

PARADOKS EKONOMİ, SOSYOLOJİ VE POLİTİKA DERGİSİ

PARADOKS ECONOMICS, SOCIOLOGY AND POLICY JOURNAL

ISSN: 1305-7979

2020, Cilt/Vol: 16, Sayı/Issue :1, Page: 53-74





Editörler / Editors in Chief

Prof. Dr. Elif KARAKURT TOSUN
Prof. Dr. Sema AY
Doç. Dr. Hilal YILDIRIR KESER

TARANDIĞIMIZ INDEXLER



Dergide yayınlanan yazılardaki görüşler ve bu konudaki sorumluluk yazarlarına aittir. Yayınlanan eserlerde yer alan tüm içerik kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

All the opinions written in articles are under responsibilities of the authors. None of the contents published cannot be used without being cited.

Yayın ve Danışma Kurulu / Publishing and Advisory Committee

Prof.Dr.Sema AY (Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Veysel BOZKURT (İstanbul Üniversitesi)
Prof. Dr. Marijan CINGULA (University of Zagreb)
Prof. Dr. Recai ÇINAR (Gazi Üniversitesi)
Prof.Dr.Elif KARAKURT TOSUN
Prof. Dr. Aşkın KESER (Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Emine KOBAN (Gaziantep Üniversitesi)
Prof.Dr.Ferhat ÖZBEK (Gümüşhane Üniversitesi)
Prof. Dr. Senay YÜRÜR (Yalova Üniversitesi)
Assoc. Prof. Dr. Mariah EHMKE (University of Wyoming)
Doç.Dr. Zerrin FIRAT (Uludağ Üniversitesi)
Assoc. Prof. Dr. Ausra REPECKIENE (Kaunas University)
Assoc. Prof. Dr. Cecilia RABONTU (University "Constantin Brancusi" of TgJiu)
Doç.Dr. Hilal YILDIRIR KESER (Bursa Teknik Üniversitesi)
Dr. Murat GENÇ (Otago University)

Hakem Kurulu / Referee Committee

Prof. Dr. Hamza ATEŞ (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Veysel BOZKURT (İstanbul Üniversitesi)
Prof. Dr. Marijan CINGULA (University of Zagreb)
Prof. Dr. Recai ÇINAR (Gazi Üniversitesi)
Prof. Dr. Kemal DEĞER (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Mehmet Sami DENKER (Dumlupınar Üniversitesi)
Prof. Dr. Bülent GÜNŞOY (Anadolu Üniversitesi)
Prof. Dr. Ömer İŞCAN (Atatürk Üniversitesi)
Prof. Dr. Vedat KAYA (Atatürk Üniversitesi)
Prof. Dr. Sait KAYGUSUZ (Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Aşkın KESER (Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Emine KOBAN (Gaziantep Üniversitesi)
Prof.Dr.Ahmet MUTLU (Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi)
Prof.Dr.Nilüfer NEGİZ (Süleyman Demirel Üniversitesi)
Prof. Dr. Serap PALAZ (Balıkesir Üniversitesi)
Prof. Dr. Ali Yaşar SARIBAY (Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Abdülkadir ŞENKAL (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Veli URHAN (Gazi Üniversitesi)
Prof. Dr. Sevtap ÜNAL (Atatürk Üniversitesi)
Prof. Dr. Sevda YAPRAKLI (Atatürk Üniversitesi)
Prof. Dr. Uğur YOZGAT (Marmara Üniversitesi)
Prof. Dr. Senay YÜRÜR (Yalova Üniversitesi)
Doç.Dr.Rasim AKPINAR (Manisa Celal Bayar Üniversitesi)
Doç. Dr. Gül ATANUR (Bursa Teknik Üniversitesi)
Doç. Dr. Tülin ASLAN (Uludağ Üniversitesi)
Doç. Dr. Arzu ÇAHANTİMUR (Uludağ Üniversitesi)
Doç. Dr. Ceyda ÖZSOY (Anadolu Üniversitesi)
Doç. Dr. Doğan BIÇKI (Muğla Üniversitesi)
Doç. Dr. Elif ÇOLAKOĞLU (Atatürk Üniversitesi)
Doç. Dr. Mithat Arman KARASU (Harran Üniversitesi)
Doç. Dr.Mustafa KOCALOĞLU (Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Ahmet MUTLU (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)
Doç. Dr. Nilüfer NEGİZ (Süleyman Demirel Üniversitesi)
Doç. Dr. Veli Özer ÖZBEK (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Doç. Dr. Ferhat ÖZBEK (Gümüşhane Üniversitesi)
Assoc. Prof. Dr. Cecilia RABONTU (University "Constantin Brancusi" of TgJiu)
Assoc. Prof. Dr. Ausra REPECKIENE (Kaunas University)
Doç. Dr. Gözde YILMAZ (Marmara Üniversitesi)
Doç. Dr. Aybeniz AKDENİZ AR (Balıkesir Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Cantürk CANER (Dumlupınar Üniversitesi)
Dr. Öğr.Üyesi Işın KIRIŞKAN (Giresun Üniversitesi)
Dr. Öğr.Üyesi Burcu ÖNGEN BİLİR (Bursa Teknik Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ersoy SOYDAN (Kastamonu Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ÖZALTIN (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi)
Dr. Murat GENÇ (Otago University)
Dr. Enes Battal KESKİN (Uludağ Üniversitesi)

ENDÜSTRİYEL NESNELERİN İNTERNETİNİN TEDARİK ZİNCİRİNDE KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Bora DERAL

*Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Öğrencisi
bderal@yahoo.com*

Doç. Dr. İpek KAZANÇOĞLU

*Ege Üniversitesi İİBF, İşletme Bölümü
ipek.savasci@ege.edu.tr*

ÖZET

Endüstri 4.0, “akıllı fabrika” diye de adlandırılan, kurumsal altyapı oluşturmak için iş sürecinin otomasyonuna odaklanmaktadır. Üretim ve tedarik zinciri yönetiminin önemini kavrayan şirketler için daha bütüncül ve güçlü bağlantılara sahip bir ekosistemi oluşturmak için fiziki üretim işlemlerini ve siber dünyayı, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT), akıllı dijital teknoloji, makine öğrenimi ve büyük veri aracılığıyla birleştirmektedir.

Bu çalışmada amaç, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti teknolojisinin (IIoT) üretim sektöründe fabrika içi tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmaktır. Bu amaçla, araştırma yöntemlerinden biri olan derinlemesine görüşme tekniğinden yararlanılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışma kapsamında İzmir Ege Serbest Bölgesi’nde ve Manisa Organize Sanayi Bölgesi’nde faaliyet gösteren büyük ölçekli iki sanayi firmasının üst düzey yöneticileriyle görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Araştırmada verilerin analizinde “içerik analiz yöntemi” kullanılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, Endüstriyel Nesnelerin İnternetinin firmaların özellikle iç tedarik zincirindeki birçok süreçte çok olumlu etkileri olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, görüşmelerden elde edilen kodlar doğrultusunda nesnelerin internetinin “verinin dijitalleşmesi”, “kalitenin artması”, “verimlilikte artış”, “maliyetlerde düşüş”, “veri takibi” gibi, Endüstri 4.0’ın en büyük faydalarından olduğu ortaya çıkmıştır. Zaman sınırı dolayısıyla çalışmanın iki üretici firmayla sınırlandırılmış olması çalışmadaki kısıtlar olarak kabul edilebilir. Literatürde, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti uygulamalarının sadece şirket içi tedarik zinciri üzerindeki etkisi üzerine yapılan çalışma sayısının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu yönden bu çalışmanın, konuyla ilgili pratikteki uygulamalar üzerinden literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT), Şirket içi tedarik zinciri, Dijital Dönüşüm, Endüstri 4.0, IoT

ABSTRACT

Industry 4.0 focuses on automation of the business process, also called “smart factory” to create enterprise infrastructure. It combines physical production processes and the cyber world through Industrial Internet of Things (IIoT), intelligent digital technology, machine learning, and big data to create an ecosystem with more integrated and stronger connections for companies that understand the importance of production and supply chain management.

In this study, in-depth interview negotiations were used to reveal the effects of Industrial Internet of Things technology (IIoT) on internal supply chain management in manufacturing sector. For this purpose, interviews were held with senior managers of 2 large-scale industrial companies operating in Izmir Aegean Free Zone and Manisa Organized Industrial Zone. Content analysis method was used to analyze the data in the study. According to the findings of the study, it was revealed that the IIoT had positive effects on many processes in the internal supply chain of companies. Based on the code of the interviewees, “digitalization of data”, “increase in quality”, “increase in efficiency”, “decrease in costs”, “data tracking” is the biggest benefits of Industry 4.0. Due to the time limit, number of interviews can be considered as the constraints in the study. In the literature, the number of studies on the impact of Industrial Internet of Things regarding only merely the internal supply chain is quite limited. In this respect, it is thought that this study would contribute to the literature through practical practices on the subject.

Keywords: *Internet of Industrial Objects (IIoT), In-house supply chain, Digital Transformation, Industry 4.0, IoT*

GİRİŞ

Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler ve sürekli artan miktarda veri toplamak için modern teknolojilerin kullanılması imkânı, şirketlerin iş yapma modellerini de güçlü bir şekilde değiştirmektedir. Belli vd. (2019) çalışmalarında endüstriyel senaryolardaki ilk değişikliğin, internet tabanlı ve geleceğe yönelik teknolojilerle birlikte endüstriyel üretimin yeniden tanımlanmasına sebep olan Endüstri 4.0 olarak adlandırılan gelişmiş bir dijitalleşme sürecine karşılık geldiğini belirtmişlerdir.

