

ENDÜSTRİ 4.0 VE TÜRKİYE KAMU SEKTÖRÜNDE ENDÜSTRİ 4.0 DÖNÜŞÜMÜ

Mahmut Sayar
Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme
Doktora Öğrencisi
mahmutsayar@hotmail.com

Hilmi Yüksel
Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü
Prof.Dr.
hilmi.yuksel@deu.edu.tr

Özet

Dünya, bilginin tüm ilişkileri ile gerçek zamanlı üretilip, diğer sistemler ile paylaşılabilirdiği, tüm sistemlerin kendi kararlarını otomatik bir şekilde verebildiği bunun yanında farklı sistemlerin birbirlerini uyarabildiği ve birbirlerinin aksaklıklarını düzeltebildiği bir sistem dönüşümüne doğru hızla ilerlemektedir. Endüstri 4.0 adı verilen bu akım sayesinde insan hayatı birçok noktada doğrudan etkilenecektir. Günlük hayata dair işleri, süreçleri, operasyonları, sistemleri düzenleyen ve yöneten kamu kurumlarının gerekli teknolojik altyapıyı sağlayarak, performans ve verimlilik artışı elde etmeleri; daha refah ve daha medeni bir toplumun oluşmasında çok önemli katkılar sağlayacaktır. Endüstri 4.0 dönüşümü sayesinde Türkiye kamu ve özel sektör sistemlerinde devlet yönetim etkinliği ve kurumlardan alınan hizmetin kalite düzeyi artacaktır. Devlet harcamaları azalır; ülkemiz dünya rekabet ortamında üst düzey konuma ulaşabilecektir. Bu çalışmada günümüzde dünya rekabet ortamında zirveyi yakalayabilmek için gerekli olan Endüstri 4.0 ve bileşenleri hakkında literatür araştırması yapılmış olup; Türkiye kamu kurumlarının Endüstri 4.0 dönüşümü sonucu elde edilecek kazanımlar hakkında tespitler yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Türkiye Kamu Sektörü, Kalite

Alan Tanımı: Endüstri Mühendisliği, İşletme (Üretim ve Hizmet Yönetimi)

INDUSTRY 4.0 AND TRANSFORMATION OF INDUSTRY 4.0 IN THE TURKEY PUBLIC SECTOR

Absract

The world is moving rapidly towards a cosmos that information is generated in real time and shared with other systems, all systems are able to make their own decisions automatically, different systems are able to stimulate each other, and different systems can correct each other's mistakes. Thanks to this trend, which is called Industry 4.0, human life will be directly affected in many directions. Public institutions that regulate and manage daily life's work, processes, operations, and systems will provide the necessary technological infrastructure to achieve performance and productivity gains, which will make a significant contribution to the formation of a more prosperous and civilized society. With the transformation of the Industry 4.0, the state management efficiency and the quality level of the service received from the institutions will increase in the public and private sector systems of Turkey. As a result, state expenditures will decrease and our country will be able to reach a top position in the world competitive environment. In this study, a literature search of Industry 4.0 and its components, which are necessary to survive in the world competitive environment and information on the gains of Turkish public institutions through the integration of Industry 4.0 was given.

Keywords: Industry 4.0, Turkey Public Sector, Quality

Area: Industrial Engineering, Business Administration (Production and Service Management)

JEL Code: C00, M00, O00, P00, Q00, R00

1. GİRİŞ

Kamu kurumları ait olduğu ülkenin mevcut durumu ile dünya pazarının durumunu değerlendirip; bilgiye dayalı strateji ve politikaların belirlemesi amacıyla sektörlerden ve piyasalardan çok çeşitli verileri elde etmelidir. Taleplerdeki çeşitliliğin ve değişimin giderek arttığı, üretilen veri miktarlarının yüksek boyutlarda olduğu günümüzde; toplanan bu verilerin anlamlandırılması, büyük verilerde saklı olan katma değerli kısımların ortaya çıkarılması yeni stratejilerin oluşturulması açısından yüksek önem arz etmektedir. Yakın zamanda dünya ekonomisi büyük veri (big data) analitiği, bulut teknolojileri ve yapay zekâ uygulamaları ile farklı bir boyuta ulaşmıştır. Yeni sistemde ekonominin temelini

teknoloji değiştirmektedir. Literatürde akıllı şehirler, akıllı fabrikalar, akıllı sağlık, akıllı enerji, akıllı evler, akıllı kurumlar ve akıllı belediyeler gibi birçok yeni kavram yerini almıştır.

Endüstri 4.0 ile maliyet ve zaman tasarrufu sağlayan operasyon süreci, artan üretim hızı, geliştirilmiş üretkenlik, yüksek doğruluk ve kalite, kırtasiye işlemlerinden arınma, iş süreçlerini gerçek zamanlı iyileştirme, makinelerin arıza-bakım süresini ve ihtiyacını azaltma, tahmine dayalı operasyon ve bakım planlaması, verimlilik artışları gibi avantajlar elde edilmektedir. Geleceğin dünyasını her yönüyle şekillendirecek olan Endüstri 4.0 ile milyonlarca makina, eşya, nesnenin internete bağlanma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Mevcut durumda bu ihtiyaç ithalat yolu ile giderilecektir.

