

## NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMALARININ TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

### THE EFFECT OF INTERNET OF THINGS APPLICATIONS ON JUST IN TIME PRODUCTION SYSTEM

Harun ÖGÜNÇ\*

\* Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Zeliha Tolunay Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik  
Yüksekokulu, Muhasebe ve Finansal Yönetim Bölümü, ogunc@mehmetakif.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7349-0739>

#### ÖZ

İletişim teknolojilerindeki gelişmenin bir yansıması olarak günümüzde sadece insanlar değil, cansız varlıklar olan nesnelere de birbiriyle iletişim kurabilmekte, bilgiyi işleyebilmekte ve karar alabilmektedir. Sözü edilen bu teknoloji, endüstri 4.0 ile birlikte hayatın her alanına girmesi beklenen "nesnelerin interneti" sistemleridir. Daha çok akıllı ev sistemlerinde görmeye alıştığımız bu yapının sağlık, taşımacılık, çevre vb. birçok alanda uygulama alanının olduğu görülmektedir. İnsan kaynaklı hataların azaltılması ve insanların tespit edemeyeceği miktarda veya hızdaki değişmelerin her birini sensörler yoluyla algulayarak ortaya çıkan verileri nesnelerin kendi arasında transfer etmesi, değerlendirmesi, karar alıp uygulamaya geçmesi veya karar almaya yönelik olarak insanlara iletmesi gibi birçok özelliği içinde barındıran bu sistemlerin, yetkisiz kişilerin bilgiye erişebilme riski nedeniyle henüz tam olarak güvenli bir yapıya sahip olduğu söylenemese de her geçen gün yaygınlaştığı görülmektedir. Bu çalışmada, yakın bir gelecekte hayatın her alanında göreceğimiz nesnelerin interneti sistemlerinin tam zamanında üretim sistemi üzerinde ne gibi etkilere sahip olacağı incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nesnelerin İnterneti, Tam Zamanında Üretim, Endüstri 4.0

**Jel Kodlar:** M11, M13.

#### ABSTRACT

As a reflection of the development in communication technologies, not only human beings, but also objects that are inanimate can communicate with each other, process information and make decisions. This technology, together with industry 4.0, is expected to enter all areas of life "internet of things" systems. This structure we are used to seeing in more intelligent home systems, health, transportation, environment, etc. in many areas, application area is seen. These systems reduce human-induced errors and enable sensors to detect changes in the amount or speed that people cannot detect. It also contains many features such as the fact that objects transfer and evaluate the resulting data among themselves, decision making and implementation or communicating to people for the purpose of making decisions. although it can not be said that the unauthorized people still have a completely secure structure due to the risk of accessing information, it seems to be widespread every day. In this study, the effects of the internet of things systems that we will see in every aspect of life in the near future on the just in time production system have been investigated.

**Keywords:** Internet of Things, Just in Time Production, Industry 4.0

**Jel Codes:** M11, M13.

## 1. GİRİŞ

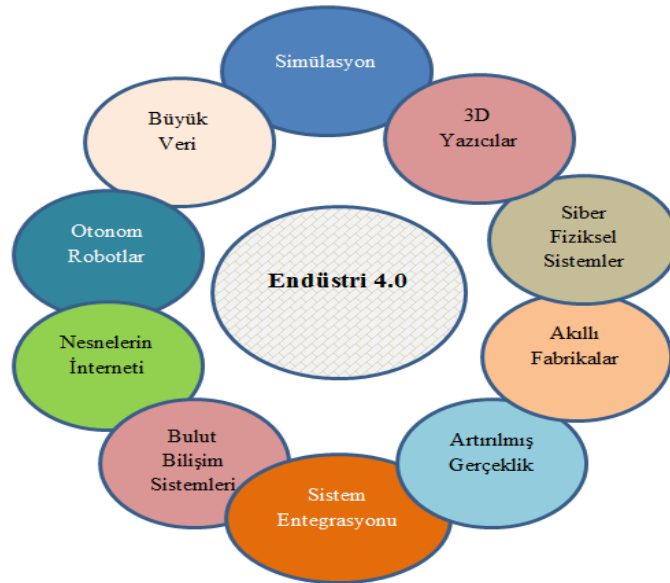
Teknolojideki hızlı gelişme, her geçen gün insan hayatını daha fazla kolaylaştırmakta ve birçok yönden ihtiyaçların karşılanmasına imkan sağlamaktadır. Sözü edilen konu ihtiyaç olunca sonu gelmeyen bir süreç karşımıza çıkmaktadır ve bu durum sürekli bir gelişmenin önünü açmaktadır. Günümüzde yoğun şekilde kullanılan endüstri 4.0 ifadesi de söz konusu teknolojik gelişmenin bir evresini ifade etmektedir. Makinelerin, üretim süreçlerinin hatta fabrikaların birbirleriyle iletişim halinde olduğu ve robot teknolojisi üzerine yoğunlaşmanın yaşandığı bu evre aslında iletişim teknolojisindeki gelişmenin bir yansımasıdır. Cansız varlıkların yani nesnelerin çevreden elde ettiği verileri toplaması, birbiriyle iletişim kurması ve veri transferinde bulunması gibi işlemlerin çoğunlukla insan müdahalesi olmaksızın gerçekleşmesi, gelecekte çok daha fazla alanda insan unsurunun sistem dışı bırakılacağı anlamına gelmektedir. Ayrıca insan düşüncesini taklit ederek gelişme gösteren yapay zeka uygulamalarını da bu kapsamda değerlendirmek mümkündür. Bilgisayar sistemlerinin, doğru veya yanlış

sonuçlara yönelik ortaya koyduğu alternatiflerden hangisinin tercih edildiğini dikkate alarak kendisini bu seçimlere göre uyarlaması ve sonuçta düşünce olarak “insanlaşan” bir yapıya bürünmesi şeklinde ifade edilebilecek yapay zeka uygulamalarını oldukça yaygın bir şekilde görmekteyiz.

Sanayi devrimlerinin her biri, insana ait beden gücünün kullanımını biraz daha azaltmakta, gereksiz veya yetersiz kılmaktayken endüstri 4.0 ile birlikte insana ait beyin gücünün kullanımı da aynı şekilde azalma, gereksiz veya yetersiz kalma sonucuyla karşı karşıya bulunmaktadır.

Daha çok akıllı ev sistemlerinde yaygın olarak karşımıza çıkan; ama aslında işletmelerde oldukça çeşitli kullanım alanları bulan nesnelerin interneti uygulamaları; daha disiplinli, hatasız ve verimli iş süreçlerinin oluşturulmasını sağlamakta olup nesnelerin internetini de içinde barındıran ve çok geniş bir alanı kapsayan endüstri 4.0’ın bileşenleri Şekil 1’de sunulmuştur.

Şekil 1: Endüstri 4.0 Bileşenleri



**Kaynak:** (EBSO, 2015: 9)

Endüstri 4.0 içerisinde değerlendirilen nesnelerin interneti uygulamalarına işletmeler ve özellikle üretim işletmeleri açısından bakılan bu çalışmada, nesnelerin interneti uygulamaları hakkında açıklamalarda bulunulmuş ve söz konusu uygulamaların tam zamanında üretim sistemi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

## 2. NESNELERİN İNTERNETİ

İnsan hayatını büyük ölçüde etkileyen sanayi devrimlerinden ilki, su ve buhar enerjisinin makinelerde kullanılmasıyla başlamıştır. Henry Ford'un üretim hattı tasarımı ikinci sanayi devrimini oluştururken bilişim teknolojilerinin mekanik ve elektronik teknolojilerle birlikte kullanılması sonucunda üçüncü sanayi devrimi başlamıştır (Erturan ve Ergin, 2017: 16). Dördüncü sanayi devrimi ise "siber-fiziksel sistemler ve dinamik veri işleme ile değer zincirlerinin uçtan uca bağlandığı" bir evreyi işaret etmektedir (Tüsiad, 2016: 19). Üretim süreçleriyle ilgili verinin sistem tarafından sürekli olarak toplanması, planlanması ve kontrolüne ilişkin bir entegrasyonun hâkim olduğu bu evrede nesnelerin interneti, en önemli etkiye sahip unsur olarak görülmektedir (Erturan ve Ergin, 2017: 16).

İlk kez 1999 yılında Kevin Ashton tarafından bir sunumda kullanılan "nesnelerin interneti" (Internet of Things - IoT) terimi (Gündüz ve Akyüz, 2017: 14), nesnelerin birbirleriyle iletişimine olanak sağlayan yapılar olup (Alçın, 2016: 20) günümüzde hemen her alanda kullandığımız nesnelerin birbirine bağlanmasına, kendi aralarında iletişim kurmasına zemin hazırlayan bir teknolojiyi temsil etmektedir.

Temel düşüncesi çevreyi anlamak, kontrol etmek ve kontrol edilen bu çevre üzerinde hareket etmek için bilginin elde edilmesi olan IoT teknolojisinde (Oral ve Çakır, 2017: 173) RFID, NFC, sensörler gibi algılayıcılar ve Wifi, Wimax, Zigbee, Bluetooth ve kızılötesi gibi kablosuz iletişim teknikleri kullanılarak nesnelere

hakkında veriler elde edilmektedir. Dolayısıyla günlük hayatımızda kullandığımız nesnelerin her biriyle iletişime geçilebilmektedir (Bozdoğan, 2015: 5). Bu nedenle IoT, çeşitli iletişim protokollerini kullanarak iletişim kuran, bilgi üreten ve oluşturdukları ağ aracılığıyla ürettiği bilgiyi birbirine aktarabilen akıllı cihazların oluşturduğu topluluk veya pazar olarak tanımlanabilir (Erdem, 2015: 5). Dolayısıyla söz konusu sistemlerin oluşturulabilmesi için altyapı olarak etkin bir iletişim ağının kurulması ve algılayıcılardan faydalanılması gerektiği görülmektedir.