Endüstri 4.0'ın uygulanması, endüstriyel pazarda değer yaratmak üzerinde geniş kapsamlı bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda dijital ve birbirine bağlı üretim teknolojilerinin yüksek pratik ve teorik önemi, bunların uygulanmasının altında yatan dinamikleri ve faydalarını anlamanın şart olduğu anlamına gelmektedir (Müller vd., 2018). Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden biri olan Nesnelerin İnterneti (IoT), nesnelerin sensör ve yazılım aracılığıyla bilgisayarlarla iletişim kurduğu bir sistem olarak adlandırılmaktadır (Witkowski, 2017). Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojilerinin endüstriyel değer yaratmaya entegre edilmesinin sonuçlarına giderek daha fazla önem verilmektedir. Bu yeni, sayısallaştırılmış ve bağlantılı üretim paradigması “Endüstri 4.0” veya “Nesnelerin Endüstriyel İnterneti” (IIoT) olarak adlandırılmakta ve kurulu fabrikaları akıllı ve otonom üretim alanlarına dönüştürmektedir (Arnold vd., 2016).

Çalışmanın amacı, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti teknolojisinin (IIoT) üretim sektöründe fabrika içi tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmaktır. Bu amaçla, araştırma yöntemlerinden biri olan derinlemesine görüşme tekniğinden yararlanılmış olup İzmir Ege Serbest Bölgesi'nde ve Manisa Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren büyük ölçekli iki sanayi firmasının üst düzey yöneticileriyle görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bulguları; IIoT teknolojilerinin (i) verinin dijitalleşmesi, (ii) verimlilikte artış (iii) daha etkin operasyonel ve yönetimsel karar süreçleri gibi ana başlıklar olmak üzere şirket genel performansında artış sağladığını ve bu yönüyle Endüstri 4.0'ın en büyük faydalarından biri olarak firmaların özellikle iç tedarik zincirindeki birçok süreçte çok olumlu etkileri olduğu ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda, çalışmanın birinci bölümünde literatür özeti, ikinci bölümde

araştırma metodolojisi kapsamında araştırmanın amacı ve yöntemi, üçüncü bölümde araştırmanın bulguları yer almış, son bölümde ise sonuçlar ve gelecek araştırmalar için önerilere yer verilmiştir.

1. Literatür Özeti

Dördüncü sanayi devriminde dijitalleşme ve otomasyon süreçlerinin önemi her zamankinden daha hızlı bir şekilde artmakta ve sektörün dinamik gelişimi üzerinde büyük değişimlere yol açmaktadır (Kozma vd., 2019). Bu değişim, merkezi olarak kontrol edilen mevcut üretim şekline; üretim kaynakları, insanlar ve hatta bireysel ürünler arasında herhangi bir iletişim engelinin bulunmadığı merkezi olmayan bir üretim şekline olan geçişi kapsamaktadır (Liao vd.,2018). Bu değişimi sağlayan Endüstri 4.0 teknolojilerinin başında ise Nesnelerin İnterneti gelmektedir (Ben-Daya vd., 2019). Bu makalenin konusu olan tedarik zinciri açısından bakıldığında Nesnelerin İnterneti; tedarik zinciri boyunca görünürlüğü, doğruluğu, izlenebilirliği ve işbirliğine dayalı yönetsel kararları iyileştirerek tedarik zinciri süreçlerini daha etkin ve verimli hale getirme yeteneğine sahiptir (Reaidy vd., 2015).

“Nesnelerin İnterneti (Iot)” kavramı ilk kez Kevin Ashton tarafından 1999’da dile getirilmiştir. Özellikle şirketin tedarik zincirinde Radyo Frekans Tanımlama (RFID) etiketleri aracılığıyla birbiriyle iletişim kuran cihazların kullanılmasının firmaya sağlayacağı faydalar üzerinde durulmuştur. Witkowski (2017), bu kavramı, nesnelerin sensör, RFID etiketleri ve yazılım aracılığıyla bilgisayarlarla iletişim kurduğu bir sistem olarak tanımlamaktadır. IoT teknolojisi dört ayrı katmandan meydana gelmektedir. Bunlar; RFID etiketleri, sensörler, aktüatörler gibi farklı nesnelere entegre eden bir algılama katmanı; kablolu veya kablosuz ağ üzerinden bilgi aktarımını destekleyen bir ağ katmanı; hizmetleri ve uygulamaları bir ara katman yazılımı teknolojisi ile entegre eden bir hizmet katmanı; kullanıcıya bilgileri görüntülemek ve sistemle etkileşime izin veren bir arayüz katmanıdır (Xu vd., 2014). Bu teknoloji sayesinde ilgili sensörden gelen veriler toplanarak büyük veri oluşturulmakta ve bu veriler bulut bilişim sistemlerinde saklanmaktadır. Karar vericiler bu verilerden yararlanarak sorunların tespit edilmesini ve sorunların çözümlenmesinde karar verme işlemlerini daha hızlı gerçekleştirebilmekte, verimliliğin artırılmasını sağlayabilmektedir (Lee ve Lee, 2015). Ayrıca, müşteri satın alma alışkanlıkları gibi verilerin toplanması hem müşteriye özel mesaj göndermek hem de müşteriye özel ürün sunmayı sağlayacaktır (Bayrak Meydanoğlu ve Klein, 2016).

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) ise, Nesnelerin İnterneti (IoT)’nin alt kategorisidir. IIoT, IoT teknolojilerinin imalat ve sanayi sektöründe kullanımınıdır. Üretimde IIoT; makine öğrenmesi, büyük veri, sensör teknolojisi, veri paylaşımı, otomasyon ve makineden makineye iletişim (M2M) gibi teknolojileri içermektedir (Arumugam ve Iyer, 2019). Nesnelerin interneti teknolojilerinin sanayideki kullanım alanları içinde; akıllı fabrikalar, akıllı lojistik yönetimi, akıllı enerji sistemleri, akıllı tedarik zinciri yönetimi, paketleme optimizasyonu vb. tüm süreçlerin dahil olduğu uygulamalar bulunmaktadır (Witkowski, 2017; Chowdhury ve Raut, 2019). Metallo vd. (2018) çalışmasında geleneksel ürün odağının yerini alması gereken IoT kullanımıyla birlikte, firmaların birbiriyle ve çevre ile etkileşim içinde, iletişime geçebilen, veri paylaşımı yapabilen, bu şekilde bilgiyi kullanarak yapılan güncellemeler ile ürünlerde sürekli yenilenme yapabileceklerini belirtmiştir. Ayrıca, üründe kişiselleştirme ve karşılıklı fayda için diğer ekosistem ortaklarıyla entegrasyon sağlamayı kolaylaştıracağı, gerçek zamanlı ve gelecekteki ihtiyaçları tahmine dayalı bir bilgi akışını sağlayacağı vurgulanmıştır.

Tedarik Zinciri; satıcılar, üreticiler, toptancı, perakendeci ve son müşteriye içeren bir ekosistemdir ve talep ile arzı senkronize etmeyi amaçlamaktadır (Stefanou,1999). Hassini (2008), tedarik zinciri yönetimi sayesinde, müşteri tarafından ödenen fiyatla tedarik zinciri boyunca yapılan tüm maliyetlerin arasındaki farkın maksimuma çıkarılmasının ve dolayısıyla firmanın en yüksek getiriye sahip olmasının sağlanabileceğini düşünmektedir. Bu bağlamda tüm ekosistem üyelerini içeren tedarik zinciri üyeleri arasında dijital olarak birbiriyle bağlı halde etkileşime giren fiziksel nesnelerin kontrolünü ve koordinasyonunu kolaylaştırmada Endüstriyel Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin önemi ortaya çıkmaktadır.

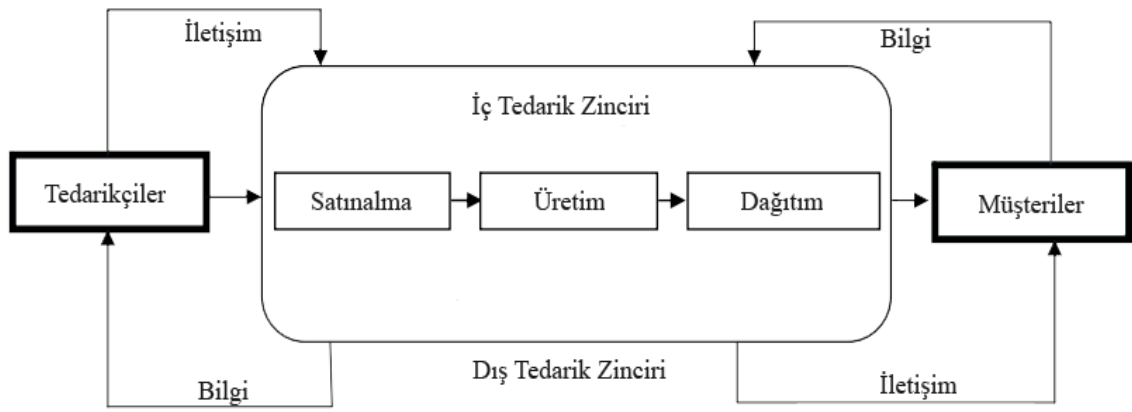
Günümüz işletmecilik çağında artık işletmeler tek başlarına ve bağımsız olarak hareket etmemekte, aksine tedarikçilerinin, müşterilerinin ve ekosistemin diğer üyelerinin de içinde bulunduğu geniş bir tedarik zinciri içeren ilişki ağında faaliyet göstermektedirler. Ayrıca tedarik zincirlerinin işleyişini etkileyen birçok unsur bulunmaktadır. Bunlar, şirketlerin geniş coğrafi bölgelere yayılmış olan tedarikçilerle çalışmaları (Butner, 2010); müşterilerin üründe kişiselleştirme, fiyat ve hizmet beklentileri açısından giderek daha fazla talepkâr olmaları (Christopher, 2016); teknolojideki hızlı değişimler, yeni ürünlerin pazara sunulmasıyla birlikte birçok endüstride ürünlerin karmaşıklığının da artması olarak sıralanmaktadır (Simchi-Levi vd., 2003). Ayrıca enerji maliyetleri, hammaddenin bulunabilirliği ve fiyatlarının değişkenliği gibi ekonomik faktörler; küresel ısınma, deprem gibi doğal faktörler nedeniyle de oldukça dinamik dış çevre ortamı etkilemektedir (Ben-Daya vd., 2019). Mohamed vd. (2019)'a göre, tedarik zinciri, müşteri siparişini yerine getirmede yer alan bir dizi süreç olup, bu süreçte tedarikçiler, fabrikanın iç dinamikleri, distribütörler, perakendeciler ve müşteriler bulunmaktadır. Bu bağlamda, tedarik zincirinin bu ortamda esnek, hızlı yanıt verebilir, güvenilir, tedarikçileri ve müşterileriyle güçlü ilişkiler kurabilmesi gerekmektedir (Christopher, 2016). Ross (2016), tedarik zincirinin etkin yönetimi için bilgi teknolojisinin gerekliliğini; iletişim, veri ve bilgi aktarımını geliştirmede ve ardından tedarik zinciri performansını artırarak farklı süreçleri, tedarikçileri ve müşterileri dahili ve harici olarak entegre etme yeteneğine sahip olduğunu savunmaktadır. Bu bağlamda bilgi teknolojisi, sürekli değişen çevre koşullarına karşı gerek iç süreçlerindeki entegrasyonu sağlayan gerekse tedarikçiler ve müşterilerle dış entegrasyonu sağlayan etkin tedarik zincirinin oluşmasında önemli bir role sahiptir (Ross, 2016). Bu şekilde, daha iyi hale gelen iletişim, karar verme süreçlerinde etkili veri alışverişi ile tedarik zinciri performansının artırılması sağlanmış olacaktır. Bilgi teknolojisi gelişmelerinden biri olan IoT, tedarik zinciri üzerinde önemli değişimler yaratmıştır (Ben-Daya vd., 2019).

