturacaktır. Aynı zamanda Endüstri 4.0'ın etkin kullanımı önemli bir rekabet unsuru olan maliyet verimliliğinin de gerçekleşmesini sağlayacaktır (TAYSAD, 2016: 76). Bu süreç, aynı zamanda işletme boyutunda maliyetleri de etkileyeceğinden bu çalışmada teorik olarak Endüstri 4.0'ın maliyet muhasebesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI VE BİLEŞENLERİ

Teknolojik gelişmeler sonucunda özellikle tedarik, lojistik gibi alanlarda kullanılmaya başlanan ve giderek dünyada yaygınlaşan Endüstri 4.0, 2011 yılında düzenlenen Hannover fuarında Almanya tarafından ortaya atılmıştır (Demirel vd., 2018: 431; Roblek vd., 2016: 1). Endüstri 4.0; programlanabilir robotlar, veri analitiği ve yapay zeka, gömülü sistemler, simülasyon, büyük veri, endüstriyel internet gibi iletişim ve ağ teknolojileri, bulut sistemleri, simülasyon ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerden oluşan sekiz temel teknolojik ilerlemeye dayanan bir oluşumdur (Salkin vd. 2018:5). Endüstri 4.0 konseptinde, sanayinin içeriğe duyarlı ve merkezi olmayan fabrika ortamları oluşturmak için birbirine bağlı siber

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavamsal Bir İnceleme

fiziksel sistemler kullanılmasıyla birlikte geleneksel üretim sistemlerinin yerini enformasyon sistemleriyle tam entegre olan fiziksel sistemlerin alması beklenmektedir (Strange ve Zucchella, 2017: 174; Scheuermann vd., 2015: 43; Alçın, 2016: 28). Küresel öngörüler Endüstri 4.0 ve ilişkili teknolojik gelişmelerin uygulama alanlarının giderek artacağını göstermektedir. Endüstri 4.0'ın; 2020 yılında nesnelerin interneti ile ilgili pazar büyüklüğünün yaklaşık 3 kat artarak 1,7 trilyon dolara ulaşacağı, 2025 yılında gelişmiş ülkelerde imalat süreçlerinde otomasyon kullanımının %15-25 oranında olacağı ve 2030 yılında ise küresel ticaret hacminin yarısının akıllı nesnelerin etkileşimi ile gerçekleşeceği beklenmektedir (TÜBİTAK, 2016: 2). On yıl gibi kısa bir süre içerisinde bile endüstri 4.0'ın bu denli büyük etkilerinin olması, işletmelerin veriyi işleme ve muhasebe sistemleri üzerinde de çok büyük değişiklikler olması beklenmektedir.

Endüstri 4.0'ın gelişim sürecini ve etkilerini anlayabilmek için, sanayi de yaşanan önceki devrimleri gözden geçirmek gerekmektedir:

- **Birinci sanayi devrimi (Endüstri 1.0);** 18. yüzyılın sonunda tarım ekonomisinden sanayi ekonomisine geçilmesi ile gerçekleşmiştir (Genç, 2018: 237). Bu dönemde ilk kez dokuma tezgâhlarında buhar gücü kullanılarak verimlilik artışı sağlanmıştır (ATSO, 2017: 15).

- **İkinci sanayi devrimi (Endüstri 2.0);** temelleri 20.yy'ın başlarında atılmıştır. Bu devrim “teknoloji devrimi” olarak da bilinmektedir (Genç, 2018: 237). 1870 yılından sonra kimya alanındaki gelişmeler sonucunda içten patlamalı motorların icadı ile seri üretim hatlarının kurulması, telgraf, telefon, radyo, daktilo gibi gelişmelerle haberleşme sağlanmış ve ulaştırma ve tıp alanlarında da ilerlemeler yaşanmıştır (ATSO, 2017: 15; Kahraman, 2017).

- **Endüstri 3.0;** bilgisayarların üretime dâhil edilmesi nedeniyle “dijital devrim” olarak ifade edilen sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçişi tanımlayan bir dönemdir. Bu dönemde, ilk kez robot makinelerin üretimde kullanılmasıyla insan gücüne ihtiyaç azalmaya başlamıştır. Elektronik ve bilgisayar desteğinin makine sektörüne entegre olması üretimde otomasyonu sağlamıştır (Genç, 2018: 238). Bu dönemde, bilişim teknolojileri, mikro elektronik teknoloji, biyo-tarım, biyo-genetik ve nükleer enerji gibi yenilikler insan hayatına girmiştir. E-ticaret, havayolu rezervasyonları ve barkod tarayıcı uygulamaları ilk kez ticari amaçlı kullanılmıştır (ATSO, 2017: 15).

- **Endüstri 4.0;** akıllı fabrikaları mümkün kılarak sanal ve fiziksel sistemlerin küresel boyutta birbirleriyle dünyanın herhangi farklı bir bölgesinde olsa bile çoklu iş birliği kurarak kaynakların daha uygun şekilde planlanmasını, böylelikle üretim miktarları, verimlilik, maliyet tasarrufları, gelirden artış, ürün kalitesi ve bunların sonucunda ise yaşam kalitesini yükselten bir devrim

niteliğindedir (Erturan ve Ergin, 2018: 154; Schwab, 2016: 16-17). Endüstri 4.0'ın daha önceki sanayi devrimlerinden en önemli farkı, geniş tabanlı inovasyon ile teknolojilerin iç içe geçip kaynaşması, fiziksel, sanal, dijital ve biyolojik alanlarda karşılıklı etkileşim olmasıdır (Schwab, 2016: 17).

Kısacası Endüstri 4.0'ın en belirgin özelliği, demografik değişiklikler, kaynaklar, enerji verimliliği, kentsel üretim ve yüksek ücretli lokasyonlar hakkında bilgileri kullanarak akıllı ekipmanlarla rekabet edebilirliğin arttırılmasıdır (Roblek vd., 2016: 3). Endüstri 4.0 temel olarak 6 ilkeye dayanmaktadır. Bunlar (Lom vd., 2016: 1);

- Birlikte çalışabilirlik (insan – akıllı fabrikalar),
- Sanallaştırma,
- Merkezileşmeme (akıllı fabrikalar kararları kendi verir),
- Gerçek zamanlı kapasite (veriyi toplar, analiz eder hızlıca öngörülerini sağlar),
- Hizmet odaklılık
- Esneklik (değişen durumlara uyum sağlayabilme)

Endüstri 4.0, bileşenlerin ve makinelerin akıllı hale geldiği bir ağ yaklaşımıdır ve bu bileşenlerin bugüne dek sayısız teknolojiyi kullandığı saptanmıştır (Kolberg ve Zühlke, 2015: 1870). Bu teknolojilerden bazıları (Demirel vd., 2018: 430; Genç, 2018: 239; Öksüz vd., 2017: 4-5; Strange ve Zucchella, 2017: 174; Roblek vd., 2016: 1);

- Büyük Veri – Veri Analitiği, Gömülü Sistemler,
- Radyo Frekansı Tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID) ve Mobil Teknolojiler,
- Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP),
- Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT),
- Siber-Fiziksel Sistemler (Cyber-Physical Systems- CPS) ve Sensörler,
- 3D Yazıcılar ile Üretim,
- Sanal ve Artırılmış Gerçeklik, bulut tabanlı imalat (Cloud Based Manufacturing-CBM),
- Simülasyon, akıllı fabrika, akıllı ürün vb., olarak sıralanabilir