2. Endüstri 4.0 ve Bileşenleri

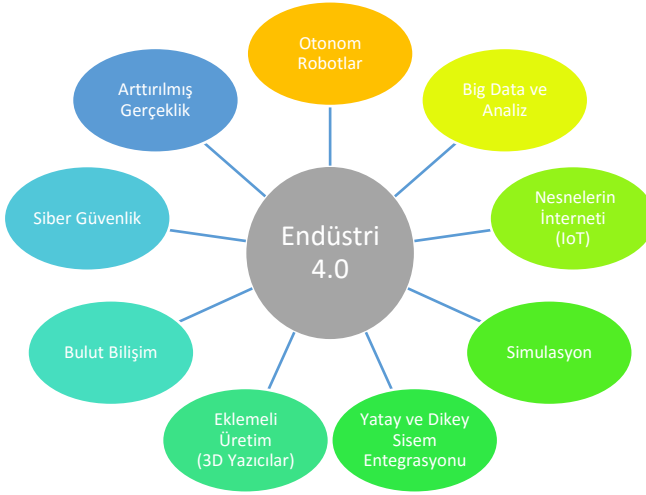
Endüstri 4.0 akıllı ürünler, prosedürler ve süreçlerin oluşturulmasına odaklanmaktadır. İlk kez 2011' de Hannover Fuarı'nda tanıtım sunumu yapılan Endüstri 4.0'ın ilk uygulamalarına Nisan 2013' te başlanmıştır (MacDougall 2014: 24). Endüstri 4.0 tasarım yeniliklerini, yeni ürünleri pazara daha hızlı sunmak ve bireysel müşteri isteklerini tatmin etmek için girişimlerde bulunan akıllı üretim ve sanayi bileşenlerini bir araya getirerek üretim şekillerini kitlesellikten bireyselleştirilmiş dönüşürmeyi hedeflemektedir (Pisching et al. 2015: 65). Dördüncü sanayi devrimi birçok üretim faaliyetinin kapsamlı dijital dönüşümünü içermektedir. Bu devrim, maliyetlerin kontrolü, arıza sürelerinin azaltılması ve arızaların önlenmesi için sistem performansını gerçek zamanlı olarak izleyebilen, yeni nesil, akıllı, birbirine bağlı ve birlikte çalışabilen üretim sistemlerini oluşturmak için üretim faaliyetlerini üst seviyelere taşımaktadır (Foresight, 2013: 58), (Giannetti and Ransing 2016: 70). Yeni üretim sistemleri, ağ bağlantılarıyla birlikte çalışabilen ve karmaşık akıllı fabrika ortamlarında insanlarla etkileşim kurabilen siber-fiziksel sistemler ile kurgulanacaktır. Bu sistemler, üretim süreçlerini daha etkin bir şekilde yönetmek ve artan karlılık ve enerji verimliliği ile özelleştirilmiş ürünlerin üretilmesini sağlamak için veri ve tahminsel analizi kapsamlı şekilde kullanacaktır (Schlaepfer, Koch, and Merkhofer 2015: 6). Yeni nesil üretim sistemleri, süreç verilerinden yeni bilgi oluşturma ve gerçek zamanlı karar verme ile mevcut sürekli iyileştirme yeteneklerini üst seviyelere çıkarmaktadır (Giannetti and Ransing 2016: 70).

Endüstri 4.0' ın temeli dikey ve yatay değer zincirlerinin dijitalleşmesi ve entegrasyonu, ürün ve hizmetlerin dijitalleşmesi ve yenilikçi işletme modellerinin sunulması olmak üzere üç unsura dayanmaktadır (Gilchrist 2016: 197).

Endüstri 4.0' ın gerçekleşmesi için nesnelerin, sensörlerin ve sistemi hareket ettiren bileşenlerin sürekli iletişim halinde olması ve gerçek zamanlı veri alışverişinde bulunması gerekmektedir (Lasi et al. 2014: 240). Bu görevler siber-fiziksel sistem (Cyber-Physical Systems-CPS) ve nesnelerin interneti (Internet of Things-IoT) ile gerçekleştirilmektedir (Pisching et al. 2015: 65). CPS hesaplama teknolojilerinin fiziksel süreçlerle bütünleştirilmesiyle ilgili olup; gömülü sistemler ile fiziksel ortamdan oluşan ve her zaman her yerde bilgi sağlayan bilgi işleminin beklendiği bir yapıya dayanmaktadır (Pisching et al. 2015: 67). Endüstri 4.0' ın siber-fiziksel sistemlerinin, büyük miktarda işlem verilerini üretmeleri ve bu verilerin, bilginin ve aklın üretim endüstrisinde kullanılmasıyla bir devrime yol açacağı beklenmektedir (Giannetti and Ransing 2016: 70).

Endüstri 4.0 dönüşümünde, sensörler, makineler, iş parçaları ve IT sistemleri değer zinciri boyunca tek bir işletmenin ötesine bağlanmaktadır. Siber-fiziksel sistemler, standart internet protokollerini kullanarak birbirleriyle etkileşim kurabilmekte; hataları tahmin etmek, kendilerini yapılandırmak ve değişikliklere uyum sağlamak için verileri analiz edebilmektedirler. Endüstri 4.0, makineler arasında veri toplayıp analiz etmeyi mümkün kılarak daha düşük maliyetlerle daha kaliteli ürün üretmek için daha hızlı, daha esnek ve verimli süreçleri sağlamaktadır. Bu katkısı ile üretim verimliliğini ve ekonomiyi değiştirecek; endüstriyel büyümeyi teşvik edecek ve işgücünün profilini değiştirecektir (Rüßmann et al. 2015: 1). Endüstri 4.0, geleneksel endüstrilerin güçlü yanlarını en ileri internet teknolojileri ile birleştirmektedir. Akıllı ürünlerin iç içe geçmiş dijital ve fiziksel süreçlerle entegrasyonunu sağlayan teknolojileri bünyesinde barındırmaktadır (Schmidt et al. 2015: 16). Endüstri 4.0'ın vizyonu, nesnelerin internetini hayata geçirmek ve fabrika bağlamında üretim sistemlerini yüksek seviyede esneklik ve adaptasyona kavuşturmadır (Weyer et al. 2015: 579). Siber fiziksel sistem bağımsız bir şekilde bilgi alışverişi yapan, eylemleri tetikleyen ve birbirlerini denetleyen bileşenlerden oluşmaktadır. Fabrika otomasyonuna dair beklenti, dinamik yeniden mühendislik süreçlerine olanak tanıyan; kesintilere ve arızalara esnek bir şekilde cevap vermeyi sağlayan akıllı fabrika ağlarına geçilmesidir (Weyer et al. 2015: 580).