Özellikle, tedarik zinciri süreçleri arasındaki iletişimi etkileyerek insanlarla nesnelere ve nesnelerin kendileri arasında otonom koordinasyon imkânı sağlamıştır. Aynı zamanda, tedarik zincirinde akıllı nesnelere elde edilen veriler etkin bir şekilde toplanıp, analiz edilip bilgilere dönüştürüldüğünde, tedarik zincirinin tüm yönlerinde görünürlük, böylece iyileştirme gerektiren iç ve dış durumlara ilişkin erken uyarı sinyalleri yoluyla hızlı yanıt vererek, tedarik zincirinde verimlilik yaratacaktır. IoT, veriyi elde etme ve karar verme arasındaki zamanı kısalttığı ve gerçek zamanlı değişikliklere tepki vermesini sağladığı için tedarik zincirinde çeviklik ve tepki verme mümkün olacaktır. Ayrıca, IoT sayesinde tedarik zinciri operasyonlarının uzaktan yönetimini, paydaşlarla etkin koordinasyonu ve daha etkili karar verme için daha doğru bilgi elde edilmesini sağlamaktadır (Ellis vd., 2015).

Tedarik Zinciri, tek bir zincir olarak ele alınsa da uygulamadaki farklılıklar ve bazı yazarların ayrı olarak değerlendirme tercihleri açısından iki çeşit olarak düşünülmektedir. Bu durum aşağıda Şekil 1'de gösterilmektedir. Dış tedarik zinciri; malzeme temini, bu malzemelerin ara ve bitmiş ürünlerle

dönüştürülmesi dışında kalan, bitmiş ürünlerin müşterilere dağıtım işlevlerini yerine getiren tesis ve dağıtım seçenekleri ağıdır (Ganeshan ve Harrison, 1995). İç tedarik zinciri; üretim, montaj ve perakende operasyonları için tedarik sağlayan şirket içi tüm faaliyetleri kapsamaktadır (Minner, 2019). Diğer bir tanımlamaya göre ise iç tedarik süreci, bir şirket içinde, müşteriye bir ürün sağlama ile sonuçlanan bütün faaliyetler veya işlevler zincirini ifade etmektedir (Basnet, 2013).

Şekil 1. İç ve Dış Tedarik Zinciri Modeli



Kaynak: Abdel-Basset, M., Manogaran, G. ve Mohamed, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. *Future Generation Computer Systems*, 86, 617'den uyarlanmıştır.

Nesnelerin internetinin tedarik zincirindeki uygulamaları ile ilgili son yıllarda yapılmış makale taraması özeti Tablo 1'de bulunmaktadır.

Tablo 1: Endüstriyel/Nesnelerin İnternetinin Tedarik Zincirinde Kullanımı Üzerine Literatür Taraması

Yazar/Yazarlar (Yıl)	Araştırma Metodu
Evtodieva vd. (2020)	Mevcut teorik yaklaşımların analizi ve farklı araştırma görüşlerinin sentezi
Helo ve Shamsuzzoha (2020)	Örnek olay incelemesi ve literatür araştırması
Hidalgo vd. (2020)	Bilgilerin toplanması ve belgelerin analizi için nitel bir yöntem, örnek olay incelemesi
Singh vd. (2020)	-
Mazzei vd. (2020)	Örnek olay incelemesi
Chen vd. (2020)	Dematel Topsis Metodolojisi
Alfian vd. (2020)	Örnek olay incelemesi
Ozdogru (2020)	Örnek olay incelemesi
Balachandar ve Chinnaiyan (2020)	Literatür araştırması
Kozma vd. (2019)	Örnek olay incelemesi
Ben-Daya vd. (2019)	Literatür araştırması
Belli vd. (2019)	Örnek olay incelemesi
Suguna ve Kumar (2019)	-
Hidalgo vd.(2019)	Örnek olay incelemesi
Alahmadi ve Lin (2019)	-
Chowdhurya ve Raut (2019)	-
Arumugam ve Iyer (2019)	İkincil veri
Radanliev (2019)	Literatür araştırması
Radanliev vd. (2019)	Literatür araştırması
Abdel-Basset vd. (2018)	Örnek olay incelemesi
De Vass vd. (2018)	Kesitsel Anket
Bakan ve Şekkeli (2018)	Literatür araştırması
Ditizio ve Smith (2018)	Örnek olay incelemesi
Rupasinghe (2017)	Anket
Manavalan ve Jayakrishna (2017)	Literatür araştırması
Jayaram (2016)	-
Witkowski (2016)	-

Kaynak : Yazar (lar) tarafından oluşturulmuştur.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde IoT'in maliyet tasarrufu, stok doğruluğu ve ürün takibi gibi tedarik zinciri yönetimine çeşitli faydalar sağladığı görülmektedir. Tedarik zincirinde IoT'nin rolü tedarik zincirinde daha fazla süreçlerin görünürlüğü, izlenebilirliği, kaliteyi iyileştirmek ve teslim süresini azaltmak (Verdouw vd. 2013; Wang vd. 2016; Rymaszewska vd. 2017), tedarikçiden gerçek zamanlı verilerle daha düşük maliyetle daha yüksek kalite elde etmek(Bowman vd. 2009; Qu vd. 2017), tedarikçi seçimi ve ürün çeşitliliği/farklılaşması için stratejik planlamaya destek olmaktadır (Ng

vd. 2015). Ayrıca imalat sürecinde müşteriden gerçek zamanlı verileri sağlayarak ürün tasarımının geliştirilmesi ve pazara sunma süresinin kısaltılması (Decker vd. 2008; Putnik vd. 2015), ürün ömrünü ve müşteri memnuniyetinin artırılması amacıyla önleyici bakım hizmetinin verilmesi (Ondemir ve Gupta, 2014; Spendla vd. 2017) beklenmektedir. Tedarik zincirinin teslimat sürecinde akıllı nesnelere olan RFID etiketleri kullanılarak stok takibinin yapılmasıyla stok doğruluğunu arttırmak (Lou vd. 2011; Dai ve Tseng, 2012; Chen vd. 2013; Fan vd. 2015; Reaidy vd. 2015; Trab vd. (2015); Goyal vd. 2016; Qu vd. 2017), bilgi paylaşımı ve ortak siparişin verilmesi doğru ve zamanında teslimat (Xu vd., 2013; Choy vd., 2017) gibi kolaylıklar da sağlayacaktır. Aynı zamanda tedarik zincirinde kalite izleme ve kontrolü yoluyla kalite standartlarının geliştirilip, iyileştirilmesine (Xu, 2011; Pang vd. 2015; Shih ve Wang, 2016), zincirin performans ölçümü (Dweekat vd. 2017) ve atıkları azaltılmasına (Parry vd. 2016) olanak verecektir.

IoT ve IIoT'in tedarik zincirinde kullanımı üzerine gerek Türkçe gerek yabancı dilde yayınlanan akademik makaleler incelendiğinde, tedarik zinciri üzerinde çalışıldığı ve bu teknolojinin üretici firmaların özellikle iç tedarik süreçlerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmaların az olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, çalışmada şirket içi tedarik süreçlerinde endüstriyel / nesnelere internetinin kullanımı üzerine odaklanılmıştır. Ayrıca çalışmalar incelendiğinde konunun gerek literatür araştırması özelinde gerekse ankete dayalı çalışmaların yapılmış olması, konunun şirketlerde nasıl uygulandığına ilişkin derinlemesine çalışmaların kısıtlı kaldığını göstermektedir. Bu açıdan çalışma, konuyu uygulamada derinlemesine daha iyi anlamak amacıyla nitel çalışma olarak gerçekleştirilmiştir.

2. Araştırmanın Amacı

Bu çalışma kapsamında IIoT'nin rolü ve üretim sektöründe iç tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Ayrıca çalışmada tedarik zinciri yönetiminde kullanılan IoT teknolojilerinin kullanımı ve sağladığı faydalar da incelenecektir. Bu şekilde, işletmelerin bu teknolojiye yapacakları yatırım ve sonrasındaki uygulama konusundaki karar alma çabalarına rehberlik etmesi amaçlanmaktadır.