Nesnelerin birbiriyle iletişimine konu olan veri terimi; araştırma, gözlem, internet, sosyal medya ve sensörler gibi farklı ortamlardan ve kaynaklardan elde edilen parçaları ifade etmektedir (Doğan ve Arslantekin, 2016: 16) ve nesnelerin birbirine bağlanması ve sürekli bir şekilde iletişim halinde olması nedeniyle veri patlaması ortaya çıkmakta ve bunun bir sonucu olarak da "büyük veri" oluşmaktadır. Dolayısıyla büyük verinin depolanması, erişime sunulması ve verinin analiz edilmesi yeni yöntemlerin geliştirilmesine yönelik bir ihtiyaç ortaya çıkarmaktadır ve bu yöntemlerin başında veri madenciliği gelmektedir (Doğan ve Arslantekin, 2016: 26). Büyük veriyle ilişkili olarak değerlendirildiğinde veri madenciliği, elde edilen büyük verinin içinde gizli olarak yer alan unsurların güvenilir istatistiksel tekniklerle ortaya çıkarılması şeklinde ifade edilebilir (Doğan ve Arslantekin, 2016: 27).

Çok geniş bir çevreyi içine alan ve bu çevrede bulunan tüm unsurları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen IoT üç ayaklı bir sistemi temsil etmektedir (Arslan ve Kırbas, 2016: 36):

- Nesnelere
- İletişim ağları (nesnelerin birbiriyle bağlantısını sağlamaktadır)
- Bilgisayarlar (nesnelere nesnelere ulaşan verileri kullanmaktadır)

Dolayısıyla IoT sistemi içerisinde iletişimin ana etkenlerinden biri olan internet önemli bir noktada durmaktadır. İnternetin günümüzdeki konumuna ulaşıncaya kadar geçirdiği evrelerin ise aşağıdaki gibi sıralanması mümkündür (Gündüz ve Daş, 2018: 327):

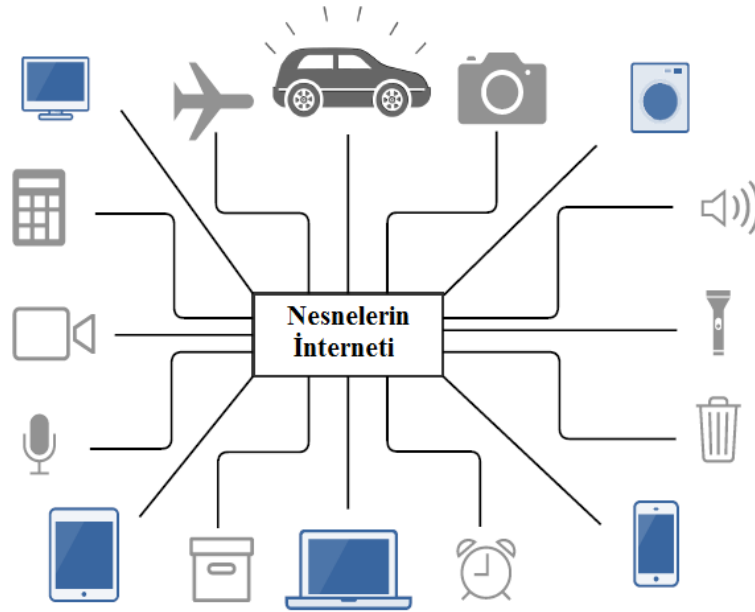
- Bilginin dijital ortama aktarılması ve dijital ortamdan bilgiye erişimin sağlanması
- Dijital ortamdaki bilgilerin çoklu kullanımının sağlanması ve e-ticaret faaliyetlerinin hayata geçirilmesi
- Sosyal medya, mobil medya ve bulut bilişim gibi etkileşimlerin dijitalleştirilmesi

- Nesnelerin dijital olarak internete bağlanması

Yukarıda ifade edildiği gibi internet ilk aşamada bilginin aktarılması ve bu bilgiye dijital ortamda ulaşılması noktasında kullanılmaktayken günümüzde söz konusu bilginin insan müdahalesi olmadan nesnelere arasında aktarılması aşamasında kullanılır hale gelmiştir.

Başlangıçta bilgisayarlar, sonrasında ise telefon ve tabletler internete bağlanabilirken artık IoT uygulamaları ile arabalar, saatler, buzdolapları, şemsiyeler, trafik lambaları ve hatta sokak lambalarına varıncaya kadar hayatın içindeki tüm nesnelerin internete bağlanabilir hale geldiği görülmektedir (Özbilgin, 2017: 5).

Şekil 2: IoT Veri Transferi



**Kaynak:** (Khalil ve Özdemir, 2018: 313)

Şekil 2 incelendiğinde elektronik olsun veya olmasın çevredeki tüm nesnelerin birer veri merkezi olarak kullanılabilirdiği söylenebilir.

BI Intelligence tarafından gerçekleştirilen çalışmaya göre 2020 yılına kadar internete bağlı IoT cihazlarının sayısı 34 milyara çıkacak ve IoT çözümlerini en fazla

işletmeler kullanacaktır; çünkü bu sayede daha düşük işletim maliyetleri ortaya çıkarken verimlilik artışı sağlanacak, ayrıca yeni pazarlara açılarak yeni ürünler geliştirilebilecektir (Maintenancenews, 2017: 10). Bir sonraki aşamayı düşündüğümüzde akıllı fabrikaların ortaya çıkması, daha az fire ortaya çıkması ve daha hızlı bir şekilde müşteri ihtiyaçlarının

karşılanması gibi hem işletme hem de tüketici açısından fayda sağlayacak sistemlerin hayata geçirilmesi kaçınılmazdır (Alçın, 2016: 26). Çünkü akıllı üretim sistemleri, üretim sürecinde ortaya çıkan sorunlar için en uygun çözüm alternatifinin belirlenmesi ve bunun hayata geçirilmesi noktasında önemli bir rol üstlenmektedir (Erturan ve Ergin, 2017: 17).

## 2.1 Literatür Taraması

Nesnelerin interneti, insan hayatını doğrudan etkileyen ve ticari olarak kullanılabilen yapısı nedeniyle oldukça dikkat çekici çalışmaların ortaya koyulmasına zemin hazırlamış olup bu kapsamda gerçekleştirilen akademik çalışmalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

Kutup (2011), nesnelerin internetinin tarihsel gelişimi, sürecin işleyişi ve ilk uygulamaları ele aldığı çalışmada IoT sistemlerinin sağlayabileceği imkanlar hakkında bilgi vermiştir.

Akkuş (2016), IoT teknolojisinin temel gereksinimlerinden biri olan güvenli veri iletişimi amacıyla WEP algoritması ile kriptolu veri haberleşmesine yönelik uygulama ortaya koymuştur.

Arslan ve Kırbuş (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, mevcut haberleşme protokollerini destekleyip farklı algılayıcılar ve eyleyicilerle birlikte kullanılabilen modüler bir kablosuz düğüm ilk örneği hayata geçirilmiş ve verilerin anlık takibi sağlanmıştır.

Gökrem ve Bozuklu (2016), IoT hakkında gerçekleştirilen önceki çalışmalar, uygulama alanları ve ülkemizdeki mevcut durum hakkında bilgi vermiştir.

Oyucu ve Polat (2016), ticari olarak uygulanmakta olan bir IoT platformunun genel yapısı, mimarisi ve hangi alanlarda kullanıldığı üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada söz konusu platformların farklı işlevsel özelliklere sahip olduklarını da ortaya koymuşlardır.

Erturan ve Ergin (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, muhasebe denetiminde nesnelerin internetinin ne

şekilde uygulanabileceği ve bu kapsamda, insandan kaynaklanan hataların ortadan kaldırılmasına yönelik olarak stok döngüsünde IoT yönteminin uygulanmasının getireceği faydalar değerlendirilmiştir.

Oral ve Çakır (2017) tarafından ortaya koyulan çalışmada “MQTT protokolü ve NodeMCU modülü kullanılarak amaca göre farklı algılayıcılar ve eyleyiciler ile birlikte kullanılabilen kablosuz IoT prototipi gerçekleştirilmiş, algılayıcıdan alınan verilerin kullanıcılar tarafından eşzamanlı takibi sağlanmıştır”.

Şener ve Elevli (2017), endüstri 4.0'a geçiş için gerekli olan koşullar üzerinde durdukları çalışmada endüstri 4.0 ile birlikte gelişen yeni iş kolları ve gerekli eğitimler hakkında değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Gabaçlı ve Uzunöz (2017), endüstri 4.0 ile birlikte üretimin her safhasında dijitalleşmenin etkileri görülmekteyken otomotiv sektörüne bu gelişmelerin ne düzeyde yansıtacağı üzerine çalışmışlardır.

Yerlikaya ve Dalkılıç (2017), IoT kapsamında nesnelerin birbiriyle iletişimine yönelik gerçekleştirdikleri uygulama çalışmasında nesnelerin haberleşmesi, kimlik doğrulaması ve güvenlik açıklarını tespit etme üzerine çalışmışlardır.

Öymen (2017), moda endüstrisi içerisinde yer bulan saat, kumaş, ayakkabı, gözlük gibi giyilebilir nesneler çerçevesinde, gelecekte ortaya koyulması planlanan giyilebilir akıllı teknolojiler hakkında bilgilendirme çalışması gerçekleştirmiştir.