Endüstri 4.0' in bileşenlerinden olan akıllı ürün, iş parçasının rolünün sistemin aktif bir bölümüne genişletilmesidir. Ürünler, operasyonel verilerinin ve gereksinimlerinin kendi bünyelerinde kaydedildiği bellekleri sayesinde, gerekli kaynakları talep etmekte ve üretim işlemlerini tamamlaması için operasyonları etkin bir şekilde yönlendirmektedir (Loskyll et al. 2012: 737). Akıllı makine kavramı, makinelerin siber-fiziksel üretim sistemleri haline gelme sürecini tanımlamaktadır (Zamfirescu et al. 2014: 4346). Açık ağlarla, diğer saha cihazlarıyla, üretim modülleri ve ürünlerle iletişim kurabilen yerel kontrol zekalı otomatik bileşenler tanımlanmaktadır. Makinalar üretim ağında kendiliğinden organize olduklarında, üretim hatları çok esnek ve modüler hale gelip; en küçük parti büyüklükleri dahi ekonomik bir şekilde üretilebilecektir. Ayrıca, siber-fiziksel sistem tabanlı bir modüler üretim hatları kolay entegrasyona veya yeni imalat birimlerinin değiştirilmesine olanak tanıyacaktır. Artırılmış (augmented) operatör, modüler üretim sistemlerinin zorlu ortamlarında çalışan operatörlerin teknolojik desteğini hedeflemektedir. Endüstri 4.0' da çalışan operatörler, gittikçe zorlaşan çalışma ortamına azami ölçüde uyum sağlayabilen Endüstri 4.0'ın en esnek bileşenleri olarak kabul edilmektedir (Weyer et al. 2015: 580). Teknolojik gelişmeler endüstriyel üretkenliğin yükselişlerine neden olmaktadır. Endüstri 4.0 olarak bilinen yeni dijital endüstriyel teknolojinin yükselişi, dokuz temel teknolojinin ilerlemesi ile desteklenmektedir (Rüßmann et al. 2015: 1).



Kaynak: Rüßmann et al. 2015: 2

- **Büyük Veri ve Analiz (Big Data and Analytics)** : Sistematik analizlerin yapılması; ürün kalitesinin optimizasyonundan, enerji verimliliğine, makine ve araç gereçlerin verimli kullanılmasından, servis hizmetlerinin geliştirilmesine kadar birçok açıdan önemlidir. Endüstri 4.0'da gerçek zamanlı etkileşim ve karar için farklı kaynaklardan gelen veriler toplanıp; kapsamlı bir şekilde değerlendirilmektedir. Üretim ekipmanları, sistemleri, müşteri yönetim sistemleri standart hale getirilmektedir (Rüßmann et al. 2015: 2-3). Elektronik cihazların giderek artan kullanımı ile büyük verinin (big data) önemi giderek artmaktadır (Zhong et al. 2015: 260). Büyük veri, çok büyük ve karmaşık olan, geleneksel hesaplama uygulamaları kullanılarak işlem yapmanın zor olduğu büyük veri kümelerini ifade etmektedir (Zhong et al. 2015: 262). Üretim süreçlerinde büyük veri (big data) döneminden önce, veri madenciliği teknikleri yaygın şekilde kullanılmaktadır. Veri madenciliğinin etkinliğinin artırılması amacıyla, istatistiksel, sinir ağları, karar ağaçları ve genetik algoritma tekniklerinden faydalanılmaktadır (Shahbaz et al. 2010: 999). Büyük veri kavramı önemli bir kurumsal güç parametresi olup; katma değer elde etmek için çeşitli kaynaklardan çok miktarda üretilen ve yığın halinde olan verilerin edinilmesi, depolanması ve analiz edilmesi için daha fazla özellik sunan yeni bir işletme sistemi veya platformdur. Büyük veriyi oluşturan verilerin büyük kısmı, gömülü sensörler, akıllı telefonlar, bilgisayar sistemleri ve bilgisayarlı aygıtlar da dahil olmak üzere endüstriyel girişim ve

tedarik zinciri ağlarının çevresindeki çeşitli aygıtlardan elde edilmektedir. Bunun yanında büyük verinin performansı konusunda bazı kısıtlar bulunmaktadır (Addo-Tenkorang and Helo 2016: 528). Büyük veriler ile geleneksel veri kümeleri kıyaslanırken, daha çok gerçek zamanlı analiz gerektiren yapılandırılmamış veri yığınları ile karşılaşmaktadır (Chen, Mao, and Liu 2014: 1). Büyük veri, yeni fırsatların yakalanması ve stratejik kararların alınmasında henüz anlamlandırılmamış yığın şekilde saklı olan verileri ortaya çıkarmaktadır. Ülkelerin bakanlıkları, kamu kurum ve kuruluşları da son zamanlarda büyük verilere yoğun bir şekilde ilgi duymaktadır. (Addo-Tenkorang and Helo 2016: 529). Büyük veri analizi, veri-bilgi değişikliklerinin sürekli olarak gerçekleştiği gerçek zamanlı veya depolanan verilerin-bilgilerin sabit bir şekilde değişmediği; ancak analiz sonuçlarının çok kısa sürede elde edilebileceği çevrimdışı bir analiz olarak tanımlanabilmektedir (Addo-Tenkorang and Helo 2016: 533). Hizmet ve üretim sektörleri giderek artan veri yığınlarını oluşturmaktadır. Mobil cihazlar, havadan duyuşal teknikler, kameralar, mikrofonlar, nesnelerin interneti teknolojileri ve kablosuz sensör ağları gibi bilgi teknolojileri ile bu veriler gerçek zamanlı ve sürekli bir şekilde toplanmaktadır (Dimakopoulou, Pramatarı, and Tsekrekos 2014: 191), (Zhong et al. 2016: 572). Büyük verilerin özellikleri hacim, hız, çeşitlilik, doğrulama ve değer olarak sıralanabilmektedir (Huang, Zhong, and Tsui 2015: 172). Hız, veri toplama, veri aktarım güvenilirliği, veri saklama kapasitesinin etkinliği, faydalı bilgilerin keşfedilmesi için madencilik hızının yanı sıra; ilgili karar verme modelleri ve algoritmalara dayanmaktadır. Büyük veri yığınlarındaki veriler genellikle kaynakların çeşitliliği ve heterojen formatların varlığı nedeniyle değişkendir. Çeşitli verileri standart formatlara dönüştürmek genel ve karmaşık bir dili gerektirmektedir. Büyük verilerde yüksek miktarlarda kötü yani değer katmayan veri bulunmaktadır. İyi verilerin seçilebilmesi için veriler üzerinde doğrulama gerekmektedir. Doğrulama genellikle belirli makamlar ve güvenlik seviyeleri kontrolünde yürütülmelidir. Kalite ve uyumluluk özelliklerini otomatik olarak doğrulayan araçların kullanılması önemlidir. Büyük veriden değerli sonuçlar elde etme, sektörlerdeki değerlendirmeler, menfaatler ve iş süreçleri üzerindeki etkileri inceleme gerekliliğinden zor bir işlemdir. Raporların, istatistiklerin ve kararların değerlerinin mikro ve makro yönlerdeki büyük etkileri nedeniyle ölçülmesi oldukça zordur (Zhong et al. 2016: 573).

