ASOS JOURNAL
The Journal of Academic Social Science

Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 5, Sayı: 52, Eylül 2017, s. 544-567

Yayın Geliş Tarihi / Article Arrival Date
13.07.2017

Yayınlanma Tarihi / The Publication Date
13.09.2017

Naci Atalay DAVUTOĞLU
Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler M.Y.O,
İşletme davuta@erciyes.edu.tr

Birol AKGÜL
Erciyes Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Y.O., Dış Ticaret ve Lojistik
birolakgul@hotmail.com

Erşan YILDIZ
Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler M.Y.O., Turizm ve Otel İşletmeciliği
eyildiz@erciyes.edu.tr

İŞLETME YÖNETİMİNDE SANAYİ 4.0 KAVRAMI İLE FARKINDALIK OLUŞTURARAK ETKİN BİR ŞEKİLDE DEĞİŞİMİ SAĞLAMAK[1]

Öz

İşletme yönetiminde geleceğin vizyonu olan Sanayi 4.0; ürün geliştirimi, üretim süreci, üretim sonrası hizmet süreçlerinin iyileştirilmesi ve birbirleriyle iletişimi, makineler ile ürünler arasında bilgi alışverişi, otonom kontrol ve optimizasyon, modüler yapılı fabrikalardaki fiziksel işlemleri içerir. Sanayi 4.0 aynı zamanda Siber-Fiziksel Sistem, Nesnelerin İnterneti ve Hizmetlerin İnterneti olmak üzere üç kavramın bileşkesinden oluşur. Yani Sanayi 4.0 kavramı nesnelerin birbirleriyle iletişimimin yanı sıra insanlarla olan iletişimi de ele alır.Bu çalışmada Sanayi 4.0 kavramı irdelenerek, küresel pazarda yer bulmaya çalışan ülkemizde, başta işletmelerde; yöneticiler ve çalışanlar, üniversitelerde; akademisyenler ve öğrenciler, tüm kamu kurum-kuruluş yöneticileri ve çalışanlarında farkındalık yaratmaktır. Bu kapsamda Sanayi 4.0 kavramını tanıtarak, benimsenmesini sağlama, Sanayi 4.0 kavramını benimsemiş işletmeler aracılığı ile ülkemizin küresel pazar payının hızlı

[1] Alanya Alaattin Keykubad Üniversitesi ev sahipliğinde düzenlenen II. Uluslararası Sosyal Bilimler Sempozyumu'nda sunulmuştur.

yükselişini sağlama, bunun yanı sıra işletmelerin büyük değişime zaman geçirmeden uyumunu sağlamak amacıyla bilgilendirmektir.

Sonuç olarak çalışmada amaç; Sanayi 4.0 kavramını ikincil el veri olarak ifade edilen literatür taramasıyla teorik açıdan analiz etmek, işletmelerin vizyon ve bilgi birikimlerine farklı bir bakış açısı kazandırmak ve yeniden yapılandırılması için fırsatın kaçırılmamasını sağlamaktır. İşletmelerin güçlü olması ancak fırsatları yakalaması ve bunu iç dinamiklerinde kullanması ile mümkündür. İşletmeler faaliyetlerinde değer zinciri oluşturacaklarsa öncelikle geleceğin endüstri devrimi sayılan Sanayi 4.0 ile fırsatları yakalayıp bünyelerine uyumlaştırarak farkındalık yaratıp yeni nesil işletmeler olabilirler.

Anahtar kelimeler: Sanayi 4.0, Siber-Fiziksel Sistem, Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti.

ECONOMIC EFFECTS OF RESTRUCTURING ON BUSINESSES AND SECTORS IN ACCORDANCE WITH NATIONAL INDUSTRY 4.0

Abstract

Nowadays, it is observed that international economic competition has gradually increased in the field of international finance. Along with the increase in competition, technological innovations and inventions have also increased. In line with these technological improvements, industrial structures have undergone changes, and it is established that national industries should change accordingly. The change and transformation process due to these technological improvements is described as the fourth industrial revolution or industry 4.0. This term consists of three compounds, which are Cyber-Physical System, Internet of Things, and Internet of Services. It encompasses product improvements, production processes, improving postproduction service processes and their communication with each other, information exchange between machinery and products, autonomous control and optimization, and physical processes in factories with modular structures. The systematic of Industry 4.0 also includes the communication of things with each other as well as their communication with human beings. The aim of this study is to raise awareness of business administrators and employees, academic personnel and university students, and all public administrators and workers in our country concerning this topic. Therefore, we aim to describe the term “Industry 4.0” in order for this concept to be embraced by the aforementioned groups, to ascertain that the global market share of our country increases quickly through the businesses that have embraced this concept. We also intend to inform other businesses that have yet to embrace this great change, so that they would embrace this great change as soon as possible. In this regard, by means of - secondary data analysis concerning the concept of Industry 4.0, the study aims to raise awareness of Turkish businesses and to ascertain that Turkish businesses do not miss this opportunity of technological improvement, transformation and restructuring. Therefore, the study describes the basic concepts and scope of Industry 4.0, along with analyzing different restructuring theories in business administrations.

Keywords: Industry 4.0, Cyber-Physical Systems, Internet of Things, Internet of Services

Giriş

Vizyon sahibi ülkeleri, işletmeleri, internete dair her şeyin üretimde daha fazla kullanımı ve bunun endüstriyel proseslere etkisi, stratejik yeni tartışmalara, yeni yönelimlere itmiştir. Kullanılan kavramlar konusunda henüz bir karmaşa yaşansa da içerik konusunda tüm öncü unsurlar, internet dünyasının makine dünyasına etkisi ve bu etkileşimin ortaya çıkaracağı yeni olanaklar ile bambaşka bir gelecek oluşturma peşindeler. İnternetin üretimde kullanılmasının yaratacağı yeniliklerin bir devrim niteliğinde olacağı vurgusu Sanayi 4.0 başlığı olarak tanımlamaktadır.

4.Sanayi Devrimi ya da Sanayi 4.0 kavramı internet ve mobil bilgisayarlar yardımı ile özellikle yüksek teknoloji gerektiren ürünlerin üretim sürecini değiştirmeye başlayacaktır. Bir yandan ürünler daha akıllı, müşterilerin ihtiyaçlarına göre daha özelleştirilmiş bir şekilde üretilebilecekken, diğer yandan da müşteri gereksinimleri gittikçe çeşitlenerek artmaya, bunun sonucunda da artan rekabetle birlikte ürünlerin yaşam döngüleri kısalmaya başlayacaktır. Sonuçta tüm bu süreç internetle, mobil cihazlarla, sensörlerle ve diğer akıllı cihazlarla birleştirilip Nesnelerin İnterneti kavramını ortaya çıkaracaktır. Bu kapsamda 4. Endüstri Devrimi kavramı ilk olarak 2011'de Almanya Hannover Fuarı'nda kullanıldı (EBSO, 2015).

4.Sanayi Devrimi ile üretim sürecinde, fabrikalardaki makineler, bilgisayarlar, sensörler ve diğer entegre bilgisayar sistemleri birbirleriyle bilgi alışverişinde bulunarak, insanlardan neredeyse tamamen bağımsız olarak kendi kendilerini koordine ve optimize ederek üretim yapabilecektir. Optimizasyonun sağladığı avantajlar sonucunda üretim süresi, maliyetler, enerji miktarı düşerken üretim miktarı ve kalitesi artacaktır. 4.Sanayi Devrimi ile üretilen ürünler, tıpkı üretildikleri makineler gibi sürekli internete bağlı olacak, sensörleri sayesinde bulundukları çevreyi inceleyip gerektiğinde yine kendi yetenekleri ölçüsünde fiziksel tepki verebilecek ve bunu yaparken de tüm dünya genelinde internete bağlı diğer cihazlarla gerçek zamanlı olarak bilgi alışverişinde bulunabilecektir (Ege, 2014).

Bu yeni üretim tekniğinin beraberinde getirdiği esneklik sayesinde müşteriye özel ürünlerin üretimi de çok kısa bir süre içinde mümkün olabilecektir. Üstelik tüm bu üretim sürecinin, gerektiğinde birbirinden binlerce kilometre uzaktaki çok az sayıda insanın katılımıyla gerçekleşebilecektir. Günümüzün modern sistemlerinden farklı olarak, üretilen her bir ürün benzersiz bir seri numarasına dolayısıyla bir kimliğe sahip olacak, ayrıca belleklerinde sadece bazı temel bilgileri değil kendi geçmişlerini de tutacaktır. Yani Sanayi 4.0; küresel boyutta sanayi üretimini yüksek teknoloji ile donatarak, makineler arası iletişim çağına, Siber Fiziksel Sistemlere geçişi esas almakta olup, ekonomiden sosyal düzene kadar yapacağı radikal dönüşümler ile çok yakın bir gelecekte yeni bir sanayi devrimine geçileceğini de ortaya koymaktadır. Bu süreçte, akıllı fabrikalar ile akıllı ürün uygulamaları kendini gösterecektir (Hellinger & Seeger, 2011).

Son günlerde her platformda konuşulan, henüz ilk evresinde olduğumuz 4. Sanayi Devrimi konusunda gerçekçi adımlar atmak için hem üretici firmalara hem de teknoloji şirketlerine ciddi görevler düşmektedir. Özellikle Almanya, ABD, Çin gibi büyük ekonomi ve sanayiye sahip devletlerin, bu coğrafyalarda yer alan büyük üreticilerin yaptığı yatırımlar düşünüldüğünde, Türk sanayicileri ve teknoloji sağlayıcıları olarak, bu devrimi ancak elimizdeki bütün kaynakları ve imkânları zorlayıp teknolojiye gerekli yatırımı yaparak yakalama şansımız olduğunu unutmamamız gerekiyor (Yılmaz, 2014).

Bu şekilde değerlendirdiğimizde; işletmeler üretim ve yönetim politikalarını 4. sanayi devrimi doğrultusunda güncellemelidir ki, yüksek gelirli ekonomiler grubuna dâhil olabilsin ve bu gelişmelerin dışında kalmasın. Yani işletmeler teknolojiyi kullanma alanındaki başarısının üçte birini üretmek anlamında kullanabilirse çok önemli bir yol kat edecektir. Aksi takdirde kaçınılmaz bir son olan, rekabet gücünü kaybetme ve küresel ekonominin gerisinde kalarak vasatlıktan çıkamama ile karşı karşıya kalır. Çünkü Sanayi 4.0'a uyum sağlayamayan işletmeler zamana yenik düşüp kaybedecektir.

İşletmelerin ihtiyacı olan ilk şey, sağlam bir vizyon ve yol haritasıdır. Sanayi 4.0 ile ilgili vizyonu oluşturup, yol haritasını çizerken kendi üretim dinamiklerini, mevcut koşulları ve iyileştirme noktalarının farkında olmaları, sektörel dinamikleri ve beklentileri iyi analiz etmeleri çok önemlidir. Ayrıca işletmelerin internet, sanallaştırma gibi kavramları merkezinde barındıran Sanayi 4.0 vizyonunu ve beraberinde gelecek fırsatları da iyi anlamaları gerekmektedir.. Belirsiz bir yolda kaybolmak yerine, adımları doğru belirleyip doğru zamanda atmak işletmeleri bir adım öne çıkaracaktır.

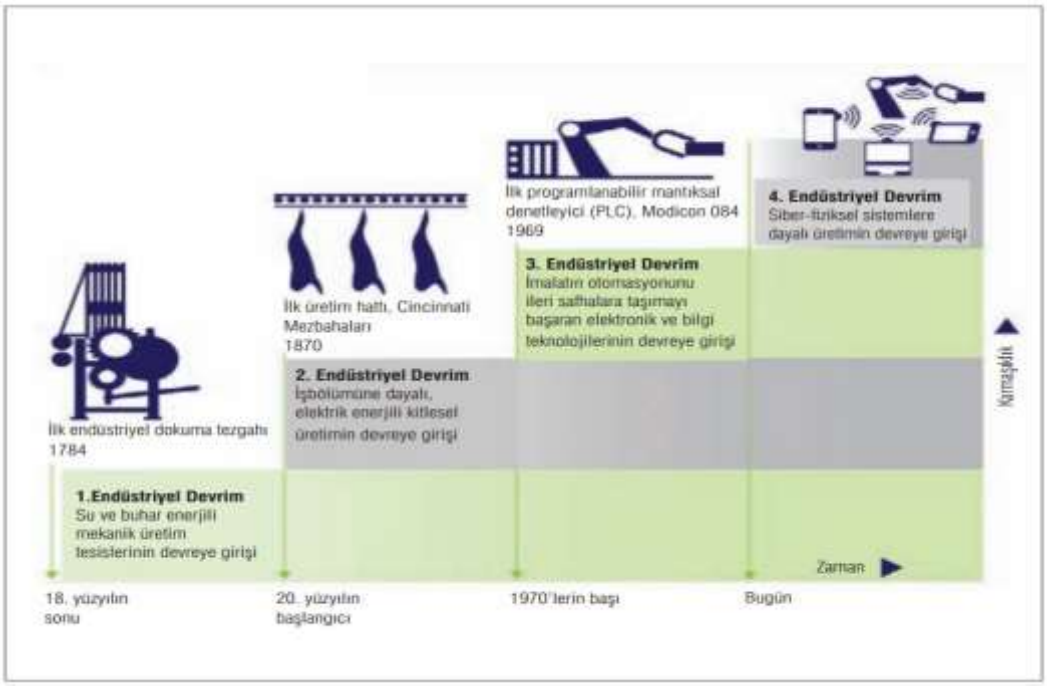
Sonuç olarak; 4.Sanayi Devrimi hayata geçirildiğinde üretim sürecindeki değişikliklerden sadece işletmeler değil, tüm bireyler ve toplumlar etkilenecektir. Bu çalışmada temel amaç bu etkinin olumlu yanlarını şimdiden görüp işletmelerin Sanayi 4.0'a göre üretim ve yönetim modelinde gerekli düzeltici önlemleri alması, biran önce stratejik dönüşüme uyum sağlamak için büyük değişimi başarabilmesidir.