Çaylı vd. (2017), düşük maliyetli, esnek ve ölçülebilir bir şekilde veri toplama ve analiz etme sistemine dayalı bir IoT uygulamasının hayata geçirilmesi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmanın sağlayabileceği faydalar üzerinde durmuşlardır.

Bulut ve Akçacı (2017), üç boyutlu yazıcılar, IoT ve artırılmış gerçeklik kapsamında gerçekleştirdikleri çalışmada,

Türkiye’de endüstri 4.0 konusunda gelinen aşamayı ortaya koymuşlardır.

Soylu (2018), endüstri 4.0 ve bu sürecin uygulanmasında önemi bir unsur olan IoT bağlamında ortaya çıkan yeni iş modellerinin hayata geçirilmesinin girişimcilere sağladığı yeni alanlar hakkında bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Çavdar ve Öztürk (2018), nesnelerin internetinin standart bir modele kavuşturulması amacıyla dönüşüm ve karar alt bölümlerini de içeren katmanlı bir model önerisinde bulunmuştur.

Köseoğlu ve Demirci (2018), “nesnelerin interneti, büyük veri, veri madenciliği, yapay zeka, bulut bilişim ve endüstri 4.0 gibi akıllı teknolojiler ile akıllı şehir uygulamaları” arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmada, akıllı şehir için öncelikle hükümet ve yerel yönetimlerin üzerine ne gibi görevler düştüğü hakkında açıklamalarda bulunmuştur.

Gündüz ve Daş (2018), IoT uygulamalarının gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları hakkında gerçekleştirdikleri çalışmada, güvenilir bir iletişim ağının sağlanması için gerekli olan güvenlik önlemleri hakkında bilgilendirmede bulunmuştur.

Çalışkan vd. (2018) tarafından, hekimlerin gözlemleyemediği anlık değişimleri takip edebilmesi nedeniyle IoT uygulaması kullanılarak geliştirilen bir prototiple yürüme analizi ve ayak tabanında yüksek basınç uygulanan noktaların belirlenmesi sağlanmıştır.

Koca (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Türkiye’de endüstri 4.0 sürecinde oluşan fırsat ve tehditler ortaya koyularak bu süreçte neler yapılması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Tekin ve Karakuş (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada spor ürünleri, akıllı stadyumlar ve skorboardlar gibi birçok spor ürünü ve spor alanında IoT, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, otonom robotlar gibi endüstri 4.0 uygulamalarının kullanılması üzerinde durulmuştur.

Bektaş ve Görmüş (2018), giyilebilir cihazlar ve IoT uygulamaları yardımıyla evde sağlık hizmeti alan bireylere ait verilerin düzenli ve anlık olarak iletilmesini sağlayan enerji verimli bir uygulama ile güç tasarrufu sağlamaya yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Sarioğlu ve Oktuğ (2018), cihazların etkin bir şekilde çalışmasını sağlayan bir yönlendirme algoritması olan RPL (IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) ile IoT uygulamasının hayata geçirilmesi üzerine çalışmışlardır.

Şekkeli ve Bakan (2018), endüstri 4.0 üzerinde IoT uygulamalarının etkisi ve lojistik 4.0 olarak adlandırılan yeni lojistik uygulamalarının özellikleri ile potansiyel etkilerinin tartışıldığı bir çalışma ortaya koymuşlardır.

Divarcı ve Urhan (2018), nesnelerin interneti sistemi içerisinde network güvenliği sağlamaya yönelik olarak güvenlik ağ geçidi tasarımı ortaya koydukları çalışmada veri güvenliği ve bütünlüğünün kontrolünü sağlamışlardır.

Yıldız (2018), endüstri 4.0’ın temel taşlarından biri olan IoT üzerine geniş açıklamalarda bulunmuş ve akıllı fabrikalar hakkında bilgi vererek genel bir değerlendirme ortaya koymuştur.

Demir ve Erman (2018), evcil hayvanların hareketlilik seviyesinin takibi ile hastalık söz konusu olduğunda bunun zamanında tespit edilebilmesi amacıyla IoT uygulamasından faydalanarak bir çalışma ortaya koymuşlardır.

Koşunalp ve Arucu (2018), akıllı ulaşım sistemleri hakkında ortaya koyulan çalışmalar çerçevesinde IoT uygulamaları ile birlikte akıllı ulaşım sistemlerinin nasıl daha etkin hale getirilebileceği üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Çakır vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, günlük yaşamda giderek yaygınlaşan giyilebilir teknolojik ürünlerin kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları ile karşılaşılan sorunlara çözüm yolları ortaya koyulmuştur.

Görmüş vd. (2018) tarafından IoT teknolojisiyle ilgili güvenlik üzerine gerçekleştirilen çalışmada, güvenli haberleşme için kullanılan mekanizmalar ve protokoller incelenip karşılaşılan zorluklar üzerinde durulmuş ve güvenlik için alınması gereken önlemlerden söz edilmiştir.

Karacı (2018a), yıkıcı olmayan öncül depremlerin, IoT sistemleri aracılığıyla önceden belirlenmesi amacıyla deprem uyarı sistemi geliştirmiş olup söz konusu sistem başarılı bir şekilde çalışmış ve daha önceden belirlenen şekilde sosyal ağ üzerinden bildirim yapmıştır.

Görçün (2018), IoT uygulamalarının robotik sistemlerle birlikte kullanımı ve bu birliktelikten lojistik ve tedarik faaliyetlerinin ne şekilde etkilendiği üzerinde durduğu çalışmada, lojistik ve robotik sistemlerin gelecekte ne gibi faydalar sağlayabileceği hakkında açıklamalarda bulunmuştur.

Karacı (2018b), hava kirliliğinin ölçülmesi üzerine gerçekleştirdiği çalışmada, yaygın kirleticilerin yoğunluğunu ölçen ve ölçüm

verilerini anlık olarak IoT platformuna gönderen bir cihaz geliştirmiştir.

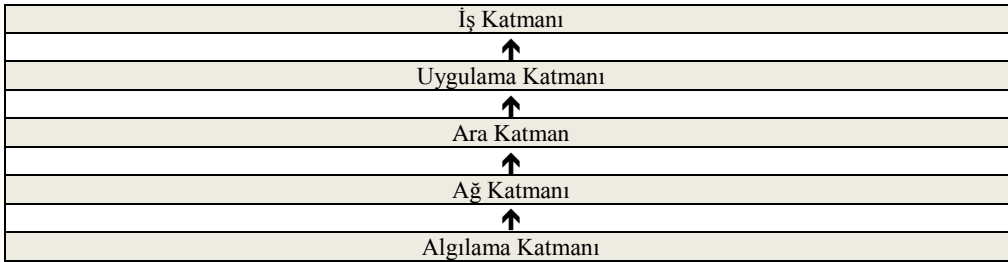
Çelik vd. (2018), servis araçlarının ve öğrencilerin hareketlerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlamak amacıyla bir sistem tasarımı ortaya koymuşlardır.

Khalil ve Özdemir (2018), IoT için gerekli bileşenler, mimari yapı, uygulama alanları, söz konusu sistemlerin zorlukları ve gelecekte kullanılacak alanlar üzerinde durdukları çalışmada, nesnelerin interneti alanında henüz adreslenmemiş açık araştırma problemlerini analiz etmişlerdir.

## 2.2. Nesnelerin İnterneti Uygulamalarında Süreç

Endüstri 4.0'ın akıllı fabrikaları, üretim sürecinde ortaya çıkan ihtiyacın sensörler aracılığıyla algılanması ve uzak bir noktada bulunan diğer üretim araçlarıyla internet kullanılarak iletişim kurulmasına imkan sağlayan bir sistemi içinde barındırmaktadır (Alçın, 2016: 20). Bu kapsamda sensörler ve diğer veri aktarım cihazlarının kullanımıyla hayata geçirilen IoT sistemi genel olarak beş katmandan oluşmaktadır ve bunlar Şekil 3'te gösterilmiştir:

Şekil 3: Nesnelerin İnterneti Süreci



**Kaynak:** (Kraijak ve Tuwanut, 2015: 2)

Şekil 3'te gösterilen algılama katmanı, sensörler gibi algılayıcılar vasıtasıyla bilgilerin toplanmasını ifade etmektedir ve elde edilen bilgilerin ağ katmanına iletilmesini sağlamaktadır. Ağ katmanı, algılama katmanında elde edilen bilgilerin bir üst katmana aktarma işlemini yerine getirmektedir. Ara katman, alt katmandan gelen bilgileri depolar. Ayrıca elde edilen bilgileri işleme, hesaplama ve sonuçlara göre karar verme yeteneğine sahiptir.

Uygulama katmanı, ara katmanda işlenmiş bilgilerin uygulanmasına yönelik yönetim işlevinden sorumludur. İş katmanı ise tüm IoT sürecini kapsayan bir yapıya sahiptir. Elde edilen bilgilere dayalı şekilde grafikler, iş modelleri, akış şemaları, yönetici raporları vb. oluşturabilir (Kraijak ve Tuwanut, 2015: 2).

Yukarıda verilen sürecin bir başka açıdan aşağıdaki gibi dört basamaklı olarak ifade edilmesi de mümkündür:

Şekil 4: Nesnelerin İnterneti Basamakları



**Kaynak:** (Şener ve Elevli, 2017: 27)

Şekil 4 incelendiğinde, nesnelerin interneti uygulamalarında sensörlerin nesnelere veya makinelere yerleştirilmesiyle başlayan sürecin sensörler aracılığıyla veri elde edilmesi, verilerin karar alma amacıyla bilgiye dönüştürülmesi, elde edilen bilgiler sonucu alınan kararın hayata geçirilmesi şeklinde basamaklardan oluştuğu görülmektedir.