Endüstri 4.0, mevcut altyapıların kullanımını en üst düzeye çıkarmak ve kaynakları en aza indirmek için gerçek zamanlı olarak akıllı hizmetler sağlamaktadır (Lom vd., 2016: 2). Bununla birlikte birbirleriyle haberleşen, sensörlerle ortamı algılayabilen ve veri analizi yaparak ihtiyaçları fark edebilen robotlarla üretimi ele alıp; kaliteli, ucuz, hızlı ve daha az israf yapan bir üretim

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavamsal Bir İnceleme

gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır (Yıldız, 2018: 546). Örneğin Boston Dynamics şirketi ürettiği Spot, Handle, Pick ve Atlas modelleri ile üretim sürecinde elleçleme, taşıma gibi birçok alanda insan gücüne olan ihtiyacı ortadan kaldırarak geleceğin üretim şeklini de bugünden belirlemektedir (www.bostondynamics.com). Bunun yanında benzer çalışmaları birçok işletme yürütmektedir. Robotik Federasyonuna göre dünyada 1.1 milyon robot çalışmaktadır. Bunu daha çarpıcı bir örnekle göstermek gerekirse dünyada üretilen her bir otomobilin %80'i makineler tarafından üretilmektedir (Schwab, 2016: 165).

Özerk olarak kontrol edilen ve dinamik bir üretim uygulayarak değer zincirlerinin optimizasyonunu amaçlayan (Kolberg ve Zühlke, 2015: 1871) Endüstri 4.0 dönüşümünde, Tam Zamanında Üretim, Kanban, Kaizen, Sürekli Akış, Toplam Üretken Bakım, SMED (Single-Minute Exchange of Dies) gibi yalın tekniklerin kullanımı, özellikle üretimde arıza oranının azalması, makine verimliliğinin artırılması, ekipman kapasitelerinin uygun şekilde kullanılması, malzeme kayıplarının azalması, yeniden işlem akışının azalması, işçilik maliyetlerinin azalması gibi pek çok fayda sağlamaktadır (Öksüz vd., 2017: 1-2).

Diğer taraftan bu teknolojilere ve bunları kullanan firmalara, 2000-2010 yılları arasında üretimde sürekliliği sağlamak için RFID (Radio Frequency Identification-Radyo Frekansı Tanımlamaları) sistemlerini kullanan Volvo verilebilir. Daha sonra Toyota otomobil parçası üretiminde RFID sistemini enformasyon sistemleri bazlı kullanmıştır (Alçın, 2016: 25). Yine Siemens ve bir Alman ekipman üreticisi ortak çalışmak suretiyle makinelerden toplanan verilerden hareketle, üretilen parçaların üretim sürecini simüle eden bir sanal makine geliştirmiş ve parçaların üretimi için gerekli hazırlık süresini % 80 azaltmışlardır (TÜSİAD, 2016: 27). Adidas ise ilk olarak Almanya'da ardından Amerika Atlanta'da faaliyete geçen Speed Factory tesisi ile üretimin tamamen insansızlaştırıldığı bir fabrika kurmuştur. Kullanılacak yeni teknolojilerle birlikte Adidas, ürün çeşitliliğini üst seviyelere çıkarmayı hedeflemiştir. Bu durum Endüstri 4.0 ile birlikte üretimin Asya'dan Amerika'ya kaymaya başladığının da bir göstergesi olmuştur (www.endustri40.com). “Bosch Rexroth” da, bir valf üretim tesisine merkezi olmayan, yarı otomatik üretim süreci kurmuştur. Ürünler radyo frekanslı kodlarla işaretlendiği için, her bir ürün insan emeği olmadan hangi üretim aşamalarından geçmesi gerektiğini bilmekte böylece ürün akıllı bir sistemde üretilmektedir (TÜSİAD, 2016: 27-28).

Türkiye’de Beyaz Eşya sektöründe, entegre kalite yönetimi, yatay veri entegrasyonu ve RFID tabanlı akıllı ürünlerle iletişim kuran esnek üretim robotları kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründe, sanal fabrika, ürün tasarımları ve lazer yönlendirmeli araçlar, kimyasal sektöründe kendini optimize eden süreç

akışı ve makine sistemleri sektöründe ise dikey veri entegrasyonundan faydalanılmaktadır (TÜSİAD, 2016: 43).

ENDÜSTRİ 4.0'IN ALT BİLEŞENLERİ KAPSAMINDA MALİYET MUHASEBESİNE ETKİLERİ

Teknolojik yöntemler ve üretim şeklinin değişimine bağlı olarak işletmelerin birçok fonksiyonunda olduğu gibi maliyet muhasebesinde de büyük değişiklikler görülmektedir. Geleneksel üretim sistemlerinin uygulandığı 18 ve 19. yüzyılda genel üretim giderleri üretim maliyetlerinin çok küçük bir kısmını oluştururken, teknolojik gelişmelerle genel üretim giderlerinin payı sürekli artmıştır. Bugün endüstri 4.0 bileşenlerinin üretimde yer aldığı bir dünyada üretim maliyetlerinin hesaplanması, hesaplanma şekli, üretim maliyetleri içinde yer alan unsurların neler olacağı gibi bir çok konunun da tekrar tartışılmaya başlanması gerekmektedir. Aşağıda endüstri 4.0'ın bileşenleri kısaca açıklandıktan sonra, bu bileşenlerin maliyet muhasebesine etkileri ve maliyet muhasebesinde gerçekleşmesi beklenen değişimler incelenmiştir.

Nesnelerin İnterneti (IoT): herşeyin interneti ya da endüstriyel internet olarak da adlandırılan yeni bir teknoloji paradigması olup küresel bir ağ üzerinden makine ve cihazların kendi arasında iletişim kurmasıdır (Lee ve Lee, 2015: 431). Nesnelerin interneti kapsamında tamamlanmış ve tamamlanmamış ürünler ya da cihazlar sensörler, alıcılar, çipler gibi teknolojiler ile donatılarak kontrol merkezi ile koordineli bir şekilde birbirleri ile iletişim ve etkileşim kurabilmeleri sağlanacaktır (Rüssman vd., 2015: 4). Nesnelerin interneti kavramının etkin bir şekilde kullanılabilmesi için RFID (Radio Frequency Identification), WSN (Wireless sensor networks), ara katman (middleware), bulut bilişim (cloud computing), IoT uygulama yazılımlarının doğru bir şekilde kullanılması gerekmektedir. RFID, barkod sisteminin daha ileri ve elektronik versiyonu olup, radyo dalgalarının otomatik olarak okunması ve ilgili verilerin kaydedilmesini sağlayan araçlardır (Lee ve Lee, 2015: 432). WSN ise konum, sıcaklık, ve hareketler gibi fiziksel ve çevresel koşulları izleyip kaydedebilen (100 m çapında) sensörlerle donatılmış batarya ömrü 3 yıl olan araçlardır (Atzori vd., 2010: 2791). Örneğin General Elektrik jet motorları, tribünler ve rüzgar tarlalarında WSN kullanarak birçok veriyi gerçek zamanlı analiz ederek bakım maliyetlerini ve bakım için harcanacak zamanı azaltmaktadır (Lee ve Lee, 2015: 432). Bunlara ek olarak RFID ile kablosuz sensörlerin bir arada kullanıldığı RFID Sensör Ağı cihazlar ise kendi enerjisini üretip çalışarak 3 metre çapında bilgi toplayıp, işleyebilen ve hesaplayabilen RFID teknolojiler gibi kullanım ömrü belirsiz olan cihazlardır (Atzori vd., 2010: 2791).

