

PAPER DETAILS

TITLE: ENDÜSTRİ 4.0'IN ETKİSİYLE LOJİSTİK 4.0

AUTHORS: Zümrüt Hatice SEKKELİ,İsmail BAKAN

PAGES: 17-36

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/476720>

ENDÜSTRİ 4.0'IN ETKİSİYLE LOJİSTİK 4.0
BY THE EFFECT OF THE INDUSTRY 4.0 ON LOGISTICS 4.0

Dr. Öğr. Üyesi Zümrüt Hatice ŞEKKELİ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş/TÜRKİYE,

Email: zhkipr@yahoo.com

Prof. Dr. İsmail BAKAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş/TÜRKİYE,

Email: ibakan63@hotmail.com

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
Makale Geçmişi: Geliş: 30 Mart 2018 Kabul: 24 Nisan 2018	Endüstri 4.0 kavramı son zamanlarda hem akademik çalışmalarda hem de endüstriyel çevrede sıklıkla karşılaşılan bir kavramdır. Özellikle uluslararası akademik literatürde yoğun şekilde ele alınan bu yeni kavram 4. Sanayi Devrimi olarak da adlandırılmaktadır. Otomasyonun daha ileri düzeyde uygulaması olan ve sistemler arası bütünleşmeyi içeren bu yeni süreç, üretimde yer alan tüm makine ve teçhizatın, üretimin eş zamanlı yapılabilmesi amacıyla, internet aracılığıyla ve sensörler yardımıyla koordine edilmesi ve bu süreçte gereken tüm verilerin bulut sistemi ile depolanması olarak özetlenebilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Lojistik 4.0, Otomasyon, Siber Fiziksel Sistemler (SFS), Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti	Tüm üretim sistemlerini kökünden değiştirecek olan bu yeni devrimin üretimle direkt bağlantılı olan lojistik sistemlerini de etkilemesi kaçınılmazdır. Bu devrimle lojistik yönetim sistemlerinde de oldukça büyük değişiklikler yaşanmaya başlamış olup gelecekte çok daha radikal değişikliklerin de olacağı öngörülmektedir.
DOI: 10.15637/jlecon.247	Lojistik 4.0 olarak adlandırılan bu süreçte sofistike simülasyon yaklaşımları hem materyal akışını yöneten hem de kendi kendine bağımsız çalışabilen otomasyon sistemlerini içermektedir. Bu yeni sistem ile başta iş gücü maliyetleri olmak üzere üretim maliyetlerinin düşeceği ve sürecin daha hızlı gerçekleşeceği düşünülmektedir.
JEL Kodu: L90,O33, L60	Çalışmada, dünyada 2011 yılında kavramsallaştırılan Endüstri 4.0 ve bunun etkisi ile yeni bir kavram olarak ortaya çıkan Lojistik 4.0'ın temel özellikleri sunulmakta ve potansiyel etkileri tartışılmaktadır.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 30 March 2018 Accepted: 24 April 2018	Recently the concept of Industry 4.0 appears on every platform -especially in international academic literature -frequently. This concept is named as “fourth industrial evaluation”, that includes an integration between systems and more advanced application of automation. To carry out simultaneous production, all machinery and equipment in production are coordinated through the Internet with the help of sensors and all the required data with the cloud storage at Industry 4.0.
Keywords: Industry 4.0, Logistics4.0, Automation, Cyber-physicalsystems (CPS), Internet of things and services (IoTS)	Industry 4.0 revolution is going to change not only all production processes and functions but also logistics systems radically. By the impact of the Industry 4.0; logistics have a revolution too which is named as Logistics 4.0.
DOI: 10.15637/jlecon.247	Logistics 4.0 provides accessibility, fast information processing, security, visibility, new ways of networking, automating supply chains and, most importantly deriving more value from the process. For all these reasons Logistics 4.0 will have the key role in the future.
JEL Kodu: L90,O33, L60	The aim of this article is to present main features of “Industry 4.0” conception -which is conceptualized at 2011- “Logistics 4.0” conception -which is affected by industry 4.0- and to discuss their potential impacts of the future.

1. GİRİŞ

İktisat tarihinde toplumların gelişimi, hayatlarını temelinden değiştiren iki büyük olayla açıklanmaktadır. İlki M.Ö.8000'deki tarım devrimi, ikincisi ise 18. yüzyılda gerçekleşen I. sanayi devrimidir (Güran, 1997). I. sanayi devriminden sonra toplumsal alışkanlıklar ve çalışma hayatı önemli oranda değişmiştir (<http://apelasyon.com>). Çağdaş endüstriyel gelişim uzun yıllar almış ve günümüze erişinceye kadar 20. yüzyılın başında II.si ve 21. yüzyılın başında III.sü olmak üzere iki büyük sanayi devrimi daha gerçekleşmiştir.

Günümüzde ise Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dördüncü sanayi devriminden bahsedilmektedir. 2011 yılında Almanya'nın Hannover şehrindeki teknoloji fuarında doğan ve tüm dünyaya büyük bir hızla yayılan; ne olduğu, neleri içerdiği ve etkilerinin ne olacağı hem akademik hem de endüstriyel çevrelerde sıkça tartışılmaya başlanan Endüstri 4.0, internet teknolojileri ile geleneksel sektörlerin güçlerini birleştirdiği yeni bir devrim olarak nitelendirilmektedir.

“4. Endüstri Devrimi”, “Akıllı üretim” veya “Endüstriyel internet” olarak adlandırılan bu devrimi, dijital ve fiziksel süreçlerin entegrasyonu ile akıllı ürünlerin akıllı fabrikalarda üretilmesini ve akıllı lojistik sistemleri ile dağıtılmasını sağlayan teknolojiler kümesi olarak tanımlamak mümkündür. Endüstri 4.0 ile daha hızlı ve güvenli üretim yapılabilecek, prosesler, yollanan eş zamanlı bilgiler sayesinde izlenebildiği için işlemler esnasında olası sorunlar daha gerçekleşmeden önce tespit edilebilecek ve önlenilecek, insan gücü yerine daha yaygın olarak makine gücü kullanılacak, tüm süreçler daha çevik ve esnek olacak, sunulan ürün veya hizmetler kişiselleştirilmiş, daha uzun ömürlü ve daha kaliteli olacaktır.

Bu yeni devrimin tüm üretim sistemlerini kökünden değiştireceği öngörüsünden hareketle üretimle doğrudan ilişkisi bulunan lojistik sistemlerinin de bu değişimden etkilenmesi beklenen bir sonuçtur. Diğer bir ifade ile endüstriyel açıdan yaşanan teknolojik gelişmeler üretim süreçlerini, tekniklerini, anlayışını vs. etkilemekte; bu da domino taşı misali lojistik süreçlerinin de dönüşümüne neden olmaktadır.

Lojistik 4.0 olarak adlandırılan bu dönüşüm Endüstri 4.0 gibi önsezili zekâ ile kendi kendine bağımsız çalışabilen (özerk) otomasyon sistemlerini içermektedir. Akıllı lojistik olarak da adlandırılan Lojistik 4.0'ı, esnekliğin çok daha fazla arttığı, pazar değişikliklerine adaptasyonun yükseldiği, maliyetlerin azaldığı ve müşteri ihtiyaçlarının en fazla ve hızlı bir şekilde karşılandığı yeni bir lojistik sistem olarak tanımlamak mümkündür.

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 çerçevesinden Lojistik 4.0 konseptinin açıklanması ve tartışılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Endüstri 4.0'ın daha net bir biçimde anlaşılabilmesi için ilk olarak Endüstri 4.0'ın ne olduğu, neler içerdiği ve olası etkileri hakkında teorik bilgiler sunulmuştur. Daha sonra da bu bilgilerden hareketle Endüstri 4.0'ın lojistik üzerine etkileri irdelenmiş; Lojistik 4.0 kavramı, bileşenleri ve olası etkileri teorik açıdan açıklanmaya çalışılmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Çalışmanın bu bölümünde, Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 kavramları teorik boyutta açıklanmıştır.

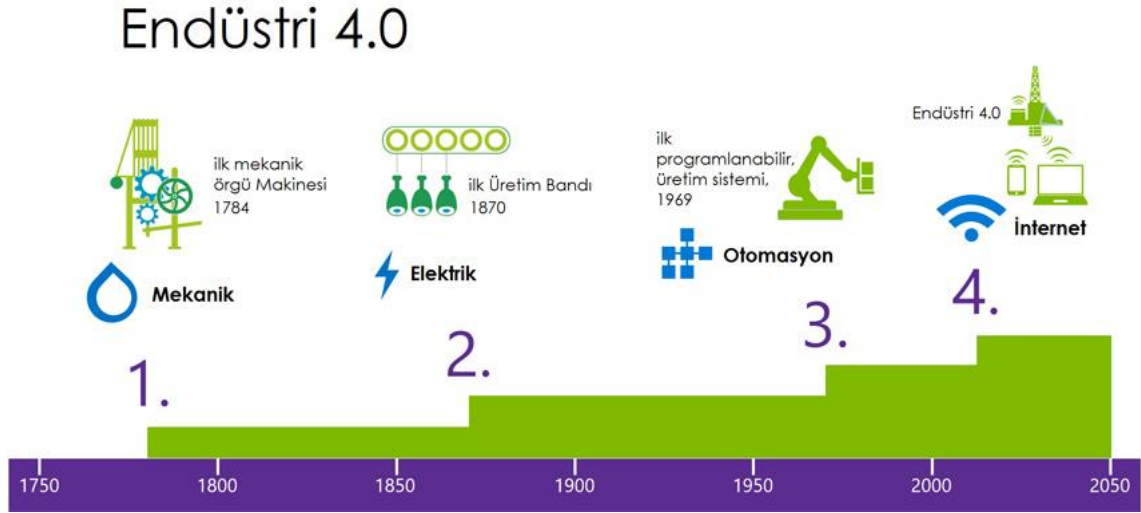
2.1. Endüstri 4.0

Günümüz teknoloji düzeyine ulaşılması, devrim yaratan üç teknik inovasyon ve bunların doğurduğu sonuçlarla gerçekleşmiştir. Her inovatif gelişme yeni bir süreci tetiklemiş veya var olanın daha fazla gelişmesini sağlamıştır. Devrim yaratan bu inovasyonlardan ilki 1712 yılında Buhar Makinesinin icat edilmesidir. Bu inovasyon ile 18.yüzyılın sonlarında I. sanayi devrimi (Endüstri 1.0) olarak adlandırılan yeni bir dönem başlamış, su ve buhar teknolojilerinin üretimde kullanılması ile aletler ve insan gücü odaklı atölye tipi üretimden, makine odaklı fabrika tipi üretime geçilmiştir. İlk olarak İngiltere'de başlayan daha sonra da tüm dünyaya yayılan bu yenilikle üretim çok fazla artmış ve buna bağlı olarak ülkelerin ekonomileri büyük oranda gelişmeye başlamıştır (Alçın, 2016:20).