### 2.3. Nesnelerin İnterneti Uygulamalarında Güvenlik

İnsanların belki de kendilerini en fazla güvende hissettiği alanlardan biri olan evleri bile, artık uzaktan müdahale imkanlarının artmasıyla birlikte eskisi kadar güvenli alanlar olmaktan uzaklaşmış görünmektedir. Çünkü evde bulunan nesnelere tek bir merkezden yönetilirse o sistemi ele geçiren biri örneğin fırın ayarına müdahale ederek yangın çıkartabilir veya alarm sistemini kapatıp kapıyı açarak hırsızlığa açık hale getirebilir. Buna benzer birçok tehdiye karşı IoT uygulamaları, güvenlik önlemlerini ön planda tutmalı ve aşağıda sıralanan yaklaşımlar ilke edinilmelidir (Gündüz ve Daş, 2018: 332):

- Tutarlı ve otomatik çalışmalı
- Güvenlik açıklarını gerçek zamanlı analiz edebilme yeteneğine sahip olmalı

- Ağdaki tüm bağlantıları detaylı bir şekilde görüntüleyebilmeli ve denetleyebilmeli
- Ağdaki büyüme durumunda ihtiyacı karşılayabilmeli
- Gerçek zamanlı tepki verebilme yeteneğine sahip olmalı
- Sadece yetkililerin kullanımına yönelik kodlama/şifreleme yapabilmeli

Yukarıda sayılan hususlar konut, işyeri ve halka açık alanlar da dâhil olmak üzere tüm IoT uygulamalarının sahip olması gereken özellikleri genel olarak göstermektedir. Bunun yanında özel risk unsurlarına çözüm getirmek amacıyla sistem güvenliğinin sağlanabilmesi için bazı güvenlik politikalarına da ihtiyaç duyulmaktadır ve bunlar aşağıda sıralanmıştır (Gündüz ve Daş, 2018: 333):

- **Uzaktan erişim politikası:** Sisteme kimin, ne zaman hangi cihazlarla ve nasıl bağlanabileceğinin belirlenmesidir.
- **Bilgi gizliliği politikası:** Hassasiyet seviyesine bağlı olarak bilgiyi korumak için hangi ölçüde güvenlik düzeyi oluşturulacağını tanımlanmasıdır.
- **Bilgisayar güvenliği politikası:** Belirli bilgisayarları kimlerin kullanabilece-



ğini, bilgisayarın güvenliği için hangi programların yüklenebileceğini ve depolama cihazlarının kullanılıp kullanılmayacağını tanımlar.

- **Fiziksel güvenlik politikası:** Fiziksel varlıkların nasıl güvenlik altına alınacağını tanımlar.
- **Parola politikası:** Bir parolanın hangi unsurlardan oluşacağı ve ne kadar süre kullanılacağı gibi kriterleri belirler.

Parola politikasıyla ilgili olarak kriptoloji önemli bir yer tutmaktadır. Bir şifre bilimi olan kriptolojinin temel amacı, verilerin güvenli bir ortamda şifrelenerek karşı tarafa iletilmesi ve alıcı tarafından verinin sağlıklı bir şekilde çözülebilmesidir. Bilgisayar, telefon, modem, ATM cihazları, otomasyon sistemleri ve daha birçok alanda kriptolojiden faydalanılmaktadır (Akkuş, 2016: 101). Tüm bu sayılanların yanında nesnelere arasında ortaya çıkan verinin her geçen saniyede artarak çoğalması, söz konusu verinin depolanması sorununu da beraberinde getirmektedir ve bunun çözümü, bulut depolama sistemleri ile sağlanabilmektedir; ancak söz konusu depolama sistemlerinin kullanılması da bir başka güvenlik sorununu beraberinde getirmektedir (Alçın, 2016: 26).

#### 2.4. Nesnelerin İnterneti Yaklaşımının Kullanım Alanları

IoT uygulamaları günlük hayatın hemen her alanında yer bulmakta ve giderek hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. Söz konusu uygulamalardan biri olan kendi kendine park eden, hatta sürücüsüz hareket edebilen taşıtların günümüzde hayata geçirilmesi, kendi kendini yöneten işletmelerin çok da uzak bir geleceği işaret etmediğini göstermektedir (Erturan ve Ergin, 2017: 19). Bu kapsamda ülkemizde Arçelik ve Vestel firmalarının hayata geçirdiği çamaşır makinelerine yerleştirilen bir tuş aracılığıyla deterjan siparişi verme sistemi, söz konusu alanın gelişmeye açık bir yönünü gözler önüne sermektedir (NTV, 2018).

IoT kavramıyla ortaya çıkan uygulamalar “bilgi ve analiz” ile “otomasyon ve kontrol” olmak üzere iki temel açıdan incelenebilir. Bilgi ve analiz, daha doğru karar vermeyi sağlayacak şekilde verilerin ilişkilendirilmesi ve analiz edilmesini ifade ederken otomasyon ve kontrol ise verilerin otomatik bir şekilde işlenmesini, karmaşık durumlara hızlı çözümler ortaya koyulmasını ve insan müdahalesi olmaksızın süreçlerin işlenmesini ifade etmektedir. Söz konusu unsurlar ve bunların hangi iş ve işlemlerden oluştuğu Tablo 1’de gösterilmiştir (Chui vd., 2010).

Tablo 1: Nesnelerin İnterneti için Temel Uygulama Unsurları

Bilgi ve Analiz	Otomasyon ve Kontrol
<p><b>1. İzleme Davranışı:</b> Ürünler sensörler entegre edildiğinde ürün hareketleri ve onlarla etkileşimleri izlenebilir. Örneğin sigorta şirketi, araçlara bu sensörlerden takılmasını teklif ederek aracın konum, hız vb. bilgilerinin elde edilmesi karşılığında farklı fiyatlandırma politikası uygulayabilir.</p>	<p><b>1. Süreç Optimizasyonu:</b> Süreçlerin daha iyi hale getirilmesi için her bir adımın titizlikle izlenmesi gerektiği durumlarda IoT önemli bir görev üstlenmektedir. Örneğin kağıt endüstrisinde sıcaklığın personel tarafından sürekli kontrol edilerek ayarlanması yerine fırın alevinin şeklini ve yoğunluğunu otomatik olarak ayarlama işlevi olan sıcaklık sensörleri kullanılarak bir üretim işletmesinde yüzde 5 üretim artışı sağlanmıştır.</p>
<p><b>2. Geliştirilmiş Durumsal Farkındalık:</b> Birçok nesneye yerleştirilen sensörlerden elde edilen verilerin, karar alıcılara gerçek zamanlı olarak iletilmesini sağlamaktadır. Örneğin nakliye firmasıyla ilgili lojistik yöneticileri, hava koşulları, trafik durumu ve araç konumuna ait verilerin anlık olarak elde edilmesi sayesinde tıkanıklık veya aksaklıkları en aza indirebilir.</p>	<p><b>2. Optimize Edilmiş Kaynak Tüketimi:</b> Ağa bağlı sensörler ve otomatik geri bildirim sistemleri, enerji ve su gibi kaynakların kullanımını daha optimum seviyede gerçekleştirmeye olanak sağlayabilir. Örneğin bir fabrikada üretimin azaldığı zamanlarda bile tam kapasitede üretim yapılmış gibi enerji kullanılmaya devam edebilmektedir ve bunun önüne geçilmesi sağlanabilir.</p>
<p><b>3. Sensör Odaklı Karar Analizi:</b> Daha uzun bir süreyi kapsayan şekilde daha karmaşık kararların alınması için gerekli yazılımlarla donatılmış sistemler kullanılabilir. Örneğin mağazalarda gezen binlerce müşterinin sensörler vasıtasıyla, bir ekran veya vitrin önünde ne kadar süre kaldıkları ve ilgili ürünü satın alıp almadıklarına ait bilgiler kaydedilebilir ve bu yolla ürünler veya reklamlara yönelik bir çalışma yapılabilir.</p>	<p><b>3. Karmaşık Otonom Sistemler:</b> IoT, öngörülemez koşulların hızlı ve gerçek zamanlı olarak algılanmasını ve otomatik sistemler ile çözüm geliştirilmesini sağlayabilir. Örneğin otomobillerde çarpışmayı engelleyici otomatik fren sistemleri, çevresel koşullarda meydana gelen ani değişimlere cevap verebilmektedir.</p>

**Kaynak:** (Chui vd., 2010)

IoT; e-sağlık, ev otomasyonu, akıllı çevre-su-tarım-hayvancılık-enerji ve şehir, güvenlik, alışveriş ve lojistik başta olmak üzere birçok alanda iyileştirmelerin yapılmasına katkı sağlamaktadır (Gökrem ve Bozuklu, 2016: 49). Örneğin akıllı şehir uygulamalarıyla ilgili çalışmaların şu şekilde sıralanması mümkündür (Gökrem ve Bozuklu, 2016: 53);

- Boş park yerlerini belirleyen sistemler
- Trafik sıkışıklığını algılayıp alternatif güzergâhlar sunan sistemler
- Hava durumuna göre kendini ayarlayan sokak ve yol aydınlatmaları
- Şehir merkezinde gürültü haritasının çıkarılması
- Baz istasyonları tarafından yayılan elektromanyetik alan seviyelerinin ölçülmesi