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavamsal Bir İnceleme

Nesnelerin interneti, işletme içinde üretime doğrudan veya dolaylı katılan tüm makine ya da cihazların durumları ile ilgili bilgileri sürekli olarak internet üzerinden bağlı oldukları alanlara aktarmaları ya da paylaşımlarıdır. Nesnelerin interneti ile oluşacak veri akışı daha sonraki aşamalarda nesnelerin hem kendi aralarında iletişim kurması hem de işletme içinde üretim süreçlerinin otonomlaşması için çok önemli bir aşamadır. Bu durum, süreçlerde harcanan zamanı azaltırken hem de üretim planlamasına katkı sağlayacağından maliyetleri minimize edecektir. Tüm üretim araçlarının, makinaların, stokların veya otonom robotların üretim planlaması için nesnelerin interneti ile haberleşmesi sonucunda verimliliğin artırılması ve hataların azaltılması sağlanabilecektir.

Bir diğer konu ise nesnelerin internetinin alt başlıklarından olan RFID ve WSN sistemlerdir. Bu sistemler kullanıldığında taşınan ürün, hammadde ve malzemelerin taşıma süresince maruz kaldıkları dış ortama ilişkin sıcaklık, konum, taşıma süresi, bulunulan ortamın nem oranı, taşıma süresince hasar alıp almadıkları gibi birçok veri de işletmeler tarafından hem eş anlı olarak takip edilebilecek hem de veri tabanlarında saklanabilecektir. Ayrıca işletme içine gelen direk ilk madde, yardımcı malzeme, işletme malzemesi gibi maddelerin işletmeye girişi RFID sistemler ile otomatik olarak sayılacak, elektronik faturalarla eşleşerek, doğru miktarda ve doğru maddelerin geldiği kendi aralarında nesnelerin (madde ve malzemeler, makine, bilgisayarlar, araçlar vs.) iletişim kurmasıyla doğrulanacaktır. Aynı zamanda yapay zeka sayesinde kesilen ilgili faturadan alınan bilgilerle muhasebe kayıtlarının otomatik yapılması sağlanacaktır. Buna ek olarak RFID sistemler ile çok büyük depolarda bulunan çok büyük miktarlardaki direkt ilk madde yarı mamul, mamul, bakım-onarım gibi tüm madde ve malzemeler çok yüksek bir doğruluk oranında ve milisaniyeler sürececek bir sürede insan gücü ve emek gerektirmeden envanter işlemleri yapılabilecektir. Bunun sonucunda günümüzde yoğun olarak kullanılan LİFO, FİFO, ağırlıklı ortalama gibi varsayımsal stok değerlendirme yöntemleri, yerini gerçek zamanlı stok değerlendirme yöntemlerine bırakacaktır. Yani RFID gibi teknolojilerle stoklardan alınan bilgilerle stokların hangi ürünün üretilmesi için üretime gönderildiği, ne kadarının yarı mamul olduğu, ne kadarının mamul hale geldiği, nesnelerin interneti sayesinde tüm süreçte bulunan üretim araçlarının anlık bilgi paylaşımı yapması ile raporlanabilecek ve gerçek zamanlı olarak DİMM maliyetleri ürün bazında kolaylıkla hesaplanabilecektir. Nesnelerin interneti ile sağlanan sürekli etkileşim aynı zamanda yetkisiz olarak raftan hammadde, yarı mamul, mamul ve yedek parça almak suretiyle oluşabilecek zararların elemine edilerek, işletmelerde oluşacak hilelerin azaltılmasına da katkıda bulunacaktır. Aynı zamanda geleneksel yöntemlerde büyük bir maliyet

kalemi olan direkt işçilik maliyetleri de insan unsuruna olan ihtiyacın azalması ile çok önemli oranda azalacaktır.

3D Yazıcılar: bilgisayarda uygun programlar ile oluşturulan çizimleri ya da verileri, elle tutulabilen üç boyutlu gerçek cisimler haline getiren farklı materyaller kullanabilen makineler olarak ifade edilebilir (Şekkeli ve Bakan, 2018: 24). Eklemeli üretim olarak da ifade edilen bu teknoloji, talebe göre mamullerin artı bir maliyete katlanmadan, kısa sürede tasarımını değiştirerek üretimini yapabilmesi sonucunda tasarım konusundaki sınırlar kalkarak birçok farklı ürünün kolaylıkla üretilmesi mümkün olacaktır (Yüksekbilgili ve Çevik, 2018: 427). Bunun yanında, 3D teknolojisinin işletmelerde kullanılmasının yaygınlaşması ile depolama ve montaj gibi süreçler ortadan kalkarak tek bir işlem sonucunda karmaşık parçaların da üretilmesi olanaklı hale gelmiştir (Banger, 2017: 49). Ford, yeni Mustang modeli için motor üstündeki koruyucu kapağı 3D yazıcı ile üretmiştir. Yöneticiler tarafından yapılan açıklamada ilgili üretim döneminde 3D yazıcı ile 4 günde ve 3.000 dolara üretilen aynı miktardaki parçanın, geleneksel üretim yöntemleri ile yaklaşık 4 aylık bir zaman diliminde üretilebileceği ve maliyetinin ise 500.000 dolar olacağı tahmin edilmiştir (Gilpin, 2014; Wisner vd., 2014: 403). Icon şirketine ait Vulcan isimli 3D yazıcı yardımıyla 4.000 dolar (yaklaşık 22.000 TL) veya daha az bir maliyetle, yaklaşık 75 m2 bir ev 24 saat içinde üretilmektedir (www.businessinsider.com) Bu ürünün Türkiye’de geleneksel yöntemlerle üretilmesi ortalama 120.000 TL’ye mal olmaktadır. İnşaat sektöründe bu şekilde bir üretimin yaygınlaşmasının üretim maliyetlerini yaklaşık %82 azaltması söz konusu olacaktır.

3D yazıcıların kullanılmasıyla üretilcek parça, yarı mamul ya da mamulün üretim zamanının ve üretim maliyetlerinin çok düşük olacağı görülmektedir. Bunun dışında işletmeler ihtiyaç duyduklarında makinaların çalışmasında sorun yaratan bozuk parçalarını da 3D yazıcılardan çıkartarak makinalarını çok kısa bir sürede üretime geri döndürebileceklerdir. Bu da bakım-onarım maliyetlerinde maliyet minimizasyonu sağlayacaktır. Aynı zamanda yine birçok parçanın 3D yazıcılardan üretilmesi işletmelerde büyük enerji tasarruflarına ve amortisman giderlerinin büyük oranda düşmesine neden olacaktır. Bu tür üretimlerde iş gücü maliyetleri de doğru orantılı olarak düşecektir. Yukarıda da örnek olarak verildiği gibi çok uzun zaman dilimlerinde gerçekleşen üretimler (motor kapağı için 4 ay, ev için 3 ay), 3D yazıcılar ile 24 saat gibi çok kısa sürelerde üretilbileceğinden hem direkt ilk madde ve malzeme hem de direkt işçilik giderlerinde düşüş olacaktır. DİMM’nin geleneksel yöntemlerden farklı olarak değişmesi de söz konusudur. Kiremit, yton, demir, çimento gibi direkt ilk maddelerin yerine poliüretan ve çimento karışımı depreme

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavamsal Bir İnceleme

dayanıklı çok güçlü bir maddenin kullanılması söz konusudur. Bu madde geleneksel DİMM'lerle karşılaştırıldığında oldukça ucuzdur. Bu durum 3D yazıcıya evin planı yüklendikten sonra, yoğun işçilik gerektirmeden otomatik olarak 24 saat içinde evi oturulacak hale getirebilmektedir. Bu süreçte bir adet operatöre ihtiyaç duyulduğundan işçilik maliyetlerini neredeyse sıfır noktasına getirmektedir.