İkinci inovasyon ise 20.yüzyılın başında Henry Ford'un iş bölümü ve hareketli montaj hattını kullanıp seri üretimi gerçekleştirmesidir. Yine Taylor'un üretimde ekonomikliği ve verimliliği baz alan "Bilimsel Yönetim" anlayışı da bu dönemde üretim tekniklerinde büyük dönüşümler yaşanmasına sebep olmuştur (Şimşek ve Çelik, 2013:21-24). Fordizm ve Taylorizm ile ortaya çıkan II. sanayi devrimi (Endüstri 2.0), özellikle çelik temelli üretim tekniklerinin geliştirildiği; elektriğin üretimde kullanılmaya başlandığı, içten patlamalı motorlar, telgraf, radyo vs. gibi buluşların ortaya çıktığı bir dönemdir (Sayer ve Ülker, 2014:66).

2. Dünya Savaşı'ndan sonra başlayan III. Sanayi Devrimindeki devrim yaratan inovasyon ise *Programlanabilir Mantık Denetleyicileridir* (Programmable Logic Controller). Bu dönemde programlanabilir makineler geliştirilerek endüstriyel alanlarda aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu döneme nükleer enerji, sentetik ürünler, bilişim teknolojisi, mikro-elektronik teknoloji, hologram, fiber optikler, biogenetikler, biotarım, lazerler gibi buluşlar yön vermiştir. (www.ekonomidunya.com)

Son zamanlarda ise yeni bir sanayi devriminden bahsedilmektedir. Almanya'nın liderliğinde ortaya atılan ve Siber Fiziksel Sistem (CPS) temelli üretim ve hizmet inovasyonunun tetiklediği bu dönem, endüstriyel ürün ya da sistemlerin daha fazla yazılımın ve gömülü zekanın bütünleştiği önsezili zekâ ile otonom bir biçimde yönetilmesini içermektedir (Lee vd., 2014:3).



Şekil 1. Endüstri 4.0 (<http://www.endustri40.com>)

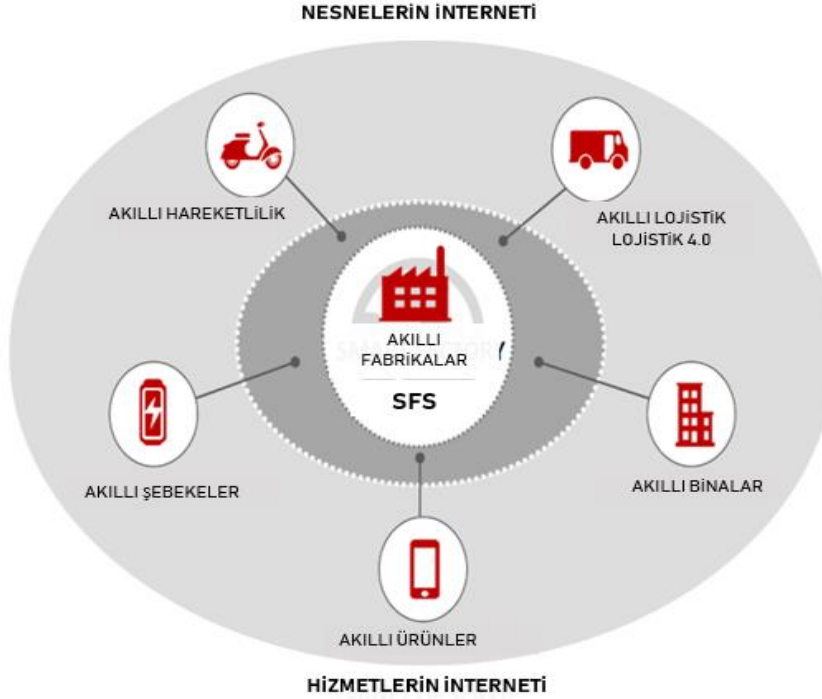
Endüstri 4.0 kavramı ilk olarak 2011 yılında Hannover Fuarında ortaya atılmıştır. Daha sonra Kagermann, Wahlster, Helbig tarafından 2013 yılında hazırlanan ve Alman hükümetine sunulan “Endüstri 4.0 Stratejik Girişiminin Uygulanması İçin Öneriler” raporunda yer almıştır. Bu final raporunda kavram ve sistem anlayışı tanıtılmış ve geleceğe dair yapılması gereken stratejiler belirtilmiştir (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013). Alman hükümeti tarafından “2020 yılı Yüksek Teknoloji Hareket Planı” ile uygulamaya geçilen bu sistem anlayışı, 2016 yılında Davos’ta düzenlenen Dünya Ekonomik Forumu’nda da yer almış ve zamanla ABD ve Kore gibi başka ülkelerde de yayılmaya başlamıştır.

Bu kavramın arkasındaki ana fikir, mekanikleşme, elektrik ve bilişim teknolojilerinin gelişimi gibi çeşitli inovasyonlar nasıl üç devrimin doğmasına neden olduysa, IoT (nesnelerin interneti) ve CPS (Siber Fiziksel Sistemler) sistemlerinin üretimde uygulanmaya başlanması da 4. Devrimin doğmasına neden olduğudur (Weyer vd., 2015).

Uygulayıcılar ve akademisyenlerin son zamanlarda sıklıkla bahsettiği Endüstri 4.0 en basit anlamıyla “*geleneksel endüstrinin güçlü yönleri ile ileri düzey internet, bilgi ve iletişim teknolojilerinin bütünleştirildiği bir süreç*” olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç, iç içe dijital ve fiziksel işlemlerin entegre edildiği, akıllı ürünler elde etmeye yarayan bir dizi teknolojiyi içermektedir (Hermann vd., 2016; Schmidt vd., 2015).

Bir diğer ifade ile Endüstri 4.0, her bir nesnenin, yapay zekâ, 3D (3 boyutlu) yazıcılar, robotik teknoloji, biyoteknoloji, nanoteknoloji, uzay teknolojileri gibi teknolojik alanlarda meydana gelen gelişmelerin etkisiyle, diğer nesnelerle internet yoluyla iletişim ve etkileşim kurduğu akıllı üretim dönemi olarak tanımlanmaktadır. Bu dönemde üretim sistemlerinin dijitalleşmesinin, sanal sistemler ile fiziksel sistemlerin birbiriyle bütünleşmesinin ve bu yolla internete bağlı olan nesnelerin akıllanmasının da mümkün olacağı düşünülmektedir (Aksoy, 2017:37).

Endüstri 4.0’da ana amaç, kendi kendini yönetebilen üretim süreçlerine sahip akıllı fabrikaların hayata geçirilmesidir. Akıllı fabrikalar; sanal dünya ile fiziksel dünyanın entegrasyonunu sağlamak için veri alışverişi gerçekleştirebilen son derece akıllı bir organizma şeklinde tanımlanmaktadır. Akıllı fabrikalar, günümüz fabrikalarına kıyasla, önemli ölçüde kaynak kullanımını artırmakta; kişiselleştirilmiş ürünlerin depolama ve dağıtım döngüsünü azaltmakta ve üretimin müşteri talepleri ile eş zamanlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Wan ve Zhou, 2015:136).



Şekil 2. Endüstri 4. 0 (Kagermann vd., 2013:23; Akt. Bartodziej, 2017:35)

Bu üç temel yapının ortaklaşa faaliyette bulunmaları, endüstri 4.0 konseptini oluşturan tüm gelişmelerin temelini oluşturmaktadır (Bartodziej, 2017:35). Bunları kısaca açıklamak gerekirse;

2.1.1. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things/ IoT)

Nesnelerin İnterneti bir teknoloji türü olmaktan ziyade bir kavram olarak nitelendirilmektedir (Bartodziej, 2017:54). Nesnelerin interneti, aslında her şeyin interneti ya da endüstriyel internet olarak da adlandırılabilir. Bu yeni teknolojik kavramla, küresel bir ağ üzerinde birbirleri ile etkileşim yeteneğine sahip makineler ve cihazlar kastedilmektedir (Lee ve Lee; 2015:431). Bu kavramın uygulama şekillerindeki çeşitlilik nedeniyle farklı tanımları bulunsa da genel olarak “Nesnelerin İnterneti, nesnelerin internet tabanlı bir iletişim ağı üzerinden yazılım programları, RFID etiketleri, sensörler, tetikleyiciler, akıllı telefonlar vs. aracılığıyla hem insanlarla hem de birbirleri ile etkileşim halinde olması, bu yolla kendi kendini yapılandırabilmesi, bir kimliğe ve akla sahip olabilmesi” şeklinde tanımlanmaktadır (Xia vd., 2012; Hermann vd., 2016; Lee vd., 2013; Erturan ve Engin, 2017). Burada amaç, sensöre dayalı bilgi ile insana dayalı bilginin bütünleştirilmesi yoluyla daha değerli bilgi sağlamaktır. IoT uygulamalarının geleceğin teknolojisinde en önemli alan olacağı ve endüstriyel açıdan geniş bir alanda kullanılacağı düşünülmektedir (Lee ve Lee; 2015:431).