1) Sanayi 4.0Kavramın Oluşum Süreci ve Kapsamı

Endüstriyel toplumlarda, endüstriyel devrim süreci geçmişten günümüze, birinci sanayi devrimi olarak su ve buhar gücünün daha verimli kullanılmasını sağlayan mekanik tezgâhların 18'inci yüzyılın sonunda bulunmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu devrime yol açan en önemli gelişmelerden biri, buharla çalışan makinenin icat edilmesi olmuştur. Daha sonra mekanik dokuma tezgâhı icat edilerek dokuma işleminin makineleşmesi sağlanmıştır. İlk olarak İngiltere'de ortaya çıkan bu devrim, Batı Avrupa'ya, Kuzey Amerika'ya ve Japonya'ya sıçramış ve ardından da bütün dünyaya yayılmıştır. İlk endüstriyel devrim ile insan emeğinin yerine makineler geçmiş, maden ve metal kullanımı artmış ve ulaştırma alanında gelişmeler sağlanmıştır. Kısaca bu kavrama Sanayi 1.0 olarak su ve buhar kullanımı ile çalışan mekanik sistemler denir. Teknoloji Devrimi olarak da adlandırılan ikinci endüstriyel devrim, elektrik enerjisinin yardımıyla imalatta iş bölümü ve seri üretim kabiliyetini ortaya çıkarmıştır. İlk montaj hattı mezbahaları ve Ford'un 1913'te başlattığı "üretim bandı" tekniği bu devrimin özünü oluşturmuştur. Kısaca bu kavrama Sanayi 2.0 olarak elektrik enerjisinin kullanılması denir. Üçüncü endüstriyel devrim elektriğin seri üretimde kullanılmaya başlanması ve üretim hattının geliştirilmesi ile üretimde mekanik ve elektronik teknolojilerin yerlerini dijital teknolojiye bırakmasına sebep olan programlanabilir makinelerin kullanılmasıyla ortaya çıkmış ve ilk ikisine göre nitelik bakımından biraz farklılık göstermektedir (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013). Bu devrimin temel bileşenleri, bilgi işlem teknikleri, haberleşme teknikleri ve bunların ortak gerçekleştirme aracı olan mikroelektronik'tir. Dünyanın bugün içinde bulunduğu ve üçüncü endüstriyel devrim diye adlandırılan yeni endüstriyel dönemi kısaca, bilgisayar ve internetin baş döndürücü bir hızla ilerlediği informatik devrim olarak da kabul edilmektedir. Bu dönem'de işletmeler bilgi üretme, işlemleştirme ve bilgi iletişim alanında sağlandığı gelişmelerle, bir patlama geliştirerek zamanımızda ekonomik ve stratejik dengeleri değiştirecek nitelik kazanmıştır. Kısacası bu kavrama Sanayi 3.0 olarak elektronik ve bilişim teknolojilerinin üretime entegre edilmesi denir.

Günümüzde ise yeni bir endüstriyel devrime doğru ilerlenmektedir. Sanayi 4.0 olarak tanımlanan bu yeni devrim ile Siber-Fiziksel Sistemlere dayalı üretim ile kişiselleştirme, görselleştirme, hibritleştirme ve kendince en iyileştirme olarak tanımlanan kurgusal mükemmelliğe bir yolculuk başlamıştır (Brettel, Friederichsen, Keller & Rosenberg, 2014). Kısacası bu kavrama Sanayi 4.0 olarak sanal ve fiziksel sistemlerin entegrasyonuyla akıllı makineler ile birlikte yapay zeka denir. Sanayi 4.0 kavramı ilk olarak 2011 yılında Hannover Fuarı'nda 4. Sanayi/Endüstri devrimi (TÜSİAD, 2016) vurgusu ile ifade edildikten sonra günümüz işletme dünyasına Ekim 2012'de Bosch Şirketinde yönetici olan Siegfried Dias ve SAP AG firmasında üst düzey yönetici olan Hennig Kagermann tarafından oluşturulan çalışma grubunun hazırladıkları 4. Sanayi Devrimi öneri dosyasını Alman Federal Hükümeti'ne vermesi ve Nisan 2013 tarihinde Hannover Fuarı'nda bu çalışma grubunun Sanayi 4.0 raporunu sunmasıyla girmiştir. Rapora göre, Sanayi 4.0'ın başarıya ulaşabilmesi, donanım mimarisinin belirlenmesi ve standardizasyonu, karmaşık sistemlerin yönetilebilmesi, kapsamlı ve yüksek hızlı bir haberleşme altyapısının sağlanması, iş emniyeti ve güvenlik emniyetinin oluşturulması, çalışma organizasyonu ve tasarım, eğitim ve profesyonel gelişimin devamlılığı, mevcut mevzuatın uyarlanması, kaynakların verimli kullanılması referans olarak belirtilen sekiz önemli konunun gerçekleştirilmesini içermektedir (Landscheidt & Kans, 2016). Yine bu tarihte Alman Hükümetinin işletmelerin üretim süreçlerini bilgisayarlaştırma yönünde teşvik etme ve yüksek teknoloji ile donatması projesi olarak kabul edilen Sanayi 4.0 kavramı aynı zamanda dördüncü sanayi devrim olarak da adlandırılır.

Şekil 1. Sanayi'nin Gelişim Tarihi



Kaynak: Trenkle, A. (2014). "Industry 4.0 Challenges Applications and Potentials", Uluslararası İleri Endüstriyel Otomasyon Kongre ve Sergisi, 5 Aralık 2014, İstanbul.

Sanayi 4.0 teknolojilerin ve değer zinciri organizasyonların kolektif bir bütünüdür. Sanayi 4.0 genel olarak Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti, Siber-Fiziksel Sistemler olmak üzere üç yapıdan oluşmaktadır. Yani Sanayi 4.0 kavramı ile modüler yapılı akıllı fabrikaları, fiziksel işlemleri, siber-fiziksel sistemlerle izleme, fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluş-

turma ve merkezi olmayan kararların verilmesi oluşturur (Lee, Bagheri & Kao, 2015). Sanayi 4.0'da Nesnelerin İnterneti ile Siber-Fiziksel Sistemler birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı olarak iletişime geçip işbirliği içinde çalışabilecektir. Hizmetlerin İnterneti ile Sanal organizasyonlar kurarak hem iç hem de çapraz örgütsel hizmetler sunulabilecek ve değer zincirinin kullanıcıları tarafından değerlendirilebilecektir (TÜSİAD, 2016).

Sanayi 4.0 Siber Fiziksel Sistem içeren üretim ve servis yeniliği üzerinde yoğunlaşmaktadır. Siber Fiziksel Sistemlerde, Bulut Bilişim Sistemi gibi imalat sektöründe verimliliği, kalite ve esnekliği artırmak için sistemlere entegre edilecek, olası verim durumlarını analiz ederek rekabet ortamında avantaj sağlayacaktır (Pal, Schantz, Rohloff & Loyall, 2009). Endüstriyel devrimin bu yeni sürümü için daha fazla yazılım ve akıllı sistemlerin iç içe geçtiği, tahmin yapan ileri algoritmalar üreten yapay zekâya sahip elektroniksel sistemlere ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Kendi kendini yönetebilen, karar verebilen anlık haberleşebilen sistemler üretilmesi bu projenin kapsamı içinde yer almaktadır (Lee, Michaloski, Proctor, Venkatesh & Bengtsson, 2010).

Siber Fiziksel Sistemler genel olarak üretimdeki hesaplamaları fiziksel süreçlerle birleştiren sisteme verilen isimdir. İşletmelerin sahip olduğu bilgisayarlar ve ağlar, geri besleme döngüsüyle fiziksel süreçlerin hesaplamalarını kontrol ve takip ederler (Yang, Usynin & Hines, 2006). Bu sistemler çoğunlukla ağa bağlı çalıştırıcılar, kontrol ve haberleşme ünitelerinden oluşmuştur. Dağıtılmış kontrol ve yönetim, zaman sınırı olmayan, ölçeklenebilir ve kendi kendisini yönetme özelliklerine sahiptir. Fiziksel dünyadaki hızlı gelişmelerin var olmasıyla birlikte, hesaplama ve iletişim kapasitesi Siber Fiziksel Sistemler için eşsiz bir fırsat oluşturmaktadır (Onat & Miri, 2005). Yüksek güvenilirlik isteyen medikal cihazlar ve sistemler, trafik kontrolü ve güvenliği, gelişmiş otomasyon sistemleri, süreç kontrolü, enerji koruma, çevresel koruma, ölçüm cihazları, kritik kontrol mekanizmaları (elektrik arz talebi, su kaynakları ve iletişim sistemleri gibi), (Achatz, 2009) robotik sistemler, savunma sistemleri, üretim ve akıllı yapılar bunlara örnek olarak verilebilir (Einsiedler, 2013). Siber-Fiziksel Sistemler herhangi bir hatada çalıştıkları objeler ya da kullanıldıkları alanlara göre değişiklik göstermesiyle birlikte, insanlara zarar verebilme ihtimali olduğundan bu sistemleri böyle hatalara karşı daha güvenli hale getirecektir (Imtiaz & Jasperneite, 2013).

Sanayi 4.0 ile internete bağlı her nesnenin üretim alanında daha fazla kullanımını ile birlikte endüstriyel alanda köklü değişimler olacak, internetin ve yapay zekânın, akıllı makinelerin üretiminde kullanılması ile birlikte iş geliştirmeden-mühendisliğe kadar birçok alanda yenilik sağlanacaktır. Öncelikle endüstriyel toplumlarda ve daha sonrada bu trendi yakalamaya çalışan diğer toplumlarda her sektördeki işletmeler için Endüstri 4.0 kavramının önemli bir şekilde gündeme gelmesini ise teknolojik değişim hızı, yenilikçi teknolojiler, müşteriye özel çözüm gereksinimleri, pazar ve müşterilerin çeşitliliğinin artması, maliyetlerin azaltılması, globalleşme, ürün bulunurluğu ve hızlı teslimatın artan önemi, artan enerji maliyetleri ve çevresel farkındalık, üretimde ağ yapısı, esneklik ve uyumluluk, otonom yani kendi kendine öğrenen, karar veren ve bilgiye dayalı sistemler oluşturur (TÜSİAD, 2016).

Gelecek yüzyılın işletmeleri için vizyon olacak Endüstri 4.0'ın temel amacı bilişim teknolojisi ile endüstriyi bir araya getirmesidir. Yani bugünün klâsik donanımlarından farklı olarak düşük maliyetli, az yer kaplayan, az enerji harcayan, az ısı üreten, ancak bir o kadar da yüksek güvenilirlikte çalışan donanımlar ve bu donanımları çalıştıracak işletim ve yazılım sistemlerinin kaynak ve bellek kullanımı açısından tutumlu olmasıdır. Kısacası artan ürün çeşitliliğine adapte olabilme yeteneğine sahip, esnek, kaynakları verimli kullanan, müşterileri ve iş partnerlerini

entegre eden akıllı fabrikalar oluşturmaktır. Bu fabrikalar ileri teknoloji, haberleşme ve akıllı sistemleri, internet ve bulut bilişim sistemi üzerinden bir ağla birbirlerine bağlayarak gerçekleştirebilir. Eğer bu fabrikalarda Endüstri 4.0 stratejisi gerçekleşirse üretim süresi, maliyetler ve üretim için ihtiyaç duyulan enerji miktarı azalacak, üretim miktarı ve kalitesi artacaktır (EBSO, 2015).

Günümüzde Sanayi 4.0 kavramını ele alan ülkeleri öncüler, potansiyeli olanlar, çekimserler ve gelenekselciler olmak üzere dört ana gruba ayırabiliriz. Sanayi 4.0 'ın öncülerini başta Almanya olmak üzere Finlandiya, İsviçre, İsveç, İrlanda, Sanayi 4.0'a potansiyeli olan ülkeleri ise Hollanda, İngiltere, Norveç, Belçika, Danimarka ve Fransa, Sanayi 4.0 konusunda çekimser olan ülkeleri ise İspanya, Estonya, İtalya, Portekiz, Polonya, son olarak Sanayi 4.0 kavramına geleneksel açıdan bakarak kendi teknolojilerini değiştirmeme konusunda ısrarcı olan ülkeleri ise Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Litvanya, Slovenya, Slovakya olarak sıralayabiliriz.