Akıllı Fabrikalar ve Dikey-Yatay Sistem Entegrasyonu: iş süreçlerinde oluşan değişiklikleri sensörler aracılığıyla algıladıktan sonra bunları internet vasıtasıyla inceleyen, bulut sistemlere gerektiğinde depolayan veya buradaki bilgilerden faydalanan ve bunun sonucunda diğer üretim araçları ile de etkileşimde bulunarak üretim yapan akıllı sistemleri ve makineler bütününe ifade etmektedir (Alçın, 2016: 20). Karanlık fabrika olarak da adlandırılan bu fabrikaların içerisinde sadece birbirleri ile bağlantılı sensörler, actüatörler (actuators), makineler, yapay zeka, siber-fiziksel sistemler, robotlar gibi üretim kaynakları bulunmaz, aynı zamanda makinelerin bakımına ilişkin tahminler yapılarak üretim süreci kontrolü ve fabrika yönetiminin otonom olarak sağlanması söz konusudur (Qin vd., 2016: 174). Dünyadaki ilk dijital fabrika örneklerinden biri olan Siemens Amberg fabrikasında iş süreçlerinin %75'lik bölümü bilgisayarlar ve makineler aracılığıyla yapılmakta olup sadece kalan %25'lik kısım insan gücü ya da katkısı kullanılarak gerçekleştirilmektedir (www.siemens.com). Gelecekte akıllı veya karanlık fabrikalar kapsamında hedeflenen ise tüm süreçlerin tamamen makinelerle otonom olarak gerçekleştirilmesidir.

Dikey ve yatay sistem entegrasyonu ise kısaca ürünlerin üretilmesi için üretim planlama kapsamında diğer makineler ve iş bölümlerinin birbirleri arasında iletişim kurarak üretiminin yapılması olarak ifade edilebilir (Şekkeli ve Bakan, 2018: 24). Yatay entegrasyon, üretim, planlama, tasarım, pazarlama gibi süreçlerde gerçekleştirilen her adımın kendi arasında ve diğer işletmelerle kesintisiz akışı ifade ederken; dikey entegrasyon ise makinalar, motorlar, sensörler, vanalar, kumanda panelleri, kurumsal kaynak planlamaları gibi tüm süreçlerdeki teknolojik altyapının iletişim ve akışının kesintisiz sağlanmasını kapsamaktadır (Soylu, 2018: 48). Örneğin Avrupa havacılık ve savunma sanayii için kurulan “AirDesign” isimli platform üretim ve tasarım gibi konularda işbirliği için ortak çalışma alanı oluşturuyor. Bulut sistemler üzerinden ortakların ürün ve üretime ilişkin verilerini paylaşarak gerçekleştirilen bu karmaşık operasyonlar verimli şekilde entegre olarak gerçekleştirilebiliyor (TÜSİAD, 2016: 27). İçinde hiçbir insanın çalışmadığı baştan sona üretimin robotik sistemlerle yapıldığı yerler olan karanlık fabrikalarda maaş ödeme, işe devamsızlık, verim düşüklüğü, ayrıca işgücünün maliyet unsurlarından olan

yemek, ulaşım, sağlık giderleri, hukuki tazminatlar, toplu sözleşme gibi maliyetlerin ortadan kalkması söz konusu olacaktır (Demirel vd., 2018: 433; Fırat ve Fırat, 2017: 23). Ayrıca binaların ısıtma- aydınlatma gibi enerji tüketimlerinin ortadan kalkmasıyla enerji maliyetlerinin azalması da sağlanacaktır (Fırat ve Fırat, 2017: 23).

Bir karanlık fabrika düşünülecek olursa: herhangi bir konumdan verilen bir üretim emri ile fabrika harekete geçmektedir. Üretilen ürünün direkt ilk maddeleri hazırda ya da yeterli miktarda değilse otomatik olarak sipariş verilir ve gelen siparişler otomatik olarak fabrika deposuna yerleştirilir. Direkt ilk madde üretim sürecine otomatik olarak sensörler ve otonom robotlar vasıtasıyla taşınır. Üretim insan gücüne ihtiyaç duymadan başlar. Sensörler, yapay zeka, siber-fiziksel sistemler nesnelerin interneti sayesinde etkileşimde bulunarak üretim tamamlanır ve ürün deposuna taşınır. Tahmin edileceği gibi bu süreçte direkt işçilik maliyetleri sıfırdır. Buna paralel olarak işletmede genel üretim giderlerinin artışı söz konusu olacaktır. Ancak dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ürünün üretilmesi aşamasında insan kaynaklı hataların neredeyse sıfıra yakın hale gelmesidir. Bu da bozuk veya kusurlu üründen kaynaklı ek maliyetlerin azalması anlamına gelecektir. Bu anlamda gelecekte teorik ve pratik kapasite ayırımının ortadan kalkması söz konusu olacaktır. Dolayısıyla kaynak tüketim muhasebesi veya normal maliyet olarak adlandırılan stok değerlendirme yöntemlerinden atıl kapasite hesaplamasıyla işleyen sistem ortadan kalkacak yerine yeni maliyet yöntemleri kullanılmaya başlanacaktır. Üretim planlamasının siber-fiziksel sistemlerle saniyelerle ifade edilebilecek şekilde planlanması bu karmaşık süreci ortadan kaldıracak ve tüm üretim araçlarının optimum kullanılmasını sağlayacaktır. Ayrıca, akıllı fabrikalarda tüm üretimin makinalar ile yapılıyor olması nedeniyle maliyet dönemlerine düşecek olan amortisman payları yükselecektir.

Büyük Veri ve Bulut Bilişim: büyük veri, tipik veri tabanı yazılımlarının yakalama, yönetme, depolama ve analiz etmesi mümkün olmayan veri setleri olup, bu veri setlerinin büyüklüğü konusu görecelidir (Manyika vd., 2011: 1). Bir başka tanımda ise sosyal medya üzerinden yapılan yayınlar, bloglar, GSM operatörleri gibi kaynaklardan elde edilen çok farklı çeşit ve miktardaki verilerin anlamlı bir şekle dönüştürülmüş halidir (Şekkeli ve Bakan, 2018: 24). Dolayısıyla büyük verinin kaynaklarını video, log dosyaları, fotoğraflar, sosyal medya paylaşımları, bloglar, web sitesinde kalma süreleri, online olma zamanları, GSM operatörleri gibi bir çok farklı alan oluşturmaktadır (Soylu, 2018: 47). Hatta üretilen verinin büyüklüğü 2018 yılında 33 zettabayt iken bunun 2025 yılında 175 zettabayt olacağı tahmin edilmektedir (Reinsel vd. 2018: 3). Üretim açısından bakıldığında ise bu denli çeşitli verileri barındıran büyük verinin doğru

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavamsal Bir İnceleme

yöntemlerle analizi hem üretimin kalitesini yükseltip hem de birçok alanda verimlilik artışı sağlayacaktır. Örneğin yarı iletken malzeme üreticisi olan “Infineon Technologies”, üretim sürecinin sonundaki test aşamasında tek çipten elde edilen veriler ile sürecin önceki aşamalarında elde edilen süreç verilerini ilişkilendirerek ürün hatalarını azaltmak suretiyle üretim sürecinden hatalı çipleri ayıklayan yapıları belirlemiş ve üretim kalitesini arttırmıştır (TÜSİAD, 2016: 25).