Nesnelerin İnterneti (Nİ) kavramı ilk defa Ashton tarafından 1999 yılında Procter & Gamble şirketine yapılan sunum sırasında ifade edilmiştir. Bilindiği üzere günümüzde internet, insanların bilgisayarlara girdiği verilere, veri girişi yapan insanların bilgisine, veri girişine harcadıkları zamana ve girdikleri verinin doğruluğuna bağlıdır. Ashton’a (2009) göre internetin bilgiyi yalnızca insanlardan toplaması yeterli olmayıp nesnelerden de bilgi toplaması gerekmektedir. Bu sayede insan temelli hataların, olası zararların ve maliyetin azalacağını, bunlara ek olarak nesnelere dair bakım, değişim, bozulmalar gibi konularda bilgi sahibi olmanın mümkün olacağını iddia etmektedir (Erturan ve Engin, 2017:15).

Nesnelerin interneti denildiğinde akıllara ilk olarak internete bağlı bilgisayar, telefon, tablet gibi nesneler gelse de daha birçok farklı nesneler de internete bağlanarak birbirleri ile

haberleşmektedirler. Bunlara örnek olarak, evdeki buzdolabının, bitmek üzere olan gıda maddelerini süpermarkete listeleyerek istekte bulunması; aracınızın benzinin ne kadar kaldığını, trafikteki tıkanıklığı ya da boş park yerlerini algılayarak sürücüye mesaj yoluyla iletilmesi; radyasyon düzeyinin ölçülerek tehlike durumunda uyarı verilmesi; doğal afetler esnasında açık yolların belirlenmesi; sulama miktarının topraktaki nem düzeyini ölçen cihazlarla ayarlanması; sürekli tansiyon ya da insülin düzeyini ölçen taşınabilir cihazlarla hastayı veya doktoru yükseldiğine dair uyarması vs. gösterilebilir (Aktaş vd., 2014:300; Köroğlu, 2015; <http://www.muratcandemir.com>).

Günümüzde de kullanılmaya başlanan nesnelerin interneti uygulamalarının, başlıca kullanım alanları; doğal çevre uygulamaları, alt ve üst yapı uygulamaları, endüstriyel uygulamalar, engelliler için uygulamalar, enerji yönetimi, sağlık sistemleri ve nakliye sistemleri uygulamaları olarak gruplandırılabilir. Bu ana gruplar;

- *Çevresel uygulamalar*, doğa ile ilgili uygulamalardır. Bunlar; havanın veya suyun kalite ve miktarının değerlendirilmesi, iklimsel değişiklikler, deprem ve tsunami gibi afetler ile ilgili erken uyarı sistemleri vs.,

- *Alt ve üst yapı uygulamalarında* binalar, köprü ve tren yollarının yapısal güvenlik açısından takibinin yapılması ve varsa tamir gereksinimlerine ilişkin gerekli mercilerin bilgilendirilmesi; akıllı olarak adlandırılan evlerin içleriyle ilgili ısı, havalandırma, iklimlendirme, iletişim, eğlence ve güvenlik donanımlarının yönetilmesi vs.,

- *Endüstriyel uygulamalarda*, üretim sürecinde yer alan makine ve teçhizatın, otomasyon süreçlerinin ve tedarik zincirinin yönetilmesi ve denetlenmesi vs.,

- *Enerji sistemlerinin yönetiminde*, maksimum verimlilik elde etmek için sensörler ve tetikleyici mekanizmaların kullanılması vs.,

- *Engelliler için hayatlarını kolaylaştırıcı uygulamalar*; Görsel engellerde yol bulma ve ortamın betimlenmesi, konuşarak iletişim sağlayan konuşma aktif cihazlar ve otonom araçlar; İşitsel engellerde işaretleyiciler tarafından verilen altyazılı gözlükler, sesli ev cihazlarının durumu hakkında görsel bilgilendirme; Bilişsel engellerde otomatik hatırlatıcılar, programlanabilir güvenlik faaliyetleri; Fiziksel engellerde ring hatları, ev otomasyonuna entegre kapı zili ve güvenlik uygulamaları; ışık, ısı, ayarlama uygulamaları vs.,

- *Sağlık sistemlerinde*, uzaktan sağlık gözetimi yapmak amacıyla kilo kontrol uygulamaları; kan basıncı, kalp ritmi, insülin değerlerinin ölçümü ve gerekli durumlarda acil durum uyarısının yapılması vd.,

- *Lojistik sistemlerde* trafik durum kontrolü, akıllı park, filo yönetimi ve yol güvenliği konularında araç takibi, altyapının denetimi, iletişim ve bilgi yönetiminin sağlanması; olarak özetlenebilir (Köroğlu, 2015).

İnternete ve birbirine bağlı nesnelerin kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Yapılan araştırmalara göre internet ve birbirine bağlı nesnelerin sayısı 2012'de 8,7 milyar iken, bu sayı 2015 yılında 10-11 milyara ulaşmıştır. 2020 yılına ulaşıldığında bu rakamın yaklaşık 50 milyarı bulacağı öngörülmektedir (Arslan ve Kırbaş,2016:36).

2.1.2. Hizmetlerin İnterneti

Hizmet sektörü gün geçtikçe geniş kitlelere hitap eden ve hızla büyüyen bir sektördür. Bu sektörün bu derece hızlı büyümesi nedeniyle hizmet şekillerinin gelişmesi ve çeşitlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyaca binaen bu hizmetler bilgi teknolojileri ile entegre edilerek internet üzerinden yönetilmeye başlanmıştır. Bu yeni ve detaylandırılmış hizmetler, "Hizmetlerin İnterneti" olarak adlandırılmıştır. Hizmetlerin İnterneti, sağlayıcıların, talebe göre internet üzerinden erişebilir hale getirdiği hizmetleri sunan web tabanlı yazılım bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Bartodziej, 2017:54). Bu inovatif teknolojik gelişmeler

hizmet sunumunda yeni tasarım, dağıtım kanallarının ve tamamen yeni iş modellerinin oluşturulmasını tetiklemiştir. Bu sayede hizmetleri sunmak ve ticaretini yapmak daha kolay hale gelmiştir (<https://wiki.scn.sap.com>).

Hizmetlerin İnterneti, tüketiciler için sağlık, iletişim ve bankacılık hizmeti gibi evrensel hizmetleri sunmak ve satmak için interneti kullanan bir alt yapı olarak tanımlanmaktadır (Cardoso vd., 2008). Hizmetlerin İnterneti, hizmet sağlayıcılar ve tüketicilere, hizmet sunma ve hizmeti elde etme için internet üzerinden araştırma, geliştirme, tasarım, üretim, pazarlama, satış ve dağıtım gibi ayrıntılı hizmetleri içeren bir iş ağı imkanı sağlamaktadır. Bu iş ağı sayesinde firmalar, aracılar, toptancılar ve tedarikçiler gibi örgütler tüketicilere hizmet vermek için işbirliği içinde çalışabilmekte; bu sayede de daha üstün bir değer yaratabilmektedirler (Cardoso vd., 2009).

2.1.3. Siber-Fiziksel Sistemler (CyberPhysical System/ CPS):

Üretim mühendisliğinde yürütme ve karar sistemleri arasındaki çift yönlü bilgi akışını artıran entegre bir kavram olarak tanımlanan Siber Fiziksel Sistemler (SFS) (Timm ve Lorig, 2015); işlemsel ve fiziksel yeteneklerin yeni yöntemler kullanılarak bütünleştirilmesi yoluyla hem nesnelerle hem de insanlarla etkileşim sağlayan yeni nesil sistemlerdir (Baheti ve Gill, 2011). Diğer bir ifade ile siber fiziksel sistemler (SFS) internet tabanlı veri erişim ve veri işleme hizmetlerini eş zamanlı bir biçimde kullanarak, çevresindeki fiziksel dünya ile yoğun bağlantı içinde olan nesnelerle işbirliği sağlamaktadır. Fiziksel dünya ile etkileşim kurma imkanı sunan ve geleceğin teknolojik gelişmeleri açısından anahtar bir role sahip olan (Baheti ve Gill, 2011) SFS sayesinde bilgisayar vasıtasıyla iletişim kurmak, hesaplama yapmak veya işlemleri takip, kontrol ve koordine etmek mümkündür (Monostori vd., 2016: 621). Siber fiziksel sistemler (SFS) sensörler ve aktüatörler (tetikleyiciler) ile fiziksel dünyayı sanal bilgi işlem dünyasına bağlamaktadır (<http://www.endustri40.com>).

Siber fiziksel sistemlerin beş temel aşaması bulunmaktadır. Bunlar (Bartodziej, 2017: 54):

1. Fiziksel ve sanal dünyaların birleşmesini sağlamak,
2. Dinamik olarak uyarlanabilir sistemin, sistemlerini oluşturmak, *(sistemin sistemleri, sistem havuzunda yer alan birçok kaynağı ve yeteneği bir araya getirerek; mevcut sistemin toplamından daha fonksiyonel ve yüksek performansa sahip yeni bir sistemin oluşturulmasıdır. Sistemlerin sistemleri referans, düşünce süreçleri, nicel analiz araçları ve tamamlanmamış tasarım yöntemlerini içeren kritik bir araştırma disiplini (George ve Roger, 2010:77)).*
3. Değişiklik adapte edilebilir özerk sistemler kurmak,
4. Dağınık kontrol sistemleri ile işbirliği sağlamak; *(dağınık kontrol sistemleri, veri elde edilmesi ve iletişimin yüksek hızda LAN bağlantısıyla gerçekleştirilmesini sağlayan otomasyon sistemleridir (<http://www.bilgiotomasyon.com.tr>))*
5. Daha kapsamlı insan-sistem iş birliği kurmak.

CPS tasarımı bu aşamaların her birinde, yeni faydalar sağlayacak teknolojilerin ortaya çıkmasıyla sonuçlanacak, uygulamaya özel çeşitli fonksiyonları geliştirme imkânı sağlamaktadır.

Dünyanın ilk akıllı fabrikasının yakın bir gelecekte kurulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla Kaiserslautern'de bulunan bir laboratuvarında akıllı fabrika modeli üzerinde çalışılmaya başlanmıştır. Yine Endüstri 4.0'da planlanan akıllı fabrikaların kurulumuna ayak uydurmak amacıyla birçok teknoloji firması da artırılmış gerçeklik, akıllı kalite kontrol sistemleri, lazer

güdümlü üretim bantları vs. konularında altyapı çalışmalarına başlamışlardır. Türkiye’de de Bosch, Siemens, Ekol gibi firmalar; İstanbul Kalkınma Ajansı (İSTKA), Taşıt Araçları Yan Sanayicileri Derneği, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) gibi sivil toplum kuruluşları, Sabancı Üniversitesi gibi eğitim platformları bu dönüşüme uyum sağlamak için gereken hazırlıkları yapmaya başlamışlardır (EkoIQ dergisi, 2014).