Endüstri 4,0'ın günümüzde önemli bir yere sahip olması, işletmelerin üretim ve yönetimlerinde zaman geçirmeden büyük değişimleri yapmasını şu beş nedene bağlayabiliriz (Yılmaz, 2014):

Yüksek Rekabet Gücü; Fabrika donanımı ve bunun için gerekli olan gömülü sistemlerde, makinenin internet ve güçlü ağlarla bezenmesi, işletmelerin daha verimli ve küresel anlamda daha da rekabetçi olmasını sağlanmasıdır. ***Esnek Üretim;*** Küresel rekabette önemli faktörler arasında değişikliklere verilebilecek reaksiyon, adaptasyon önemli yer tutmaktadır. Endüstri 4.0 ile şeffaflık sağlanacak ve dolayısıyla esnek ve hızlı reaksiyon yeteneği kazanılacaktır. Üretim prosesleri daha yalın ve belli coğrafi ortamlara bağımlılığı veya bağımsızlığı optimize edilmiş şekilde dizayn edilecektir**.** ***Özel Üretim;*** Eski sistemde üretim ve onun çeşitli aşamaları kesin çizgilerle belliyken gelecek dönemde enformasyon teknolojileri sayesinde, üretimden beklenen ani reaksiyonlar gösterilebilir hale gelecektir. ***İnovatif İş Modeller;*** Değişik akıllı sistemlerin birbirleri ile bağ kurması neticesinde oluşacak yeni akıl, yeni hizmet ve iş modelleri yaratacaktır. Objelerde toplanacak farklı datalar yine değişik ağlarda yeni modellerin üretilmesine olanak sağlayacaktır. ***Yeni Çalışma Şekli veya Zamanlaması;*** Yeni akıllı asistan sistemleri çalışanlara yeni olanaklar sunacaktır. Çalışma süreleri daha esnek ve bağımsız hale gelebilecektir.

Sanayi 4.0 kavramını yapısına entegre eden, üretim ve yönetim yapısını büyük değişime uyumlaştıran, Siber-Fiziksel Sistem, Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti gibi kavramlara yer veren işletmeler, büyük üretim serilerinin makineler ve robotlarla yapılması ile esneklik artışı, daha yüksek otomasyonla daha hızlı üretim için verimlilik artışı ile birlikte yüksek iş güvenliği, artan ergonomi ile iyi çalışma koşulları, üretim sürecindeki veri tutarlılığı sayesinde iş birliği olanaklarının gelişimi, kaynak verimliliği ile çevresel koruma, üretim sürecindeki yeni teknoloji olanakları ile inovasyon kapasitesinin artırılması, veri ve simülasyon teknikleri sayesinde üretim hızında artış, daha çok sensör ile hatalara müdahale edilmesi sonucu kalite artışı, işletme cirolarında artış nedeniyle milli gelirde artış, mekanik ve mühendislik alanında istihdam artışı ve bilişim teknolojisinin gelişimiyle yeni sektörlerin, mesleklerin ve yeni iş alanlarının ortaya çıkışı, akıllı fabrikalarda akıllı ürünler üretilerek hayatımızın kolaylaşması, 3 D yazıcılarla herkesin üretim yapması sonucu, üretenle tüketenin aynı olması gibi kavramlarla endüstriyel değişimde büyük avantajlar sağlarlar (EBSO, 2015).

Sanayi 4.0 kavramına gereken önemi vermeyen, projeler üretmeyen, yapısını ve çalışanlarını reorganize etmeyen, zamana yenik düşen, büyük değişimi gerçekleştirmeyen, teknolojik yapısını geleceğin sanayi devrimine göre uyumlaştırmayan, Sanayi 4.0'ı hızlandırmakla ilgili yeterli bilgi ve beceri eksikliğine sahip işletmeler bunun sonucu olarak, iş gücü talebinin azalması ve işgücü

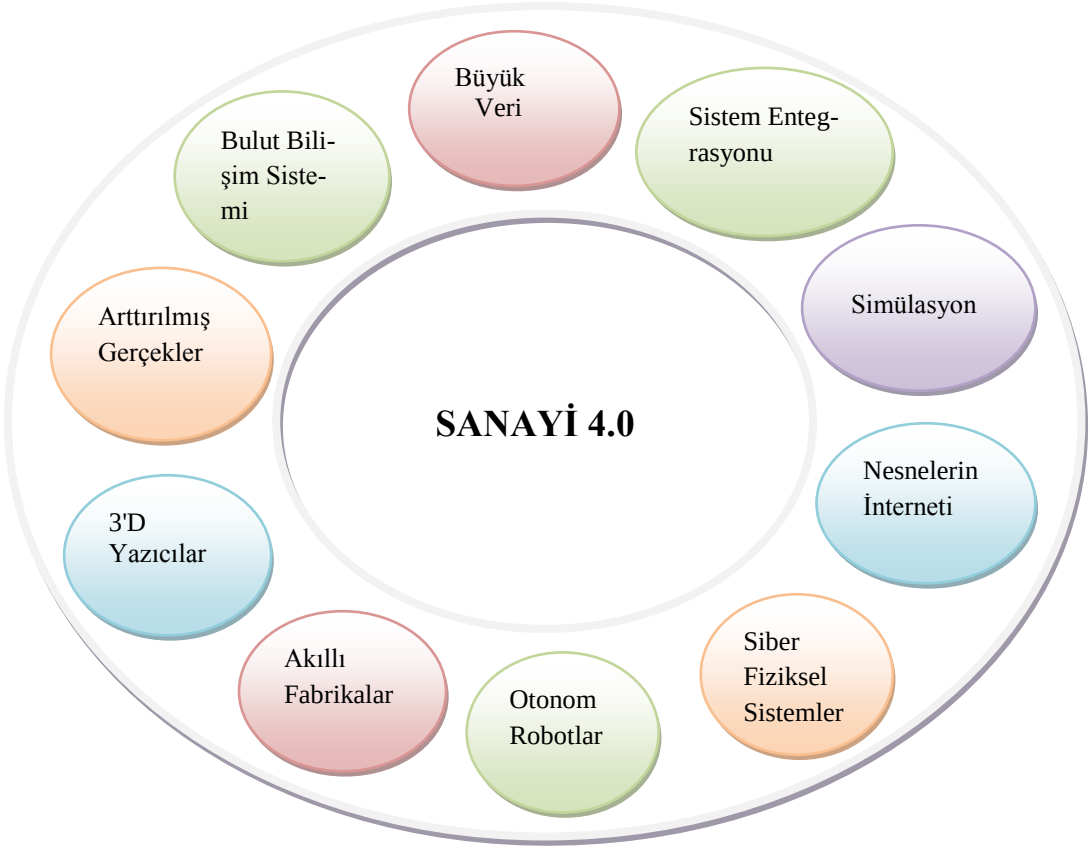
tehdidinin oluşması, Sanayi 3.0 ayak uydurulması sonucu Sanayi 4.0 için isteksizlik oluşması, riske girmek istememe sonucu paydaşlar arasındaki uyuşmazlıklar, değişimin maliyetli oluşu, geriye dönüşün imkansız ve aşırı maliyetli olması gibi zorluklar ile karşı karşıya kalacaktır (Dombrowski & Wagner, 2014).

Ayrıca işletmelerde üretim süreçlerinin bütünlüğünün korunması isteği, dijitalleşme sürecinin uzun süreyi kapsaması, işletmelerde üretim sürecinde standardizasyonun uygun hale getirilememesi ve programlanmasının yapılamaması, Sanayi 4.0 'a ayak uyduramayan geri kalmış sektörlerin zamanla yok olması, iş hayatında Siber Güvenlik konusunun yetersiz kalması, gelişmemiş veya az gelişmiş ülkelerde kaynak yetersizliği dolayısıyla resmi politikaların oluşturulamaması, yatırımın geri dönüş süresinin belirsizliği, işletmelere ait verilerin, fikri mülkiyetlerin ve iş sırlarının korunamaması, işletmelerde çalışanların nitelik profillerinin genişletilememesi sonucu iş tanımlarının, iş içeriklerinin ve gereksinimlerinin Sanayi 4.0'a uygun olmaması gibi kavramlarla işletmelerin karşılaşacağı dezavantajları ise değişimin önündeki diğer zorluklar olarak ifade ederiz (Baines, Lightfoot, Benedettini & Kay, 2009).

2) Sanayi 4.0'ın Teknolojik Faktörleri

Geleceğin sanayi üretimini şekillendirecek Sanayi 4.0'ın teknolojik faktörleri; bulut bilişim sistemi, büyük veri, sistem entegrasyonu, simülasyon, nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler, otonom robotlar, akıllı fabrikalar, üç boyutlu (3'D) yazıcılar, artırılmış gerçekler olarak on grup altında toplanır (Ötleş & Özyurt, 2016).

Şekil 2. Sanayi 4.0'ın Teknolojik Faktörleri



Kaynak: EBSO (2015). Ege Bölgesi Sanayi Odası, "Sanayi 4.0 Uyum Sağlayamayan Kaybedecek", Ege Bölgesi Sanayi Odası Dergisi, Ekim 2015.

2.1) Bulut Bilişim Sistemi

Bilişim aygıtları arasında ortak paylaşımı sağlayan hizmetlere verilen ortak bir isimdir. Yani tüm uygulama, program ve verilerin sanal bir sunucuda yani bulutta toplanması ve internete bağlı her bir cihazın bilgilere, verilere, programlara kolayca ulaşımın sağlanabildiği hizmetlerin bütününe denir. Kısacası Bulut Bilişim Sistemi temel kaynaktaki yazılım ve bilgilerin paylaşımını sağlayarak mevcut bilişim hizmetinin bilgisayarlar ve diğer aygıtlardan elektrik dağıtıcılarına benzer bir biçimde bilişim ağı üzerinden her türlü veri ve bilgi dağıtılmasını sağlayan sistemdir. Böylece, bulutta yer alan makinelere ait veriler ve işlevlerin artmasıyla üretim sistemlerine veri kullanımına bağlı olarak daha fazla hizmet sunulacaktır. Hatta süreçleri takip ve kontrol eden sistemlerin bile buluta taşınması kolaylaşacaktır. Buna göre gelecekte, bilgisayar hard disklerinin yerini bu sistemin alacağı düşünülmektedir. Bu sistem sayesinde bilişim, tamamen ayrı bir sektör haline gelecek, bilişim teknolojisi üreten toplumlar Sanayi 4.0 kavramını daha iyi algılayacak, sürdürülebilir rekabette ön sıralarda olacaktır.

2.2) Büyük Veri Analizi

Toplumsal medya paylaşımları, ağ günlükleri, blog, fotoğraf, video, log dosyaları vb. gibi değişik kaynaklardan toparlanan tüm verinin, anlamlı ve işlenebilir biçime dönüştürülmüş biçimi olarak tanımlanmaktadır. Büyük veri; web sunucularının logları, internet istatistikleri, sosyal medya yayınları, bloglar, mikrobloglar, iklim algılayıcıları ve benzer sensörlerden gelen bilgiler, GSM operatörlerinden elde edilen arama kayıtları gibi büyük sayıda bilgiden oluşmaktadır. Kısaca Üretim sistemleri dışında, kurumsal ve müşteri bazlı yönetim sistemleri gibi birçok farklı kaynaktan elde edilen verilerin toplanması ve kapsamlı şekilde değerlendirilmesini sağlanmak ve gerçek zamanlı karar verme süreçlerinde standart hale getirip geleceği planlanmaktır. Böylece üretimin kalitesi yükselmekte, enerji tasarrufu sağlanmakta ve ekipman bakımı kolaylaşmaktadır. Büyük veri ile işletmeler sahip oldukları bilgileri güçlendirecek ve yöneticiler büyük verilerden faydalanarak üretim esnasındaki gerçek zamanlı kusurları, hataları ve eksiklikleri anlayabilecektir. Yani büyük veri ile süreçleri optimize etme kaynakları verimli kullanma ve beklenen ürün kalitesini koruma potansiyelini çok daha erken aşamalarda belirlenmesine yardımcı olacaktır. Büyük veri aynı zamanda doğru analiz metotları ile yorumlandığında işletmelerin stratejik kararlarını amaçlarına uygun şekilde almalarına, risklerini daha iyi yönetmelerine ve yenilik yapmalarına imkân sağlayacağından işletmeler için büyük önem taşımaktadır. Özellikle Sanayi 4.0'ın yüksek rekabet ortamında, işletmelerin bir adım öne geçebilmek için fark yaratmak zorunda olmaları, en ufak bir bilginin bile büyük önem taşıması sonucu büyük veri aracılığıyla doğru bilgilere zaman geçirmeden sahip olma ve bunu hızlı değişim amacıyla kullanma bu kavramın önemini ortaya koymaktadır.