- **Otonom Robotlar (Autonomous Robots)** : Robotlar, Endüstri 4.0'da üretimde en aktif rolü üstlenmesi beklenen araçlardandır. Robotlara daha esnek görevlerin yüklenmesi arzulanıldığından; robotlar her geçen gün daha otonom ve daha işbirlikçi olmalıdırlar. Robotların birbirleriyle etkileşim halinde olmaları ve insanlarla yan yana güven içinde çalışmaları beklenmektedir. Robotlar sayesinde ilerleyen zamanlarda üretim maliyetleri azalacak ve üretim yetenekleri daha geniş bir yelpazede olacaktır (Rüßmann et al. 2015: 3). Otonom karar verme ve birimler arasındaki işbirliği yüksek esnekliği beraberinde getirmektedir (Wang et al. 2016: 158).
- **Simülasyon (Simulation)** : Endüstri 4.0 ile simülasyonların, operasyonlarının değişmez bir parçası olmaları beklenmektedir. Simülasyonlar üretimde fiziksel dünyayı sanal ortamlarda sunmaktadır. Simülasyonlar sayesinde, makina ayarları, makina kurulumları, üretim araç ve gereçlerinin yerleşimleri, sanal olarak test ve optimize edilebilmektedir (Rüßmann et al. 2015: 3).
- **Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu (Horizontal and Vertical System Integration)** : Endüstri 4.0 ile şirketler, bölümler, fonksiyonlar ve kapasiteler çapraz şirketlerle, evrensel veri ağlarıyla ve makine odaklı değer zincirleri ile etkinleştirilerek daha uyumlu hale gelecektir (Rüßmann et al. 2015: 3-4). Değer ağları boyunca yatay entegrasyon hem işletme içerisindeki hem de farklı işletmeler arasındaki malzeme, enerji ve bilgi alışverişini içeren üretim aşamaları ile iş planlama süreçlerinin farklı aşamalarında kullanılan farklı IT sistemlerinin entegrasyonudur. Değer ağları boyunca dikey entegrasyon ise baştan sona çözüm sağlamada işletmenin tüm farklı hiyerarşik düzeylerindeki çeşitli IT sistemlerinin entegrasyonudur (Bartodziej 2016: 36).
- **Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (The Industrial Internet of Things-IoT):** Günümüzde az sayıda üretim tesisinde makineler ve sensörler gömülü bir sistem oluşturmak amacıyla birbirleriyle bağlantılıdır. Endüstriyel nesnelerin interneti ile birlikte daha fazla üretim aracı hem dikey hem de yatay biçimde birbirine bağlanacak ve gerçek zamanlı etkileşim halinde olacaktır (Rüßmann et al. 2015: 4). Nesnelerin interneti (IoT), fiziksel nesnelere internete bağlayan, nesnelerin bilgi toplayıp birbirleri ile veri transferini sağlayan ve her yeri saran bir ağ olarak tanımlanmaktadır. (Trappey et al.: 1). Endüstri 4.0, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve büyük veri (big data) gibi teknik ve teknolojileri kullanarak taktik zekâ unsuru ile imalat yapmayı sağlamaktadır. Taktik zekâ, değişen faktörleri dikkate alarak hedefe nasıl ulaşacağımızı açıklamaktadır. IoT, tüketiciler tarafından kullanılırken; ayrıca siber ve fiziksel elemanlara