Bu üç temel sisteme ek olarak; 3D yazıcılar, bulut bilişim sistemleri, artırılmış gerçeklik, yapay zeka, otonom robot sistemleri, dikey ve yatay sistem entegrasyonu, büyük veri, simülasyon gibi kavramlar Endüstri 4.0’ın diğer bileşenleri olarak ortaya çıkmaktadır.

• **3D yazıcılar (3D Printer):** 3D yazıcılar, bilgisayarda oluşturulan verileri üç boyutlu elle tutulabilen gerçek cisimlere dönüştüren bir makinedir. Gelecekte neredeyse tüm mekanik parçaların 3D yazıcılar vasıtasıyla basılabileceği düşünülmektedir.

• **Akıllı objeler (Smart objects):** Fiziksel ve sanal dünyada, veri işleme bilgi ve becerisine sahip ve bir sistem içinde belli bir konuma uyum sağlayabilen, objelerdir.

• **Bulut bilişim (Cloudcomputing):** Bulut bilişim, çevrim içi bilgi paylaşım hizmeti olarak tanımlanmaktadır. Bilgiler; bilişim araçları arasında internet yoluyla paylaşılmakta böylece erişimi kolay hale gelmektedir.

• **Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality):** Artırılmış gerçeklik, dünyadaki fiziksel ortamın, bilgisayar vasıtasıyla ve duyuşal girdilerle canlı, dinamik ve eş zamanlı olarak hissedilmesi olarak tanımlanmaktadır.

• **Yapay zekâ (Artificial Intelligence):** Yapay zekâ ise makinelerin düşünme ve öğrenme yeteneği olarak tanımlanmaktadır.

• **Simülasyon (Simulation):** Simülasyon, gerçek bir sürecin veya sistemin işletim şeklinin zaman üzerinden taklit edilmesi olarak tanımlanmaktadır.

• **Büyük veri (Big Data):** Sosyal medya yayınları, bloglar, mikrobloglar, GSM operatörleri gibi farklı kaynaklardan derlenen oldukça fazla miktarda bilgilerin, anlamlı bir şekilde dönüştürülmüş hali olarak tanımlanmaktadır.

• **Dikey ve yatay sistem entegrasyonu:** Ürünlerin kendi üretimlerini yapmak için tüm makineler ve diğer iş bölümleri ile iletişim kurması olarak tanımlanmaktadır.

• **Otonom robotlar (Autonomous Robots):** Genellikle doğrudan bir operatör güdümünde bir bilgisayar programı vasıtasıyla ya da bağımsız bir biçimde daha önceden programlanmış görevleri gerçekleştiren elektro-mekanik cihaz olarak tanımlanmaktadır (Guban ve Kovacs, 2017: 113-114; Ege Bölgesi Sanayi Odası, 2015; Bartodziej, 2017: 54).

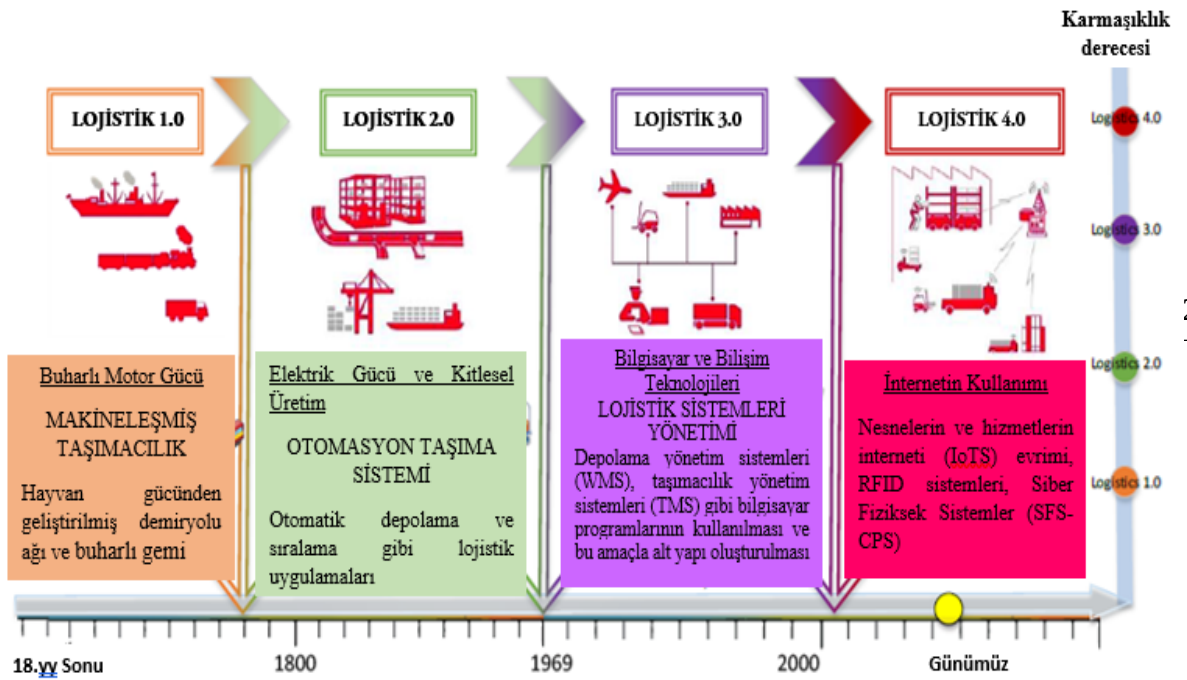
Sonuç olarak, küresel rekabetin yoğun olması, imalat ve dağıtım süreçlerinde yer alan çok çeşitli görevlerin bulunması, farklı ortakların varlığı ve faaliyetlerin çok çeşitli coğrafik konumlarda gerçekleşmesi, süreçlerin yönetilmesini zorlaştırmaktadır. Son on yıldır, firmalar tüm bu karmaşık süreçleri yönetebilmek ve global ekonomide rekabet edebilmek amacıyla bilgi ve iletişim teknolojileri kullanmaktadırlar. Ancak bu teknolojik devrim ile yakın zamanda bu karmaşık süreçler; özerk ve birbirleri ile kablosuz internet aracılığıyla etkileşim halinde olan mikro bilgisayarlar ve onlarla bağlantılı sistemler aracılığıyla yönetilmeye başlanacaktır. Bu sayede siber ortam ile fiziksel dünyanın bir araya gelmesi sağlanacağından süreçlerin yönetiminde daha radikal dönüşümler meydana gelecektir (Wan ve Zhou, 2015:135; Eren ve Eyitmiş, 2017). Bu dönüşümlerin etkisi ile, sistemi ve hataları izleme kolaylığı, doğa dostu olma ve kaynak koruma konusunda sürdürülebilir olma imkânı, yüksek etkinlik, üretimde esneklik artışı, maliyetin düşmesi, yeni hizmet ve iş modellerinin geliştirilmesi gibi avantajlar elde edilecek; böylece Endüstri 4.0 sayesinde verimlilik, gelir artışı ve rekabet avantajı sağlanacaktır (Koska vd., 2017:54-55).

Bu dönüşümlerin temelinde özellikle üretim faaliyetlerindeki verimliliğin artırılması hedeflense de işletmede yer alan üretimden finansa, insan kaynaklarından lojistiğe kadar

işletmenin diğer departmanlarının bu dönüşüme uyum sağlamaları ve bu amaçla bilgisayarlı teknolojilerin getirdiği bilişim sistemlerini kullanmaları kaçınılmaz hale gelmiştir (Can ve Kıymaz, 2016:108). Özellikle de endüstriyel süreçlerin dijitalleşmesinden en fazla lojistik ve tedarik zincirlerinin etkileneceği öngörülmektedir. Hatta ticari araç üreticileri, ulaştırma sektörü ve endüstriyel kullanıcıların çoktan sürece uyum sağlama ve süreçlerini dönüştürme çabasına girdikleri görülmektedir (Schlott, 2016a).

2.2. Lojistik 4.0

Tüketici ihtiyaç ve beklentilerinin sürekli değişiklik arz etmesi, küreselleşme, teknoloji temelli iletişimin yaygınlaşması (Bakan ve Şekkel, 2015:40); yürütülmesi gereken faaliyetlerin çeşitlenmesi ve son yıllardaki yoğun teknolojik inovasyonların etkisi ile zamanla lojistik faaliyetler çeşitli değişikliklere sahne olmuştur. Endüstri devrimlerinin kronolojik gelişimi göz önüne alındığında, üretim endüstrisinde yapılan her devrimle paralel olarak lojistik süreçler de etkilenmiştir (Timm ve Lorig, 2015). Diğer bir ifade ile lojistik gelişim süreci de (Şekil 2) endüstri gelişim süreci gibi dört aşamadan oluşmaktadır (Galindo, 2016:25-30).



Şekil 3. Lojistik Evrim (Galindo, 2016:25)

Lojistik 1. 0

Birinci endüstri devriminde (Endüstri 1.0) buhar makinesinin icadı ile birlikte kırsal yaşamdan sanayileşmeye geçilmiştir. Manüel araçlar ya da hayvan kuvveti ile yapılan üretim ve taşımacılık faaliyetleri makinelerle yapılmaya başlanmıştır. Bu dönemde çoğunlukla karayolu taşımacılığı yapılmaktaydı. Buhar makinesinin ulaşımında da kullanılmaya başlanması ile tren yolu ve havayolu taşımacılığı yapılmış; karayolu taşımacılığının bir miktar yoğunluğu azalmıştır. Bu dönemde depolar bitmiş ürünler ya da hammaddeler için kullanılan odalar olarak kurgulanmıştır. Depolara giden ya da depolardan çıkan ürünler insanlar tarafında manüel olarak elleçlenmekte ve taşınmaktadır. Dağıtımaya yönelik taşımacılık ise karayolu, deniz yolu ya da demir yolu ile sağlanmaktadır.