2.3) Sistem Entegrasyonu

İşletme içerisinde evrensel veri entegrasyon ağlarının geliştirilmesiyle işletmelerin, birimlerin, mevkilerin birbirleriyle daha uyumlu çalışmasına denir. Bu kavram aynı zamanda mühendislik tasarımı, üretim ve hizmet fonksiyonları, müşteriler, tedarikçiler, dağıtım kanalındaki her bir işletmenin sistem entegrasyonu ile birbirine bağlı olmasını da ifade eder. Ayrıca nihai ürünler, makineler, alt bileşenler ve malzemeler dijital ayak izine bağlı olacaktır. Kısaca sistemlerin entegrasyonu da denilen bu kavramla üretim daha verimli, esnek, hızlı ve sorunsuz olacaktır.

Bunun yanı sıra makineler, bir sonraki üretim adımını başlatmak için yeni bir bileşenin, üretim sürecini tamamladığı an diğer makinelerle veya lojistik ekipmanlara bilgi aktaracaktır. Sistem entegrasyonunda akıllı fabrika yeni durumlara otomatik olarak uyum sağlayacak, satış emirlerine uyum gösterecek, üretim programlarını koordine edecek ve optimizasyon işlemlerini gerçekleştirecektir.

2.4) Simülasyon

Ürünlerin, malzemelerin ve üretim süreçlerinin tasarım aşamasında üç boyutlu olarak gerçek zamanlı veriler kullanarak hazırlanan sanal modele denir. Diğer bir deyişle teknik anlamda gerçek bir dünya süreci veya sisteminin işletilmesinin zaman üzerinden taklit edilmesidir. Bu bağlamda simülasyon sistem nesneleri arasında tanımlanmış ilişkileri içeren sistem veya süreçlerin bir modelidir. Yani sistem nesneleri arasında tanımlanmış ilişkileri içeren sistem veya süreçlerin sanal bir modelidir. Bu sanal modelde; makineler, ürünler ve insanlarla beraber fizikisel dünyanın sanal gerçekliği oluşturulur. Bu sayede operatörlerin üretim hattındaki ürünler için gerçek zamanlı üretime geçmeden önce sanal olarak test etme fırsatının doğmasını sağlar.

2.5) Nesnelerin İnterneti

Dijital ağa ve internete sahip olan nesnelerin, sanal bir kimlik kazanması yoluyla, çevreleriyle fiziksel ve sosyal bağlamda iletişim halinde olmalarıdır. Yani nesnelerin, interneti aracı olarak kullanmaları ile birbirleriyle iletişim içerisinde olmaları ve işleri kendilerinin yönetmeleridir.

Bu kavram sayesinde fabrikalardaki yönetim ve üretim akıllı robotlar tarafından gerçekleştirilebilecek, bir terslik söz konusu olduğunda süreçler, makineler akıllı robotlar tarafından otomatik olarak durdurulacak yani üretim ve üretim süreci yönetimi pratikleşecek, ürünlerin üzerine yerleştirilen sensörler ve akıllı etiketler, tedarik zinciri boyunca ürünlerin kendini yönetmesini sağlayarak tedarik zinciri daha akıllı hale gelecek, makinelerin üzerinde yer alacak olan akıllı ölçüm cihazları ve sensörler, nerede ne kadar enerji kullanılması gerektiğini ölçerek optimum enerji düzeyini belirleyecek ve gereksiz enerji kullanımını engelleme sonucu enerji ve altyapı maliyetleri azalacak, akılı fabrikalardaki akıllı robotlar üretimin her sürecini yönettiği için daha az insan kaynağına ihtiyaç duyulacak, üretim sürecinin daha verimli bir biçimde yönetilmesi, maliyetlerde ve giderlerde azalama sonucu gelir ve kar düzeyinde artış sağlanacaktır.

Nesnelerin İnterneti daha fazla sayıda cihazın, hatta yarı mamullerin bile standart teknolojilerle birbirlerine bağlanarak büyük veri kavramından faydalanmasına izin verecektir. Bu sayede donanımlar hem birbirleriyle hem de gerekirse merkezi kontrol sistemleriyle iletişim kurabilecektir. Dolayısıyla analiz ve karar verme süreçlerinin tek elden yapılması ortadan kalkacak, gerçek zamanlı karar verme süreçleri mümkün olacaktır.

2.6) Siber-Fiziksel Sistemler

Gözlemleme, koordinasyon ve kontrol gibi üretim süreçlerindeki temel prensiplerin, hesaplama ve iletişim bileşkesinden oluşan karma teknoloji tarafından yönetilen sistemdir. Yani fiziksel makineleri siber teknoloji ile bütünleştirme yoluyla daha akıllı hale getirmektedir. Dolayısıyla süreç bir bütün halinde siber-fiziksel sistemler olarak ifade edilmektedir. Günümüzde, siber dünya ile makineler arasındaki bu bütünleşme bizi aynı zamanda nano-teknoloji ile tanıştırmıştır.

2.7) Otonom Robotlar

Önceden programlanmış görevleri yerine getiren elektro-mekanik cihazlar olarak tanımlanmaktadır. Akıllı robotlar doğrudan bir operatörün kontrolünde çalışabildikleri gibi bilgisayar programı aracılığı ile de bağımsız olarak da çalışabilmektedir. Akıllı robotlar esnek üretim ortamlarında diğer makinelerle, malzemelerle ve bileşenlerle etkileşime geçerek üretkenliğin artışını sağlayacaktır. Günümüzde akıllı robotlar en çok endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Akıllı Robot Teknolojisi modern literatürde, robotik veya mekatronik olarak adlandırılmaktadır. Mekatronik, mekanik ve elektronik kelimelerinin birleştirilmesinden oluşmuştur ve ilk kez Japonya'da kullanılmıştır. Sonuç olarak Akıllı Robotlar imalat sanayisinin hemen hemen tüm faaliyet alanlarında kullanılmakla birlikte sıklıkla otomotiv sanayisinde kullanılmaktadır.

2.8) Akıllı Fabrikalar

Karmaşık üretim süreçlerini hızlı ve sorunsuz bir şekilde yöneten, ürünleri sorunsuz ve daha uzun ömürlü olan, ileri teknoloji kullanan, otonom robotlarla üretimi gerçekleştiren fabrikalara denir. Akıllı fabrikalarda insanlar, otonom robotlar, birbirini kontrol eden makineler ve diğer üretim faktörleri birbirleriyle derin bir etkileşim içindedir. Ayrıca bu fabrikalarda makineler birbirleriyle iletişim kurarak siber güvenlik çerçevesinde çalışmakta, bir sorun ile karşılaştığında otomatik olarak üretimi durdurma ve sorunu düzeltme konusunda ayrıcalığa sahiptir. Akıllı fabrikalarda lojistik, güvenirlik, zamanlama, sürdürebilirlik gibi kavramlar ideal sistem tarafından gerçekleştirilir. Sonuç olarak Akıllı fabrikalarda yalın üretim şekli ile tam zamanında üretimin gerçekleştirilmesi makinelerin kendi üretim kaynaklarını planlamasıyla gerçekleştirilir.

2.9) Üç boyutlu (3D) Yazıcılar

Dijital üç boyutlu bilgisayar verisini elle tutulabilecek gerçek nesnelere dönüştüren makinelere denir. Bu tür yazıcıyla elektronik parçalar ve motorlar dışında bütün mekanik parçaların basımı yapılabilmektedir. Üç boyutlu yazıcılar ile modelleme, 3D baskı, yüzey iyileştirme gibi işlerin yapılmasının yanı sıra genetikten bilişim teknolojilerine, tıptan sanayiye, şehir planlamadan gıdaya kadar tüm işlerde kullanılmaktadır. 3 D yazıcılarla müzik aletleri, oyuncaklar, insan dokuları, biyo-organik dokular gibi ürünler üretilmektedir. Üretim maliyetlerini büyük oranda düşüren bu cihazlar, gelişmekte olan ülkeler için de üretim ve yenilik konusunda çığır açacaktır. Üretim teknolojisinde devrim yaratacak nitelikte değişiklikler ve yenilikler getiren bu kavramla yaratıcı fikirler ve tasarımlar gerçek modellere, son ürünlere, parçalara ve prototiplere hızlı şekilde dönüştürülebilecektir (EBSO, 2015).

2.10) Artırılmış Gerçekler

Gerçek dünyadaki çevrenin ve içindekilerin bilgisayar tarafından üretilen ses, görüntü, grafik verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görünümüdür. Kısaca gerçekliğin bilgisayar tarafından değiştirilmesi ve artırılmasıdır. İşletmeler bu teknolojinin yardımıyla etrafındaki bilgi ile etkileşime girebilir, sayısal bilgi işleneği ile çevresiyle ilgili yapay bilgi ve öğelerin doğru kullanılması vasıtasıyla gerçek dünyayla ilgili verilere kolaylıkla ulaşabilir.

3) Sanayi 4.0 Uygulaması İle Ortaya Çıkacak Olası Değişimler ve Değişime Uyum Sağlama Kriterleri

Dördüncü sanayi devrimini bugünden başlayarak araştıran, anlayan ve analiz ederek bünyelerini bu kavrama uygun hale getiren işletmeler, yarının büyük ve yeni nesil işletmelerini oluşturabilirler. Yakın bir gelecek içerisinde işletmeler bu trendi yakalayabilirse, ilk olarak akıllı fabrika-

lar ile üretim teknolojisine bağlı yönetim yapısını, ikinci olarak akıllı ürün çeşitliliği ile her ürünün koduna göre müşteri özellikli üretimi, son olarak da satış sonrası hizmet anlayışıyla ürünlerin kontrolünü gerçekleştirmek üzere Hizmetlerin İnterneti kavramına yer verebilirler. Sanayi 4.0 anlayışını benimseyen yarının işletmeleri; Nesnelerin İnterneti ve Siber-Fiziksel Sistemler ile daha karmaşık ve akıllı ürünler üretilebilmesi, seri üretimden müşteri ihtiyaçlarına göre özel üretime geçilebilmesi, üretim tesisleri ile ürünlerin gerçek zamanlı veri ve bilgi alışverişine başlanması, hammadde ve kaynak tüketimini en aza indirerek, verimliliğin sağlanması, kendi kendini organize eden robot teknolojisinin benimsenmesi ile robot teknolojine uygun yeni iş politikaları geliştirilmesi, ürün yaşam döngüsünü kısaltarak, üretimde hata payını en aza indirme, 3D yazıcılarla dünyanın her noktasında her türlü hammadde, ara mamul ve nihai ürünü gerçeğine yakın üretilebilme, sanal dünya ile iç içe girilmesinden dolayı işletmelerin küresel pazar payının artması, iş sağlığı ve güvenliğinin robot teknolojisi kullanarak daha iyi yapılması, robotların üretim süreçlerini hızlandırdığından dolayı, çalışma saatlerinin daha esnek hale gelmesi gibi olası değişimleri yaşarlar (EBSO, 2015).

Geleceğin vizyonu olan Sanayi 4.0 kavramıyla yoğrulmuş bugünün işletmeleri kendilerini yarınlara hazırlayacak ise, değişime uyum sağlayabilmek için gelişim ve değişimin temel noktaları için öncelikleri belirlemesi, değişimin işgücüne uzun vadedeki etkisini ortaya koyması, işletmeler arası standardizasyonu sağlaması için yeni iş modelleri tanımlanması ve uygulanabilir olması, işletmedeki tüm veriler ve iş prensiplerine uygun dijital programlar ve akıllı sistemlerle analitik analizlere yönelik yeni teknolojiler geliştirilmesi, karmaşık sistemlerin sistem entegrasyonu ve bulut bilişim sistemleri ile yönetilmesi, her sektördeki işletmelere ait dijital bir alt yapının oluşturulması, kendilerini yönetebilmeleri ve yeni işbirlikleri sağlanması, ürünlerin bilgi taşıması ve bunu tüketicilere sunması, işletme ve üretim performansının en üst düzeye çıkarılması, nesnelerin interneti ile tüm fabrikalara, işletmelere, genel olarak iş dünyasına hâkim olması, açık vermeyen bir güvenlik için sibernetik güvenlik ağının oluşturulması, Sanayi 4.0'a uygun robot teknolojine göre iş organizasyonu ve tasarımının yapılması, akıllı fabrikalarda akıllı üretim yapabilmek ve personelin profesyonelleşmesi için düzenli olarak bilişim teknolojileri, inovasyon, girişimciliği güçlendirme gibi eğitimden geçirilmesi, sistem entegrasyonu ile işletme kaynaklarının etkili ve verimli kullanılması ile maliyetlerin düşürülmesi gibi kriterleri yerine getirmesi gerekir (EBSO, 2015).

4) Üçüncü Sanayi Devrimi İle Dördüncü Sanayi Devrimi Arasındaki Temel ve Sistematik Farklılıklar

20. yüzyılın ilk yarısı, iki büyük dünya savaşıyla ve ülke sınırlarının alt üst olmasıyla şekillenmiş ve sanayileşme ile teknolojik ilerleme anlamında, önceki dönemlere kıyasla yavaşlama ortaya çıkmış olsa da 1950'li yıllarla birlikte, dijital teknoloji gelişmeye başlamış ve 3.Sanayi Devrimi'nin temelleri atılmıştır. Özellikle Z1 olarak adlandırılan ve mekanik elektrikle çalışan hesap makinesinin üretilmesi, sonrasında bilgisayara kadar uzanan, çığır açıcı dijital gelişmeler, üretim süreçlerine de yeni bir boyut kazandırmıştır. 3.Sanayi Devrimi'ni ortaya çıkaran bir diğer önemli gelişme süper bilgisayarla birlikte iletişim teknolojilerinin gelişmesidir.