etkin şekilde bağlı olan üreticiler tarafından kullanılmaktadır (Trappey et al.: 2). Nesnelerin interneti fiziksel nesnelerin tanımlanmasını, sayısallaştırılmasını ve kontrol edilmesini kolaylaştırmaktadır (Rosemann 2013: 1). RFID sensörleri vasıtasıyla endüstriyel nesnelerin veya ürünlerin güçlü entegrasyon ağı oluşturmaya; bu nesnelere-ürünlerden gelen sinyallerin algılanmasına, gelen veri akışlarının analiz edilmesine ve bu nesnelerin-ürünlerin uzaktan denetlenmesine olanak tanımaktadır (Zhong et al. 2015: 260). Hastalarını uzaktan izleyen sağlık sektörü, enerji sektöründeki akıllı sayaçlar ve imalat sektöründe öngörülü bakım gibi örnekler bulunmaktadır (Kees et al. 2015: 3). 2020 yılına kadar 300 milyar doları aşan yeni pazar fırsatları oluşturacak 26 milyar akıllı nesnenin olacağı beklenmektedir (Gartner 2013: 1). Farklı alanlarda akıllı nesnelere, operasyonlar, tasarım, üretim ve imalat, çevre, coğrafi, astronomik ve lojistik veriler gibi çok miktarda veriyi toplamaktadır (Addo-Tenkorang and Helo 2016: 535). IoT ürünlerin, hizmetlerin, müşteri deneyiminin ve güvenliğinin iyileştirilmesine doğrudan katkıda bulunabilmektedir. RFIDS gibi ağ algılayıcıları, çeşitli elektronik cihazlara ve/veya makinelere gerçek zamanlı olarak veri veya bilgi alışverişi yapmak üzere entegre edildiğinde, geleneksel ticari-müşteri etkileşimlerini, daha önce tasarlanmayan bir biçimde dönüştürme potansiyeline sahiptir ((Kees et al. 2015: 1), (Addo-Tenkorang and Helo 2016: 536) ve (Zhong et al. 2015: 260))

- **Siber Güvenlik (Cybersecurity)** : Endüstri 4.0 ile gelen bağlantı ve iletişim protokolleri ile birlikte artacak siber tehditlere karşı kritik sistemlerin ve üretim hatlarının güvenliği çok önemlidir. Güvenlik sağlanırken makinelerin ve kullanıcıların; erişim yönetimleri, gelişmiş kimlik güvenlikleri, haberleşme sistemleri esas alınmaktadır (Rüßmann et al. 2015: 4).
- **Bulut Bilişim (The Cloud)**: Endüstri 4.0 ile veri transferi yoğunluğunun artması, çapraz tesislerde ve şirket sınırlarında daha fazla veri paylaşımı gerektirecektir. Bulut teknolojilerinin performansı, birkaç milisaniyelik bir reaksiyon süresine ulaşarak gelişecektir. Makina verileri ve işlevselliğinin paylaşımı, bulut üzerinden yaygınlaşacak ve üretim sistemleri için daha fazla veriye dayalı hizmet sağlanacaktır. Bunun yanında süreçleri izleyen ve denetleyen sistemler de bulut tabanlı olacaktır (Rüßmann et al. 2015: 4).
- **Ekleme Üretim (Additive Manufacturing)**: Geleneksel tahribatlı üretim tekniklerine benzemeyen ve üretim proseslerine yön verecek olan eklemeli üretimin sadece parça üretmek için değil; organik ürünlerin üretilmesi için de

kullanılacağı öngörülmektedir. Endüstri 4.0 ile işletmeler 3D yazıcıların kullanımını gibi eklemeli üretim araçları ile adapte şekilde çalışacaktır. Eklemeli üretim yöntemleriyle karmaşık ya da hafif tasarımlı gibi özelleşmiş ürünlerin küçük partileri kolaylıkla üretilebilecektir (Rüßmann et al. 2015: 4-5).

- **Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality):** Sanal dünyada, operatörler bir siber butona tıklayarak makineleri ile etkileşime girebilecek ve parametrelerini değiştirebilecektir. Operasyonel veriler ve bakım talimatlarını almak mümkün olacaktır. Bu avantajlardan dolayı; şirketler karar verme ve iş prosedürlerinin geliştirmek için artırılmış gerçekliği kullanacaklardır (Rüßmann et al. 2015: 5).

3. Türkiye Kamu Sektöründe Endüstri 4.0

Kamu ve özel sektör sistemlerinde verilerin toplanması, analizi ve ilgili operasyonların gerçekleştirilmesi gerçek zamanlı yapılmadığında; etkin sonuçlar alınamamaktadır. Verilerle ilgili işlemler yapılırken; daha çok günlük ve plansız davranılması, kurumsal hafızanın oluşturulması için gereken altyapının yetersiz olması, sistem simülasyonu tekniklerinin kullanımının düşük olması ve mevcut çıktıların sürekli iyileştirme için yeterli düzeyde kullanılmaması sonucunda bu verilerden ülke adına kısa, orta ve uzun dönem stratejiler bağlamında istenilen düzeyde verim alınamamaktadır. Bu durum kamudan toplanan vergilerle fonlanan devlet harcamalarına istenmeyen ve fark edilmeyen çok ağır yükler yüklemektedir. Özellikle sağlık, savunma ve enerji gibi devlet harcamalarının üst seviyelerde olduğu alanlarında yapılabilecek etkin iyileştirmeler ve entegre edilebilecek etkin sistemler ile ülkemiz; kaynaklarını daha verimli bir şekilde kullanabilecektir. Türkiye kamu kurumlarındaki iyileştirme çalışmaları genellikle departman veya iş bazında yapılmaktadır. Bunun yanında yapılacak olan değişiklikler simülasyon teknikleri ile sanal ortamda test edilmeden gerçek hayatta uygulamaya geçirilmektedir (Sayar and Güneş 2015: 562). Bu değişikliklerin etkileri ve sonuçları genellikle deneme yanılma tekniği ile izlenmektedir. Sonuç olarak herhangi bir değişiklikte meydana gelebilecek aksaklıklar bireyleri doğrudan etkilerken; kamudan alınan hizmetlerden duyulan memnuniyeti azaltmaktadır.

Endüstri 4.0, insanlar, sistemler, işler, fonksiyonlar, tedarikçiler, müşteriler ve diğer tüm paydaşların aynı havuzda bir araya getirildiği ve paydaşlar arasındaki tüm ilişkilerin yapay zeka ve algoritmalar ile otomatikleştirildiği yapıdır. Endüstri

4.0 sayesinde kamu kurumlarında kaynakların verimli kullanılması, israfların azalması, süreç değişkenliklerinin, üretilen ürün veya hizmet kalitesindeki negatif sapmaların azalması ve tüm bunlar yapılırken sistemin otonom bir şekilde gerçek zamanlı müdahalelerde bulunması sağlanacaktır. Kamu kurumlarında Endüstri 4.0 dönüşümü sayesinde devlet harcamalarının, cari açığın ve kamudan toplanan vergilerin azalması beklenirken; devlet yatırımlarının, yeni iş-istihdam olanaklarının, devletin AR-GE fon kaynaklarının ve kamu kurumlarından alınan hizmetlerden duyulan memnuniyetin artması sağlanacaktır.