Lojistik 2.0

İkinci dönemde (Endüstri 2.0) yaşanan teknolojik değişiklikleri bir devrimden daha çok evrim olarak tanımlamak daha doğru olacaktır. Bu dönemde makine yapımında çelik, bakır veya alüminyum gibi yeni malzemeler kullanılmaya başlanmış; kimya endüstrisinde görülmemiş gelişmeler yaşanmış, elektrik ve petrol gibi güç kaynakları üretim, taşımacılık ve iletişimde kullanılmaya başlanmıştır. Yine bu dönemde, karayolu taşımacılığı yapılmaya devam etmiş; demiryolu ve buharlı gemi taşımacılığı daha da yaygınlaşmıştır. Özellikle taşımacılıkta konteyner gemilerinin kullanılması bu dönemin en önemli inovasyonlarından biridir. Lojistik sektöründe elektriğin varlığı ile depolarda elektrikli lojistik ekipmanları kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede ürünler raflara otomatik bir biçimde yerleştirilip çıkarılabilir hale gelmiştir. Ayrıca elle çekilen forkliftler yerini motorla çalışan elleçleme ve taşıma araçlarına bırakmıştır.

Lojistik 3.0

Üçüncü sanayi (Endüstri 3.0) devriminde, üretime gereken esnekliği sağlamaya yarayan nümerik kontrollü makinelerin (torna, freze gibi CNC, DNC takım tezgâhları) ve otomatik üretim yapma imkânı sağlayan endüstriyel robotların icadı olmak üzere iki temel teknolojik gelişme olmuştur. Lojistik sektöründe ise teknoloji temelli lojistik yönetim sistemleri kavramı gelişmeye başlamıştır. Bunun etkisi ile WMS (Warehouse Management System- Depo yönetim sistemi), TMS (Transport Management System- Taşımacılık yönetim sistemi) gibi önemli yazılımlar yaygınlaşmaya başlamıştır.

Bu yazılımlar, özellikle tedarikçilere verilen siparişlerin ihtiyaç olduğunda hemen erişebilir olması için inbound (giriş) lojistik sürecinin planlanması için kullanılmaktadır. Yine yazılımlar sayesinde nihai ürün ya da hammadde taşınması sürecinde filo araçlarının planları, çizelgeleri ve rotalamaları daha önceden yapılabilir hale gelmiştir. Üretim lojistiği sürecinde ise ürünler çoğunlukla otomatik hareketli bantlar üzerinde ya da çalışanların kullandığı forkliftler yardımıyla; bazı işletmelerde ise rotaları programlanmış son teknoloji robotlar yoluyla işletme içine taşınmaktadır. Ürün teslim süreci de üretim başlamadan önce planlanan bu planlara ve çizelgelere göre yönetilmektedir (Galindo, 2016:25-30).

Lojistik 4.0

Teknoloji tabanlı fiziksel lojistik süreçlerinde, Endüstri 4.0'ın etkisi ile donanım temelli uygulamalardan yazılım tabanlı uygulamalara dönüşüm başlamış, hesaplama ve iletişim yeteneklerinde artış sağlanmış ve tüm gereken bilgilerin bütün paydaşlarla paylaşımı oldukça kolaylaşmıştır (Hompel ve Kerner, 2015: 177; Timm ve Lorig, 2015; Tavukçuoğlu, 2017).

Bu dönüşüm, sabit işlevleri olan, esnekliğin söz konusu olmadığı geleneksel cihazların yerini, kullanıcının ihtiyacına uygun ve gerektiğinde yeni işlevler kazanma esnekliğine sahip yazılım tabanlı cihazların alması anlamına gelmektedir. Donanım temelli sistemde kullanıcı, cihazları sadece belirli alanlarda ve teknolojisi eskiyene kadar kullanabilmekteyken, bu yazılım temelli bir sistem yoluyla cihazlar bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelere bağlı olarak gelişme ve değişmekte; performansı ve kullanım ömrü artmaya başlamaktadır (Çeven vd., 2010; <http://www.otomasyondergisi.com.tr>).

Bu dönüşüm öncelikle üretim ve lojistik süreçlerinin bilgi teknolojileriyle entegrasyonu ile başlamaktadır. Bu dönüşüm süreci işletmenin sahip olduğu ürünlere ve üretime dair bilgilerin hem işletme içinde hem de müşteri ve tedarikçilerle değiş tokuş edilmesini içermektedir. Tedarikçilerin bu tasarım ve tedarik zincirine ait bilgi alışverişi sayesinde fayda elde edecekleri düşünülmektedir. Üretim sürecinde, insanlar, makineler,

parçalar ve ürünler ile eş zamanlı iletişim kurulacaktır. Bu yolla tüm ağlar standartlaşacak ve bilgiler erişime açık hale gelecektir. Bilgiler, hataları azaltmak ve erişilebilirliği artırmak amacıyla bulut adı verilen internet ortamlarında saklanacaktır. Tüm bunların sonucunda üretim ve dağıtım süreçleri beklenen ya da beklenmeyen tüm değişimlere esnek bir şekilde cevap verme imkânı elde edeceklerdir (Rüssman vd. 2015).

Lojistik 4.0 bireysel aktörlerin davranışlarının başka aktörlere bağlı olduğu otonom alt sistemlerden oluşmaktadır. Bu otonom sistemler hem kendi bireysel hedeflerine ulaşabilmek hem de ilgili tarafların hedeflerine ulaşabilmesini sağlamak için birbiriyle etkileşim halindedirler (Şekil 4) (Timm ve Lorig, 2015).



Şekil 4. Lojistik 4.0: Nesnelerin İnterneti (Hülsmann, 2015)

Yöneticiler rekabet gücünü korumak veya artırmak için tedarik zincirlerinin sahip olduğu bu çok büyük karmaşayı (sistemler, alt sistemler, paydaşlar vs.) doğru yönetebilmek zorundadırlar. Bu duruma, Lojistik 4.0 etkin ve uygulanabilir çözümler sağlamaktadır. Lojistik 4.0'ın uygulanması aşamasında anahtar role sahip **altı temel** özellik bulunmaktadır. Bunlar, örüntü tanıma, yeni işler, lojistik değerler, yenileştirme, öz-örgütlenme ve çeviklikler. Bunları kısaca açıklamak gerekirse (Göpfert, 2016: 344):

2.2.1.Örüntü tanıma: Ölçülebilen, gözlenebilen, tekrar edebilen, ortak düzene veya benzerliklere sahip olan örnekler kümesine *Örüntü* denilmektedir. *Örüntü tanıma* ise aralarında ilişki kurulabilen ve ortak özelliklerin bulunduğu kompleks sembol veya nesnelerin, önceden belirlenmiş özellikler veya karakterler aracılığıyla tanımlanması veya sınıflandırılmasına yarayan bir teknolojidir. Örüntü tanımanın temel amacı; belirsiz örüntü (seri) gruplarına belirli bir düzen sağlamak ya da belirli bir gruba ait örüntüyü teşhis etmektir. Bu teknoloji, savunma sanayinde, tıp biliminde, trafikte, konuşma, tanıma teknolojilerinde, jeolojide sismik hareketlerin incelenmesinde ve deprem tahmininde, el yazısı, parmak izi, yüz tanıma uygulamalarında, uydu resimlerinin yorumlanmasında, ses

tanıma, haberleşme işaretlerini tanıma ve radar hedef sınıflama, biyomedikal kontrol, veri madenciliği gibi alanlarda aktif olarak kullanılmaktadır (<http://emrahozkaynak.blogcu.com>).

Örüntü tanıma teknolojisi ile lojistik sistemlerin davranışını da açıklamak mümkündür. 2000'den beri global ölçekte dijital olarak kaydedilmiş birbiri ile alakalı birçok veri bulunmaktadır. Bu verilerin analiz edilmesiyle, dünya çapında yer alan çeşitli lojistik sistem davranışlarının temel faktörlerini belirlemek mümkün hale gelmektedir. Belirlenen bu sistem davranışları ve faktörler tahmin yürütme, satış ve operasyon planlama için bir temel oluşturmaktadır. Bu da işletmelere büyük fayda sağlamaktadır.

2.2.2. Yeni işler: *Yeni işlerden* kasıt, Lojistik 4.0 dünyasında yeni hizmetler ya da iş modelleri vasıtasıyla büyük fırsatların yaratılmasıdır. Dijital iş modelleri global ekonomi ve sanal ağlar gibi spesifik özelliklere sahiptirler. Lojistik 4.0 dünyasında birçok süreç kendini örgütlenme becerisine sahip olacağından, işlerin tanımları değişecek, yönetim sadece paylaşılan değerlerin entegrasyonunun sağlanması konusunda görev alacaktır.

2.2.3. Lojistik değer: *Lojistik değer*, müşteri hizmet ihtiyaçlarının karşılanması sürecinde tedarik zinciri maliyetlerinin minimum ve ortaklarının kârının ise maksimum olmasının sağlanması olarak; *Lojistik katma değer* ise, pazar payının artırılması amacıyla geliştirilen ek hizmet faaliyetlerini kapsayan hizmetler olarak tanımlanmaktadır (Akyıldız, 2009:55). Lojistik 4.0 sürecinde oluşacak bahsi geçen yeni işler, mevcut kurumsal lojistiğe katma değer yaratacak, akabinde de bu katma değer tüm zinciri de kapsayarak yayılacaktır.

2.2.4. Genelleştirme: *Genelleştirme* kavramı lojistik yapının esneklik sağlaması amacıyla genelleştirilmesini içermektedir. En iyi hizmeti verebilmek için; müşterileri katma değerlerine göre segmentlere ayırmak ve bu segmentlere uygun ağ yapılandırmaları oluşturmak; genelleştirilmiş lojistik yapının kalbini oluşturmaktadır. Taşımacılık, paketleme ve başkaları üzerinden öğrenme gibi diğer faaliyetler de genelleştirme perspektifini tamamlamaktadır.