Üretim süreçlerinde bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin kullanılmaya başlanması, çok daha küçük, mekanik ve pratik ürünlerin gündelik hayata girmesini sağlamıştır. Öyle ki; bu süreçte makineler, iş hayatında olduğu gibi gündelik hayata da hâkim olmaya başlamış, böylece beden gücüne duyulan gereksinim kişisel yaşam içerisinde de ortadan kalkmaya başlamıştır (EBSO, 2015). 1970'lerden bugüne kadar süren dönem, elektronik, bilgi ve iletişim teknolojilerinin geli-

şimiyle birlikte üretimin otomasyonunu sağladı. Programlanabilir mantıksal denetleyici PLC'lerin gelişmesi sonucunda üretimde otomasyon ileri aşamalara taşınmaya başladı. Birinci Endüstri Devrimi üretimin makineleşmesi, İkinci Endüstri Devrimi üretimin serileşmesi olarak tanımlanırken, Üçüncü Endüstri Devrimi ise üretimin otomasyonu ve sayısallaşması olarak tanımlandı. Bu dönemde bilgisayar, mikro elektronik, fiber optik, lazer gibi teknolojilerin, telekomünikasyon, nükleer, biyotarım ve biyogenetik gibi bilimlerin gelişimi üretimin yönünü ve biçimini etkiledi. İletişim ve ulaşımdaki gelişmelerle, ticaret ve endüstri globalleşti. Bu süreçte yaşanan en önemli gelişmelerden biri de dünya kaynaklarının hızla tükenmesi ve sürdürülebilirlik kavramının gündeme gelmesi oldu. Dolayısıyla Üçüncü Endüstri Devrimi'nde, yenilenemez kaynaklardaki sıkıntılar ve çevresel kaygılarla güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları önemli hale geldi (EBSO, 2015).

Buna karşın ilk kez 2011 yılında Hannover Fuarı'nda kullanılan 4. Sanayi Devrimi, sanayide, genel olarak makinelerin insan gücüne gerek kalmaksızın kendilerini ve üretim süreçlerini yönetmeye başlamasıyla ortaya çıkmıştır. Makineler bu üst düzey ve güncel yapılarını bilgisayar, iletişim ve internet teknolojilerinin harmanlanmasıyla ortaya çıkan karma teknolojiye borçludurlar. Nesnelerin İnterneti kavramıyla anılan bu ileri düzeyde gelişmiş yapı, nerdeyse üretimi kendi kendine gerçekleştiren bir fabrikanın kendi kendini yönetebilmesine kadar uzanmıştır. 4. Sanayi Devrimi ya da diğer sık kullanılan adıyla Sanayi 4.0 bilişim çağının modern yüzünün, üretim süreçlerine yepyeni bir boyut kazandırdığı ve yeni bir Sanayi Devrimi'nin yaşanmakta olduğunu işaret etmiştir. İçinde bulunduğumuz süreçte, hızla yaygınlaşan 4. Sanayi Devrimindeki temel amaç, kendini yönetebilen üretim süreçlerinin olduğu akıllı fabrikaların hayata geçirilmesidir. Akıllı fabrika oluşturmak ise ancak Siber-Fiziksel Sistem ve Nesnelerin İnterneti ile mümkün olabilmektedir. O nedenle Sanayi 4.0'ı anlayabilmek için terminolojisi içerisinde sıklıkla kullanılan kavramları öncelikle bilmekte fayda vardır. Bu kavramlardan birçoğunun bugün hayata geçirilmiş olması her birini Sanayi 4.0'ın ilk işaretleri olarak göstermekle birlikte, gelecekte neler olabileceğine dair de önemli ipuçları vermektedir. Özellikle de bugünden hayatımıza giren ve birçok alanda etkilerini görebildiğimiz 3 Boyutlu Yazıcılar ve Nesnelerin İnterneti en önemli ipuçlarına örnektir (EBSO, 2015).

Tablo.1 Sanayi 3.0 ile Sanayi 4.0 Arasındaki Temel ve Sistematik Farklar

Sanayi 3.0	Sanayi 4.0
• Sanayi 3.0 da üretim sürecinde makinelerin önceden yapılandırılmaya ihtiyacı vardır, birbirinden bağımsız olarak her kullanım ve değişiklikte ayarlanması gerekir.	• Sanayi 4.0da üretim sürecinde makineler diğer makinelerle iletişim kurarak ayarların yanı sıra güvenlik mekanizmaları etrafında akıllı bir şekilde çalışır.
• Sanayi 3.0 da süreç izleme oldukça zor ancak her bir çalışan veya makine kendi verimlilik oranında tek bir problem odaklı çalışır.	• Süreç izleme neden-sonuç ilişkisi içinde kapsamlı olarak makineler üretimi durdurma yeteneğine sahip olarak sorunları düzeltmek için akıllı makinelerdeki sensörler aracılığı ile sinyal verir.
• Sıradan ürünlerin üretimi kolay yapılırken, özel ürünlerin üretiminde sıkıntılar yaşanır.	• Akıllı makineler aracılığı ile her bir müşteri için ayrı ayrı olmak üzere aynı anda onlarca ve birbirinden farklı ürünler üretebilme yeteneğine sahip olarak üretim yapılır.

• Sanayi 3.0 da envanter süreçteki değişimi dikkate alarak stoklamaya önem verir.	• Sanayi 4.0 da akıllı fabrikalar kendi üretim kaynaklarını dikey-yatay entegrasyon sistemleriyle oluşturduğundan tam zamanlı üretim yöntemiyle müşteri odaklı çalışma sonunda stoklamaya yer verilmez.
• Sanayi 3.0 da makineler insanın fiziksel yapısı ve işgücü temeline göre dizayn edilir.	• Sanayi 4.0 makineler robot teknolojisine sahip olarak sistemlerin entegrasyonuna göre çalıştıklarından işgücü temeline yer verilmez.
• Sanayi 3.0 da görevler, yetkiler, sorumluluk ve iş tanımları, standartlar mevcut hukuki sistemle yapılandırılır.	• Sanayi 4.0 da yetkiler, görevler, sorumluklar, iş tanımları ve standartlar gelecekteki hukuki sistemlerle yapılandırılır.
• Sanayi 3.0 da mesleki eğitimlerin çoğu mesleksel yani teknik ağırlıklı yapılarak çalışanları kalifiye olması amaçlanır.	• Sanayi 4.0 da bilişim sistemleri ile bilgi ve veriler bulut bilişim sistemiyle daha çok robot teknolojisine uygun olarak akıllı makinelerin çalıştırılmasına yönelik eğitimler oluşturularak personelin kalifiye olması amaçlanır.
• Sanayi 3.0 da karar yapısı insan odaklı olarak yapılandırılır.	• Sanayi 4.0 da karmaşık durumlarda karar verme yetkisi yapay zekaya sahip olan robotlar vasıtasıyla gerçekleştirilecek.
• Sanayi 3.0 da makineler birbirinden bağımsız olarak çalışmaktadır.	• Sanayi 4.0 da sistemlerin entegrasyonu ile akıllı fabrikalarda makineler birbirine bağımlı olarak hem kendi çalışmasından hem de diğer makinelerin çalışmasından sorumlu olacak.

Kaynak: Yazarlar tarafından derlenmiştir.

Sonuç olarak her iki sanayi devrimini karşılaştırırsak Sanayi 3.0 olarak bilinen sanayi devriminde işletmeler açısından belirlenen basit görevler, tekrar eden süreçler, görev, sorumluluk, yetki tanımları, işlem süreçleri ve süreleri için belirlenen standartlar Sanayi 4.0 ile değişecektir. Sanayi 4.0'la yeniden yapılanma sonucu organizasyonel yapı değişime uğrayabilecek, dolayısıyla görevler, yetkiler, sorumluklar oldukça farklılaşabilecektir. İşlem süreçleri ve süreler için yeniden standartlar oluşturulabilecek, Sanayi 4.0'a uygun verilen eğitimlerin içeriği dolayısıyla çalışanlardan beklenen kalifikasyonlar (özellik) farklılaşacak, karmaşık durumlarda kişisel karar verme yetisi yapay zekaya sahip robotlar ile azalacaktır. Bulut bilişim sistemi yardımıyla görselleştirme sonucu aksiyon süresinde azalma sağlanarak verimlilik artacak, sistemlerin entegrasyonu sonucu arıza arama tamamen sensörler aracılığı ile akıllı fabrika ve akıllı ürünlerde oluşturulacaktır. Kestirimci bakım ise tamamen yapay zekâya sahip robotlara bırakılarak zaman tasarrufu ile birlikte maliyetlerde optimumluk sağlanacak, yeni nesil işletmelerin oluşturulması dijital dönüşüm denilen bu sanayi devrimiyle gerçekleştirilebilecektir. Ayrıca Sanayi 4.0 ile sektörler arasındaki sınır kaldırılabilecek, değer zinciri dizilimi farklılaşabilecek, işletmeler arası rekabet ile baş edebilmek açısından yeni stratejik kararlar oluşturulabilecek, işletmelerin organizasyonel yapısı yeniden dizayn edilebilecek, işletmelerin başarılı olma faktörleri tekrardan yapılandırılacak ve hizmet temelli iş modelleri yeniden tanımlanacaktır.

5) Sanayi 4.0'ın Olası Uygulamalarının Sektörlere Etkileri

Sanayi 4.0'ın olası uygulamalarının sektörlere etkilerini, uluslararası işletmelere ait Sanayi 4.0 uygulamasının öngörülen sektörel etkileri ve ulusal işletmelerine ait Sanayi 4.0 uygulamasının öngörülen sektörel etkileri olmak üzere ikiye ayırırız.

5.1) Uluslararası İşletmelere Ait Sanayi 4.0 Uygulamasının Öngörülen Sektörel Etkileri

Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi Endüstri 4.0 kavramı, Alman Hükümeti tarafından oluşturulan bir çalışma grubu tarafından ortaya çıkarılmıştır. Bu açıdan bakıldığında, Almanya'nın Endüstri 4.0'ın öncüsü olduğunu söyleyebiliriz. Alman Hükümeti daha şimdiden endüstriyel derneklere, araştırma enstitülerine ve şirketlere bu uygulama stratejisini geliştirmeleri için tüm olanakları sunmuş durumdadır (Berger'den Akt. Alkan, 2014).

Almanya'nın ve dünyanın en köklü firmalarından biri olan Bosch, 2012 yılında, Sanayi 4.0'ın üretim ve lojistik yapısını nasıl etkileyeceği yönünde araştırma yapma ve strateji geliştirmeye yönelik bir araştırma grubu oluşturmuştur. Ayrıca Alman Hükümeti'nce talep edilen Sanayi 4.0 hakkında rapor hazırlanmasına yönelik sürece de Bosch'un liderlik etmesi, Bosch'u Sanayi 4.0 ile bütünleştirmektedir. Ancak çalışma grubu, konuyla ilgili araştırmalarını sadece Bosch düzeyinde sürdürmekle kalmayıp, Sanayi 4.0'ün Almanya genelinde nasıl geliştirilebileceği ve uygulanabileceği konusunda da çalışmaktadırlar. Bosch, çalışmaları kapsamında 2013 yılında 1 milyonu aşkın sensörü üretim süreçlerine dahil etmiştir. Bosch'un Sanayi 4.0 kapsamındaki uygulamaları Akıllı ev ve ofis araçları, ileri endüstriyel yapılar, Lojistik ve akıllı sistemler şeklinde gruplandırılmaktadır. Bu teknoloji ile ev ve ofislerin daha güvenli, pratik ve ergonomik olmaları sağlamaktadır. Bir örnekle açıklamak gerekirse, ev veya ofis içine yerleştirilmiş sensörler internete bağlanarak, hava durumu tahminleri konusunda bilgi edinmekte, yağmur söz konusuysa pencereleri otomatik olarak kapatmaktadırlar. Bununla birlikte bir kişi, akıllı telefonu aracılığıyla, evinde veya ofisinde bulunmasa dahi, pencerelerin kapatılması, ısıtıcıların çalıştırılması, yemeğin pişirilmesi gibi gündelik hayatın gerektirdiği işlevleri uzaktan yerine getirebilmektedir.

Sanayi 4.0 ile ilgili çalışma yapan bir diğer Alman firması Festo, farklı sektörlerde, Sanayi 4.0'a uygun ürünlerin üretimine yönelmiştir. Festo, Sanayi 4.0 ve inovasyon ile ilgili uygulamalarını, "Sürdürülebilir İnovasyon Yönetimi" yaklaşımıyla sürdürmektedir. Dünya genelindeki 20 farklı teknoloji-mühendislik merkezinde üretilen yıllık ortalama 100 yeni ürün bu durumun açık bir göstergesidir. Festo'nun özellikle robot teknolojisini geliştirme bağlamında, insanlar ve diğer canlı türlerindeki biyonik-hareketlerle özdeş hareket edebilen makineler geliştirme yönündeki çalışmaları dikkat çekicidir. Festo, bu konudaki çalışmalarını üniversiteler, ar-ge merkezleri ve otomasyon teknolojisi geliştirme odaklı firmalarla yürütmektedir.