Bir başka açıdan bakıldığında, canlıların üzerine yerleştirilen sensörler aracılığıyla genel sağlık durumlarının takibi, acil durumlar için hızlı müdahale imkânı sağlamaktadır. Tansiyon ve kalp hastalığı gibi pek çok alanda IoT etkin şekilde kullanılabilir. Bunun yanında gıda sektöründe ürünlerin depolanması, muhafazası ve dağıtım aşamalarındaki süreçler RFID sistemleri gibi cihazlar kullanılarak kontrol edilip problemlerin daha ortaya çıkmadan önlenmesi sağlanabilir (Bozdoğan, 2015: 7-8). Bu sayılanların dışında IoT sistemlerine ait bazı uygulama alanları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Nesnelerin İnterneti için Bazı Uygulama Alanları

Ulaştırma ve Lojistik Alan Uygulamaları	Sağlık Hizmetleri	Akıllı Ortam Uygulamaları	Kişisel ve Sosyal Alan Uygulamaları
- Lojistik - Akıllı Ulaşım Sistemleri - Akıllı Otoparklar - Çevresel İzleme	- Algılama - Takip Etme - Tele-Tıp - Ortam Destekli Yaşam	- Endüstriyel Otomasyon - Akıllı Tarım - Akıllı Evler ve Binalar	- Sosyal Ağlar - Geçmişe Ait Sorgulamalar - Geliştirilmiş Oyun Odaları

**Kaynak:** (Khalil ve Özdemir, 2018: 318)

Çalışmanın başlangıç bölümünde sunulan araştırmacıların IoT uyguladıkları alanlar literatür araştırması dikkate alınarak ise Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3: IoT Uygulanan Çalışmalar

Uygulama Alanı	Yılı	Araştırmacı
Muhasebe denetiminde	2017	Erturan ve Ergin
Giyilebilir akıllı teknolojilerde	2017	Öymen
Akıllı şehir uygulamalarında	2018	Köseoğlu ve Demirci
Yürüme analizi ile sağlık kontrolünde	2018	Çalışkan vd.
Spor sahalarında	2018	Tekin ve Karakuş
Evde sağlık hizmeti alan hastalarda	2018	Bektaş ve Görmüş
Lojistik alanında	2018	Şekkeli ve Bakan
Evcil hayvanların hareketleri ile hastalık tespitinde	2018	Demir ve Erman
Akıllı ulaşım sistemlerinde	2018	Koşunalp ve Arucu
Giyilebilir teknolojik ürünlerde	2018	Çakır vd.
Deprem erken uyarı sisteminde	2018	Karacı
Hava kirliliği ölçümünde	2018	Karacı
Lojistik ve tedarik faaliyetlerinde	2018	Görçün
Servis araçları ve öğrenci hareketlerinin takibinde	2018	Çelik vd.

Tablo 3'te sıralanan çalışmalardan biri olan yürüme analizine ait oluşturulan prototip görseli aşağıda verilmiştir.

Şekil 5: Yürüme Analizi için Prototip



**Kaynak:** (Çalışkan vd., 2018: 244)

Oldukça yaygın kullanım alanları bulunan bu sistemlerin hızlı bir şekilde gelişme göstereceği ve daha fazla alanda karşımıza çıkacağını tahmin etmek hiç de zor görünmemektedir. Dolayısıyla IoT

uygulamasının henüz başında olan veya yakın gelecekte yaygınlaşması beklenen uygulamaların Tablo 4'teki gibi sıralanması mümkündür:

Tablo 4: Mevcut veya Gelecekte Yaygınlaşabilecek Nesnelerin İnterneti Uygulamaları

Uygulama Alanı	Uygulama	Açıklama
Akıllı Kentler	Akıllı Araç Otoparkı	Şehirdeki park yerlerinin izlenmesi
	Yapısal Sağlık	Bina vb. yapılardaki titreşimler ile malzeme koşullarının izlenmesi
	Trafiği Kontrol Etmek	Araç ve yaya yoğunluğuna göre rotaların optimizasyonu
	Akıllı Aydınlatma Sistemi	Hava koşullarına göre sokak lambalarının uyarlanması
	Akıllı Yollar	Hava koşulu, kaza, trafik sıkışıklığı vb. durumlara göre alternatif yollara ait uyarı mesajı gönderme
Akıllı Ortam İzleme Sistemleri	Orman Yangınları için Alarm Sistemi	Yangına hassas bölgeler için sıcaklık ve gaz seviyelerinin izlenmesi
	Deprem için Erken Alarm Sistemleri	Fay hatlarının ve titreşim bölgelerinin izlenmesi
	Hava Kirliliği	Araba, fabrika ve çiftliklerden yayılan zehirli gaz seviyelerinin izlenmesi
	Sel İzleme Sistemi	Nehir, baraj ve rezervuarlardaki su seviyesi değişimlerinin izlenmesi
Perakende Dağıtımlar	Tedarik Zinciri Kontrolü	Tedarik zinciri boyunca depolama koşulları ve ürünlerin takibi
	Akıllı Ürün Yönetimi	Otomatik depolama işlemleri için raflarda ve depolarda ürünlerin durumunun kontrolü
Akıllı Tarım	Akıllı Seralar	Ürün kalitesini ve verimliliği yükseltmek için mikro iklim koşullarının kontrolü
	Bitkisel Sağlık	Mantar vb. olumsuzlukları önlemek için toprakta ve samanda nem/sıcaklık kontrolü
Ev Otomasyonu	Enerji ve Su Kullanımı	Daha az enerji ve su kullanımının kontrolü
	Uzaktan Kumandalı Sistemler	Kazaları önlemek ve enerji tüketimini sınırlamak için uzaktan kontrol
	Akıllı Güvenlik Sistemleri	İzinsiz girişleri ve açık kapı vb. tespit etmek
E-Sağlık	Akıllı İzleme Sistemi	Yalnız yaşayan yaşlı/engelliler için tıbbi takip
	Elektronik Sağlık Kaydı	Hastanın tıbbi geçmişini kaydetme
	Tıbbi Buzdolabı	Aşı, ilaç ve organik malzemelerin depolanmasında sıcaklık kontrolü

**Kaynak:** (Khalil ve Özdemir, 2018: 322)

IoT, sadece özel sektörü ilgilendirmeyip devletin de çeşitli şekillerde üzerinde durduğu bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. 2015 yılında Resmi Gazete'de yayımlanan "2015-2018 Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı" çalışmasında IoT aşağıda belirtildiği şekilde yer almaktadır:

"2020 yılına kadar 50 milyar cihazın birbiri ile bağlantılı olacağı tahmin edilmektedir. Sensör ve gelişen çip teknolojilerinin günlük hayattaki pek çok canlı ve cansız varlığa entegre edilmesi ve bunların birbirleriyle olan iletişimi (makinalar arası iletişim - M2M) etrafımızdaki nesnelere yaşayan bir bilgi sisteminin unsuru haline getirmektedir. Nesnelerin interneti olarak

adlandırılan bu yapı bilginin analizi ve otomasyon alanlarında önemli fırsatlar sunmaktadır. Bilginin analizinde nesne veya verinin konum ve zaman bazlı takibi ve sensör tabanlı karar destek sistemleri öne çıkmaktadır. Örneğin, cep telefonu sinyali ve araçlardan alınan GPS verisiyle insan hareketliliğinin en yoğun olduğu bölgeler gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve bu verilere dayalı olarak ticari kararlar alınabilmektedir” (BTDB, 2015: 32).

IoT, kurumsal bilgi sistemlerinin uygulanmasında da önemli bir yere sahiptir. Bu sistemler, kuruma ait iş ve işlemleri birbirine entegre ederek onları sürekli olarak iyileştiren bilgi sistemleridir ve kurumsal kaynak planlaması (KKP,) tedarik zinciri yönetimi (TZY) ve müşteri ilişkileri yönetimi (MİY) olmak üzere üç çeşidi bulunmaktadır. İşletmenin finans, muhasebe, insan kaynakları, satış gibi bölümlerinin ihtiyaç duyduğu bilgilerin oluşturulması ve entegrasyonu KKP sistemleri ile sağlanabilmektedir ve bu sistemler verinin gerçek zamanlı işlenmesi, işgücünün daha az kullanılması ve daha hızlı raporlama imkânlarını sunmaktadır. TZY, tedarikçilerle daha iyi bir işbirliği ortamının kurulması, müşteri isteklerinin daha hızlı karşılanması ve daha düşük stok maliyetinin ortaya çıkmasında önemli bir yere sahiptir. MİY ise müşteri memnuniyeti ve bağlılığının oluşmasını ve sürdürülmesini sağlamaktadır (Şener vd., 2016: 243). Söz konusu sistemlerin her birinde yoğun şekilde veri transferi gerçekleşmektedir ve IoT uygulamaları da verinin toplanması, depolanması ve ilgili birimlere dağıtılmasında kullanılan sistemler olduğu için işletmelere önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

## 2.5. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT)

Günümüzde endüstriyel alanda IoT daha çok otomatik depolama ve çekme sistemleri aracılığıyla hammadde, yarımamul ve mamullerin hasar görmeden üretim hattına gönderilmesi veya depolanması; üretimde kullanılan makinelerdeki olağandışlıkların algılayıcılar aracılığıyla tespit edilerek

sorumluların bilgilendirilmesini içeren, koşullara bağlı önleyici bakım faaliyeti ve yer altı madenciliğinde ortaya çıkabilecek olumsuzlukların önlenmesi işlemlerinde etkin şekilde kullanılmaktadır (Ercan ve Kutay, 2016: 603-604). Bunun yanında stok yenileme süreçlerini otomatikleştirmek amacıyla raf ve depo kontrolünün sağlanması, saklama koşullarının izlenmesi de IoT ile daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Gökrem ve Bozuklu, 2016: 57). Bunlara ek olarak endüstriyel nesnelerin interneti (IIoT) mimarisinin üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ercan ve Kutay, 2016: 602-603):

- Algılayıcı cihazlar, maliyeti oldukça düşük bir şekilde bataryalarından enerji sağlayarak kablosuz ağlara bilgi aktarabilirler.
- Toplanan veriler; depolama, yapılandırma ve izleme işlemlerinin yanında veri çözümüleme teknikleri kullanılarak değerlendirme ve analiz edip karar verme süreçlerinde kullanılır.
- Çözümlenen veriler sonucunda elde edilen bilgiler doğru zamanda, fabrika içinde veya dışındaki doğru kişilere iletilir.
- Üretimle ilgili düzeltici çalışmalar, üretim kaybı yaşanmadan hızlı bir şekilde hayata geçirilir.