Bulut bilişim ise bilişim cihazları arasında bilginin paylaşılmasını sağlayan hizmetlerin genel adı olan bu kavram temel kaynaktaki bilginin ya da yazılımın bilişim ağı üzerinden kullanılmasıdır (Soylu, 2018: 47). Şirketler gelecek dönemlerde ürünlerle ilgili daha fazla verinin üretim alanları ve yönetim merkezleri arasında paylaşılmasına ihtiyaç duyacaklardır. Tepki süresinin milisaniyelere düşmesi beklenmekte ve böylece veriye dayalı daha fazla hizmetin üretim sistemlerince kullanılabilmesi, hatta üretim sürecini kontrol/takip eden sistemlerin bulut üzerinden hizmet vereceği tahmin edilmektedir (TÜSİAD, 2016). Bunun yanında işletmelerin muhasebe sistemleri de bulut bilişim ile birlikte mevzuat değişikliklerinin izlenerek beyannamelerin otomatik doldurulabildiği, sisteme veri girişlerinin otomatik yapılabilirdiği ya da verilere uzaktan erişebildiği bir aşamaya doğru evrilmektedir (Can ve Kıymaz, 2016: 109).

Bulut sistemlerin kullanılması ile işletmelerin kendi bünyelerinde büyük yatırımlar yaparak kurmaları gereken karmaşık süreçleri ortadan kaldırarak, tüm verilerini sanal bir ortamda güvenli bir şekilde tutmalarını ve böylece bu verilere istedikleri yerde ve istedikleri zamanda uygun maliyetlerle ulaşabilmelerini de sağlamaktadır. Maliyet muhasebesi açısından bakıldığında büyük veriyi karar alma aşamasında kullanmanın müşteri istek ve taleplerini dikkate alarak ürünün üretim prosesleri içerisinde zaman kayıplarının oluşmasını engelleme ve ürün maliyetlerinin azalması noktasında kullanmak önem arz etmektedir. Nesnelerin interneti ile işletme içinden alınıp bulut sistemlerde depolanan ve internet tabanlı alışveriş siteleri, sosyal medya platformları veya bloglar gibi bir çok alandan toplanan rakip ürünlere tıklanma sayıları, hangi ürünlerin daha çok beğenildiği, şikayet adetleri ve şikayetin türü gibi büyük veriden veri madenciliği kullanılarak elde edilecek anlamlı bilgiler, ürün henüz tasarım aşamasındayken ya da üretiliyor olsa bile müşteri beklentileri doğrultusunda kullanılarak dizayn edilecek, varsa şikayetlerden elde edilen bilgilerle ürünün kronik hataları veya beğenilmeyen özellikleri elemine edilecek veya geliştirilecektir. Bu noktada doğru üretim planlaması sağlanacağından ürünün satışları artacak ve böylece işletmede oluşan sabit maliyetleri, üretim maliyetleri, arızadan dolayı oluşan garanti maliyetleri, parça değişim maliyetleri azalarak üretim maliyetleri

optimize edilebilecektir. Örneğin büyük veri içerisinde veri madenciliği yöntemleri ile elde edilmiş müşteri talep bilgileri (benzer ve rakip ürünler içinde hangisinin daha fazla incelendiği) ürünün hangi özelliklerinin ön planda olacağını veya hangi özelliklerinin önem arz etmeyeceği tespit edilebilir. Böylece ürün henüz tasarım aşamasındayken müşteri isteklerine göre dizayn edileceğinden üretim maliyetleri düşecek ya da doğru maliyetleme sağlanacaktır. Bu noktada hedef maliyet, değer analizi gibi yöntemler büyük veri kullanılarak yapılacağından, işletmeler için daha önemli hale gelecektir.

Artırılmış Gerçeklik ve Simülasyon: artırılmış gerçeklik, bilgisayarlar aracılığıyla ve duyuşal girdiler kullanılarak dünyadaki fiziksel ortamın bilgisayar teknolojileri kullanılarak dinamik, canlı ve senkronize olarak hissedilmesini sağlayan teknolojidir (Şekkel ve Bakan, 2018: 24). Bu teknoloji, üretim alanında operatörler tarafından tek bir tuşa tıklamak suretiyle makineler ile etkileşime geçebilecek ve gerektiğinde parametreler de aynı şekilde değiştirebileceklerdir (Doyduk ve Tiftik, 2017: 131). Artırılmış gerçeklik kullanan sistemler ile depodaki parçaların seçimi veya mobil cihazların tamiri için talimatların iletilmesi gibi hizmetler gerçekleştirilmesi mümkündür. Bu kapsamda tamir edilmesi gereken sistemleri inceleyen çalışanlara yapılması gereken işlemlerin sırası ve sorunlu parçanın nasıl tamir edilmesi gerektiğine ilişkin bilgiler artırılmış gerçeklik gözlükleri gibi cihazlar ile doğrudan aktarılması sağlanabilir (TÜSİAD, 2016: 30).

Simülasyon ise günlük hayatta ya da iş hayatında gerçekleşen sürecin ya da sistemin işleme şeklinin sanal bir ortama taşınarak aynısının tekrar yapılması olarak tanımlanabilir (Şekkel ve Bakan, 2018: 24). İş dünyasında tasarımda ürün, malzeme ve üretim süreçlerinde 3 boyutlu simülasyon kullanılmakta olup, gelecekte ise gerçek zamanlı verilerden yararlanılarak kurgulanacak olan simülasyonlarda makineler, ürünler ve insanlarla birlikte fiziksel dünyanın sanal gerçekliğinin oluşturulacağı tahmin edilmektedir. Böylece bir operatör öncelikle yaratılan simülasyonda ürünlerin üretilmesinden önce makine parametrelerini test etme imkanı bulacak hem makinenin kurulmasına ilişkin sürenin kısılmasına hem de kalitenin artmasına katkı sağlayacaktır (TÜSİAD, 2016: 26-27).

Simülasyon yöntemi, üretim maliyeti çok yüksek olan ürünler için ya da insanlar için yüksek risk taşıyan ortamlarda üretimin birebir olarak bir sanal dünya içinde kopyalanması sonucu işletmelerde uygulanabilmektedir. Örneğin bir pilot adayının tam donanımlı bir simülasyonda eğitilmesi hem eğitim maliyetleri, hem de yakıt ve bakım onarım gibi maliyetlerin düşmesini veya minimize edilmesini sağlayacaktır. Aynı zamanda uçuş sırasında ortaya çıkması muhtemel düşme, yanma, arıza gibi birçok risk de tamamen güvenli bir ortamda

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavamsal Bir İnceleme

gerçekleştirilecek eğitim sayesinde çok düşük olacaktır. Benzer şekilde artırılmış gerçeklik de işletmelerde eğitim ve bakım onarım gibi teknik alanlarda kullanılabilir. Özellikle çok uluslu işletmeler açısından eğitim ve bakım maliyetinde ciddi düşüslere yol alabilir. Günümüzde önemli araba üreticilerinin lüks modellerinde tamir ve bakım ekibini özel bir eğitimden geçirdikten sonra ilgili işlerin yapılması için yetkilendirmektedir. Fakat gelecekte üretim aşaması da dahil olmak üzere ortaya çıkacak aksama, hata ya da eğitim programları aşamaları gerçek dünyadan kopuk olmadan üzerine sanal dünyanın da eklenmesi ile birçok maliyet kalemi ortadan kalkabilecektir. İleride sanal dünya ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile insanların ürünleri denemeleri ve tecrübe etmeleri sağlanabilecektir. Bugün pazarlama satış dağıtım kalemi içinde yer alan bu giderler, fiziksel olarak reklam giderlerinden çok dijital ortamda yapılan reklam ve satış giderlerine dönüşecektir.