2.1. Araştırmanın Yöntemi

Çalışmanın amacına uygun olarak nitel araştırma yöntemlerinden "görüşme" tekniği kullanılmıştır. Görüşme türleri arasından ise, karar problemi hakkında bilgi saptamak, buna göre karşılaştırmalar yapmak amacıyla "yarı yapılandırılmış görüşme" formu kullanılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Görüşme formu 10 sorudan oluşmaktadır. Görüşmeler, Endüstri 4.0 konusunda ileri seviyedeki uygulamaların kullanıldığı büyük ölçekli iki üretici firmada üst düzey yöneticilerle yapılmıştır. Görüşülen firmalardan biri, küresel hazır giyim üreticilerinden olup üretim faaliyetlerini Ege Serbest Bölgesi'nde sürdürmektedir. Firmada görüşülen kişi firmada Tedarik Zinciri Takım Lideri olup aynı zamanda Müşteri ve Üretim Koordinatörü pozisyonundadır. Görüşülen diğer firma, Manisa Organize Sanayi Bölgesi'nde yerleşik, esnek ambalaj üretimi konusunda faaliyet gösteren, hacim ve pazar payı açısından sektörün önde gelen firmalarından biridir. Görüşme yapılan kişi, çok uzun yıllardır aynı şirkette çalışmakta olup, Üretim Müdürü, Müşteri İlişkileri Müdürü ve takiben Fabrika Müdürü pozisyonu olarak görev yapmış, halen Fabrika Teknik Direktörü pozisyonunda çalışmalarını devam ettirmektedir.

Çalışma sonunda araştırma sorularının yanıtlarına ulaşılabilmesi için, görüşme kapsamında üzerinde konuşulması amacıyla hazırlanan konu başlıkları, görüşmelerden önce ilgili kişilerle paylaşılmış, böylece görüşme esnasında kendileriyle konuşulacak başlıklardan haberdar edilerek görüşmenin en verimli

şekilde geçmesi sağlanmıştır. Görüşmelerden ilki yaklaşık 90 dakika sürerken, diğeri ise yaklaşık 120 dakikalık bir sürede gerçekleştirilmiş olup, ayrıca bahsedilen IIoT uygulamalardan bazılarının işletme içinde gözlemlenme şansı olmuştur.

2.2. Araştırma Soruları

Bu kapsamda oluşturulan araştırma soruları şu şekildedir:

- Üretici firmalar, şirket içi tedarik zincirinde Endüstriyel Nesnelerin İnternetinden nasıl faydalanmaktadır?
- Süreçler üzerinde etkileri düşünüldüğünde, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti'nin firmalara sağladığı faydalar ve karşılaşılan engeller nelerdir?

2.3. Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenilirliği

Araştırmanın geçerlilik ve güvenilirliğini sağlamak, inandırıcılığını arttırmak amacıyla, veri çeşitlenmesine gidilmiştir (Güler vd., 2015). Bu amaçla, örnekleme konu olan firmaların yöneticileri ile görüşme yapmak dışında, fabrikalarda yerinde gözlem de yapılarak daha doğru, objektif sonuçlara ulaşılması hedeflenmiştir. Ayrıca, elde edilen verilerin analizi sırasında bir araştırmacı analizleri yapmış ve sonuçlar ikinci bir araştırmacı tarafından da kontrol edilmiştir. Verilerin analizinde kullanılan kavramsal çerçeve ve varsayımlar tanımlanmış; veri toplama ve analiz yöntemleri ile ilgili ayrıntılı açıklamalar yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular, kavramsal çerçeve ile ilişkilendirilmiş, ham veriler başkaları tarafından incelenebilecek biçimde saklanmış, görüşme ve gözlem ile verilerin tutarlı olup/olmadığına bakılmıştır.

2.4. Örneklem

Araştırmada “amaçlı örnekleme” yöntemlerinden “tipik durum” örnekleme kullanılmıştır. Tipik durum örnekleme, yeni bir uygulamanın araştırılması ve ortaya konması amacıyla tipik bir ya da birkaç örneğin araştırılmasını gerektirmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Bu kapsamda, endüstriyel üretim sektöründe faaliyet gösteren iki firmadaki Endüstriyel Nesnelerin İnterneti uygulamaları tipik bir durum olarak ele alınmış, yeni bir uygulama olarak incelenmiş ve Endüstri 4.0'a ait bu teknolojilerin şirket içi tedarik zincirindeki etkileri hakkında bakış açısı kazanılmaya çalışılmıştır.

2.5. Araştırma Verilerinin Analizi

Görüşülen kişilerden elde edilen bilgiler, görüşme sırasında alınan notlar, ses kayıtları yazılarak analize uygun hale getirilmiş, görüşme sonrasında yorumlanmıştır. Yapılan analizlerde, ana kategoriler ve alt kategorileri tespit etmek amacıyla görüşmeden elde edilen görüşme notları defalarca okunmuştur. Verilerin analizinde “içerik analiz yöntemi” kullanılmıştır. Buna göre, araştırma sorusunun belirlenmesi, veri seçimi ve toplanması, analiz öğelerinin belirlenmesi, kodlama çerçevesinin oluşturulması, verilerin parçalara ayrılması, kodlama denemesinin uygulanması, kodlama, analiz, bulguların sunulması ve yorumlanmasından oluşmaktadır (Schreier, 2012; Güler vd. 2015).

3. Araştırma Bulguları

Araştırma kapsamında iki farklı sektörde görüşme gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel nesnelere interneti teknolojisinin, hazır giyim üretim sektöründe yapılan çalışmada hemen hemen tüm iç tedarik zinciri süreçlerinde kullanıldığı tespit edilirken; esnek ambalaj üreticisi firmada ise, özellikle üretim öncesi ve sonrası süreçlerde tercih edildiği görülmüştür. IIot faydaları açısından bakıldığında söz konusu her iki sektörde şirket içi tedarik zinciri süreçlerinde dijitalleşme sağlanmış, verilerin ulaşılabilir olması sayesinde fabrika içi ürün ve malzemelerin takibi kolaylaşmış, ürün ve süreç kalitesinde standartlaşma yaratılmış, insan ve makine verimlilikleri artmış, maliyetleri düşmesi sağlanmış ve tüm bunlar genel anlamda işletme performansının artmasına yol açmıştır.

İçerik analizi sonucunda görüşmelerden elde edilen veriler doğrultusunda iki ayrı görüşmeye göre kodlama oluşturulmuştur. Hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren firmanın şirket içi tedarik zincirinde Endüstriyel Nesnelere İnternetini hangi alanlarda kullandığına ilişkin elde edilen veriler doğrultusunda “Stok ve Üretim Kontrol”, “İç Tedarik Zincirinde Verinin Dijitalleşmesi ve Takibi”, “Tedarik Zincirindeki Sipariş verme Sürecinin Kısaltılması”, “Tedarik Zincirindeki Dijital Kontrol ve Öngörücü Destek Sistemleri”, “Üretimde Hataların Kontrolü”, “Stok Sayımı ve Takibi”, “Sipariş verme Sürecinin Kısaltılması”, “Malzeme Taşıma ve Takip” ile “Acil Yedek Parça Ara Stok Erişimi” olarak kodlar tespit edilmiştir.

Ambalaj sektöründe faaliyet gösteren firmanın iç tedarik zinciri sürecinde IIoT kullanımının sağlayacağı faydalar incelendiğinde; “Teknik Emniyet ve Yangın Önleme”, “Ürün Kontrolünün Barkodlar Yardımıyla Yapılması”, “Kalite kontrol”, “Fabrika içi Malzeme Akışında Kusur Tespiti, Müdahalesi ve Takibi” olarak kodlar belirlenmiştir. Belirlenen bu kodlar doğrultusunda nesnelere internetinin şirketlerin iç tedarik süreçlerinde “verinin dijitalleşmesi”, “kalitenin artması”, “verimlilikte artış”, “maliyetlerde düşüş”, “veri takibi” gibi faydalar sağladığı tespit edilmiştir.

3.1. Hazır Giyim Sektörünün Tedarik Zincirinde Nesnelere İnterneti Teknolojisinin Kullanımı

Çalışmada ismi geçirilmeyen hazır giyim üreticisi firma, tedarik zinciri yönetimi kapsamında, halihazırda faaliyet gösterdikleri İzmir’deki iki fabrikasında, yeniden bir yapılanmaya gitmiş, 5 yıllık olmak üzere ve her yılı kapsayacak şekilde Endüstri 4.0’ın birçok bileşeni de içinde barındıracak şekilde hedefler koymuştur. Yakın geçmişte değişikliğin yaşandığı üst yönetimin bu bakış açısına sahip olması ve hedeflerin bu yönde belirlenmesi, şirketin dijital dönüşümünün daha hızlı olmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, tedarik Zinciri yönetimi açısından şirket; tedarikçiden malzemelerin tedarik edilmesinden başlayarak müşterilere nihai ürünün sevk edilmesiyle biten tedarik zinciri ile ilgili tüm aşamaları kapsayan süreci yeni baştan tasarlayarak yönetmeye çalışmıştır.

Görüşme yapılan firma, tedarik zinciri yönetimini Endüstri 4.0’a göre yeniden tasarlarlarken 5 aşamalı bir piramit şeklinde bir model geliştirmiştir. Piramidin en altından başlayarak en üste doğru “Tedarik Zincirinin Tüm Süreçlerinin Görünürlüğü”, “Erken Uyarı Alarm Sistemleri”, “Ortak Bilgi Paylaşımı”, “Öngörücü ve Kuralcı Karar Destek Sistemleri” ve “Otonom Karar verme ve Kontrol” sistemleri tasarlamıştır. Piramidin en üstünde bulunan ve yapay zekanın kullanılmaya başlanması hedeflenen aşamada, bu teknolojinin, nesnelere interneti ile olacak entegrasyonu günümüz dünyasını değiştirecek olan en önemli kilit teknolojilerdendir. Bu sayede üretim süreci, hammaddenin tesliminden başlayarak nihai ürünün sevkine kadar olan tüm süreçlerin dijital ortama aktarılması ve anlık olarak takip edilebilir hale getirilmesini sağladığı ifade edilmiştir.

Görüşmede, firmada dijital dönüşüm sağlanırken “Akıllı Fabrika”, “Yeşil Fabrika” ve “Mutlu Fabrika” kavramları da kullanılarak, dönüşümün sadece teknik anlamda değil, aynı zamanda çalışanları ve doğayla birlikte iletişimde olunan bütün çevresel paydaşları da hedeflediği belirtilmiştir.