Sanayi 4.0 ile ilgili bir diğer çalışma ise Alman firması olan Siemens yapmıştır. Bu işletme Sanayi 4.0 kavramı ortaya çıktıktan sonra bu konudaki gelişmeleri yakından izlediğini ve müşterilerinin kaydedilen ilerlemelere birebir uyum sağlamaları yönünde çalışmalar gerçekleştireceğini açıklamıştır. Bu bağlamda Siemens, öncelikle "dijital-akıllı fabrika" yapılanmasını ön plana çıkarmaya başlamış ve bu konuda ödül kazanmıştır. Siemens, Sanayi 4.0'ın temeli olan nesnelerin interneti konusuna, dijitalleşme çalışmaları adı altında yaklaşmakta ve çalışmalarını "yeni nesil üretim, yeni nesil-altyapı ve siber-güvenlik" başlıkları altında gruplandırmaktadır. Yeni nesil üretim çalışmaları, akıllı fabrikalarda otomasyon haline getirilmiş üretim süreçlerinde hatasız ve akıllı ürünler elde etme üzerine sürdürülmektedir.

Son olarak, dijital hizmet alanında lider uluslararası IT hizmetleri sunan Alman firması Atos, danışmanlık ve sistem entegrasyonu, yönetilen hizmetler ve dış kaynaklı hizmetler, bulut bilişim, büyük veri ve siber güvenlik konularında hizmet ve çözüm sunarken, aynı zamanda kendi alanında Avrupa lideri olan Worldline aracılığıyla da ödeme ve işlem hizmetleri sağlamaktadır. Atos, teknoloji alanındaki uzmanlığı ve sektörel bilgi birikimiyle, savunma, üretim, finans, sağlık, perakende, medya, kamu telekom ve lojistik başta olmak üzere çok farklı sayıda sektörden şirketlere hizmet ve çözüm sunmaktadır. Atos'un Endüstri 4.0 projeleri için geliştirdiği referans modelini baz alarak, Sanayi 4.0 Referans Modeli'nde "Ürün Yaşam Döngüsü", "Tedarik Zinciri" ve "Üretim" ana süreç başlıklarında hangi "Tasarım Kriterleri" ve hangi "Teknolojilerin Sanayi 4.0 ile birlikte hayatımıza gireceği ve işletmede hangi alanları birbirine bağlayacağı ele alınıyor. Günlük yaşantıda etkisi her geçen gün daha fazla hissedilen, yakın bir zamanda baş döndürücü hızla hayatı değiştirecek "Nesnelerin İnterneti" kavramı, Sanayi 4.0 ile fabrikalara girerek üretim ortamlarını daha akıllı hale getirecek, daha karmaşık ürünleri daha kısa sürelerde ve en yüksek kalitede üretimini sağlayacaktır. Bu yaklaşımı odağına alan Atos, üretici firmalar için Endüstri 4.0 Fırsat Analizi hizmet modelini geliştirdi. Bu modelle iş süresi, beklentiler ve kapsam doğrultusunda belirlenen, sektörel bazda deneyimli danışmanlarla yürütülen çalışmaların nihai hedefi, elle tutulur ve firma dinamiklerine uygun bir yol haritası belirlemektir. Aynı zamanda Sanayi 4.0 konusunda farkındalık yaratarak, uygulanabilecek senaryoları belirleyip öncelikleri belirlemek ve bu konuda ilk adımı atmak için kapsamlı bir senaryo kütüphanesi de oluşturmaktır.

Buna paralel olarak diğer Avrupa ülkeleri ile ABD, kendi endüstriyel değerlerini dikkate değer oranda artırmayı planlamaktadır. ABD Hükümeti yenilikçi üretim stratejileri geliştirmenin ne kadar önemli olduğunun farkında olduğu için, ulusal bir araştırma enstitüsü ve şirketler ağı kurulmasının fonlaşması için ciddi bir bütçe ayırmayı planlamaktadır (Heng, 2014). Sanayi 4.0 atılımı, geleneksel imalat sektörlerini Çin'e ve diğer gelişmekte olan ülkelere kaptıran Batılı ülkelerin yeni ümit ışığı olarak değerlendirilmektedir (Alkan, 2014). Amerika Birleşik Devletleri'nde, Akıllı Üretim Liderlik Koalisyonu olarak bir girişim de üretim teknolojilerinin geleceği üzerinde çalışmaktadır. Bu koalisyon, üretim zincirinin her bir basamağında yer alan aktörlerin konsorsiyumu ile üniversiteler, devlet kurumları ve laboratuarlardan oluşmaktadır. Koalisyonun amacı ise üretim istihbaratının benimsenmesini kolaylaştırmak için yaklaşımlar oluşturmak, platform ve ortak altyapı gelişimi için AR-GE faaliyetlerinde bulunmak, uygulama ve savunucu gruplar oluşturmak üzere imalatta sanayi paydaşları sağlamak şeklindedir (Heng, 2014).

ABD'de her geçen gün, nesnelerin interneti ile donatılmış akıllı şehir uygulamalarına geçişte yeni bir örneğe rastlanmaktadır. Güncel olarak New York'ta çöp kutularının, kablosuz internet (Wi-Fi) iletim noktası biçiminde tasarlanmaya başlanması, nesnelerin internetinin yaygınlaşma derecesini ortaya koyması bağlamında güzel bir örnektir. Proje kapsamında her bir çöp kutusunun, saniyede 50-75 megabit hızında internet erişimi sağlayacağı hesaplanmaktadır. Bu bağlantı hızı ile internet kullanıcıları bir HD filmi 9 dakikada indirebilecek, 200 fotoğrafı 30 saniyede yükleyebileceklerdir. Böylece, kablosuz internet erişimi her bir sokağa kadar yaygınlaşmış olmaktadır. New York Belediyesi ile çöpçülük uzmanı Bigbelly firması işbirliğiyle ortaya çıkan çöp kutuları hali hazırda "akıllı" nitelikte sayılabilecek bazı ek vasıflara da sahiptir. Güneş paneli takılı olan çöp kutuları buradan ürettiği elektrikle, kutunun içindeki bir düzenek iletimiyle çöpü sıkıştırmakta, atık suyunu kanalizasyona yollamaktadır. Ayrıca çöp kutusu, nesnelerin internet donanımı sayesinde dolmaya ve kokmaya başladığında merkeze bildirimde bulunmak-

tadır. Gelen bildirimlere göre çöpçüler hangi çöp kutusunu önce boşaltmaları gerektiğini bir listeye göre izlemektedirler.

Almanya'nın teknolojik olarak ABD, Japonya ve Güney Kore ile karşılaştırıldığında, onlardan daha geri olduğu görülmektedir. Almanya'nın yeni endüstri devrimi sürecinde başarılı olabilmesi için mevcut internet alt yapısını geliştirmesi, AR-GE harcamalarına daha fazla ödenek ayırması ve yüksek eğitimli teknik personelinin sayısını artırması gerekmektedir (Thoben, Busseb, Denkenac & Gausemeierd, 2014). Bir diğer husus ise bilgi, haberleşme ve internet teknolojilerinde lider konumunda olan firmalar,yeni endüstri devrimini daha hızlı gerçekleştirebileceği göz önüne alındığında, ABD, Güney Kore ve Japonya'nın endüstrinin bu yeni sürümüne geçişinin daha kolay olacağı düşünülebilir (Elektrik Port., 2014).

Bu konudaki en iyi örnek ise Japon firması olan Mitsubishi, Sanayi 4.0 kapsamında, makineden makineye (M2M) platformu oluşturmuş olup, bu platform bağlamında farklı makineler arasında bağlantı ve nesnelerin interneti üzerinde çalışmaktadır. Özellikle bu platform kapsamında, robot teknolojilerinin birleştirilmesi dikkat çekicidir. Bu bütünleşik teknoloji sayesinde, ultra modern olarak nitelendirilen akıllı ürünler elde edilebilmektedir. Bu bağlamda, elde edilen ürünler özellikle endüstriyel robotlar üzerine yoğunlaşmaktadır (Ekovitrin, 2016).

5.2) Türkiye'deki Ulusal İşletmelere Yönelik Sanayi 4.0 Uygulamasının Öngörülen Sektörel Etkileri

Türkiye dünyanın en büyük 20 ekonomisi içerisinde 16. sıradadır. Dolayısıyla küresel rekabetten, inovasyona, iş kolaylığından, eğitimin niteliğine kadar birçok uluslararası sıralamada hak ettiği yerde değildir. Türkiye'de imalat sanayi, düşük ya da orta düşük grubundadır ve yüksek gelirli ekonomiler arasına girebilmesi için yüksek teknolojili üretime hızla geçiş yapması kaçınılmazdır. Sanayi 4.0 'deki gelişmeler de bu geçişin ne kadar hızlı olması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Çünkü Türkiye'nin sanayi üretimi ve ihracatındaki teknoloji kullanma yoğunluğu da, yüksek katma değerli ürünleri artırmasının gerekliliğini göstermektedir. Türkiye'nin hedefleri doğrultusunda Sanayi 4.0 için hangi sektöre veya sektörlere yoğunlaşacağı çok önemlidir. Gerek kamu, gerekse özel sektörde ileri gelen işletmelerin yöneticileri Sanayi 4.0'daki ivmeyi yakalayabilmesi için bir ya da birden fazla sektör belirleyerek, sadece o sektörler üzerinde küresel ekonomide yer alabilecek ve katma değer yaratacak şekilde konuya odaklanması gerekir. Çünkü sürdürülebilir rekabetin devamlılığı daima ileriye giderek çağı yakalamak, verimli politika ve uygulama projeleri için ileri teknolojiler kullanarak Sanayi 4.0 kapsamında Siber Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti kavramını kamu ve özel sektör işletme yöneticilerine öğretebilmektir. Türkiye'deki kamu ve özel kesim işletmeler Sanayi 4.0 kavramını devlet destekli Ar- Ge merkezleri yardımlarıyla öğrendikçe, sanayi, teknoloji, kalkınma politikaları daha gerçekçi olur. Daha önceki sanayi devrimlerini gerçekleştiremeyen ülkemiz, bu devrimi yakalayabilirse bilim ve teknoloji kaldıracını katma değeri yüksek alanlara taşıyarak rekabet edebilirliği tekrar sürdürebilecektir. Aksi takdirde telafisi mümkün olmayan kayıplar yaşayacak ve G20 ülkeler arasındaki yerini kaybedebilecektir.

Türkiye'de Sanayi 4.0 ile ilgili çalışmalardan ilki Türkiye Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu'nun 29. toplantısında Akıllı üretim sistemlerine yönelik çalışmasıdır. Bu çalışma Türkiye sanayisinin yüksek teknoloji üretiminde uluslararası rekabet gücünün artırılmasını sağlayacak akıllı üretim sistemlerine geçiş amacıyla;

-Türkiye'nin dinamiklerine uygun yürütme, uygulama ve izleme modelinin eğitim, istihdam ve sektörel politikalar ile ilgili analizleri de kapsayacak şekilde ilgili sektör paydaşları eşgüdümünde geliştirilmesi,

- Kritik ve öncü teknolojilerde (öncelikle siber fiziksel sistemler, yapay zekâ/sensör/robot teknolojileri, nesnelerin interneti, büyük veri, siber güvenlik, bulut bilişim vb.) yetkinlik kazanılmasını sağlayacak hedef odaklı Ar-Ge çalışmalarının artırılması,

-Kritik ve öncü teknolojilerin yerli firmalarımızca üretilmelerini sağlayacak üretim altyapılarına yönelik, pilot üretim ve gösterim desteklerini de kapsayacak şekilde, gerekli teşvik ve destek mekanizmalarının gözden geçirilmesi ve gerçekleştirilmesi ele karar verilmesidir (TÜBİTAK, 2016).

İkinci çalışma ise TEPAV'ın (Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırmalar Vakfı) TOBB ile birlikte yaptığı çalışmadır. Bu çalışmanın içeriği işletmelerin yeteneklerini belirleme ve hangi sektörlerin Sanayi 4.0'a uyum sağlayabileceğidir. TEPAV'ın çalışması "farkındalık sağlamak" ve "mevcut envanteri-kapasiteyi belirlemek" olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Bu çalışma ile Türkiye'nin bu yeni üretim ve ekonomik ortama uyum sağlama döneminde "Sanayi 4.0+" kavramını öğreterek farkındalık yaratmaktır. Buradaki "+" kavramını biyoteknoloji ve nanoteknoloji oluşturuyor. TEPAV'ın çalışmasındaki dikkat çekici bir diğer unsurda Türkiye'de Sanayi 4.0 ile ilgili iki önemli kısıtlılığın bulunmasıdır. İlki işletmeler bu yeni sürecin farkında değil, öğrenilmesinde arayış yok ve yetişmiş insan gücü sınırlı. Diğeri ise "hukuk güvenliği" ile ilgili idari sıkıntının varlığıdır (Ekonomik Forum, 2016).