Yapay Zeka: insan zekasına özgü olan algılama, öğrenme, düşünme, çıkarımda bulunma, fikir yürütme, problem çözme, iletişim kurma ve karar verme gibi bilişsel fonksiyonları yerine getirmesi beklenen bir işletim sistemi olarak tanımlanabilir (Göksungur, 2019). Yani kısaca makinelerin de insanlar gibi düşünme ve öğrenme yeteneğidir (Şekkeli ve Bakan, 2018: 24). Yapay zeka teorik anlamda farklı disiplinlerden beslenmekte olduğundan alt başlıklar açısından da çok geniş bir kapsama sahiptir. Fakat uygulama açısından bakılacak olursa yapay zeka günlük hayatta da bir çok yerde karşımıza çıkmaktadır. Örneğin Iphone telefonlarda bulunan Siri uygulaması ile bilgi arama, yön bulma, mesaj gönderme gibi birçok konuda işlem yapılabilir. Tesla ise gelişmiş tahmin ve tanıma, otomatik pilotta sürüş gibi seçenekleri yapay zeka yardımı ile yerine getirebilmektedir (Adams, 2017). İş dünyasında da rekabette öne geçebilmek, verimlilik ve doğru karar alma gibi nedenlerle yapay zeka kullanılmaktadır. Örneğin Google, DeepMind AI projesi ile yapay zekaya çubuklardan oluşan karakteri simülasyon ortamında bir noktadan diğer bir noktaya götürmesi komutu verilmiştir. Yapay zeka algoritmasına nasıl yürüyeceği, koşacağı ya da önündeki boşlukları, engelleri nasıl geçeceği ile ilgili bir şey öğretilmemesine rağmen bunları kendi kendine öğrendiği, hatalarından ders alarak istenen sonuca vardığı tespit edilmiştir (www.deepmind.com). IBM yapay zeka kullanan Watson Studio ile işletmelerin sahip oldukları verileri ve öngörülerini, iş süreçlerinde ve modern uygulamalarda kullanarak iş değerini optimize etmelerini mümkün kılmaktadır (www.ibm.com). Burada önemli olan konu, yapay zekanın günümüzde kullanılan otomasyon programlarından çok farklı olduğudur. Yapay zekayı farklılaştıran unsurun herhangi bir şeyi standart olarak tanımlamadan ya da öğretmeden, deneme yanılma, tecrübe gibi yöntemlerle kendi kendine öğrenme kapasitesinin olmasıdır.

Yapay zeka temel anlamda endüstri 4.0'ın diğer tüm alt bileşenlerini etkileşimli kullanan ve bunları işletme için yararlı bir veri haline sokan işleyen kendi kendine öğrenen ve deneyim sahibi olan bir bileşendir. Yapay zeka işletmelerde insan faktörü nedeniyle oluşan önyargılar, hatalar, hileler ve suistimaller ile ilgili riskleri başlangıç düzeyinde ortadan kaldırmaktadır. Bu anlamda işletmede iş akışları arasında değer yaratan ve yaratmayan faktörlerde dahil olmak üzere çok kısa bir sürede işletmenin tüm süreçlerini optimal hale getirecektir. Yapay zeka yukarıda açıklanan tüm sensörlerin etkileşimi ile stoklar, varlıkların değerlendirilmesi, üretim maliyetlerinin doğrudan hesaplanabilmesi, maliyet verimlilik ve maliyet minimizasyon çalışmalarının yapılması, muhasebe kayıtlarının otomatik olarak yapılması, bütçeleme, raporlama gibi birçok işlemi otomatik olarak yürüterek büyük veri ve buluttan aldığı verilerle ortaklara ve dış kullanıcılara detaylı raporlar hazırlama hatta işletmede karar almayı sağlayan bir alt bileşen olacaktır. Ayrıca, yapay zeka ile işletme içi video, ses, giriş yetkisi logları vb. verilerin anlamlı şekilde analiz edilerek kullanılması, işletmede hata ve hilelerin çok büyük oranda azaltılmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda oluşan muhasebe verilerinden hareketle iç denetim faaliyetleri de optimize bir şekilde sürdürülebilecektir. Bu noktada yapay zekanın işlediği muhasebe kayıtları, insan hatasını da engellemiş olacaktır. Bununla birlikte yapay zekanın kullandığı arayüzler, veri analizi programları gibi unsurların satın alınması ya da kullanım hakkının kiralanması, maddi olmayan duran varlıklar kaleminde artışa neden olacak ve bu da amortisman giderlerini arttıracaktır.

Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) ve Otonom Robotlar: CPS fiziksel varlıkların ve bilgisayar sistemlerinin koordineli ve interaktif olarak çalıştığı, sensörler kullanarak bilgi edinebilen, öğrenme yetileri olan, yeni bilgilere göre kendilerini otomatik olarak düzenleyebilen, diğer CPS'ler ile ve aynı zamanda insanlarla da iletişim kurabilen, veri gizliliği ve güvenliği yüksek ara yüzler ya da sistemler olarak tanımlanabilir (Broy vd., 2012: 1). CPS birçok alanda uygulanabilir. Toplu ulaşım sistemleri veya araçlardaki yolcuların güvenliğini izleme, ekim alanlarında optimizasyonu sağlayarak ilaç ve gübre gibi girdilerin azaltılması, üretim bantlarındaki sistemlerin akıllı ve etkin bir şekilde çalışması, otomatik uyarı sistemleri ile canlı hayvanları izleyerek yaralanma, sağlık gibi durumlarını izleme; deprem, yangın, volkan patlamaları gibi çevresel felaketlere ilişkin veriler toplayarak uyarı sistemleri için karar verme sistemlerine destek olma bunlara örnek olarak verilebilir (<http://www.cpse-labs.eu>). CPS sistemleri veri toplama, topladığı veriyi işleme, fiziksel çevresi ile etkileşimde bulunma ve insan-sistem işbirliği gibi konulara imkan vermesi açısından önem taşıyan bir yapıya sahiptir (Broy vd., 2012: 1).