Üretim süreçlerindeki hızlı gelişme ve buna bağlı olarak işletmelerin rakipleri karşısında tutunabilme ve hayatta kalabilme gereksinimi gibi nedenlerle IIoT, günümüzde gelişmeye en açık alanlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır ve özellikle aşağıda sıralanan bazı alanlarda bu sistemlerin gelişme kaydetmesi gerekmektedir (Ercan ve Kutay, 2016: 605):

- Her bir nesneye isim/kimlik verilmesine yönelik yönetim sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.
- Her bir akıllı cihaz üreticisinin kendi teknolojisini kullanması nedeniyle farklı üreticilerin cihazları birlikte çalışmamakta ve dolayısıyla bu uyum

sorununa yönelik çözümler getirilmesi gerekmektedir.

- İnternet ortamında herhangi bir yerden gelebilecek saldırılara karşı yetkisiz kişilerin erişiminin engellenmesi ve ağ güvenliğinin sağlanması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.
- Algılayıcıların iletişimde yetersiz kalması sebebiyle dinamik bilişsel haberleşme teknikleri geliştirilmelidir.
- Kullanılan akıllı cihaz sayısındaki artış nedeniyle enerji tüketimini azaltacak şekilde verimli çalışan cihazların tasarlanması gerekmektedir.

## 2.6. Endüstride Nesnelerin İnterneti Uygulanması için Gerekli Koşullar

IoT her alanda olduğu gibi üretim işletmelerinde de kendine geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Ancak söz konusu uygulamaların hayata geçirilmesi, diğer uygulama alanlarıyla benzerlik gösterse de bazı farklı özellikleri içinde barındırması gerekebilmektedir. Bu kapsamda nesnelerin internetine yönelik endüstri uygulamaları için gerekli olan unsurlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Fantana vd., 2013: 158-160):

- **Güvenilirlik:** Güvenilir IoT cihazları ve sistemleri, endüstriyel süreçlerin sürekli olarak çalışmasına olanak sağlamalı ve faaliyetler yerinde gerçekleştirilebilmelidir.
- **Dayanıklılık:** IoT uygulama ve cihazları zorlu çalışma koşullarına dayanabilecek şekilde sağlam olmalı ve belirli çalışma ortamları için gerekli sertifikaları içermelidir.
- **Makul maliyet:** Fayda-maliyet dengesi sağlanmalıdır; çünkü maliyeti düşük ama yetersiz bir sistem, tüm kurulum üzerinde olumsuz etkiye sahip olacaktır.
- **Güvenlik ve emniyet:** Güvenlik gereksinimi, siber tehditlerle ilgilidir ve şirketin tüm güvenlik stratejisinin bir parçası haline gelmelidir.
- **Basit kullanım:** IoT uygulamaları basit, sezgiye dayalı kullanım, çevreden haberdar olma; kullanıcı, konum veya

ortam becerilerine uyum sağlama özelliklerine sahip olmalıdır.

- **İdeal ve uyarlanabilir özellikler:** Gerekli yeterliliğe sahip olmalı ve daha sonra gerekli olacak özelliklerin eklenmesine uygun olmalıdır.
- **Az bakım veya bakım gerektirmeyen bir yapı:** Bakım gerektirmeme veya çok az bakım gerektirme tüm cihazlar için beklenen bir özellik olmasına rağmen IoT sistemlerinde bu daha önemli bir hale gelmektedir.
- **Standardizasyon:** IoT cihazları ve uygulamaları, birlikte çalışabilme ve kolay veri alışverişi yapabilme gerekliliği için bazı standartlara sahip olmalıdır.
- **Uyum yetenekleri:** Bilgi teknolojisine kolay entegrasyon ve endüstriyel alanın otomasyonu, bir IoT sisteminin kullanılıp kullanılmayacağına belirleyicilerindedir.
- **Algılama ve veriye ulaşma:** IoT uygulamaları, dağılmış verileri çok daha kompleks algılama sistemleri sayesinde tekrar yönlendirecektir.
- **Destek ve servis:** IoT uygulamaları sürekli güncelleme hizmetleriyle yıllarca çalıştırılabilir.

## 2.7. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Uygulamalarının Sağladığı Faydalar ve Örnek Uygulamalar

Endüstride IoT uygulamaları birçok yönden fayda ve değer ortaya çıkarmakta olup bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır (Fantana vd., 2013: 156):

- Kimlik ve konum izlemeden gelen değer
- Zorlu endüstri ortamlarında IoT destekli güvenlikten gelen değer
- Doğru bilgi elde edilmesinden sağlanan değer
- Gelişmiş endüstriyel süreçlerden gelen değer
- Azalmış üretim kayıplarından gelen değer
- Azalmış enerji tüketiminden gelen değer

- IoT uygulamaları tarafından mümkün hale getirilen yeni tür süreçlerden gelen değer
- Yeni tür koruma ve yaşam boyu sürdürme yaklaşımlarından gelen değer
- Akıllı nesnelere tarafından mümkün kılınan değer
- Sürdürülebilirlikten gelen değer

Yukarıdakiler yanında IIoT uygulamaları, gerçek zamanlı uygulama verileri aracılığıyla tahmini bakım zamanlarının belirlenmesini sağlamakta ve makinelerin arızalanma olasılığına karşı önceden harekete geçilmesini olanaklı hale getirmektedir. Ayrıca müşteri tarafından ürünlerin nasıl kullanıldığına dair verilerin elde edilmesiyle söz konusu ürünün gelecekte daha fazla müşteri odaklı şekilde tasarlanmasına imkân sağlamaktadır (Rouse, 2018). Örneğin, üreticinin varsaydığından daha zorlu bir şekilde müşteri tarafından bir makinenin kullanılması sonucunda söz konusu makinenin kullanım süresi kısılacak, daha fazla arıza ortaya çıkacak, söz konusu arızalar garanti kapsamındaysa üreticiyi olumsuz etkileyecek, aksi durumda ise müşteri memnuniyetsizliği ortaya çıkabilecektir. Bunun önüne geçilebilmesi için söz konusu makineye IoT uygulamalarının entegre edilmesi sonucunda makinenin kullanım bilgilerinin üreticiye ulaştırılması, gerekiyorsa kullanıcının uyarılması ve makine üreticisinin daha zorlu kullanım koşullarına uygun üretim yapması gerektiği hakkında bilgi sahibi olması sağlanabilecektir.

Dünyanın önde gelen robot üreticilerinden biri, üretim tesislerinde ortaya çıkan duruş sürelerini azaltmak amacıyla, bulut tabanlı analitik çözümler aracılığıyla robotiklerinde sensörler kullanarak, robotik bir sistem veya proses ekipmanı gibi bir bileşenin ne zaman arızalanabileceğini önceden tahmin edebilmekte olup “sıfır duruş süresi sistemi” ile “yılın tedarikçisi inovasyon ödülü”nü almıştır (Qualist, 2017). Bunun yanında IIoT uygulamalarına ait bazı örnekler aşağıda sıralanmıştır (Rouse, 2018):

- Robot ve robotik firması olan ABB, parçaların arızalanmadan önce tamiratının yapılması için sensörler kullanmaktadır.
- Uçak üreticisi Airbus, sensörler yoluyla hataları azaltmaya ve işyeri güvenliğini artırmaya yönelik sistemler kullanmaktadır.
- Robot üreticisi olan Fanuc, robotlara entegre edilen sensörler aracılığıyla bakımların zamanında yapılmasını ve dolayısıyla olası arıza sürelerinin önüne geçilmesini sağlamaktadır.
- Otomotiv üreticisi Magna Steyr, araç ve araç parçalarını takip ederek gerektiğinde fazla stok yapmak için IIoT sistemlerinden faydalanmaktadır.

### 3. TAM ZAMANINDA ÜRETİM

İşletmelerin başarılı olabilmesi, üretim ve stok kontrolünün birlikte dikkate alınmasıyla daha mümkün hale gelmektedir (Acar, 2005: 108) ve bu birlikteliği sağlayan tam zamanında üretim fikri ilk olarak Japonya’da Toyota Motor firması başkanı Taiichi Ohno tarafından geliştirilmiştir. Stokların tamamıyla ortadan kaldırılmasının hedeflendiği bu sistemin sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi oldukça zor olmasına rağmen üretim sürecindeki tüm personelin yüksek düzeyde dikkatli olması, çok küçük bir sorunun bile büyümeden ortadan kaldırılmasına imkan sağlamaktadır (İpekgil ve Gökşen, 1994: 166). Dolayısıyla üretim hattında ortaya çıkabilecek herhangi bir arıza, yarı mamul stoklarının oluşmasına neden olarak sistemin akışının tıkanmasına yol açtığı için her personel, çalıştığı makineye ait küçük arızaları onarabilecek şekilde eğitilmeli ve aynı personel belirli zamanlarda makinenin bakımını yapmakla sorumlu tutulmalıdır (İpekgil ve Gökşen, 1994: 170).