3.1. Endüstri 4.0 ve Sağlık Sektörü

Sağlık sektöründeki dönüşüm hem insan hayatı hem de sektördeki maliyetlerin fazlalığı bakımından ülkemiz adına büyük önem taşımaktadır. Hayat kurtarma ve erken teşhis-tedavi bakımından saniyelerin bile önemi büyüktür (Sayar and Güneş 2015: 564). Sağlık sektöründe Endüstri 4.0 ile yüksek öngörülü hızlı teşhis, tedavi ve müdahale yeteneği gelişecektir. Bireylerin sağlık veri tabanları ve sisteme gömülü algoritmalar sayesinde çeşitli hastalıklara yakalanma risk durumları önceden tahmin edilerek; hastalığa yakalanmadan ilgili tedbirler alınabilecektir. Yapay zekâ ve algoritmalar sayesinde sağlık personeli yönlendirilip; yanlış teşhis ve tedavilerin önüne geçilecektir. Böylece tanı-teşhis-tedavi süreçlerinde meydana gelebilecek hatalar minimize edilebilecektir. İlaç kullanım şekli ve miktarı her hastanın bireysel tüm özellikleri dikkate alınarak optimum şekilde düzenlenecektir. Böylece hem yanlış ve aşırı dozda ilaç kullanımı önlenecek; hem de ilaç israfının önüne geçilerek ülkemizin ilaç ithalat harcamaları azaltılacaktır. Giyilebilir cihazlar veya akıllı telefonlar ile kişiler anlık olarak sağlık kuruluşları tarafından izlenerek; risk seviyeleri yükselmeden erken müdahalelerde bulunulabilecektir. Bireylerin yaşam süreleri ve yaşam kaliteleri artarken devlet harcamaları azalacaktır.

3.2. Endüstri 4.0 ve Enerji Sektörü

Enerji sektörü sanayi devrimi ile birlikte çok büyük ve karmaşık bir sistem haline dönüşmüştür. Sistemin karmaşıklığının ve kontrolünün zorluğu gün geçtikçe artmaktadır. Enerji sektörü tüm sektörleri direk olarak etkilediğinden; sistemin devamlılığının ve güvenliğinin etkin bir şekilde sağlanması ülkeler

açısından kritiktir. Sistem sürekliliğinin devamı, dağıtım ağlarındaki kayıpların minimizasyonu, güvenliğin ve arz-talep dengesinin sağlanması gibi birçok nedenden dolayı üretim ve dağıtım şebekelerinin her türlü operasyon ve kontrol süreçlerinin otonom bir şekilde yönetilmelidir. Bu durum, Endüstri 4.0'a yatırım yapılması konusunda tetikleyici bir güçtür. Enerji sektöründe üretim, iletim, dağıtım, satış, ticaret ve tüketim arasında gerçek zamanlı veri transferleri ile gerçekleştirilen operasyonlar; sensör tabanlı haberleşme, algoritma ve yapay zekaya dayalı karar altyapısı ile oluşturulan otonom sistemler ile günden güne gelişmektedir. Endüstri 4.0 ile enerji sektörü, gerçek hayattaki dinamik koşullara göre kararını kendisi verecektir. Böylece kayıplar ve yük dengesizlikleri otomatik olarak en aza indirilecektir. Arz yetersizliği kaynaklı kesintiler ile iletim ve dağıtım şebekeleri arızaları kaynaklı kesintiler önceden tahmin edilebilir önlemler alınabilecektir. Yeni iletim-dağıtım şebekeleri ile enerji depolama tesisleri şebeke özellikleri, coğrafi ve yerleşim bilgilerine göre optimum şekilde tasarlanıp, kayıplar minimize edilecektir. Endüstri 4.0'ı oluşturan akıllı şebekeler sayesinde bireysel kullanımın en yoğun olduğu zamanlarda bile tasarruf sağlanabilmektedir. Simulasyon ve tahmin teknikleri ile senaryolar ve eylem planları önceden belirlenmelidir. Ülkemizde enerji sektöründe Endüstri 4.0 yatırımlarına, sisteme bireysel kullanıcılar da dahil edilerek bir an önce başlanmalıdır.

3.3. Endüstri 4.0 ve Ulaştırma Sektörü

Petrol ithal eden bir ülke olan Türkiye ulaştırma sektöründe Endüstri 4.0 sayesinde, yakıt tüketim miktarlarında tasarruflar elde edebilecektir. Yol durum bilgilerinin taşıtlara gerçek zamanlı iletilmesiyle duruşların ve beklemlerin azaltılması sağlanarak yakıt israflarının önüne geçilebilecektir. Bekleyen ortalama araç sayıları ve acil durum önceliğine sahip taşıtlar (ambulans, itfaiye, güvenlik görevlisi araçları) dikkate alınarak yapay zekâ sayesinde kavşaklarda taşıtları en kısa süre bekletecek şekilde yönlendirmeler otomatik olarak yapılabilecektir. Yol durumu, hava şartları, araç özellikleri, takip mesafesi ve aynı yolu kullanan taşıtların birbirleriyle paylaştığı veriler ile yapay zekâ ve algoritmalar sayesinde araçların o andaki maksimum hız seviyeleri belirlenebilir; taşıtların süratleri ve yönlendirilmeleri otomatik şekilde sistem tarafından yapılabilecektir. Böylece kazalar azaltılabilecektir. Ayrıca insansız araç sistemleri ile varılmak istenen konumlara sistem tarafından sorunsuz bir şekilde ulaşım sağlanabilecektir.