Stok ve Üretim Kontrol

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti teknolojisinin fabrika içi tedarik zincirindeki uygulamalarından bir tanesi de e-kanban sistemidir. Rao vd. (2019)’a göre, bilgi teknolojisinin tedarik zinciri yönetimine entegrasyonu ile e-kanban konsepti üretim birimlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bilgi teknolojisini üretim sanayinde malzeme temin etmek için kullanan etkili bir optimizasyon sürecidir. Görüşülen firmada, bu sistem sayesinde tüketim noktasıyla (üretim) temin noktası (malzeme deposu) arasındaki ilgili cihazlar arasında, basılan bir buton aracılığıyla iletişim kurulmakta, böylelikle ihtiyaç duyulan malzemenin cinsi, miktarı vb. tüm bilgileri anlık olarak paylaşılmaktadır.

İç Tedarik Zincirinde Verinin Dijitalleşmesi ve Takibi

Görüşme yapılan firmada kullanılmakta olan diğer bir teknoloji de üretimdeki her operatörde ve çalıştığı her istasyonda bulunan ve tüm işlemlerin dokunmatik ekran üzerinden yapılmasına olanak sağlayan ve hem bulunduğu istasyondaki makine ve ekipmanla, hem de sisteme bağlı diğer cihazlarla çevrim için iletişimde bulunan tabletlerdir. Eskiden kâğıt ve kalemle yapılan her türlü işlem artık yüksek çözünürlüklü, kullanıcı dostu grafik ara yüzü olan bu tabletler sayesinde, istenilen her türlü bilginin operatör tarafından sisteme girilmesinin saniyelere indirildiği için verimlilik arttığı gibi, hata oranları da minimum seviyelere düşmüştür. Ayrıca, yapılan tüm işlemler anlık olarak kaydedildiği için sürecin her aşamasının kontrolü fabrikanın istenilen herhangi bir yerinden yine anlık olarak yapılabilmektedir.

Ürün ve üretim süreciyle ilgili her türlü verinin dijital ortama anlık olarak aktarılması sayesinde eylem planları da gerektiği takdirde yine anlık olarak güncellenebilmektedir (Ivezic vd. 2014). Bu sayede şirket içi tedarik zincirinde üretim öncesi, sırası ve sonrasında malzemelerin ve ürün akışlarının takibi yapılabildiği gibi, gerçek zamanlı koşullara göre gerekli düzeltmeler yapılmaktadır.

Tedarik Zincirindeki Dijital Kontrol ve Öngörücü Destek Sistemleri

Tedarik Zinciri Yönetimi piramidinde “Erken Uyarı Alarm Sistemleri” bağlamında firmada kullanılmakta olan Endüstriyel Nesneleri İnterneti teknolojisine örnek teşkil eden bir diğer cihaz da kumaş testlerinin yapılmasını ve verilerin dijital ortama gerçek zamanlı aktarılmasını sağlayan bir cihazdır. Nihai ürünün kullanılması veya yıkanması esnasında maruz kalacağı yıpranmanın ön görüldüğü testler bu sistemin kurulmasından evvel çalışan tarafından uzun sürelerde ve hata oranının yüksek olduğu şekillerde yapılırken, cihaz sayesinde gerek testin süresi en aza indirilmiş olup gerekse de yapılması istenen işlemin doğruluğu da en üst dereceye çıkartılmıştır.

Tüm işlemler cihaz tarafından yine dijital ortama aktarıldığı için, bu makineye bağlı ilgili diğer makine/ekipmanlar arasındaki iletişim sayesinde hem üretim departmanı hem de hammadde/stok bölümü çıkan test sonuçlarını uzaktan görerek gereken aksiyonu alabilmektedirler.

Üretimde Hataların Kontrolü

Görüşmede, hammaddede bulunan kusurlar ile üretim esnasında üründe meydana gelmiş olan hata ve kusurların kontrolü amacıyla eskiden matbu olarak bir katalog kullanıldığı bilgisi verilmiştir. Bu

katalogda, her türlü kusurun tek tek resimleri ve hata kodları bulunmaktayken, günümüzde artık dijital katalogun kullanılması sayesinde ilgili çalışan, eskiden olduğu gibi basılı katalogu aramak yerine, kendi iş istasyonunda bulunan tablet ekranında bu kataloga çevrim içi olarak erişebilmektedir. Böylece gerekli işaretlemeleri yaparak kendinden önceki veya sonraki tüm ilgililere yönelik mesaj iletiminde bulunabilmektedir. Bu teknoloji, işin çok daha hızlı yapılmasını sağladığı gibi, kusurlu malzemenin bir sonraki aşamaya geçmesini de en aza indirmektedir.

Sipariş Verme Sürecinin Kısaltılması

Görüşmede bahsedilen, firmada kullanılmakta olan Endüstriyel Nesnelerin İnterneti teknolojisine en iyi örneklerden biri olduğu düşünülen sistem ise, halihazırda elbise askılarının bulunduğu “Akıllı Raf Sistemi”dir. Bu teknoloji kullanılmadan önce askılar tedarikçisinden kutular içinde gelmekteydi; bu kutular raflarda üst üste duruyordu; askı sipariş zamanı, üst üste duran kutuların raflarda önceden belirlenmiş seviye çizgisine ulaşması olarak belirlenmekteydi. Böyle bir durumda çalışanın bu durumu fark etmesini takiben gerekli işlemleri başlatması, satın alma departmanı ile irtibata geçmesi, satın alma departmanının bunu satın alma emirlerine dönüştürmesi, tedarikçiye iletmesi şeklinde geçen uzun süren ve insan hatalarından kaynaklı gecikmelere sebep olabilecek bir yapıda olduğundan bahsedilmiştir.

Akıllı Raf sistemi olarak Nesnelerin İnternetinden faydalanılarak sistemin işleyişine geçildiğinde ise; her kutu, daha fabrikaya gelmeden, askı üreticisi tarafından içindeki ürün çeşidine göre barkodla işaretilenmektedir. Askılar, üreticisinden yine aynı şekilde karton kutularda fabrikaya gelmekte ve raflara yine üst üste konulmaktadır. Her kutunun kullanımından sonra istif yüksekliği azaldığı için, önceden sisteme girilen ve içindeki askı sayısına göre belirlenen kutuların yüksekliği “sipariş seviyesi” olarak adlandırılan seviyeye düştüğünde yeni sistemde raflara yerleştirilen sensörler, kutuların üzerindeki barkodları okumaktadır. Görüşmede, askı ihtiyacının olduğu, sistem tarafından algılandığı için, söz konusu kutunun içindeki askı çeşidine ve istenilen miktara göre sipariş anlık ve çevrim içi olarak askı üreticisine sipariş emriyle birlikte geçildiği tespit edilmiştir. Böylece eski sistemden farklı olarak, sipariş zamanının geldiğinin fark edilmeme durumu ortadan kalktığı gibi sipariş süresi ve işlemleri de en aza indirgenmiş olmaktadır.

Stok Sayımı ve Takibi

Görüşmede stok sayımı ve takibi için fabrika içi dronelardan yararlanıldığı ifade edilmiştir. Bu şekilde başka bir depodaki ürünlerin, drone aracılığıyla sayımının yapılması ve elde edilen bilgilerin fabrika içi çevrimiçi ağa bağlı ilgili cihazlarla bilgi paylaşarak gerekli kararların alınmasını sağlamaktadır. Drone cihazların kapalı alanlarda kullanılmasıyla ilgili teknik bir konunun olası çözümü sonrası bu teknolojik araçtan da faydalanmak ve verilerin elde edilip değerlendirilmesi planlanmaktadır.

Malzeme Taşıma ve Takip

Aynı şekilde drone aracılığıyla fabrikada istasyonlar arası malzeme taşınması yapılmaktadır. Amaç sadece malzemenin fiziksel olarak bir yerden bir yere nakli değil, aynı zamanda sahip olduğu sensör ve kamera sayesinde drone aracılığıyla, hem taşınan malzemenin cinsi ve miktarı hem de taşınmanın yapıldığı istasyonlar, oradaki çalışanlar ve yapılmakta olan işin ne olduğuna kadar her türlü bilginin anlık olarak alınması, işlenmesi ve gerektiği şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Bu uygulamanın fabrika içinde kullanılmasının faydalarından biri, istasyonlar arasında malzemelerin taşınmasını

hızlandırmak ve malzemeleri götüren operatörlerin iş istasyonundan ayrılmamalarını sağlayarak iş gücü kaybını azaltmak olarak düşünülmektedir.

Acil Yedek Parça Ara Stok Erişimi

Fabrikada kullanılan bir diğer cihaz da operatörlerin iş esnasında ihtiyaç duydukları küçük parçaları (düğme, iplik, vb.) depodan temin etmelerine gerek bırakmayan ürün otomatlarıdır. Üretim esnasında malzemesi biten ve istasyonunda o malzemedan bulunmayan operatör, yaka kartını otomatlara okutarak istediği malzemeyi alabilmektedir. Böylece kısa süre içinde bıraktığı işine dönmesi mümkün olmaktadır. Otomat, kablosuz olarak stoktaki ilgili sistemle de iletişimde olduğu için stoktan sorumlu çalışan da o otomattaki ürün çeşidini ve miktarını takip edip, gerektiği takdirde yeni malzemeleri otomata ekleyebileceği belirtilmiştir. Görüşmede, üretim alanında hemen iş istasyonlarına yakın yerde bulunan bu otomatlar sayesinde, malzeme ihtiyacı olan operatörlerin, depoya kadar gitmesine gerek kalmadığı için, iş zamanı kaybı en aza indirilmiş olacağı ifade edilmiştir.

3.2. Esnek Ambalaj Üretimi İç Tedarik Zinciri Sürecinde IIoT Kullanımının Faydaları

Görüşme yapılan bir diğer firma, Manisa Organize Sanayi Bölgesi'nde yerleşik, esnek ambalaj konusunda üretim yapan büyük ölçekli bir firmadır. Firmanın kendi bünyesinde kurduğu bilgi işlem departmanında, öncelikle tüm süreçlerin gözden geçirilmesinden sonra siparişin alınıp ürünün sevkiyatına, sonrasında müşteri şikayetlerinden tahsilata kadar olan bütün sürecin takibini sağlayacak bir yazılım geliştirilmiştir. Daha sonraki zamanlarda, gelen hammaddenin kontrol edildikten ve uygunluğu onaylandıktan sonra öncelikle kodlanması ve bu barkodların RFID cihazlar aracılığıyla okutularak ürün ve üretim süreçleriyle ilgili verilerin takip edilmesi sağlanmıştır.