Tam zamanında üretim (TZÜ), gerekli zamanda gerekli miktardaki mamulün üretilmesi için talep doğrultusunda faaliyetlerin hayata geçirildiği, ayrıca stokların azaltılarak israf alanlarının ve değer katmayan faaliyetlerin belirlenmesini

sağlayan bir maliyet yönetim tekniğidir (Altınbay, 2006: 110). Dolayısıyla TZÜ sisteminin temel amacı “sıfır stok ve sıfır israf” olarak nitelendirilebilir (Alkan, 2001: 185). Bu kapsamda TZÜ sisteminin temel amaçlarının daha geniş bir çerçevede aşağıdaki gibi sıralanması mümkündür (Zerenler ve İraz, 2006: 763):

- Hatalı mamul sayısını sıfıra indirmek
- Ön hazırlık süresini sıfıra indirmek
- Stok düzeyini sıfıra indirmek
- Taşıma süresini sıfıra indirmek
- Tezgâh arızasından kaynaklanabilecek aksaklıkları önlemek

Yukarıda sayılan unsurların her biri, TZÜ sisteminin etkin ve amaçlarına uygun bir şekilde uygulanabilmesi için gerekli koşulları ve aynı zamanda ulaşılması gereken amaçları ifade etmektedir. Dolayısıyla bu unsurlardan hiçbirinin göz ardı edilmeksizin sistem içerisinde özenli bir şekilde dikkate alınması gerekmektedir.

### 3.1. Tam Zamanında Üretim Sisteminde Tedarikçinin Önemi

TZÜ sistemi öncelikle stoksuz çalışmayı esas aldığı için tedarikçiler oldukça önemli bir yer tutmaktadır ve tedarikçiyle ilgili olarak dikkat edilmesi gereken bazı hususlar aşağıda sıralanmıştır (Güner ve Karaca, 2004: 445):

- Az sayıda tedarikçi ile sürekli çalışılmalıdır.
- Tedarikçiyle uzun vadeli sözleşme yapılmalıdır.
- Uzaktaki tedarikçilerin bir araya getirilmesi sağlanmalıdır.
- Alıcı firma, tedarikçinin işini elinden almaya (kendisi yapmaya) çalışmamalıdır.
- Üretim miktarı istikrarlı olmalıdır.
- Sevkiyat küçük miktarlarda sıklıkla yapılmalıdır.
- Alıcı firmanın kalite kontrol ekibi ile tedarikçi arasında sıkı bir ilişki olmalıdır.

TZÜ sisteminde tedarik faaliyetinin dalgalanma göstermemesi önem arz etmektedir. Çünkü tedarikçiler, kapasitelerini talebe göre ayarlayacak, normalden daha az talep ortaya çıkması durumunda atıl kapasite sorunu yaşayacak ve sonuçta bunun maliyeti de TZÜ yapan firmanın girdi maliyetlerine yansıtacaktır (Basık, 2012: 357).

### 3.2. Tam Zamanında Üretim Sisteminin Maliyetler Üzerindeki Etkisi ve Geleneksel Yöntem ile Karşılaştırılması

Üretim işletmelerinde tam zamanında üretim sisteminin uygulanması, özellikle stok hareketlerinin azalması başta olmak üzere kalite kontrol ve depolama gibi birçok alanda maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır. Bu kapsamda sistemin maliyetlere etkisi aşağıda maddeler halinde incelenmiştir (Acar, 2005: 112-114):

- **Direkt İlk Madde ve Malzeme Giderleri:** Sistemli bir satın alma politikasının uygulanması nedeniyle istenilen miktar ve kalitede ilk madde ve malzemenin uzun süreli anlaşmalı tedarikçilerden temin edilmesi, satın alma maliyetlerini azaltacaktır.
- **Direkt İşçilik Giderleri:** Üretim sürecinin üretim, kontrol, hareket, bekleme ve depolama zamanlarından oluştuğu dikkate alındığında mamule değer katan zaman dilimi sadece üretim zamanıdır. Dolayısıyla diğerlerinden sağlanan tasarruf, işçilik maliyetlerini de düşürecektir. Ayrıca işçilerin birden fazla işi yapabilir özellikte olması da söz konusu maliyetleri önemli ölçüde azaltacaktır.
- **Genel Üretim Giderleri:** Otomasyona dayalı sistemler sonucunda genel üretim giderlerinin payı önemli bir yer kaplamaktadır; ancak TZÜ sistemi bakım-onarım, enerji ve makine amortismanı gibi birçok endirekt maliyeti direkt maliyet olarak dikkate almaktadır.

TZÜ sisteminin yukarıda belirtildiği gibi endirekt üretim maliyetlerini ele alış biçimi farklılık göstermekte olup direkt işçilik ve



genel üretim giderleri birlikte değerlendirilmekte ve şekillendirme maliyeti olarak sınıflandırmaktadır (Hacırüstemoğlu ve Şakrak, 2002: 79). Ayrıca üretim süreçlerinin her birinin küçük birer fabrika gibi oluşturulduğu hücre tipi üretimin benimsendiği TZÜ sisteminin (Basık, 2012: 355) geleneksel üretim sistemlerinden farkları ise aşağıda sıralanmıştır (Acar, 2005: 114):

- İtme sistemi yerine çekme sistemi kullanılmaktadır.
- Yığın üretim yerine talebe göre üretim yapılmaktadır.
- İmalatta durma ve yeniden başlama sürelerinin en aza indirilmesi sağlanmaktadır.
- Bir veya iki maliyet havuzu yerine gerektiği kadar maliyet havuzu ile genel üretim giderlerinin dağıtılması sağlanmaktadır.
- Çok yönlü tecrübeli işçiler çalıştırılmaktadır.
- Normal atıklar olmadan sadece anormal atıklar bulunmaktadır.
- Kalite kontrol, üretim bittikten sonra değil sürekli olarak yapılmaktadır.
- Kabul edilebilir kalite düzeyi değil toplam kalite kontrolü sağlanmaktadır.
- Yardımcı hizmet gider yeri, merkezi olmayan bir yapıdadır.
- Az sayıda tedarikçi ile çalışılmaktadır.
- Maliyet muhasebesi basit bir yapıya sahiptir.

#### **4. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ**

Günlük hayatın bir parçası haline gelen IoT uygulamalarının TZÜ sistemi içerisinde nasıl bir konuma sahip olduğu ve bu

sisteme ne gibi katkılar sağlayabileceğinin belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Gerçekleştirilen literatür çalışması sonucunda TZÜ sistemi ile nesnelerin interneti uygulamalarının bir arada ele alındığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamış olması, bu çalışmayı önemli kılmaktadır.

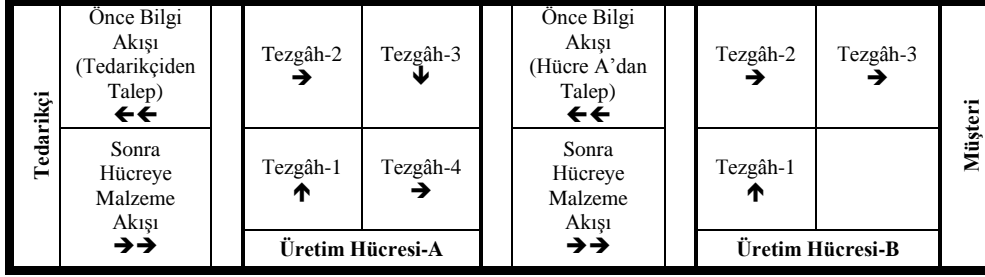
Bu kapsamda öncelikle TZÜ sistemindeki işleyiş hakkında bilgi verilmiş, sonrasında ise IoT uygulamasının TZÜ sistemine nasıl uyarlanabileceği ve hangi faydaları sağlayacağı üzerinde durulmuştur.

#### **4.1. Tam Zamanında Üretim Sistemin İşleyişi**

TZÜ sisteminde üretim yapılabilmesinin ideal koşulu, “imalatın bekleme ve yığılma olmaksızın su gibi akıp gitmesidir” ve söz konusu akışın sağlanması için ürün odaklı bir organizasyon yapısının hâkim olduğu U tipi yerleşim, tek parça akış tipi üretim ve istasyonların yakın olarak konumlandırılması gerekmektedir. Ayrıca ihtiyaca göre malzeme akışını sağlayan çekme sistemi, çok yönlü yeteneğe sahip personel ve karma ürün bazında dengeli üretim de sistemin temel gereksinimlerindedir (Torkul ve Kurt, 2001: 21).

TZÜ sistemi içerisinde önemli bir rolü bulunan kanbanlar, iş istasyonları arasındaki malzeme akışının denetimini sağlamaktadır. Kanban, malzeme istek fişi olarak nitelendirilebilir ve bu istek fişleri aracılığıyla üretim süreci “itme” esasına göre değil, “çekme” esasına göre işlemektedir. Dolayısıyla ihtiyaç duyulan malzeme, istek fişleriyle çekilmekte, yani talep edilmektedir (Özkan ve Esmeray, 2002: 130-131). Söz konusu işleyiş aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

Şekil 6: TZÜ Sisteminin İşleyişi



Şekil 6 incelendiğinde müşterinin talebi doğrultusunda üretim sürecinin başladığı görülmektedir. Sonrasında ilk üretim hücresi olan Üretim Hücresi-A'da kullanılmak üzere tedarikçiden malzeme talep edilmekte, bu talep sonucunda tedarikçiden temin edilen malzeme ilk hücredeki tezgâhlarda işlenmektedir. Ancak Üretim Hücresi-A'da yarı mamul stoku oluşmaması için sonraki aşamalarda öncelikle Üretim Hücresi-B tarafından yarı mamul talebinin ortaya çıkması beklenmeli, daha sonra üretim yapılmalıdır.