2.2.5. Öz-örgütlenme: Lojistik süreçlerinin uygun eşleştirilmesinin sonucunda sistem kendi kendini örgütler hale gelecektir. Buna *öz-örgütlenme* adı verilmektedir. Öz-örgütlenme; özerklik, kendini tekrarlama, modülerlik ve öz referans olmak üzere dört boyuttan oluşmaktadır. Öz-örgütlenme paletleme, paketleme, taşımacılık, elleçleme, depolama gibi her türlü lojistik faaliyetlerde uygulanabilmektedir.

2.2.6. Çeviklik: Lojistik faaliyet süreçlerinde çeviklik (agility) stratejik bir öneme sahiptir. Çeviklik genel anlamıyla, değişen şartlara göre hızlı hareket etmek anlamına gelmektedir. Lojistik yönetiminde ise *çeviklik*; müşteriden malın veya hizmet siparişinin alınmasından başlayarak, müşteriye ilgili malın veya hizmetin teslim edilmesine kadar geçen müddetin sıfır olmasının amaçlandığı bir anlayış olarak tanımlanmaktadır (Genç, 2010:611). Çeviklik, Lojistik 4.0 konseptinin de en başarılı şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. Lojistik 4.0 konseptine göre çevik olmak bilişim altyapısı ve onunla ilişkili uygulamalara yönelik küçük döngüler içinde hareket etmek anlamına gelmektedir (Göpfert, 2016: 344).

Lojistik 4.0 uygulamalarının gerçekleştirilmesi için bu altı şartın da yerine getirilmesi gerekmektedir. Ancak bu altı şartın her birinde hala emekleme aşamasında olduğu da unutulmamalıdır (Schlott, 2016a:13).

2.3. Lojistik 4.0 İle İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar

Literatürde Endüstri 4.0 devrimi ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe büyük bir ivme ile artmaktadır. Bunlardan bazıları şöylece özetlenebilir; Sendler (2013), Endüstri 4.0'ın ürün ve hizmetin insan müdahalesi olmadan çevresindeki diğer ürün ve hizmetle internet ve diğer ağlar yoluyla bağlantı sağladığını ve bu yolla özerk bir biçimde kendilerini geliştirdiğini öne

sürmüştür. Schmidt vd. (2015) Endüstri 4.0'ı, çeşitli teknolojik gelişmelerin bütünleştiği ve hem ürün hem de süreçleri kapsayan bir konsept olarak tanımlamıştır. Bu konseptin siber fiziksel sistemler aracılığıyla dijital ile fiziksel iş akışının sağladığını iddia etmiştir. Alçın (2015) Endüstri 4.0 hakkında teorik bilgi verdiği çalışmasında yeni sürecin üretim ve tüketim ilişkilerini kökünden değiştireceğini iddia etmektedir. Hermann vd. (2016) ise makalesinde Endüstri 4.0'dan üretim, materyal kullanımı, tedarik zinciri yönetimi gibi endüstriyel süreçleri içeren temel iyileştirmeler olarak bahsetmiş ve insan, makine ve kaynakların iletişimine imkân sağlayan bir paradigma olduğunu belirtmiştir. Gentner (2016) ile Hofmann ve Rusch (2017) makalelerinde Endüstri 4.0'ın etkisi ile mevcut durum ile gelecekteki potansiyel durumu kıyaslamışlardır. Henke ve Schulte (2015) çalışmalarında tedarikçilerin ve üreticilerin Endüstri 4.0'ın getirdiği fırsatları iyi değerlendirmeleri gerektiğinin altını çizmişlerdir. Yıldız (2017) Türkiye ölçeğinde Endüstri 4.0'ı değerlendirdiği makalesinde, bu devrime adapte olabilmek adına ülkemizde başta eğitim alanı olmak üzere çok çeşitli alanlarda köklü iyileştirmelerin yapılması gerekliliğini vurgulamaktadır.

Lojistik 4.0 ise daha yeni bir konsept olduğu için Endüstri 4.0'a kıyasla hakkında yapılmış olan çok daha az çalışma bulunmaktadır. Ağırlıklı olarak teorik bilgilerin yer aldığı çalışmalardan ilki Göpfelt'in (2000) kitabıdır. Bu kitapta gelecekte lojistiğin nasıl olabileceğine dair varsayımlarda bulunmuş; örüntü tanıma, yeni işler, lojistik değerler, genelleştirme, öz-örgütlenme ve çeviklik olmak üzere Lojistik 4.0'ın altı temel özelliğini tanımlamıştır. Preuveneers ve Ilie-Zudor (2017) sadece üretim değil lojistik süreçlerinde de, verimliliğin artırılması amacıyla büyük veri, bulut bilişim, akıllı karar destek sistemleri vs. kullanılarak akıllı fabrika ortamlarının sağlanacağını öne sürmüşlerdir. Barreto vd. (2017), çalışmalarında Endüstri 4.0'ın uygulanma prensipleri ile Lojistik 4.0'ın uygulanma prensiplerinin çok benzer olduğu ve işletmeler ile müşterilerine büyük fırsatlar sunacağından bahsetmektedirler. Glas ve Kleeman (2016), Endüstri 4.0'ın tedarik zinciri üzerindeki olası etkilerinden söz ederken, Trappey vd. (2017) yaptıkları çalışmada, her bir lojistik hizmete dair bir yol haritası çizilmesi yaklaşımını önermektedirler. Hompel ve Kerner (2015) ve Hofmann ve Rusch (2017) yaptıkları çalışmalarda dördüncü sanayi devriminin, lojistik süreçlerini ve algısını temelinden değiştireceğini iddia etmektedirler. Pfohl vd. (2015), işletmelerin önemli tedarik zinciri faaliyetlerini Endüstri 4.0'ın karakteristik özelliklerine göre yapılandırmaları gerektiğini vurgulamışlardır. Timm ve Lorig, (2015), Lojistik 4.0 sürecini, birbiri ile iletişim kurabilen özerk alt sistemlerin oluşturduğunu belirtmişlerdir.

2.4. Lojistik 4.0'a Dair Öngörüler

Önümüzdeki 10 yıl içinde Endüstri 4.0'ın etkisiyle lojistikte yaşanması muhtemel gelişmelerin şu şekilde olacağı öngörülmektedir:

- Her çalışma süreci makineler tarafından yürütülecek: üretim ve taşımacılık bilgisayarın yönettiği robotlar vasıtasıyla yapılacaktır, [Daha şimdiden ameliyat, ajanlık, garsonluk vs. çeşitli işler robotlar tarafından yapılmaya başlanmıştır. 2025 yılında Amerika'da insanların neredeyse yarısının, işlerini robotlara devredeceği düşünülmektedir (Tarhan;2017:141-142)];

- Ürünlere ya da araçlara takılacak sensörler ve akıllı etiketler sayesinde, tedarik zinciri boyunca ürünlerin kendi kendilerine hareket etmeleri ve kendilerini yönetmeleri sağlanacak; bu sayede ürünlerin tüketicilere ne düzeyde ve ne şekilde ulaştığı konusunda, eşzamanlı bilgi almak mümkün hale gelecektir,

- Tedarikçiler yeni siparişlerle ilgili bilgileri eş zamanlı bir biçimde elde edecekler ve işlemleri otomatik bir biçimde kendileri ayarlayacaklar, böylece tam zamanlı lojistik uygulamaları en yüksek seviyeye ulaşacaktır,

- Depolama süreci tamamen otomatik olacak ve stok yönetiminin daha pratik ve hatasız bir biçimde yapılması sağlanacaktır,
- Giriş, üretim ve çıkış lojistiği süreçleri işletme içinde yollarını lazerli navigasyon aracıyla ve diğer araçlarla kablosuz internet vasıtasıyla iletişim kurarak bulan özerk taşıma araçları, gelen malzemeleri düzenlemek ve koordine etmek için sevkiyat robotları ile birlikte çalışacaklar; sevkiyat robotları üretimde sırası gelen malzeme ve hammaddeleri otomatik bir biçimde bulup seçeceklerdir,
- Çalışanlar, lojistik ve üretime dair bilgilerin görüntülediği artırılmış gerçeklik gözlüğü takacaklar ve bu gözlükler sayesinde sanal gerçekliği kullanarak her parçanın montajında takılı olması gereken yerde olup olmadığını görebileceklerdir,
- Yeni tarzda üretilmiş sürücüsüz tırlar, kaptansız gemiler, pilotsuz uçaklar gibi akıllı taşıtlar ile taşımacılığın şekli değişecektir,
- Ağır vasıta taşıtlarına güvenlik açısından kör nokta kameraları, ileriye dönük radar sistemleri, ayna kameralar vs. eklenerek görme alanlarının daha gelişmesi sağlanarak kaza riskleri ortadan kaldırılacaktır,
- Daha hızlı veri iletişimi sağlayan ve trafik durumu hakkında bilgi dağıtan modern iletişim teknolojileri geliştirilerek taşımacılık yapan araçların etkinliği artırılacaktır,
- Kısmi otomatik ve özerk sürüş sistemi oluşturularak sürücüdeki stres azaltılacak, yük taşımacılığında etkinlik artacak ve trafiğin daha düzgün akması sağlanacaktır,
- Şoför kaynaklı hataların azaltılması için dijital Asistanlık sistemi kurulacak, bu asistan sürücülere ya da otonom sistemlere; kendi üniteleri, varsa römorkları, araç gövdelerinin vs. durumu, navigasyon bilgileri ve sipariş edilen ürünler hakkında bilgiler sunacak ve sürüş esnasında takip mesafesini sağlayacak, yoldaki tabelaların yazdıklarına göre aracı yönlendirecek, aracın hızını hız limitlerine göre ayarlayacak, yollardaki şeritlere göre sürüşü düzenleyecektir,
- Taşımacılığı daha etkin yapabilmek için araç kapasiteleri artırılacak, bu da daha az yakıtın kullanılması ve maliyetin düşmesine neden olacaktır,
- Ticari araçların elektrik, doğal gaz ya da pille çalışması sağlanacak, Fosil yakıtlar eski önemini kaybedecek, yeni yakıt türlerine ve enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulacak, böylelikle doğaya daha az zarar verilmiş olunacaktır,
- Trafik altyapısı yeni duruma göre şekillenecektir,
- Makinelerin internet yoluyla birbirleriyle etkileşim kurmalarıyla lojistik hizmetlerinin daha etkin ve verimli bir biçimde sunulması sağlanacaktır,
- Taşıyıcılar, gıda taşımacılığı esnasında, GPS temelli telematik (birbirinden bağımsız bilgisayar ağı teknolojileri) kullanarak, aracın gerçek zamanlı sıcaklığı ve konumu hakkında uyarılar alacak, bu sayede sıcaklığın uygunluğunu sürekli kontrol etmeleri mümkün olacaktır,
- Lojistik hizmet sağlayıcıları uzaya jeo-sabit uydu göndermeye başlayacak ve tedarik yönetimi uzay istasyonları tarafında yönetilecektir,
- Çoğu endüstriyel atıklar geri dönüşüm ile temel hammadde kaynağına dönüştürülerek kullanılacağından, tersine lojistik uygulamaları daha revaçta olacaktır,
- Çoğu gelişmekte olan ülkelerde lojistik hizmetlerinde tekelleşme riski oluşacaktır,
- Yeni istihdam alanları ortaya çıkacaktır,

- Tüm bunların sonucunda tedarik zinciri daha akıllı hale gelecektir.