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavamsal Bir İnceleme

Otonom robotlar ise bünyesinde bulunan gömülü donanım ve yazılımlar ile yapay zeka kullanabilen, karşılaştığı durumlarda farklı kararlar üretip bunların arasında en uygun olanını uygulayabilen, çevresinden veri toplayabilen, diğer akıllı nesneler ile iletişim kurabilen robotik sistemler olarak tanımlanmaktadır (Banger, 2017: 13). Farklı sektörlerde robotlar uzun zamandır operasyonel bazda kullanılmaktadır. Fakat otonom robotlar ile kastedilen yetkinliklerini geliştiren, esnek, birbirleri ile etkileşimleri üst seviyede, insanlar ile de çalışabilen ve öğrenme kabiliyetleri olan teknolojilerdir (TÜSİAD, 2016: 26). Üreticiler açısından gelecekte otonom robotların fabrika içinde herhangi bir noktada konumlanabilmeleri, kendi konumunu bilerek ve etrafı algılayarak otonom olarak hareket edebilmeleri, arıza durumlarında iş planı üretebilmeleri ve bir robotun arızalanması durumunda diğer bir robotun otomatik olarak yerini alabilmesi beklenmektedir (Yazıcı, 2016: 39). “Kukla” firması bir arada çalışabilen, sensörleri ve kontrol üniteleri sayesinde insanlarla işbirliği yapabilen ve üretim hattında bir sonraki ürün için iletişimde bulunarak davranışlarını ayarlayabilen otonom robotlar üretmektedir. Aynı şekilde “A38” firması ise “Yum” ismi ile ürettiği iki kollu ve sanal görüş yeteneği olan bir robot ile güvenli bir şekilde insanlarla etkileşime girip parçaları tanıyarak insanlarla ürün montajında beraber çalışabilmektedir (TÜSİAD, 2016: 26).

Karanlık fabrikaların örneklemesi yapıldığında insan gücüne ihtiyaç duymayan, aydınlatma ihtiyacı olmayan 24 saat kesintisiz üretim yapabilecek fabrikalar olduğu söylenebilir. Bu fabrikalarda üretim planlaması yapay zeka kullanılarak RFID/WSN gibi sistemler ile stoklarla etkileşime girecektir. Yani otomatik olarak ürün için gerekli olan madde ve malzemeler makinalara doğru robotik sistemlerle taşınacak, makinalar üretimi başlatacaktır. Eğer madde ve malzeme stoklarında bir eksiklik söz konusu ise yapay zeka sipariş işlemlerini verecek ve böylece işletmede üretim aksamadan tamamlanacaktır. Üretim aşamasından sonra ürünün depolanması ve müşteriye ulaştırılması yine yapay zekanın programlaması ve CPS ya da otonom robotların çevresi ile sürekli etkileşimde bulunarak taşınması, teslimatı ve anlık durum bilgisinin geri bildirimi gibi aşamalar otomatik yapılacaktır. Aynı zamanda tam zamanında üretim sisteminde diğer bir deyişle fazla stok bulundurmadan kaçınan sistemler söz konusu olacaktır. Tüm bu süreçte siber fiziksel sistemler ya da otonom robotlar çevresindekileri sensörler, örüntü tanıma ve yapay zeka gibi sistemlerle tanıyacak ve dolayısıyla çevresi ile nesnelerin interneti ile etkileşime geçebilecektir. Böylece bir işin yapılması sürecinde CPS ya da otonom robotlar bağımsız olarak tek bir işi yapabilecekleri gibi, aynı zamanda birbirleri ile ortaklaşa çalışarak da üretimi yapmaları söz konusu olabilecektir. Yukarıda anlatılanlara maliyet muhasebesi boyutunda bakıldığında öncelikli olarak direkt işçilik giderlerinin

ortadan kalkması söz konusudur. Onun yerine ise genel üretim giderlerinin artışı söz konusu olacaktır. Bunun yanında, işletmede birçok maliyet sisteminde yer alan teorik ve pratik kapasite arasındaki fark da ortadan kalkacaktır. Ancak böyle bir tesisin kurulmasının da yüksek yatırım maliyeti gerektirdiği aşikârdır. Bu noktada amortismanla dayalı genel üretim giderlerinin yüksek seviyede artarak devam edeceği söylenebilir.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstri 4.0 ile sadece teknolojik değişim ve gelişmeler kastedilirken, bu gelişmelerin sonucu taşıma etkisi yaparak iş yapış şekli, üretim biçimi, iletişim şekli gibi birçok alanı da dönüştürmektedir. Bu çalışmada ise kavramsal açıdan endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikler ile maliyetlerde ve maliyet muhasebesi üzerinde gerçekleşmesi tahmin edilen değişimler incelenmiştir. Buna göre endüstri 4.0'ın maliyetler ve maliyet muhasebesine etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Teknolojik değişimlerle birlikte Genel Üretim Giderlerinin büyük bir kısmı sabit hale dönüşecektir,
- Direkt İşçilik giderleri azalmakta ve Genel Üretim Giderleri ise artış göstermektedir,
- Maliyet muhasebesine yönelik insan gücüne ihtiyaç çok azalacak daha çok veri işleyebilen analistler ortaya çıkacaktır,
- Tasarım, üretim ve üretim sonrası tüm maliyetler minimize edilebilecektir,
- Maddi duran varlıklar kalemi ve özellikle maddi olmayan duran varlıklar kalemlerinde çok ciddi bir artış olacağından, bu kalemlerde yer alan tutarlar amortisman olarak hem üretim hem de dönem giderlerini kısa vadede artıracak fakat uzun vadede azaltacaktır,
- Teorik kapasite ve pratik kapasite anlayışı değişecek veya tamamen ortadan kalkacaktır,
- DİMM, endüstri 4.0 ile gelişimde yerini korumakla birlikte, geleneksel DİMM'nin yerine daha düşük maliyetli ve verimli nanoteknolojik DİMM'ler kullanılmaya başlanacaktır. Bu da direk ilk madde ve malzeme maliyetlerini düşürecek,
- Endüstri 4.0 dönüşümünde, kaizen, kaynak tüketim muhasebesi, tam zamanında üretim, hedef maliyet, ürün yaşam dönemi, demontaj analizi, tersine mühendislik gibi maliyet yöntemlerinin önemi artacaktır,

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine Kavramsal Bir İnceleme

- Fatura, fiş, bordro gibi fiziksel belgeler yerine elektronik belgeler veya dokümanlar kullanılacağından, üretim sistemlerinin de bu koşullara uygun yazılım ve programlarla donatılması gerekecektir,
- Üretim sürecindeki tüm kararların çok daha hızlı verilebilmesi mümkün olabilecektir,
- Üretim sürecinde ortaya çıkan arızaların sayısının azalması, bozulan parçaların 3D yazıcılarla hızlı bir şekilde üretimi, üretim verimliliğinde artış gibi birçok avantaj sağlayacaktır.

Tüm bu avantajlarına rağmen unutmamak gerekir ki tüm bu dönüşüm süreci ilk yatırım aşamasında oldukça yüksek bir maliyet gerektirmektedir. Fakat, bu yüksek yatırım maliyetleri orta ve uzun vadede verimliliğin artması sonucunda, yatırımcılar ve işletme açısından yatırımın geri dönüş süresi açısından çok daha hızlı olacaktır. Maliyet boyutunun yanında birçok işlemin online olarak gerçekleştirilecek olması nedeniyle hükümetlerin ödeme birimleri, sahipliğin el değiştirmesi, gizlilik, telif hakları gibi konularda var olan düzenlemelerin gözden geçirilmesi, olmayan düzenlemelerin ise yapılması gerekmektedir. Tüm bu bulgular ışığında belki muhasebe alanında uzmanlaşmış veri analistleri olacak mı, muhasebe mühendisliği ya da muhasebe veri analistliği diye bir bölüm açılacak mı? Muhasebe eğitimi gelecekte mühendislik fakültelerinin içinde yer alacak mı gibi konular akademik toplantılarda ve çalışmalarda tartışılmalıdır.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Adams, R. L. (2017). 10 Powerful Examples of Artificial Intelligence in Use Today. <https://www.forbes.com/sites/robertadams/2017/01/10/10-powerful-examples-of-artificial-intelligence-in-use-today/#394c3818420d> (Erişim Tarihi: 04.10.2019).
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2), 19-30.
- ATSO. (2017). Antalya Firmalarına Yönelik Endüstri 4.0 Durum Tespiti Ölçeğin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulama Projesi. <http://www.atso.org.tr/yukleme/dosya/00d72dbb10e71180bc5c962131ffb546.pdf> (Erişim Tarihi: 26.09.2019).
- Atzori, L., Iera, A. & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara: Dorlion Yayınları.