3.4. Endüstri 4.0 ve Resmî Kurumlar-Belediyeler

Endüstri 4.0'ın resmî kurumlarda entegrasyonu ile göz taraması, parmak izi ve ses tanıma gibi güçlü ve çok boyutlu bir sistemle yapılan kimlik doğrulamasından sonra onay verilen kuruma onay verilen resmi veriler hükümet sistemi tarafından sağlanacaktır. Belge ulaştırma, imza, noter vb. tüm işlemler otomatik şekilde gerçekleştirilebilecektir. Kamu kurumlarının resmi işlem yükü en aza indirilip hem vatandaş memnuniyeti artırılacak hem de kamu kurumlarının bütçeye olan personel ve belge yükü azaltılmış olacaktır. Devlet-diğer devlet, devlet-vatandaş, vatandaş-vatandaş gibi birbiriyle ilişkili tüm gruplar arasındaki vergiler, ödemeler, borçlar, alacaklar, sorumluluklar otomatik şekilde giderilmeye çalışılacaktır. Su kesintileri, temizlik, ilaçlama bilgileri, belediyecilik hizmetleri, yol bakım çalışmaları ve bakım-arıza bildirimlerinin tamamı bu hizmetlerden etkilenen tüm paydaşlara, cihazlara ve diğer otonom sistemlere gerçek zamanlı iletilerek bireylerin mağduriyetlerinin önüne geçilecektir.

4. Sonuç

Türkiye'deki bakanlıklar, kamu kurum ve kuruluşlar bünyesinde, merkezi devlet kontrolü ve milli veritabanı sistemi olmak şartıyla gerçekleştirilecek Endüstri 4.0 dönüşümü sayesinde hata oranları, israflar, beklemler ve kâğıt kullanımları azalıp süreçler yalınlaşacaktır. Böylece kamu hizmetlerinin kalite seviyesi yükselip; devlet harcamaları büyük ölçüde azalacaktır. Devletin tüm birimleri, süreçleri ve operasyonları gerçek zamanlı izlenebilecek, yapay zekâ uygulamaları sayesinde çoğu süreç otomatikleştirilecek, kaynaklar optimum düzeyde yönetilebilecek ve yatırımlar için gerçek zamanlı raporlamalar alınabilecektir. Ülkemiz daha fazla yatırım yapabilme imkânı elde edecek ve AR-GE çalışmalarına daha fazla kaynak aktarabilecektir. Azalan kamu hizmet giderleri sayesinde kamudan toplanan vergilerde azaltılma yoluna gidilebilirken; kamunun refah seviyesi yükselecektir (Sayar and Güneş 2015: 569). Petrol, enerji ve ilaç gibi cari açığa neden olan ithal ürünlere ait alımlar; israfların azalması, kaynakların optimum şekilde ve verimli kullanılması sonucu azalacaktır. Böylece ülkemiz dünya pazarında daha güçlü konuma ulaşabilecektir.

Endüstri 4.0 ile milyonlarca makina, eşya, nesnenin internete bağlanma zorunluluğu ortaya çıkacaktır. Mevcut durumda nesnelere internete bağlayacak donanım ve yazılımlar konusunda yerli üretim altyapımız istenen düzeyde

değildir. Türkiye kamu kurumları ve özel sektör, Endüstri 4.0 ve teknolojik altyapısının yerli üretimine ve entegrasyonuna en kısa zamanda başlamalıdır. Aksi takdirde diğer dünya devletlerinden satın alma yolu ile bu ihtiyacın giderilmesi zorunluluğu doğacak ve bu durum ekonomimizde yüksek seviyede cari açık yüküne sebep olacaktır. Ülkemiz şimdiye kadar yüksek seviyede katma değerli ürün-teknoloji üretimi ve inovasyon gibi önemli konularda dünya rekabet piyasasında fırsatları yakalamada geç kalmış ve maalesef hak ettiği noktaya henüz ulaşamamıştır. Bu açıdan bakıldığında dördüncü sanayi devrimi, ülkemizin önceki bu dezavantajlı durumunu iyileştirmesi bakımından önemli bir fırsattır.

Kamu kurumlarının iş-operasyon süreçlerinin ve çıktılarının önemli kısmı diğer kamu ve özel sektör süreç ve çıktıları ile ortaktır. Bu süreç ve çıktılar doğrudan birbirini etkilemekte ve tetiklemektedir. Verilen hizmetlerde farklı kurumlar aynı verileri kendi işlemleri için farklı kaynaklardan ve farklı formatlarda elde edip; kullanıma hazır hale getirmek için büyük bir iş yükünün altına girmektedirler. Bu şekilde standartlaşmadan uzak kalınmakta; çeşitli hatalar, kayıplar, gereksiz operasyon ve zaman israfları meydana gelebilmektedir. Türkiye kamu kurumları arasındaki teknolojik altyapı gerçek zamanlı veri transferini sağlamalıdır. Veriler, siber güvenliğin yüksek olduğu ve tamamen devlet denetimindeki tek merkezden sağlanarak hem kamu kurumları hem vatandaşların hizmetine sunulmalıdır. Bu şekilde ihtiyaçlar hızlı giderilip; analizler sağlıklı bir şekilde yapılacaktır. Endüstri 4.0 ile bireylerin verdiği yetkiler doğrultusunda, kişilere ait birçok kamu kurum işlemleri otomatik şekilde gerçekleştirilecektir.

Endüstri 4.0 ile kamu kurumlarının tedarik zinciri yönetimi ve fiziki varlık yönetimi otomatikleştirilip; gereksiz devlet satın alımlarının önüne geçilecektir. Endüstri 4.0 ile iş ve personel performans analizleri otomatik ve sağlıklı bir şekilde yapılıp; devlet personel istihdamı konusunda tasarruflara gidilebilecektir. Ayrıca nüfusa ve yerleşim yeri özelliklerine göre ilgili kamu kurumlarının konumlandırılması ile atanacak personel sayıları optimum şekilde belirlenecek; aksaklıklar ve darboğazlar otomatik şekilde giderilebilecektir. Böylece kurumlardan alınan hizmetlerdeki gereksiz beklentiler en aza indirilip; bu hizmetlerden duyulan memnuniyet artırılacaktır.