(Guban ve Kovacs, 2017; Rüssman vd. 2015:8; Schlott, 2016b; Tavukçuoğlu, 2017; Ege Bölgesi Sanayi Odası, 2015; Bartodziej, 2017; Gracht, 2008; <https://www.trucks.com>).

3. SONUÇ

Günümüz şartlarında geleneksel üretim teknikleri ile rekabet edebilmek oldukça zor hale gelmeye başlamıştır. Bu nedenle yöneticiler ve akademisyenler, sürdürebilir rekabet elde edebilmek adına yeni arayışlara girmeye başlamışlardır. Diğer taraftan, teknoloji her alanda sürekli ve durmaksızın gelişmektedir. Artık teknoloji sayesinde birçok soruna çözüm bulunur hale gelmiştir. Bu yenilik arayışlarının teknolojik gelişmelerle entegrasyonu, bir devrim olarak nitelendirilen Endüstri 4.0 konseptini doğurmuştur.

Endüstri 4.0 konsepti ile sanal 3D yazıcı, artırılmış gerçeklik, yapay zekâ, büyük veri, simülasyon vs. yöntemler yoluyla kendi kendine düşünebilen ve karar verebilen akıllı fabrikalar kurulması, akıllı tedarik zincirleri oluşturulması ve bu yolla akıllı ürünlerin üretilmesi ve dağıtılması hedeflenmektedir. Bu endüstriyel devrim işletmelere istihdam, ekonomik büyüme, istikrar, etkinlik, iş güvenliği, verimlilik, sürdürebilir rekabet avantajı vs. büyük vaatler sunmaktadır.

Endüstri 4.0 gibi onun etkisi altında olan Lojistik 4.0'ın da inovatif bilişim teknolojilerinin endüstriyel süreçlerle bütünleşmesini öngören çözümler sunacağı düşünülmektedir. Endüstri 4.0'la aynı prensiplere sahip olan Lojistik 4.0, siber fiziksel sistemler, RFID- radyo frekanslı tanıma sistemi, yazılımlar, nesnelerin interneti ve büyük veri tabanı uygulamaları gibi geniş teknik bileşenleri kapsayan bir kavramdır.

Yaşanan teknolojik gelişmeler referans alındığında, yaşanması olası gelişmeler insanı hayrete düşürmektedir. Akıllı ve otomatik araçların taşıdığı malzemeler, akıllı elleçleme araçları ile akıllı fabrikaların üretim alanına gelecek; otomasyon sistemi ile her müşteriye özel üretilmiş akıllı ürünler sunulacak, ürünler akıllı depolarda otomasyon sistemi ile özerk bir biçimde saklanacak ve akıllı araçlar ile dağıtılacak, tıbbi birçok tedavi robotlar sayesinde yapılacak gibi ancak bilim kurgu filmlerinde olacağına inanılan birçok durumun yakın vadede gerçekleşeceği beklenmektedir. Ancak tüm bu bahsi geçen stratejilere ve öngörülere rağmen henüz ne üretimin ne de lojistiğin hedeflenen dijital düzeye ve özerk hale tam olarak erişebildiğini söylemek mümkün değildir. Birçok sektörde çalışmalar yapılmaya başlanmış olsa da hala yapılması gereken çalışmalar ve uygulamalar bulunmaktadır.

Bu öngörülerin tamamı değil bir kısmının dahi gerçekleşmesi ile tıptan ziraata kadar sektörel birçok uygulamanın değişeceği, mevcut kaynaklara olan ihtiyacın farklılaşacağı, yeni kaynaklara ihtiyaç duyulacağı, insan kaynaklarının arz -talep dengesinin bozulacağı, eski mesleklerden bazılarının tarih olacağı ve yeni mesleklerin ortaya çıkacağı, sosyal hayatın radikal değişikliklere uğrayacağı, hatta insanların psikolojilerinin dahi yeni duruma göre değişiklik göstereceği yepyeni bir dönem insanlığı beklemektedir.

Yaşanan bu devrim, gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer alan Türkiye açısından da oldukça kritik bir öneme sahiptir. Eğer Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 doğru uygulanır ve doğru yönetilirse ülke açısından önemli fırsatlar yakalanacaktır. Endüstri 4.0 başta rekabet avantajı olmak üzere verimlilik artışı, yüksek performans, stratejik üstünlük elde etmek gibi birçok konuda ülkeye büyük kazanımlar sağlayacaktır. Ayrıca Türkiye'nin jeopolitik konumu nedeniyle lojistik açısından çok avantajlı olduğu göz önüne alındığında, Lojistik 4.0'ın ya da diğer adıyla akıllı lojistiğin oldukça büyük faydalar sağlayacağı kuşkusuzdur.

Bu sürecin doğru yönetilmesi amacıyla Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM), Türkiye Sanayicileri ve İş adamları Derneği (TÜSİAD),

Müstakil Sanayiciler ve İşadamları Derneği (MÜSİAD), Uluslararası Yatırımcılar Derneği (YASED) ve Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) gibi iş dünyası örgütlerinin içinde yer aldığı ve Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın başkanlığında kurulan Türkiye'nin "Sanayide Dijital Dönüşümü" Platformu kurulmuştur. Bu platform Endüstri 4.0'a geçişi yönetebilmek için bir taraftan durum analizi, SWOT analizi, teknolojik yetkinlik haritası gibi teknik araştırmalar yaparken diğer taraftan da eğitim, altyapı, teşvikler, inovasyon gibi konularda çeşitli çalışmalar yapmaktadırlar (<https://www.dunya.com>). Bunlara ek olarak Bosch, Siemens gibi üretici firmalar ve Ekol gibi lojistik firmaları; Sabancı Üniversitesi gibi eğitim kurumları, İstanbul Kalkınma Ajansı (İSTKA), Taşıt Araçları Yan Sanayicileri Derneği, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) gibi sivil toplum kuruluşları da bu konu ile ilgili çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Tüm bu çalışmalarla endüstri 4.0 konseptinin işletmelerde uygulanmasının ve yaygınlaşmasının sağlanması amaçlanmaktadır.

Tüm bu bahsi geçen kurum ve kuruluşların, konseptin yaygınlaşması için sarf ettikleri gayretler çok önemlidir. Çünkü işletmeler açısından Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 uygulamalarının hayata geçirilmesi süreci kritiktir. Bu süreçte dikkatli olunması ve ekstra önem gösterilmesi gerekmektedir. Bu konseptte dönüşme çalışmalarına başlamadan öncelikle mevcut durumun ve bulunulan endüstriyel düzeyin ne olduğu çok net bir biçimde analiz edilmelidir. Endüstriyel düzeyin ne olduğunun belirlenmesi, yol haritasının çizilmesi ve finansal durumun tespiti açısından büyük önem taşımaktadır. Daha sonra bu dönüşümün nasıl ve ne zaman yapılacağı, hangi kaynaklardan yararlanılacağı vs. tüm riskler göz önüne alınarak planlanmalıdır. Yapılan planların uygulanması aşamasında ise konuya hâkim ve işinin ehli danışmanlardan destek almak işletme yönetimine kolaylık sağlayacaktır. Bu derece önemli bir dönüşüm sürecinde tüm yönetimin hemfikir olması ve zorluklarla karşılaşılrsa dahi süreci sonuna kadar desteklemesi büyük önem taşımaktadır.