Baskıdan önce ürünün üretildiği filmler ve diğer yardımcı malzemeler de dahil baskı sonrası her baskılı malzemenin yine ayrı olarak barkod lambasında okutulması, bu esnada ürün ve üretim süreciyle ilgili bilgilerin veri tabanında toplanması sağlanmıştır.

Teknik Emniyet ve Yangın Önleme

Endüstri 4.0'ın ve endüstriyel otomasyonun en temel teknolojisi olduğu düşünülen IoT sensörlerin, bu firmadaki kullanım alanlarından belki de en önemli olanı, özellikle bu sektördeki üretim hatlarında her an çıkma olasılığı olan yangına karşı kullanılmaktadır. Bir arada olmaması gereken yanıcı gazların ve statik elektriğin bu sektörde üretimin teknik doğası gereği baskı makinelerinde her an iç içe olması, Alev Dedektörleri ve Yangın Söndürme Sistemi'nin eş zamanlı olarak birbiriyle, önceki ve sonraki baskı istasyonu, üretim hattının tamamıyla ve tüm fabrika birimleriyle iletişimde olmasını gerektirmektedir. Çok kısa süre içinde ortaya çıkabilecek küçük bir kıvılcımın bir anda büyük bir yangına dönüşmesini önleme amaçlı kullanılan bu sensörlerin hayati öneme sahip olduğu ifade edilmiştir. Bir yangının başlamasıyla alev dedektörü yangını görmekte, söndürme sistemi çalışarak ortama (makinenin ilgili bölümüne) hava basarken makineyi durdurmakta ve tüm bunlar birkaç saniyede gerçekleşmektedir. O esnada sistem anlık olarak bütün verileri, hem o an müdahale amacıyla hem de sonrasında analiz için kullanılmak üzere sistem tarafından kayıt etmektedir.

Ürün Kontrolünün Barkodlar Yardımıyla Yapılması

Görüşmede, tedarikçiden temin edilen ve hammadde olan bobin haldeki filmlerin üzerine, kontrolü yapıldıktan sonra uygunluk onayı amaçlı barkod yapıştırıldığı belirtilmiştir. Bobinlerin üzerine yapıştırılan barkodların RFID cihazlarla okutulması ile o bobinin depoda hangi bölümde hangi rafa kaldırılacağı bilgisinin operatöre verildiği ifade edilmiştir.

Yaklaşık 1600 paletlik bir deposu olan firmanın, RFID'ler aracılığıyla bu depoda paletin nerede, hangi pozisyonda, hangi sırada, hangi kanalda olduğu rahatlıkla sistem ve operatör tarafından takip edilmektedir. Dolayısıyla herhangi bir iş emri hazırlanırken hangi bobinin kullanılması gerektiği ve bu bobinin depodaki hangi rafta olduğu yine RFID tarafından alınan bilgi sayesinde öğrenilmektedir.

Kalite Kontrol

Endüstriyel Nesnelerin İnternetinin iş yapış şeklini nasıl etkilediğine dair görüşlerine başvurulmuş yönetici, bu teknolojilerin ürün, süreç, maliyet, tasarruf kapsamında bütün aşamalarda önemli katkısı olduğunu düşünmektedir. Örneğin; üretim yöneticileri, ürünlerin kalitesi ile ilgili ortam şartları, sıcaklıklar vb bir bilgi almak istiyorlarsa ve bunun ürün kalitesi testlerindeki etkisini görmek istiyorlarsa, sensörler aracılığıyla ortamdaki sıcaklık ve nem değerlerinin ürün kalitesi ile ilişkilendirildiği vurgulanmıştır. Aynı şekilde operatör verimliliği de bu kapsamda değerlendirilmiştir. Bu firmanın nihai ürünleri göz önüne alındığında aşırı sıcak ya da soğuk, çok nemli ya da kuru ortamlar ürünün kalitesini belirleyen faktörler olarak bilinmektedir; bu aşamada bu cihazların ürün kalitesini doğru şekilde kontrol edilmesine olanak sağladığı ifade edilmiştir.

Görüşülen kişi, bütün üretim süreçleri göz önüne alındığında Endüstriyel Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin en çok etki ettiği şirket içi süreçler olarak, ürün kalitesi, stok yönetimi, sipariş yönetimi ve ürün izlenebilirliği olduğunu belirtmiştir. Bu etkenler içinde ürün kalitesinin en başta olmasının sebebi olarak da kalitenin verimlilik, maliyet ve termin üzerinde direkt etkili olması olarak açıklanmıştır.

Fabrika içi Malzeme Akışında Kusur Tespiti, Müdahalesi ve Takibi

Görüşmede bu sektörde en önemli üretim süreci olan baskı aşamasında gözlem kamera sistemlerinin otomatik bayraklama sistemleri ile olan haberleşmesi de yine IoT teknolojilerinin sağladığı faydalar arasında olduğu belirtilmiştir.

Bayraklama sistemi şu şekilde çalışmaktadır; baskı makinesinden çıkan ürün, malzeme yüzey ve baskı kalitesinin kontrolü amacıyla gözlem kamera sistemlerinden geçerken video kontrol sistemi tarafından anlık olarak fotoğrafı çekilen görüntü, sistemin hafızasında kayıtlı görüntüyle karşılaştırılmaktadır. Sistem tarafından baskının üzerinde kabul edilebilir değerlerden farklı bir görüntü ve kaliteye karar verilirse, bayraklama cihazına anında bir sinyal gitmekte ve bu sinyal sayesinde ilgili kusur etiketlenmektedir. Tüm bunlar olurken; malzeme hakkında bilgi, malzemenin hangi metresinde kusur olduğu, kusurun tam olarak ne olduğu gibi veriler eş zamanlı olarak sistem tarafından da kaydedilmektedir.

Bu sistemde, kusurlu ürüne atılan bayrakların sonraki süreçlerde temizlenmesi için kullanılan barkodlama sistemlerine benzer başka teknolojiler de bulunmaktadır. Örneğin, ürünlerin izlenebilirliği için kullanılan kodlama sistemleri, müşteri şikâyeti olma durumunda çok faydalı olmaktadır. Müşteriye sevkıyatı yapılmış bir konteyner dolusu nihai ürün içerisinde hatalı olan bobinlerin hangileri olduğunun ortaya çıkarılmasında bu teknolojiden yararlanılmaktadır.

3.3. Firmalarda Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Teknolojilerinin Kullanılması Önündeki Engeller

Görüşmelerde iki firmada bu teknolojilerin sektördeki rakip firmalarca çok sık tercih edilmemesindeki en temel engelin firmaların ekipman ve yazılım için gerekli yatırım maliyeti olduğu düşünülmektedir. Mevcut süreçlerin yeni uygulamalara müsait olup olmadığı da bir başka engel olduğu düşünülmektedir. Breivold ve Sandström (2015)'in belirttiği gibi mevcut endüstriyel ortamın IoT ile entegrasyonun, eski makineler arası ve ağa bağlı cihazlardan daha karmaşık olduğudur. Çünkü eski cihazlara uygunluk ve eski teknolojilerin uygulanmasının yanı sıra IIoT ortamına bağlı olmayan eski protokolleri güncel ve uygun hale getirme ve eski protokolleri modernize etme zorunluluğudur. Ning vd. (2013) çok sayıda heterojen cihaz ve makine, karmaşık sistem yapısı ve IIoT'nin heterojen donanım ve yazılım platformlarının birleşmesi, makineye her yerde erişim yoluyla iletişim kurarken zorluklardan etkilendiğini belirtmiştir. Bu nedenle, heterojenliğin, IIoT uygulamaları için de büyük bir sorun olduğunu vurgulamıştır. Görüşmelerde de bunların teknik olarak uygulanmasının zor ve aynı zamanda maliyetli olduğu ifade edilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Endüstri 4.0 teknolojilerinden biri olan Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) de, otomasyon ve operasyonel verimlilik için çeşitli endüstriyel süreçlerdeki son teknolojiler olarak yerini almıştır (Madakam ve Uchiya, 2019). Veriler, akıllı nesnelere aracılığıyla etkili bir şekilde toplanıp analiz edildiğinde ve faydalı bilgilere dönüştürüldüğünde, tedarik zincirinin tüm yönlerine benzeri görülmemiş bir görünürlük sunarak iyileştirilmesi gereken iç ve dış durumlara ilişkin erken uyarılar sağlayabilmektedir (Mohamed Ben-Daya vd.; 2019). Bu sinyallere zamanında yanıt vermek ise, tedarik zinciri verimliliğinin daha üst seviyelere çıkmasına yol açmaktadır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen iki görüşmeden elde edilen bilgilere göre, IIoT'nin çok çeşitli süreçlerde olumlu etkisi bulunmaktadır. Verinin dijitalleşmesi sayesinde süreçlerin anlık olarak takibi ve kontrolüyle verimliliğin sağlanması ve ürün kalitesinin artması mümkün olmuştur (Belli vd., 2019). Alaba vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da vurgulandığı gibi, IIoT'nin temel teknolojilerinin biri olarak gösterilen ve dijitalleşmenin en önemli etkenlerinden biri olan RFID sistemlerinin getirileri arasında, çalışmanın sonucunda da ortaya çıkan stok ve malzeme sayımı ve takibi, ürün kontrolünün yapılması vurgulanmıştır.