KAYNAKLAR

- Addo-Tenkorang, Richard, and Petri T. Helo. 2016. 'Big data applications in operations/supply-chain management: A literature review', *Computers & Industrial Engineering*, 101: 528-43.
- Bartodziej, Christoph Jan. 2016. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics* (Springer).
- Chen, Min, Shiwen Mao, and Yunhao Liu. 2014. 'Big Data: A Survey', *Mobile Networks and Applications*, 19: 171-209.
- Dimakopoulou, Andriana G., Katerina C. Pramatari, and Andrianos E. Tsekrekos. 2014. 'Applying real options to IT investment evaluation: The case of radio frequency identification (RFID) technology in the supply chain', *International Journal of Production Economics*, 156: 191-207.
- Gartner, JR. 2013. "Gartner Says the Internet of Things Installed Base Will Grow to 26 Billion Units By 2020." In.
- Giannetti, Cinzia, and Rajesh S. Ransing. 2016. 'Risk based uncertainty quantification to improve robustness of manufacturing operations', *Computers & Industrial Engineering*, 101: 70-80.
- Gilchrist, Alasdair. 2016. *Industry 4.0: the industrial internet of things* (Apress).
- Huang, George Q., Ray Y. Zhong, and Kwok Leung Tsui. 2015. 'Special issue on 'Big data for service and manufacturing supply chain management'', *International Journal of Production Economics*, 165: 172-73.
- Kees, Alexandra, Anna Maria Oberländer, Maximilian Röglinger, and Michael Rosemann. 2015. "Understanding the Internet of Things: A Conceptualisation of Business-to-Thing (B2T) Interactions." In *Proceedings of the Twenty-Third European Conference on Information Systems (ECIS 2015), Münster*.
- Lasi, Heiner, Peter Fettke, Hans-Georg Kemper, Thomas Feld, and Michael Hoffmann. 2014. 'Industry 4.0', *Business & Information Systems Engineering*, 6: 239.
- Loskyll, Matthias, Ines Heck, Jochen Schlick, and Michael Schwarz. 2012. 'Context-based orchestration for control of resource-efficient manufacturing processes', *Future Internet*, 4: 737-61.
- MacDougall, William. 2014. *Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future* (Germany Trade & Invest).
- Pisching, Marcos A., Fabrício Junqueira, Diolino J. Santos Filho, and Paulo E. Miyagi. 2015. 'Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0.' in Luis M. Camarinha-Matos, Thais A. Baldissera, Giovanni Di Orio and Francisco Marques (eds.), *Technological Innovation for Cloud-Based Engineering Systems: 6th IFIP WG 5.5/SOCOLNET Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems, DoCEIS 2015, Costa de Caparica, Portugal, April 13-15, 2015, Proceedings* (Springer International Publishing: Cham).
- Rosemann, Michael. 2013. 'The internet of things: new digital capital in the hands of customers', *Business Transformation Journal*, 2013: 6-15.

- Rüßmann, Michael, Markus Lorenz, Philipp Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel, and Michael Harnisch. 2015. 'Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries', *Boston Consulting Group*.
- Sayar, Mahmut, Güneş Mustafa, 2015. 'Akıllı İş Süreç Yönetimi (iBPM) ve Sağlık Seköründe Bir Uygulama'. *15th Production Research Symposium, Izmir, 14-16 October, 2015, Proceedings: 561-570*
- Schlaepfer, RC, M Koch, and P Merkhofer. 2015. 'Industry 4.0 challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies', *Deloitte, AG, Zurich*. <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf> (20.12. 2015).
- Schmidt, Rainer, Michael Möhring, Ralf-Christian Härting, Christopher Reichstein, Pascal Neumaier, and Philip Jozinović. 2015. 'Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results.' in Witold Abramowicz (ed.), *Business Information Systems: 18th International Conference, BIS 2015, Poznań, Poland, June 24-26, 2015, Proceedings* (Springer International Publishing: Cham).
- Shahbaz, Muhammad, Syed Athar Masood, Muhammad Shaheen, and Ayaz Khan. 2010. 'Data mining methodology in perspective of manufacturing databases', *J Am Sci*.
- Trappey, Amy J. C., Charles V. Trappey, Usharani Hareesh Govindarajan, Allen C. Chuang, and John J. Sun. 'A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0', *Advanced Engineering Informatics*.
- Wang, Shiyong, Jiafu Wan, Daqiang Zhang, Di Li, and Chunhua Zhang. 2016. 'Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination', *Computer Networks*, 101: 158-68.
- Weyer, Stephan, Mathias Schmitt, Moritz Ohmer, and Dominic Gorecky. 2015. 'Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems', *IFAC-PapersOnLine*, 48: 579-84.
- Zamfirescu, Constantin B, Bogdan-Constantin Pirvu, Matthias Loskyll, and Detlef Zuehlke. 2014. 'Do Not Cancel My Race with Cyber-Physical Systems', *IFAC Proceedings Volumes*, 47: 4346-51.
- Zhong, Ray Y, George Q Huang, Shulin Lan, QY Dai, Xu Chen, and T Zhang. 2015. 'A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data', *International Journal of Production Economics*, 165: 260-72.
- Zhong, Ray Y, Stephen T Newman, George Q Huang, and Shulin Lan. 2016. 'Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives', *Computers & Industrial Engineering*.
- Foresight (2013). The future of manufacturing: A new era of opportunity and challenge for the UK. The Government Office for Science. retrieved from. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/255922/13-809-future-manufacturing-project-report.pdf Accessed 08/01/17