- Broy, M., Cengarle, M. V. & Geisberger, E. (2012). Cyber-Physical Systems: Imminent Challenges. *In Monterey workshop* (pp. 1-28). March 2018, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Can, A. V. & Kıymaz, M. (2016). Bilişim Teknolojilerinin Perakende Mağazacılık Sektörüne Yansımaları: Muhasebe Departmanlarında Endüstri 4.0 Etkisi. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. CİEP Özel Sayısı*, 107-117.
- Demirel, E., Alp, M., Taşdemir, M. & Torlak, S. (2018). Dijital Taylorizmin İnsan, Üretim ve Ekonomi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 5(18), 430-438.
- Doyduk, H. B. B. & Tiftik, C. (2017). Nesnelerin İnterneti: Kapsamı, Gelecek Yönelimi ve İş Fırsatları. *Third Sector Social Economic Review*, 52(3), 127-147.
- Erturan, İ. E. & Ergin, E. (2018). Muhasebe Mesleğinde Dijitalleşme: Endüstri 4.0 Etkisi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (72), 34-42.
- Fırat, S. Ü. & Fırat, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*, 114(2017), 10-23.
- Genç, S. (2018). Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye. *Sosyoekonomi*, 26(36), 235-243.
- Gilpin, L. (2014). 3D printing: 10 companies using it in ground-breaking ways. Hardware. <https://www.techrepublic.com/article/3d-printing-10-companies-using-it-in-ground-breaking-ways/> (Erişim Tarihi: 02.10.2019).
- Göksungur, A. E., (2019). Yapay Zeka. <http://www.goksungur.net/notlar/nisantasi/yapayzeka/Yapayzeka.pdf> (Erişim Tarihi: 04.10.2019).
- Kolberg, D. & Zühlke, D. (2015). Lean Automation Enabled By Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1870-1875.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, Investments, and Challenges for Enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431-440.
- Lom, M., Pribyl, O., & Svitek, M. (2016). Industry 4.0 As a Part of Smart Cities. *In May 2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP)* (pp. 1-6). IEEE.

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine
Kavamsal Bir İnceleme

- Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C. & Byers, A. H. (2011). Big Data: The Next Frontier For Innovation, Competition, and Productivity. https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/big%20data%20the%20next%20frontier%20for%20innovation/mgi_big_data_exec_summary.aspx adresinden 04.10.2019 tarihinde alınmıştır.
- Okutmuş, E. & Ergül, A. (2015). Konaklama İşletmelerinde Hedef Maliyetleme, Değer Analizi ve Kaizen Maliyetleme Yöntemlerinin Birlikte Uygulanabilirliğine İlişkin Bir Araştırma. *Journal of Accounting & Finance. Ocak*, 97-116.
- Öksüz, M. K., Öner, M. & Öner, S. C. (2017). Yalın Üretim Tekniklerinin Endüstri 4.0 Perspektifinden Değerlendirilmesi. 21-23 Eylül, 4. Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı. 1-9.
- Qin, J., Liu, Y. & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173-178.
- Reinsel, D., J. Gantz & J. Rydning. (2018). Data Age 2025: The Digitization of the World-From Edge to Core. IDC White Paper, <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf> (Erişim Tarihi: 04.10.2019).
- Roblek, V., Meško, M. & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *Sage Open*, 6(2), 1-11.
- Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J. Engel, P. & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 1-14.
- Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A. & Cevikcan, E. (2018). A Conceptual Framework for Industry 4.0. M. Ustundag, A. ve Cevikcan, E. (Ed.), *In Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* içinde (pp. 3-23). Cham, Springer.
- Scheuermann, C., Verclas, S. & Bruegge, B. (2015). Agile Factory-An Example of an Industry 4.0 Manufacturing Process. In *August, 2015 IEEE 3rd International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications*, 43-47.
- Schwab, K. (2016). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. (Çev: Zülfü Dicleli), İstanbul, Optimist.

- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 32, 43-57.
- Strange, R. & Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, Global Value Chains And International Business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184.
- Şekkeli, Z. H. & Bakan, İ. (2018). Endüstri 4.0'ın Etkisiyle Lojistik 4.0. *Journal of Life Economics*, 5(2), 17-36.
- TAYSAD. (2016). *Tasarım Teknoloji Tedarik dünyada ilk 10*. Sayı 88 Mart-Nisan. <http://www.taysadmag.com/uploads/tasarim-teknoloji-tedarik05072019091357.pdf> (Erişim Tarihi: 01.10.2019).
- TÜBİTAK. (2016). *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*. Bilim Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı. V.29.12.2016.
- TÜSİAD. (2016). *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*, Mart 2016, TÜSİAD-T/2016-03/576.
- Wisner, J. D., Tan, K. C. & Leong, G. K. (2014). *Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach*. Cengage Learning, Mason, Ohio.
- Yazıcı, A. (2016). Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar, Endüstri Mühendisliği, 459. http://www.emo.org.tr/ekler/91f2bb2a057879e_ek.pdf?dergi=1069 (Erişim Tarihi: 06.10.2019).
- Yelgen, E. (2016). *İşletme Birleşmeleri Ve Satın Alma İşlemlerinde Şirket Değerleme Yaklaşımlarının Etkinliğinin Karşılaştırmalı İncelenmesi: Konaklama Sektöründe Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2), 546-556.
- Yüksekbilgili, Z. & Çevik, G. Z. (2018). Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (FESA)*, 3(2), 422-436.

İnternet Kaynakları

- <https://www.businessinsider.com/3d-homes-that-take-24-hours-and-less-than-4000-to-print-2018-9> (Erişim Tarihi: 02.10.2019)
- <https://www.bostondynamics.com> (Erişim Tarihi: 01.10.2019)

Endüstri 4.0 Alt Bileşenleri Kapsamında Maliyet Muhasebesinin Geleceği Üzerine
Kavsamsal Bir İnceleme

<http://www.cpse-labs.eu/cps.php> (Erişim Tarihi:04.10.2019)

<https://deepmind.com/blog/article/producing-flexible-behaviours-simulated-environments> (Erişim Tarihi: 06.10.2019)

<https://www.endustri40.com/adidastan-speed-factory-tesisi/> (Erişim Tarihi: 01.10.2019)

<https://www.ibm.com/tr-tr/cloud/watson-studio> (Erişim Tarihi: 10.2019)

http://www.siemens.com.tr/web/1199-18813-1-1/siemens_turkiye_-_tr/siemens_turkiye/basin_bultenleri/bilim_sanayi_ve_teknoloji_bakani_fikri_isik_siemensin_ambergdeki_dijital_fabrikasini_ziyaret_etti (Erişim Tarihi: 02.10.2019)