Teslya ve Ryabchikov (2017) çalışmasında; sensörlerin, operatörün yaralanmasına veya makine ve ekipmanların arızalanmasına neden olabilecek koşulları tespit ettiğini, böylece olası bir sorunun ortaya çıkmasının önlenmesi ve proaktif bakımı kolaylaştırmak için gerekli kararların uygulanmasının mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde bu çalışmada da fabrikalarda kullanılan sensörler sayesinde dijital kontrol ve öngörücü destek sistemlerinin varlığı, teknik emniyeti sağlama ve yangın önleme, kusurların tespiti, müdahalesi ve takibi sağlanmaktadır. Szmerekovsky ve Zhang (2008), IIoT teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanıldığı alanlardan birinin raf ikmal süreci olduğunu belirtmektedir. Burada temel düşünce, envanterin izlenmesini otomatikleştirmek ve eksik olan malzemenin gerçek zamanlı olarak teminini IIoT teknolojileri aracılığıyla sağlamaktır (Delen vd., 2007; Wong ve McFarlane, 2007). Çalışmanın sonucunda, üreticilerden bir tanesinde kullanılmakta olan Akıllı Raf Sistemi sayesinde ürün bittiğinde otomatik olarak tedarikçiye sipariş geçerek sipariş süreci en aza indirildiği ifade edilmiştir.

Kalitede artış, anlık veriler sayesinde operasyonel ve yönetimsel kararların en iyi hale gelmesi, malzeme akış sürecinin optimize edilmesi, işin her seferinde aynı şekilde yapılmasının standartlaşmayı getirmesi ile insan ve makine verimliliğın artmasıyla genel anlamda işletme performansının arttığı görülmektedir. Önümüzdeki yıllarda da IIoT, endüstriyel üretim sektörlerine etki yaratmaya devam edecektir. Bununla birlikte, dijital olarak tartışmalı geleceğın bir tarafı olmanın yanı sıra, uygulanabilir bir paydaş olmak ve yeni yollar oluşturmak için şirketlerin daha teknolojik temelli olmak için daha fazla gelişmeleri gerekecektir.

İleride yapılacak benzer çalışmalarda, farklı üretim sektöründe daha fazla sayıda firmayla nitel çalışmalar yapılarak endüstriyel nesnelere internetinin kullanım alanları ve özellikle iç tedarik zincirleri üzerindeki etkilerinin araştırılması, literatüre katkı açısından faydalı olacaktır. Benzer şekilde, daha fazla kullanıcıya ulaşılması ve daha geniş örnekleme yapılmasına imkân vermesi açısından konuyla ilgili anketler aracılığıyla yine endüstriyel firmaların konu hakkındaki güncel durumları tespit edilip, gelecek beklentileri hakkında bilgi sahibi olmak mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abdel-Basset, M., Manogaran, G. ve Mohamed, M. (2018). "Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems". *Future Generation Computer Systems*, 86, 614- 628. doi: 10.1016/j.future.2018.04.051
- Alaba, F. A., Othman, M., Hashem, I. A. T. ve Alotai-bi, F. (2017). "Internet of things security: a survey". *The Journal of Network and Computer Applications*. 88, 10–28. doi: 10.1016/j.jnca.2017.04.002
- Alahmadi, A., ve Lin, X. (2019). "Towards Secure and Fair IIoT-Enabled Supply Chain Management via Blockchain-Based Smart Contracts". ICC 2019 - 2019 IEEE *International Conference on Communications (ICC)*, 1-7.
- Alfian, G., Syafrudin, M., Farooq, U., Ma'arif, M. R., Syaekhoni, M. A., Fitriyani N. L. ve Rhee, J. (2019). "Improving Efficiency of RFID-based Traceability System for Perishable Food by Utilizing IoT Sensors and Machine Learning Model". *Food Control*, 110, doi: 10.1016/j.foodcont.2019.107016
- Arnold, C.; Kiel, D. ve Voigt, K.-I. (2016). "How the Industrial Internet of Things Changes Business Models in Different Manufacturing Industries". *International Journal of Innovation Management* 20,1640015.
- Arumugam, S. K. ve Iyer, E. (2019). "An industrial IoT in engineering and manufacturing industries-benefits and challenges". *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. ISSN(P): 2249-6890; ISSN(E): 2249-8001, 9(2), 151-160 10.24247/ijmperdapr201914.
- Bakan, İ. ve Şekkelı, Z. H. (2018). "Akıllı Fabrikalar". *Journal of Life Economics*. 5. 203-220. 10.15637/jlecon.270.
- Balachandar, S. ve Chinnaiyan, R. (2020). "Reliable pharma cold chain monitoring and analytics through Internet of Things Edge". *Emergence of Pharmaceutical Industry Growth with Industrial IoT Approach*, 133–161. doi:10.1016/b978-0-12-819593-2.00005-4
- Basnet, C. (2013). "The measurement of internal supply chain integration". *Management Research Review*. 36. 10.1108/01409171311292252.
- Bayrak Meydanoglu E. S., Klein, M. (2016). "Nesnelerin İnterneti ve Pazarlama", Akıllı Teknoloji & Akıllı Yönetim, Editörler : Prof. Dr. Vahap Tecim, Yrd.Doç.Dr. Çiğdem Tarhan, Yrd.Doç.Dr. Can Aydın, İzmir.
- Belli, L., Davoli, L., Medioli, A., Marchini, P. L. ve Ferrari, G. (2019). "Toward Industry 4.0 With IoT: Optimizing Business Processes in an Evolving Manufacturing Factory". *Front ICT*. 6. 17.3389/fict.2019.00017.
- Ben-Daya, M., Hassini, E. ve Bahroun, Z. (2019). "Internet of things and supply chain management: a literature review". *International Journal of Production Research*, 1-24. doi:10.1080/00207543.2017.1402140
- Bowman, P., Ng, J., Harisson, M., Sanchez Lopez, T. ve Illic, A. (2009). "Sensor Based Condition Monitoring." Building Radio Frequency Identification for the Global Environment (Bridge) Euro RFID Project. <http://bridge-project.eu/index.php/main-page/en/>

- Butner, K. 2010. "The Smarter Supply Chain of the Future." *Strategy & Leadership* 38 (1): 22–31.
- Breivold, H.P. ve Sandström, K. (2015). "Internet of Things for Industrial Automation - Challenges and Technical Solutions". *2015 IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems*, 532-539.
- Chen, J. C., Cheng, C., Huang, P., Wang, J., Huang, C. ve Ting, T. (2013). "Warehouse Management with Lean and RFID Application: A Case Study." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 69 (1–4): 531–542.
- Chen, Z., Ming, X., Zhou, T. ve Chang, Y. (2019). "Sustainable supplier selection for smart supply chain considering internal and external uncertainty: An integrated rough-fuzzy approach". *Applied Soft Computing*, 87, 106004. doi: 10.1016/j.asoc.2019.106004
- Choy, K. L., Ho, S. and Lee, C. (2017). "A RFID-Based Storage Assignment System for Enhancing the Efficiency of Order Picking." *Journal of Intelligent Manufacturing* 28 (1): 111–129.
- Chowdhury, A. ve Raut, S. (2019). "Benefits, Challenges, and Opportunities in Adoption of Industrial IoT". *International Journal of Computational Intelligence & IoT*, Vol. 2, No. 4. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3361586>
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Harlow: Pearson. www.pearson.com.
- Dai, H., ve Tseng, M. (2012). "The Impacts of RFID Implementation on Reducing Inventory Inaccuracy in a Multi-Stage Supply Chain." *International Journal of Production Economics* 139 (2): 634–641.
- Decker, C., Berchtold, M., Chaves, L., Beigl, M., Roehr, D., Riedel, T., Beuster, M., Herzog, T. ve Herzig, D. (2008). "Cost-Benefit Model for Smart Items in the Supply Chain." *The Internet of Things Lecture Notes in Computer Science*, 4952: 155–172
- Delen, D., Hardgrave, B. ve Sharda, R. (2007) "RFID for better supply-chain management through enhanced information visibility", *Production and Operation Management* 16 (5) 613–624.
- Dweekat, A. J., Hwang, G. ve Park, J. (2017). "Supply Chain Performance Measurement Approach Using the Internet of Things." *Industrial Management & Data Systems* 117 (2): 267–286.
- Ellis, S., Morris, H., D. ve Santagate, J. (2015). "IoT-Enabled Analytic Applications Revolutionize Supply Chain Planning and Execution." *International Data Corporation (IDC) White Paper*. www.idc.com.
- Evtodjeva T.E., Chernova D.V., Ivanova N.V., Wirth J. (2020) "The Internet of Things: Possibilities of Application in Intelligent Supply Chain Management". In: Ashmarina S., Mesquita A., Vochozka M. (eds) *Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities*. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 908. Springer, Cham.
- Fan, T., Tao, F., Deng, S. ve Li, S. (2015). "Impact of RFID Technology on Supply Chain Decisions with Inventory Inaccuracies." *International Journal of Production Economics* 159: 117–125.
- Fidel, R. (1984). The Case Study Method: A Case Study. *Library and Information Science Research*, 6(3), 273–288.
- Ganeshan, R. ve Harrison, T. (1995). *An Introduction to Supply Chain Management*, Department of Management Sciences and Information Systems, 303 Beam Business Building, Penn State University, University Park, PA
- Garrido-Hidalgo, C., Ramirez, F. J., Olivares, T. ve Roda-Sanchez, L. (2020). "The adoption of Internet of Things in a Circular Supply Chain framework for the recovery of WEEE: The case of Lithium-ion electric vehicle battery packs". *Waste Management*, 103, 3244. doi: 10.1016/j.wasman.2019.09.045
- Garrido-Hidalgo, C., Olivares, T., Ramirez, F. J. ve Roda-Sanchez, L. (2019). "An end-to-end Internet of Things solution for Reverse Supply Chain Management in Industry 4.0". *Computers in Industry*, 112, 103127. doi: 10.1016/j.compind.2019.103127
- Goyal, S., Hardgrave, B., Aloysius, J. ve De Horatius, N. (2016). "The Effectiveness of RFID in Backroom and Sales Floor Inventory Management." *The International Journal of Logistics Management* 27 (3): 795–815.
- Güler, A., Halıcıoğlu M. B. ve Taşgın S., (2015). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma, Gözden Geçirilmiş İkinci Baskı*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Harris, I., Wang, Y. ve Wang, H. (2015). "ICT in Multimodal Transport and Technological Trends: Unleashing Potential for the Future." *International Journal of Production Economics* 159: 88–103.
- Hassini, E. (2008). "Supply Chain Optimization: Current Practices and Overview of Emerging Research Opportunities." *INFOR: Information Systems and Operational Research* 46 (2): 93–96.
- Helo, P. ve Shamsuzzoha, A.,H.,M. (2020). "Real-time supply chain—A blockchain architecture for project deliveries". *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 63, 101909. doi: 10.1016/j.rcim.2019.101909
- Huy, T., Sampaio, P., Carvalho, M., Fernandes, A., An, D. ve Vilhena, E. (2016). "An extensive structural