Sanayi 4.0 ile ilgili üçüncü çalışma ise EBSO'nun (Ege Bölgesi Sanayi Odası) yaptığı çalışmadır. Bu çalışma Türkiye'nin Sanayi 4.0 ile ilgili hedefleri doğrultusunda hangi sektöre veya sektörlere yoğunlaşacağı ile ilgilidir. Yapılan çalışma sonunda yoğunlaşmak için öncelikle imalat, otomotiv, tekstil olmak üzere üç sektör belirlenerek küresel ekonomide yer alabilecek ve katma değer yaratacak şekilde Sanayi 4.0 'ın gereklerine göre yeniden dizayn edilmesi ve odak noktalar belirlenerek Türkiye için yol haritasının çizilmesidir (EBSO, 2015).

Sanayi 4.0 ile ilgili dördüncü çalışma Sanayi ve Ticaret Bakanlığının yaptığı Sanayi Strateji Belgeleri adlı çalışmasıdır. Bu çalışmada Bakanlık Sanayi Stratejisini, uzun dönemli vizyon olarak yüksek teknolojili ürünlerde Afro-Avrasya'nın tasarım ve üretim üssü olmak şeklinde belirtmektedir. Yine bu çalışma ile 2015-2018 yıllarını kapsayan Türkiye Sanayi Stratejisi'nin genel amacını ise Türk sanayisinin rekabet edebilirliğinin ve verimliliğinin yükseltilerek, dünya ihracatından daha fazla pay alan, ağırlıklı olarak yüksek katma değerli ve ileri teknolojili ürünler üretilmesi, nitelikli işgücüne sahip ve aynı zamanda çevreye duyarlı bir sanayi yapısının dönüşümünü hızla gerçekleştirmek olarak ele almıştır (EBSO, 2015).

Türkiye'nin belirlenen bu hedefleri gerçekleştirebilmesi için öncelikle Sanayi 4.0 kavramını orta vadede tüm paydaşlarına benimseterek farkındalık yaratıp büyük değişim için yol haritası çizmesi gerekiyor. Türkiye'nin yeni endüstri devrimini yakalaması son derece kritik bir öneme sahiptir. Türkiye önceki sanayi devrimlerini geriden takip ettiği için, yeni endüstri kavramına ortaya çıktığı ilk günden itibaren sıkıca sarılarak geride kalma riskini en aza indirmelidir. Buna paralel olarak Türkiye'nin AR-GE kabiliyetini artırması ve endüstri işbirliğini teşvik etmesi gerekir. Dünyanın hızla bilişim teknolojilerini farklı alanlara yönlendirerek yeni bir endüstriyel döneme girdiği bu günlerde, Türkiye'nin de stratejilerini belirlemesi, proje ekibi anlayışı ile alanlarında en iyilerden yararlanılması, bilimsel kuruluşlar ve üniversitelerin katkı sağlamaları

için teşvik edilmeleri ile yol haritasının oluşturulması gerekir. Maalesef Davos'ta yer alan ülkemizde kamu, özel ve üniversiteler tarafından ortaklaşa bir çalışma ile hazırlanmış öngörüler ve ülkemiz özelinde oluşacak potansiyel sorunlar karşısında çözümleri tartışan bir çalışma bulunmamaktadır.

Tüm bunların yansıra işletmeler tarafından yapılan çalışmalarda ise epey yol alınmış gibi gözükmektedir. Bu çalışmalardan ilki Japon firması olan Mitsubishi Electric Türkiye'deki fabrika otomasyon sistemleri, ileri robot teknolojileri, CNC-Mekatorik sistemler, klima sistemleri, uydular özellikle Türksat 4A ve Türksat 4B, Marmara Ray projesinde kullanılan otomasyon teknolojisi çalışmasıdır. Şirket 2016 yılı itibari ile Ev tipi klima alanında Sanayi 4.0 bünyesinde merkezi İstanbul'da olacak şekilde Mitsubishi Electric Turkey Klima Sistemleri Üretim A.Ş unvanlı şirketi üretim yeri Ocak 2018 'de olacak şekilde Manisa'da kurmayı planlamaktadır. Ayrıca Şirket Doğuş ve Bursa Teknik Üniversitesi'nde Robot Eğitim merkezi kurma ve Dokuz Eylül Üniversitesi ile protokol imzalama son olarak Karadeniz Teknik Üniversitesi Otomasyon Laboratuarına ürün desteği sunma desteğinde bulunmuştur (Ekovitrin, 2016).

Çalışmalardan ikincisi Alman Firması olan Bosch'un Türkiye'de Sanayi 4.0 ile ilgili organizasyon çalışmalarını 2014 yılında Bosch Bursa Fabrikasında beyaz eşya üretim sektöründe gerçekleştirmiştir. Bu fabrikada küresel Sanayi 4.0 üretim zincirinin parçası olarak en son üretim teknolojileri kullanılmıştır. Ayrıca lojistik robotlar, malzemeler ihtiyaç durumuna göre hemen yapılandırılabilecektir. Yine bir Alman firması olan Siemens'in ülkemizde Sanayi 4.0 ile ilgili Şubat 2014 tarihinde tanıtım toplantısı sonrası Siemens Türkiye olarak ülkemizde endüstri sektöründe daha verimli üretim, pazara çıkış süresinde kısalma ve daha fazla esneklik sağlama konusunda sürekli bilgilendirme toplantıları düzenlemektedir (EKOIQ, 2014).

Çalışmalardan üçüncüsü ülkemiz için gurur kaynağı olan Zorlu Holding bünyesinde akıllı ev ve akıllı şehir trendini yakından takip ederek akıllı ürünler üreten Vestel, 2000'li yıllardan beri tüm süreçlerinde dijital dönüşümü sağlayarak sektörde öncü firma olma özelliğini ortaya koymuştur. Zorlu Holding bünyesinde olan Zorlu Enerji, Zorlu Tekstil, Zorlu Gayrimenkul dijital dönüşüm kapsamında gerçekleştirdiği uygulamalarla Sanayi 4.0 kapsamında yapılanmasını değişen dünya koşullarına uygun şekilde oluşturmaktadır. Ayrıca Vestel'in ülkemize tanıttığı akıllı tahtalar ve tabletler, eğitim sisteminde dijital devrim yaratmıştır. Ülkemizde akıllı ev ve akıllı şehir gibi hayal gibi görülen konseptler hep dijital gerçeğine göre oluşmuştur (Zorlu, 2015).

Çalışmalardan dördüncüsü metal, otomotiv, uçak yan sanayi, esnek ambalaj, yapı malzemeleri, gayrimenkul, lojistik ve enerji alanlarında faaliyet gösteren 24 şirkete sahip, sanayi, ticaret ve hizmet grubu topluluğu olan Kibar Grubudur. Kibar Grubu uluslararası vizyona ve uygulamalara sahip yapısıyla sanayi şirketlerinde dijitalleşme sürecini yıllar önce başlatarak zamanın gereklerine uygun olarak güncelleme yapmaktadır. Bu nedenle Sanayi 4.0'a uyum sağlamak gibi "yeniden başla" düğmesine basma ihtiyaçları olmamakla birlikte yine de bu konsepte uygun olacak şekilde güncellemeler yaparak, yeni yapılacak yatırımlarda bu konuyu titizlikle göz önüne alıp akıllı fabrikalar ve akıllı makinelerle birlikte yapay zekaya sahip Robot Teknolojisinin kullanılmasını geleceğin işletme vizyonunu olarak geliştirmişlerdir (Ekonomik Forum, 2016).

Çalışmalardan beşincisi dünyanın ve Türkiye'nin otomotiv alanında dev işletmelerden biri olan Koç Holding bünyesinde bulunan Ford Otosan'dır. Ford Otosan hâlihazırda birçok üretim proseslerinde otomasyonu ve robot üretimi kullanmakta, tedarik zinciri entegrasyonu konusunda yeni dijital teknolojiler sayesinde ciddi oranda verimlilik ve iyileştirmeler sağlamaktadır. Ayrıca kendi üretim bünyesindeki süreçlerde akıllı otomasyon olanaklarını nasıl arıtılabileceği konu-

sunda Ar-Ge çalışmalarına da yer vermektedir. Tüm bunların yanı sıra geleceğin eğitimli insan kaynaklarını yetiştirmek için de Ford Otosan olarak Kocaeli Üniversitesi işbirliği ile 2014 yılında Kocaeli Üniversitesi VKV Ford Otosan Gölcük İhsaniye Otomotiv Meslek Yüksekokulu'nu kurarak 337 öğrenciye yarının kalifiyeli gençlerini yetiştirmek amacıyla büyük bir yatırımı gerçekleştirmiştir. Bu okul'da Ford Otosan yöneticileri ve Kocaeli Üniversitesi akademisyenleri tarafından Türkiye'de ilk defa hayata geçirilen sertifika programı olan "Endüstriyel Robot Programcılığı"nda ilk mezunlar verilmiştir (KalDer, 2016).

Çalışmalardan sonuncusu savunma sanayinden otomotive, iş makinelerinden havacılık sektörüne kadar pek çok alanda hizmet veren Hema Endüstri A.Ş, Sanayi 4.0 ile ilgili insansız çalışan makine ve otomasyon sistemlerinin hızla devreye alınması bağlamında yeni yatırımlarında fabrikaların Sanayi 4.0 anlayışına uygun şekilde entegrasyonunu sağlamayı amaçlamaktadır. Buna paralel olarak sektörün yerli ve yabancı öncü kuruluşlarıyla görüşmeler sağlayarak yeni makine, ekipman, robot ve otomasyon ile ilgili yatırımlarını da yapmaktadır (KalDer, 2016).

Sonuç ve Değerlendirme

Endüstri devrimleri, zamana ve yenilik trendlerine uyum sağlamak amacıyla geçmişten günümüze kadar insanoğlu için hep bir zorunluluk olmuş ve üretkenliği devam ettirmek adına yeni arayışlar içerisinde bırakmıştır. Hangi faaliyet dalının ya da sektörün geçmişine bakarsak bakalım tarihsel gelişimlerinde hep sanayi devrimi olgusu yatmaktadır. Bu açıdan bakıldığında Sanayi 4.0 şüphesiz yeni sektörlerin oluşmasını, insan gücüne gerek kalmaksızın akıllı fabrikalarla akıllı ürünlerin üretilmesini, robot teknolojisi ile emek yoğun çalışmanın zamanla sonlanmasını, yeni mesleklerin ortaya çıkması ile nitelikli insan gücünün oluşturması gibi birçok kavramı ele almaktadır. Günümüzde bir işletmenin, geleceğin sanayi devrimi olarak ifade edilen Sanayi 4.0'a ayak uydurabilmesi pazarlamasından iş modeline, otomasyonundan organizasyon yapısına, üretim yapısından yönetim yapısına, yenilenmiş eğitim sisteminden personelin niteliğine kadar uzanan tüm süreçlerin yeni konseptle uyumlaşarak değişim ve dönüşümüne uygun olarak şekillenmesi ile gerçekleşir.

Yarının teknolojisi olarak ifade edilen Siber-Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti gibi kavramlar işletmeleri geri dönülemez bir şekilde değiştirirken, geleneksel iş modellerini de karşı konulamaz bir şekilde etkileyerek dönüşüme uğratmaktadır. Günümüzde Sanayi 4.0'ı uygulamak isteyen işletmelerde dönüşüm hızı çetin bir rekabetin ilk şartı olarak benimsenmeli ve dönüşüme öncülük edenlerin ortaya çıkmasını sağlayarak başarılı işletme profili oluşturulmalıdır. Yani işletmelerin sahip oldukları tüm süreçleri birbirine entegre ederek dönüşümü hızlandırıp açık ara öne geçerek lider olmaları, ancak yeni sanayi devrimine zaman kaybetmeden ayak uydurması ile gerçekleşir. İşletmeler bu büyük dönüşümle, rekabetten sıyrılıp sektörde kendinden söz ettirmek, müşteri sadakatini artırmak, ihtiyaç ve beklentilere daha iyi cevap verebilmek için kişiselleştirilmiş ürün ve çözümler ortaya koymak zorundadır. Bunu başaranlar Sanayi 4.0'a uygun stratejiler geliştirerek sürdürülebilir rekabette başarılı olarak yoluna devam ederler, aksi takdirde yok olup ticari arenadan çekilirler.

Sanayi 4.0 sadece üretim teknolojisini değiştirmekle kalmıyor satış, pazarlama, satış sonrası hizmet ile hizmet dünyasındaki iş yapma şekillerini Hizmetlerin İnterneti kavramı ile değiştirerek işletmelere bambaşka bir boyut kazandırıyor. Bu açıdan bakıldığında daha fazla üretmek için kütlesel üretimden çok müşteriye özel, nitelikli ve katma değeri yüksek ürünler üretme işletmeler açısından daha önemli olmaktadır. Geçmişten günümüze kadar oluşan sanayi devrimlerin merkezinde ister çalışan isterse müşteri olarak hep insan faktörü vardır. Bu nedenle işletme-

ler başarılı bir dönüşümü gerçekleştirmek istiyorsa personelin niteliklerini artırarak, odak noktasına son tüketici olarak ifade edilen müşterileri koymalıdır. Sanayi 4.0 kavramına uyum sağlamış nitelikli kadrolarla birlikte merkeze insan faktörünün alınması ile kısa sürede pazar payında, gelirlerde, karlılıkta artış sağlanır.