Büyük faydalar sağlayacağına inanılsa da Endüstri 4.0 ve Lojistik 4.0 konseptinde üretim robotlar, yapay zeka, akıllı nesneler vs. vasıtasıyla gerçekleşeceğinden insan gücüne ve emeğine olan ihtiyacın azalacağına dair kaygılar da bulunmaktadır. Bu kaygılara yönelik iki farklı görüş bulunmaktadır. Birincisi hem mavi yakalıların hem de beyaz yakalıların işsiz kalacağı ve insanların mağdur olacağı görüşüdür. İkinci görüş ise mevcut birçok işin tarih olacağı lakin yerine yeni mesleklerin geleceği ve kalifiye insana duyulan ihtiyacın devam edeceği görüşüdür. Bir diğer kaygı da akıllanan nesnelerin ve robotların zamanla insanların kontrolünden çıkarak insanlara hükmedeceği ile ilgidir. Bu kaygılara yönelik de iki farklı görüş bulunmaktadır. Bir grup bunun mümkün olduğuna ve bu durumun insanlığın sonu olacağına inanmakta diğer grup ise insanın her zaman cihazlardan daha akıllı olacağı için böyle bir durumun yaşanmayacağı görüşünü savunmaktadırlar. Hangilerinin haklı olduğunu ise zaman gösterecektir. Ancak şu da unutulmamalıdır ki; bu dönüşüm artık başlamıştır ve durdurmak mümkün değildir. Bu nedenle duruma uyum sağlamaktan ve bunun avantajlarından faydalanmaya çalışmaktan başka bir çare bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- AKSOY, Suat, 2017. Değişen Teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı Anlamaya Dair Bir Giriş. Teknoloji, 34.
- AKTAŞ, Faruk; ÇEKEN, Celal; ERDEMLİ, Yunus Emre., 2014. Biyomedikal Uygulamaları İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Veri Toplama Ve Analiz Sistemi. Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, 25-27.
- AKYILDIZ, Murat, 2009. Lojistik Değer ve Çok Boyutlu Değer Modeliyle Kullanımı.
- ALÇIN, Sinan, 2016. Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. Journal of Life Economics, 3(2): 19-30.
- ARSLAN, Kadir; KIRBAŞ, İsmail, 2016. Nesnelerin İnterneti Uygulamaları İçin Algılayıcı/Eyleyici Kablosuz Düğüm İlk örneği Geliştirme. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1: 35-43.
- ASHTON, Kevin, et al, 2009. That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal, 22(7): 97-114. ([Http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986](http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986), 27.01.2017).
- BAHETİ, Radhakisan; GILL, Helen, 2011. Cyber-physical systems. The Impact of Control Technology, 12: 161-166.
- BAKAN, İsmail; ŞEKKELİ, Zümrüt Hatice, 2015. Lojistik Koordinasyon Yeteneği, Lojistik İnovasyon Yeteneği ve Müşteri İlişkileri (MİY) Yeteneği ile Rekabet Avantajı ve Lojistik Performans Arasındaki İlişki: Bir Alan Araştırması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 5(2): 39-68.
- BARRETO, L., AMARAL, A., PEREIRA, T. 2017. Industry 4.0 İmplications İn Logistics: An Overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- BARTODZIEJ, Christoph Jan 2017. The Concept İndustry4.0. In: The Concept Industry 4.0. Springer Gabler, Wiesbaden, 27-50.
- CARDOSO, Jorge; VOIGT, Konrad; WINKLER, Matthias, 2008. Service engineering for the internet of services. In: International Conference on Enterprise Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 15-27.
- CARDOSO, Jorge; WINKLER, Matthias; VOIGT, Konrad, 2009. A Service Description Language For The İnternet Of Services. In: Proceedings of ISSS.
- ÇEVEN, Murat; ZORLU, Ercüment; 2010; Yazılım Tabanlı Enstrümantasyon Tekniği Avantajları ve Uygulaması, ELECO 2010 (Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği) Sempozyumu, MMOB Elektrik Mühendisleri Odası Bursa Şubesi, Bursa.
- ERTURAN, İlkey Ejder; ERGİN, Emre, 2017. Muhasebe Denetiminde Nesnelerin İnterneti: Stok Döngüsü. Muhasebe ve Finansman Dergisi, 75.
- GALINDO, Laura Domingo, 2016. The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology, Master of Science in Mechanical Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Department of Production and Quality Engineering.
- GENÇ, Ruhet, 2010. Lojistik Yönetiminde Çevresel Değişimler Bağlamında Stratejik Uygulamalar. Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, (19), 598-614.

- GENTNER, S., 2016, Industry 4.0: Reality, Future or just Science Fiction? How to Convince Today's Management to Invest in Tomorrow's Future! Successful Strategies for Industry 4.0 and Manufacturing IT. *Chimia*, 70(9): 628-633. doi: 10.2533/chimia.2016.628
- GEORGE, James A.; RODGER, James A, 2010. Smart Data: Enterprise Performance Optimization Strategy. John Wiley&Sons,
- GLAS, Andreas H.; KLEEMANN, Florian C., 2016. The impact of industry 4.0 on procurement and supply management: A conceptual and qualitative analysis. *International Journal of Business and Management Inventon*, 5(6): 55-66.
- GÖPFERT, Ingrid (ed.), 2016. Logistik der Zukunft-Logistics For The Future. Springer-Verlag,
- GUBÁN, Miklós; KOVÁCS, György 2017. Industry 4.0 Conception. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 10(1): 111.
- GÜRAN, T., 1997. İktisat Tarihi, Acar Yayıncılık, İstanbul, 177s.
- HEIKO, A., 2008. The Future Of Logistics: Scenarios for 2025. Springer Science& Business Media.
- HENKE, M. and SCHULTE, A.T., 2015. Einkaufunddie 4. Industrielle Revolution, *Beschaffung Aktuell*, 62(3): 20-21.
- HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris, 2016. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: System Sciences (HICSS), 49th Hawaii International Conference on. IEEE,. p. 3928-3937.
- HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco, 2017. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 2017, 89: 23-34
- HÜLSMANN, Thorsten., 2015. Logistics 4.0 And The Internet Of Things «Workshop «Platforms for Connected Factories of theFuture.
- KAGERMANN, Henning; LUKAS, Wolf-Dieter; WAHLSTER, Wolfgang, 2015. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Wegzur 4. industriellenRevolution. *VDI nachrichten*, 13: 11.
- KOSKA, Alaeddin, GÖKSU, Nusret, ERDEM, M. Banu, FETTAHLIOĞLU H. Seçil, 2017, Measuring the Maturity of a Factory for Industry 4.0. *International Journal of Academic Research in Business and SocialSciences*, 7(7): 52-60.
- KÖROĞLU, Osman, 2015. Nesnelerin İnterneti, algılayıcı ağları ve medya. İçinde Akademik Bilişim Konferansı. Eskişehir
- LEE, GyuMyoung, CRESPIY, Noel, 2013. Internet of things. In: Evolution of Telecommunication Services. Springer, Berlin, Heidelberg,. p. 257-282.
- LEE, In; LEE, Kyoochun, 2015. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4): 431-440.
- LEE, Jay; KAO, Hung-An; YANG, Shanhu, 2014. Service İnnovation And Smart Analytics For İndustry 4.0 And Big Data Environment. *ProcediaCirp*, 16: 3-8.
- MONOSTORI, L., KÁDÁR, B., BAUERNHANS, T., KONDOH, S., KUMARA, S., REINHART, G., ... & UEDA, K., 2016. Cyber-Physical Systems İn Manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2): 621-641.

- PFOHL, Hans-Christian; YAHŞI, Burak; KURNAZ, Tamer, 2015. The Impact Of Industry 4.0. On The SupplyChainin W. Kersten, T. Blecker, 31-59.
- PREUVENEERS, D., ILİE-ZUDOR, E., 2017, The Intelligent Industry Of The Future: A Survey On Emerging Trends, Research Challenges And Opportunities İn Industry 4.0. Journal Of Ambient Intelligence And Smart Environments, 9(3): 287-298. doi: 10.3233/ais-170432
- RÜßMANN, M., LORENZ, M., GERBERT, P., WALDNER, M., JUSTUS, J., ENGEL, P., & HARNİSCH, M., 2015. Industry 4.0: The Future Of Productivity And Growth İn Manufacturing Industries. Boston Consulting Group, 9.
- SAYER, Sami; ÜLKER, Aydın, 2014. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi. Engineer & the Machinery Magazine, 657.
- SCHLOTT, Stefan, 2016a. Vehicle Systems for Logistics 4.0, ATZ worldwide, 119(2): 8-13.
- SCHLOTT, Stefan, 2016b. Commercial Vehicles A Complex Road Ahead. ATZ Worldwide, 118(5): 8-13.
- SCHMİDT, R., MÖHRİNG, M., HÄRTİNG, R. C., REİCHSTEİN, C., NEUMAİER, P., & JOZİNOVIĆ, P., 2015, June. Industry 4.0- Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. In International Conference on Business Information Systems (pp. 16-27). Springer, Cham.
- SENDER, U., 2013. Industrie 4.0: Beherrschung Der Industriellen Komplexität Mit Syslm (Systems Lifecycle Management), İn Sender U. (Ed.), *Industrie4.0: Beherrschung Der Industriellen Komplexität Mit Syslm*, (Springer-Vieweg, Berlin, Heidelberg,)
- ŞİMŞEK, M. Şerif; ÇELİK, Adnan, 2013. Yönetim ve Organizasyon. Eğitim Kitabevi.
- TARHAN, Ufuk, 2017. T- İnsan, Ceres Yayınları, 10. Basım.
- TEN HOMPEL, Michael; KERNER, Sören. Logistik 4.0. Informatik-Spektrum, 2015, 38(3): 176-182.
- TIMM, Ingo J.; LORIG, Fabian, 2015. Logistics 4.0-A Challenge for Simulation. In: Winter Simulation Conference (WSC). IEEE, p. 3118-3119.
- TRAPPEY, A. J. C., TRAPPEY, C. V., FAN, C. Y., HSU, A. P. T., Lİ, X. K., LEE, I. J. Y., 2017, IoT Patent Roadmap For Smart Logistic Service Provision İn The Context Of Industry 4.0. Journal Of The Chinese Institute Of Engineers, 40(7): 593-602. Doi: 10.1080/02533839.2017.1362325
- WAN, Jiafu; ZHOU, Cai, Hu Keliang. 2015, Industrie 4.0: Enabling Technologies. In: Intelligent Computing and Internet of Things (ICIT), 2014 International Conference on. IEEE, p. 135-140.
- XİA, F., YANG, L. T., WANG, L., & VİNEL, A., 2012. Internet of Things. International Journal of Communication Systems, 25(9), 1101.
- YILDIZ, Türkay. Yaklaşan Dördüncü Endüstri Devrimi ve Türkiye'deki Mevcut Durum.

Linkler:

YORGANCILAR, Ender; 2015 Sanayi 4.0: Uyum Sağlamayan Kaybedecek! . Ege Bölgesi Sanayi Odası dergisi, İzmir, http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf

TAVUKÇUOĞLU, Cengiz, 2017. SANAYİ 4.0'IN LOJİSTİĞE

ETKİLERİ, <http://www.lojistikhatti.com/haber/2017/01/sanayi-4-0in-lojistige-etkileri>
EkoIQ dergisi, 2014. <http://ekoIQ.com/>

<http://apelasyon.com/Yazi/732-gecmisten-gunumuze-tarimin-toplumsal-duzen-uzerine-etkisi>

<http://ioturkiye.com/2017/08/endustri-4-0-tarihine-yolculuk>

<http://www.bilgiotomasyon.com.tr>

<http://www.ekonomidunya.com>

<http://www.endustri40.com>

<http://www.muratcandemir.com>

<http://www.otomasyondergisi.com.tr>

<https://wiki.scn.sap.com>

<https://www.dunya.com/ekonomi/endustri-40da-turkiyenin-yol-haritasi-yil-sonunda-aciklanacak-haberi-387720>

<https://www.trucks.com>