- model of supply chain quality management and firm performance". *International Journal of Quality & Reliability Management*. 33. 444-464. 10.1108/IJQRM-11-2014-0188.
- Ivezic, N., Kulvatunyou, B. ve Srinivasan, V. (2014). "On architecting and composing through-life engineering information services to enable smart manufacturing", *Procedia CIRP*, 22, pp. 45-52.
- Jayaram, A. (2016). "Lean Six Sigma Approach for Global Supply Chain Management using Industry 4.0 and IIoT". In 2016 2nd international conference on contemporary computing and informatics (IC3I) (pp. 89-94). IEEE. 10.1109/IC3I.2016.7917940.
- Kanimozhi Suguna S. ve Nanda Kumar S. (2019). "Application of Cloud Computing and Internet of Things to Improve Supply Chain Processes". In: Al-Turjman F. (eds) *Edge Computing. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*. Springer, Cham
- Kozma, D., Varga, P. ve Hegedus, C. (2019). "Supply Chain Management and Logistics 4.0 - A Study on Arrowhead Framework Integration". *2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 12-16. 10.1109/ICITM.2019.8710670.
- Lee, I., ve Lee, K. (2015). "The Internet of Things (IoT): Applications, Investments, and Challenges for Enterprises." *Business Horizons*, 58 (4): 431-440.
- Liao, Y., Rocha, L.E. ve Deschamps, F. (2018). "Industrial Internet of Things: A Systematic Literature Review and Insights". *IEEE Internet of Things Journal*, 1-15. 4515-4525. 10.1109/JIOT.2018.2834151.
- Lou, P., Liu, Q., Zhou, Z. ve Wang, H. (2011). "Agile Supply Chain Management over the Internet of Things." *2011 International Conference on Management and Service Science*.
- Madakam S. ve Uchiya T. (2019). Industrial Internet of Things (IIoT): Principles, Processes and Protocols. In: Mahmood Z. (eds) *The Internet of Things in the Industrial Sector*. Computer Communications and Networks. Springer, Cham.
- Manavalan, E. ve Jayakrishna, K. (2018). "A review of Internet of Things (IoT) embedded Sustainable Supply Chain for Industry 4.0 requirements". *Computers & Industrial Engineering*. 127, 925-953. doi: 10.1016/j.cie.2018.11.030
- Mazzei, D., Baldi, G. ve Fantoni G. (2019). "A Blockchain Tokenizer for Industrial IOT Trustless Applications", *Future Generation Computer Systems* (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.12.020>
- Minner, S. (2019). Inbound Logistics. In: Zijm H., Klumpp M., Regattieri A., Heragu S. (eds) *Operations, Logistics and Supply Chain Management*. Lecture Notes in Logistics. Springer, Cham
- Mohamed B., D., Hassini E. ve Bahroun, Z. (2019). "Internet of things and supply chain management: a literature review", *International Journal of Production Research*, 57:1516,4719-4742, DOI: 10.1080/00207543.2017.1402140
- Müller, J., Kiel, D. ve Voigt, K.I. (2018). "What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability". *Sustainability*. 10. 10.3390/su10010247.
- Ng, I., Scharf, K., Pogrebna, G. ve Maull, R. (2015). "Contextual Variety, Internet-of-Things and the Choice of Tailoring over Platform: Mass Customisation Strategy in Supply Chain Management." *International Journal of Production Economics* 159: 76- 87.
- Ondemir, O., ve Gupta, S.,M. (2014). "Quality Management in Product Recovery Using the Internet of Things: An Optimization Approach." *Computers in Industry* 65 (3): 491-504.
- Pang, Z., Chen, Q., Han, W. ve Zheng, L. (2015). "Value-Centric Design of the Internet-of-Things Solution for Food Supply Chain: Value Creation, Sensor Portfolio and Information Fusion." *Information Systems Frontiers* 17 (2): 289-319.
- Parry, G.,C., Brax, S.,A., Maull, R.,S. ve Ng, I.,C.,L. (2016). "Operationalising IoT for Reverse Supply: The Development of Use Visibility Measures." *Supply Chain Management: An International Journal* 21 (2): 228-244.
- Putnik, G., Varela, L.,R., Carvalho, C., Alves, C., Shah, V., Castro, H. ve Ávila, P. (2015). "Smart Objects Embedded Production and Quality Management Functions." *International Journal for Quality Research* 9 (1): 151-166.
- Qu, T., Thürer, M., Wang, J., Wang, Z., Fu, H. , Li, C. ve Huang, G.,Q. (2017). "System Dynamics Analysis for an Internet-of-Things Enabled Production Logistics System." *International Journal of Production Research* 55 (9): 2622-2649.
- Radanliev, P. (2019). "The Industrial Internet-of-Things in the Industry 4.0 supply chains of small and medium sized enterprises". University of Oxford. 10.13140/RG.2.2.14140.49283.
- Radanliev, P., De Roure, D., Nurse, J., Montalvo, R. ve Burnap, P. (2019). "Supply Chain Design for the Industrial Internet of Things and the Industry 4.0". 10.20944/preprints201903.0123.v1.
- Rao, K. G., Michael, L. K. ve Sriram, K. V. (2019). "Optimization of inbound logistics by implemen-

- ting E-kanban system in an automobile accessories manufacturing unit – A case study: a case study”. *Quality - Access to Success*, 20(170), 106-111.
- Reaidy, P. J., Gunasekaran, A. ve Spalanzani, A. (2015). “Bottom-up approach based on Internet of Things for order fulfillment in a collaborative warehousing environment”. *International Journal of Production Economics*, 159(1), 29-40.
- Ross, D.F. 2016. *Introduction to e-Supply Chain Management: Engaging Technology to Build Market-Winning Business Partnerships*, CRC Press.
- Rupasinghe, T. (2017). “Internet of Things (IoT) Embedded Future Supply Chains for Industry 4.0: An Assessment from an ERP-based Fashion Apparel and Footwear Industry”. *Journal of Supply Chain Management*. 6.
- Rymaszewska, A., Helo, P. ve Gunasekaran, A. (2017). “IoT Powered Servitization of Manufacturing – An Exploratory Case Study.” *International Journal of Production Economics* 192: 92–105.
- Schreier, M. (2012) “*Qualitative Content Analysis in Practice*”, U. Flick içinde, *The Sage Handbook of Qualitative Data Analysis*, 4-28, London, Sage Publications
- Shih, C. W., ve Wang, C.,H. (2016). “Integrating Wireless Sensor Networks with Statistical Quality Control to Develop a Cold Chain System in Food Industries.” *Computer Standards & Interfaces* 45: 62–78.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. ve Levi, E.,S. (2003). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. New York: McGraw-Hill.
- Singh, M., Sachan, S., Singh, A. ve Singh, K.K. (2020). “Internet of Things in pharma industry: possibilities and challenges”. *Emergence of Pharmaceutical Industry Growth with Industrial IoT Approach*, 195-216. 10.1016/B978-0-12-819593-2.00007-8.
- Spendla, L., Kebisek, M., Tanuska, P. ve Hrecka, L. (2017). “Concept of Predictive Maintenance of Production Systems in Accordance with Industry 4.0.” *2017 IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMII)*, Herl’any, Slovakia.
- Stefanou, C. (1999). “Supply chain management (SCM) and organizational key factors for successful implementation of enterprise resource planning (ERP) systems”. *AMCIS 1999 proceedings* (pp. 276).
- Szmerekovsky, J., G. ve Zhang, J. (2008). “Coordination and adoption of item-level RFID with vendor managed inventory”, *International Journal of Production Economics* 114, 388–398.
- Teslya, N. ve Ryabchikov, I. (2017). “Blockchain-based platform architecture for industrial IoT,” in 2017 21st Conference of Open Innovations Association (FRUCT) (Helsinki), 321–329.
- Trab, S., Bajic, E., Zouinkhi, A., Abdelkrim, M.,N., Chekir, H. ve Hadj-Ltaief, R. (2015). “Product Allocation Planning with Safety Compatibility Constraints in IoT-Based Warehouse.” *Procedia Computer Science* 73: 290–297.
- Vass, T., Shee, H. ve Miah, S. (2018). “The effect of “Internet of Things” on supply chain integration and performance: An organisational capability perspective”. *Australasian Journal of Information Systems*. 22. 10.3127/ajis.v22i0.1734.
- Verdouw, C. N., Beulens, A.,J.,M. ve van der Vorst, J.,G.,A.,J. (2013). “Virtualisation of Floricultural Supply Chains: A Review from an Internet of Things Perspective.” *Computers and Electronics in Agriculture* 99: 160–175.
- Wang, T., Zhang, Y., F. ve Zang, D.,X. 2016. “Real-Time Visibility and Traceability Framework for Discrete Manufacturing Shopfloor.” *In Proceedings of the 22nd International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* Singapore, 763–772.
- Witkowski, K. (2017). “Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management”. *Procedia Engineering*. 182. 763-769. 10.1016/j.proeng.2017.03.197.
- Wong, C.,Y. ve McFarlane, D. (2007) “Radio frequency identification data capture and its impact on shelf replenishment”, *International Journal of Logistics: Research and Applications* 10 (1) 71–93.
- Xu, L. D. (2011). “Information Architecture for Supply Chain Quality Management.” *International Journal of Production Research* 49 (1): 183–198.
- Xu, L.,D., He, W. ve Li,S. (2014). “Internet of Things in Industries: A Survey.” *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10 (4): 2233–2243.
- Xu, R., Yang, L. ve Yang, S.,H. (2013). “Architecture Design of Internet of Things in Logistics Management for Emergency Response.” *2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*, Beijing, China.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, Seçkin Yayıncılık, Genişletilmiş 10. Baskı, Ankara.