Bunun yanında geleceğin teknolojisi sayılan Siber-Fiziksel Sistemler ile Nesnelerin İnterneti teknoloji tabanlı ve yenilikçi iş yapılanmalarında akıllı fabrikalar oluşturarak yapay zekaya sahip robotlardan yararlanma değişim ve entegrasyon süreci olarak işletmelerin gelecek vizyonunu oluşturur. İşletmeler Sanayi 4.0'a uygun değişim ile ilgili stratejiler oluştururken gerek çalışanların gerekse müşterilerin kısmen geleneksel davranış kalıpları içinde ama aynı zamanda dijital davranan bireylerden oluştuğunu unutmadan değişimi sağlamalıdırlar. Çünkü her ne kadar üretim sürecini robotlar belirleyecek ise de onlara yön verecek, programlayacak yine insan faktörüdür.

Sanayi 4.0 işletmelere yeni iş modelleri oluşturma, değer yaratma açısından teknolojik yapılanmaya yer vererek yapısal değişimi sağlama, yeni konsepte uygun olarak nitelikli personelin yetiştirilmesi, ürün ve süreçler açısından yenilenmiş değerler zincirine yer verme gibi çok önemli fırsatlar getirmesinin yanı sıra işletmelerin kaynaklarını daha etkin kullanması açısından da destekleyici nitelikte fırsatlar sunmaktadır. Yani Sanayi 4.0 işletmelere sürdürülebilirlik ve inovasyon alanlarında yeni iş fırsatları sunmaktadır. İşletmelerin bu sanayi devriminde başarılı olabilmeleri tanımlama, analiz, planlama, projelendirme, uygulamaya geçme ve performansı yönetme bakımından geleneksel birikimlerini yeni konsept anlayışına uygun olarak yenilemeli özellikle Sanayi 4.0'ın teknolojik faktörlerini göz önüne alarak revize etmelidirler. Yani işletmeler geleneksel birikimlerini Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim Sistemi, Robot Teknolojisi, Siber-Fiziksel Sistemler, Siber Güvenlik, 3 D Yazıcılar, mobil ve donanımlı işgücünden yararlanma gibi kavramlarla yoğurarak geleceğin işletme vizyonunu oluşturmalıdırlar.

İşletmelerin Sanayi 4.0 ile ilgili dönüşüm süreçlerinin amacına uygun olması doğru bir şekilde verilen danışmanlık ve rehberlik hizmetlerine bağlıdır. Bu hizmetler Almanya örneğinde olduğu gibi devlet eliyle oluşturulmuş platformlar aracılığı ile gerçekleştirilmelidir. Bu amaç için oluşturulan platformlar, Sanayi 4.0 dönüşümü ile oluşacak sorunlarla baş edebilme, yapılanmayı başarılı kılmak için hem kamu hem de özel sektör işletmelerle ortak hareketliliği sağlayarak esneklik sağlama, veri ve bilgi paylaşımını kolaylaştırarak dönüşüm sürecini sağlıklı olacak biçimde yapılandırmayı sağlamalıdırlar.

Türkiye bu fırsatı ancak tüm paydaşları kapsayan odaklı, eşgüdümlü ve en iyi tasarlanmış bir yaklaşımla yakalayabilir. Türkiye geleceğin trendi sayılan Sanayi 4.0 kavramını zamana yenik düşmeden ele alarak bununla ilgili politikalar oluşturup, aktif bir değişimi benimseyerek, dönüşümü şekillendirmelidir. Bu dönüşümü: Üreticiler, sistem tedarikçileri, alt yapı sağlayıcıları, politika yapıcılar, akademisyenler aracılığı ile teknolojik ilerlemeyi sağlayan ülke gerçeklerine uygun AR-GE yapılanmasını gerçekleştirmesi ile başarır.

Bu açıdan hareketle başta Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı olmak üzere, TOBB, Sanayi Odası, Ticaret Odası, Üniversiteler gibi öncülerin yol haritası belirleyerek Türkiye'ye özgü AR-GE alt yapısının oluşturulması bakımından destekleyici stratejilerin oluşturulmasında etkin görev almaları gerekmektedir. Türkiye'de Sanayi 4.0'ın öncüleri aracılığı ile kurulacak devlet destekli AR-GE merkezlerinde paydaşlar, Sanayi 4.0 kavramını öğrendikçe yapacakları sanayi, teknoloji, kalkınma politikaları daha gerçekçi ve uygulanabilir olur. Türkiye gerçeğine uygun AR-GE yapılanması ile daha önceki sanayi devrimlerini kaçırmış olsa bile, bu devrimi yakalayabilirse

bilim ve sanayi kaldıracını katma değeri yüksek alanlara taşıyarak rekabet edebilirliğini tekrar sürdürebilecektir.

Sonuç olarak Türkiye'de Sanayi 4.0 ile ilgili farkındalık yaratılacaksa kamusal anlamda bir strateji oluşturulup, devlet destekli değişimlerin yapılabilmesi, yeni sistemin gelişimi, sahiplenmesi ve yaygınlaşması için öncelikle ulusal nitelikte AR-GE merkezleri oluşturulmalıdır. Bu merkezler aracılığı ile Sanayi 4.0 ile ilgili ulusal stratejiler belirlendikten sonra gerçekçi politikalar oluşturularak güncel programlara çevrilerek Türkiye'ye özgü yol haritasının çizilmesidir. Bu yol haritasıyla hem işletme hem de sektörel bazda öncelikler belirlenerek uygun yatırımların gerçekleştirilmesi ile ulusal vizyon oluşturulmalıdır. Çünkü yeni sanayi devriminin hızı her geçen gün çarpan etkisi ile katlanarak ekonomik yapıdan toplumsal yapıya, işletme yapısından sektörel yapıya, üretim alışkanlıklarından tüketim alışkanlıklarına varıncaya kadar artmaktadır. Bu ve bundan sonraki çalışmalarda temel amaç farkındalık yaratıp Türkiye'ye özgü Sanayi4.0 modelini oluşturarak ulusal vizyonu gerçekleştirmektir.

KAYNAKLAR

Achatz, R., Beetz, K., Broy, M., Dämbkes, H., Damm, W., Grimm, K., & Liggesmeyer, P. (2009). Nationale Roadmap Embedded Systems. *ZVEI-Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie eV Kompetenzzentrum Embedded Software & Systems*.

Alkan, M. (2014). "Sanayi 4.0.," Optimist Dergisi, Ekim 2014 sayısı. http://www.kayserito.org.tr/upload/dosyalar/file/5.pdf, Erişim Tarihi: 13.11.2016.

Baines, T. S., Lightfoot, H. W., Benedettini, O., & Kay, J. M. (2009). The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *20*(5), 547-567.

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

Dombrowski, U., & Wagner, T. (2014). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Procedia CIRP*, *17*, 100-105.

EBSO (2015). Ege Bölgesi Sanayi Odası, "Sanayi 4.0 Uyum Sağlayamayan Kaybedecek", Ege Bölgesi Sanayi Odası Dergisi, Ekim 2015. http://www.inovasyon.org/pdf/EBSO.Sanayi-4.0_Raporu.Ekim.2015.pdf, Erişim Tarihi: 13.11.2016.

Ege, B. (2014). 4.Sanayi Devrimi, Bilim ve Teknik Dergisi Mayıs 2014. http://bortecin.com/4_End%C3%BCstri_Devrimi.pdf, Erişim Tarihi: 13.11.2016.

Einsiedler, I. (2013). Embedded Systeme für Industrie 4.0. *Product. Manag*, *18*, 26-28.

EKOIQ (2014). "Akıllı" Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Bilişimin Endüstriyle Buluştuğu Yer Türkiye "Akıllı" Üretime Hazır mı? Aralık ayı özel eki 2014. http://ekoiq.com/wp-content/uploads/2014/12/ekoiq-ek-d.pdf, Erişim Tarihi: 15.11.2016.

Ekonomik Forum (2016). "Akıllı Fabrikalar Geliyor" 16. Kapak konusu 016-027, 2016. http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016_027.pdf, Erişim Tarihi; 20.11.2016.

Ekovitrin (2016). "Türkiye 4. Sanayi Devrimine açık" Ekovitrin aylık dergi, Eylül 2016. http://www.ekovitrin.com/dergi2016/eylul/13-masahiro.pdf, Erişim Tarihi 15.11.2016.

Elektrik Port. (2014). "Endüstri 4.0 Nedir? 4. Sanayi Devrimi Gerçekleşiyor", http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/endustri-4-0-nedir--4-sanayi-devrimi-gerceklesiyor/11563#ad-image-0, Erişim Tarihi:13.11.2016.

Hellinger, A., & Seeger, H. (2011). Cyber-Physical Systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. *Acatech Position Paper, National Academy of Science and Engineering*, (0), 2.

Heng, S. (2014). Industry 4.0: Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon.

Imtiaz, J., & Jasperneite, J. (2013, July). Scalability of OPC-UA down to the chip level enables "Internet of Things". In *Industrial Informatics (INDIN), 2013 11th IEEE International Conference on* (pp. 500-505). IEEE.

Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for Implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 working group*. Forschungsunion.

KalDer (2016). Kalite Derneği, "Üretimde robot teknolojileri hızla çoğalıyor, Endüstri 4.0 yeni dünyanın üretim metodu oluyor " Kalite Dergisi, Ocak-Mart yayını, sayı 183, İstanbul. 2016, http://www.kalder.org/images/uploads/2016kalder123.pdf, Erişim Tarihi: 13.11.2016.

Landscheidt, S., & Kans, M. (2016). Automation Practices in Wood Product Industries: Lessons learned, current Practices and Future Perspectives. In *The 7th Swedish Production Symposium SPS, 25-27 October, 2016, Lund, Sweden*. Lund University.

Lee, B. E., Michaloski, J., Proctor, F., Venkatesh, S., & Bengtsson, N. (2010, January). Mtconnect-based kaizen for machine tool processes. In *ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (pp. 1183-1190). American Society of Mechanical Engineers.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, *3*, 18-23.

Onat, I., & Miri, A. (2005, August). An intrusion detection system for wireless sensor networks. In *Wireless And Mobile Computing, Networking And Communications, 2005.(WiMob'2005), IEEE International Conference on* (Vol. 3, pp. 253-259). IEEE.

Ötleş S., Özyurt V. H. (2016). Endüstri 4.0; Gıda Sektörü Perspektifi Dünya Gıda Dergisi Mayıs 2016. http://egeplm.ege.edu.tr/wp-content/uploads/2016/05/endustri40_dunya_gida.pdf, Erişim Tarihi: 15.11.2016.

Pal, P., Schantz, R., Rohloff, K., & Loyall, J. (2009, July). Cyber physical systems security challenges and research ideas. In *Workshop on Future Directions in Cyber-physical Systems Security*.

Thoben, K. D., Busse, M., Denkena, B., & Gausemeier, J. (2014). Editorial: System-integrated Intelligence–New Challenges for Product and Production Engineering in the Context of Industry 4.0. *Procedia Technology*, *15*, 1-4.

Trenkle, A. (2014). "Industry 4.0 Challenges Applications and Potentials," Uluslararası İleri Endüstriyel Otomasyon Kongre ve Sergisi, 5 Aralık 2014, İstanbul. http://www.kayserito.org.tr/upload/dosyalar/file/5.pdf, Erişim Tarihi: 13.11.2016.

TÜBİTAK (2016). Bilim Teknik Yüksek Kurulu 29. Toplantısı Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması 2016/101(Y). https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/2016_101.pdf, Erişim Tarihi: 13.11.2016.

TÜSİAD (2016). Türkiye Sanayi ve İşadamları Derneği "Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklilik Olan Sanayi 4.0 Gelişmekte olan Ekonomi Perspektifi" Yayın No: TÜSİAD-T 2016-03/576 Mart 2016. http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf, Erişim Tarihi: 13.11.2016.

Yang, D., Usynin, A., & Hines, J. W. (2006, November). Anomaly-based intrusion detection for SCADA systems. In 5th intl. topical meeting on nuclear plant instrumentation, control and human machine interface technologies (npic&hmit 05) (pp. 12-16).

Yılmaz, A. (2014). "*Almanya ve Endüstri 4.0*", Hacettepe Üniversitesi İletişim Fakültesi Kültürel Çalışmalar Dergisi, Nisan 2014, İstanbul. http://extim.de/wp-content/uploads/2014/05/moment%20dergisi%20nisan%202014.pdf, Erişim Tarihi: 15.11.2016.

Zorlu (2015). "Dijital Dönüşüm" Türkiye'de ve dünyada Zorlu dergisi, Zorlu holding iç iletişim yayını, yayın no; 50 İstanbul, Temmuz-Eylül ayı 2015. http://www.zorlu.com.tr/assets/u/981691-ZORLU%20SAYI%2050.pdf, Erişim Tarihi: 16.11.2016.