#### 4.2. Nesnelerin İnterneti ve Tam Zamanında Üretim İlişkisi

IoT, birbirine çeşitli elektronik iletişim cihazları entegre edilmiş nesnelerin çeşitli ağlar ile veri alış-verişinde bulunması ve bunun sonucunda daha önceden belirlenen amaçlara uygun şekilde bu verilerin kullanılmasını sağlayan sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsanların hayatını kolaylaştırmak ve işletmelerin daha verimli ve kârlı çalışmasını sağlamak gibi temel amaçları bulunan IoT uygulamaları, TZÜ sistemlerinin uygulandığı işletmelere, amaçlarına uygun hareket imkanı sunacaktır.

TZÜ sistemlerinde üretim için gerekli olan malzemenin tedarikçiden talep edilmesi veya bir sonraki üretim bölümü tarafından yarı mamulün, bir önceki bölümden talep edilmesi kanbanlar aracılığıyla yapılmakta ve bu işleyiş her ne kadar aksamadan yürütülse de zamanlama açısından bazı gecikmelere sebep olabilecektir ve bunun önüne geçilmesi için IoT sistemlerinden faydalanılabilir. Örneğin hücresel üretimin

gerçekleştirildiği bir TZÜ işletmesinde, sonraki hücrenin ihtiyacı olan yarı mamul, üretim belirli bir seviyeye ulaştığı zaman sensörler aracılığıyla tespit edilip, insan unsuru kısmen devre dışı bırakılarak doğrudan bir önceki hücreden talep edildiğinde insan kaynaklı gecikmelerin önüne geçilmiş olacaktır. Aynı şekilde, üretimin belirli aşamalarında gerekli olan malzemenin tedarikçiden temin edilmesi için IoT uygulamalarının kullanılması ve aynı şekilde tedarikçinin de bu sistemi kullanıyor olması durumunda sistemin otomatikleşmesi ve herhangi bir gecikme veya aksama ortaya çıkmadan sürecin işlemeye devam etmesi sağlanacaktır.

Bir başka açıdan bakıldığında, TZÜ sistemlerinde çalışanlar aynı zamanda kullandıkları makinelerin bakımını yapabilmekte, küçük arızalara anında müdahale edebilmektedir. Dolayısıyla nesnelerin interneti uygulamalarının temel kullanım alanlarından birinin, arıza henüz ortaya çıkmadan bakım zamanlarının belirlenip ilgili kişiye iletilmesi olduğu düşünüldüğünde iki sistemin birlikte kullanımının sağlayacağı fayda oldukça üst düzeyde olacaktır. Çünkü bu noktada her iki sistemin amacı ortaktır ve aksaklığa meydan vermeksizin üretimde devamlılığın sağlanmasıdır.

TZÜ sisteminde ön hazırlık işleminin ortadan kaldırılması, esasında belirli bir standardizasyon sağlanmasını gerektirmektedir ve bu standartlaşma, hücrelerde gerçekleştirilen üretim işlemlerinin devamlılık arz etmesi ve herhangi bir değişiklik olması gerektiğinde ise bunun basit ve hızlı bir şekilde hayata

geçirilmesi anlamına gelmektedir. IoT sistemleri ise nesnelere elde ettiği veriler sayesinde çok sayıda değişkenin değerlendirilmesine imkan sağlamakta ve üretim hücresi içinde veya süreç içerisinde herhangi bir değişiklik olması gerektiğinde bunun için en uygun ortamın oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

TZÜ sistemlerinde çalışanlar çok önemli bir konumda yer almakta ve sürecin aksamadan

işlemesi için kilit bir rol üstlenmektedirler. Bu nedenle çalışanların üretim performansı ve arızalara müdahalede başarı düzeyleri gibi unsurların sürekli olarak takip edilebilmesi IoT sistemleri aracılığıyla kolaylıkla sağlanabilecektir.

Yukarıda detaylı şekilde anlatılan IoT uygulamalarının TZÜ sistemine sağladığı faydalar Tablo 5’te bir arada sunulmuştur.

Tablo 5: IoT Uygulamalarının TZÜ Sistemine Sağladığı Faydalar

İşlem	TZÜ Sistemi	IoT Sistemi	Amaç
Malzeme Tedariki	Kanban kullanma	Sensör ile algılama	Aksamaların önüne geçme
Makine Bakımı	Çalışanlar makine bakımından sorumludur	En uygun makine bakım zamanlarının bildirilmesini sağlar	Daha etkin makine bakımı sonucu üretimde devamlılık sağlama
Standartlaşma	Ön hazırlık süresini ortadan kaldırmak için standartlaşma gerekir	Standartlaşma için en uygun seçeneğin belirlenmesini sağlar	En uygun standartların belirlenmesini ve uygulanmasını sağlama
Çalışanların Performansı	Her aşamada çalışanların yüksek performansı gereklidir	Arızalara müdahale ve üretim performansı ölçümünü sağlar	Personelin en yüksek performansla çalışmasını sağlama

## 5. SONUÇ

Üretim teknolojisindeki gelişmenin yanında iletişim teknolojisinin geldiği günümüz koşulları, hayatın her alanında ortaya çıkan verinin çok hızlı ve yoğun bir şekilde aktarılmasını ve bu verilerin bilgiye dönüşerek kullanılabilir hale gelmesini sağlamaktadır. Cep telefonlarının kullanılması sonucunda insanların hemen her mekânda birbiriyle iletişim kurması, bilgi alış-verişinde bulunması mümkün hale gelmiştir; ancak sadece insanların iletişimi, birçok verinin gözden kaçmasına ve kullanılamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle ortaya çıkabilecek her türlü verinin kullanılabilir hale gelmesi için, insandan bağımsız şekilde nesnelerin kullanılması gerekliliği, IoT sistemleri aracılığıyla sağlanmaktadır.

IoT sistemleri konut, park ve işyerleri gibi hayatın her alanında kullanılabilen olup bu çalışmada, sözü edilen sistemlerin TZÜ sistemi uygulanan işletmeler üzerindeki etkisi üzerinde durulmuştur. Stoksuz çalışmayı ilke edinen ve bunun sonucunda

israfın ortadan kaldırılmasını amaçlayan TZÜ sistemleri, tedarikçilerden sağlanan malzeme teslimi yanında, işletme içindeki malzeme ve yarımamul akışının tam zamanında gerçekleşmesini ve müşteriye de yine tam zamanında mamul teslimini gerektirmektedir. Tüm bunların tam zamanında gerçekleşmesi, stok oluşmasını engellemektedirken bununla ilgili maliyetleri de ortadan kaldırmaktadır. Malzeme tedariki, makine bakımı, standartlaşma ve çalışanların performansı başta olmak üzere tüm bu sürecin aksamadan en verimli şekilde işleyebilmesi ise IoT sistemlerinin kullanılmasıyla daha olanaklı hale gelmektedir.

Bu çalışmada TZÜ sistemi ile IoT sistemlerinin birlikte uygulanması durumunda ortaya çıkacak faydalar üzerinde durulmuş olup bundan sonraki çalışmalarda diğer üretim sistemleri ile IoT uygulamalarının birlikteliğinin ele alınması, işletmeler üzerinde endüstri 4.0 kapsamındaki gelişmelerin olumlu yansımaları açısından katkı sağlayacaktır.

**KAYNAKÇA**

1. ACAR, D. (2005). Küresel Rekabette Maliyet Yönetimi ve Yaklaşımları: Tekstil Sektörü ile İlgili Bir Araştırma, Asil Yayın Dağıtım, 1. Baskı, Ankara.
2. AKKUŞ, S. (2016). “Nesnelerin İnterneti Teknolojisinde Güvenli Veri İletişimi- Programlanabilir Fiziksel Platformlar Arasında WEP Algoritması ile Kriptolu Veri Haberleşmesi Uygulaması”, Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 28(3): 100-111.
3. ALÇIN, S. (2016). “Üretim için Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0”, Journal of Life Economics, 3(2): 19-30.
4. ALKAN, H. (2001). “İşletme Başarısında Maliyet Yönetiminin Rolü ve Maliyet Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar, (Ormancılık Açısından Bir Değerlendirme)”, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(2): 177-192.
5. ALTINBAY, A. (2006). “Kaizen Maliyetleme Sistemi: Dinamik Bir maliyet Yönetimi Sistemi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi, 8(1): 103-121.
6. ARSLAN, K. ve KIRBAŞ, İ. (2016). “Nesnelerin İnterneti Uygulamaları İçin Algılayıcı/Eyleyici Kablosuz Düğüm İlkörneği Geliştirme”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 35-43.
7. BASIK, F.O. (2012). Rekabet Stratejisinde Maliyet Yönetimi, Türkmen Kitabevi, İstanbul.
8. BEKTAŞ, M. ve GÖRMÜŞ, S. (2018). “Evde Sağlık Uygulamaları için Enerji Verimli Nesnelerin İnterneti Protokolü”, 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2-5 Mayıs, İzmir.
9. BOZDOĞAN, Z. (2015). Nesnelerin İnterneti için Mimari Tasarımı, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
10. BTDB, 2015, 2015-2018 Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı, Kalkınma Bakanlığı, Bilgi Toplumu Dairesi Başkanlığı.
11. BULUT, E. ve AKÇACI, T. (2017). “Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi”, ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi, 4(7): 50-72.
12. CHUİ, M., LÖFFLER, M. ve ROBERTS, R. (2010). The Internet of Things, McKinsey Quarterly, <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/the-internet-of-things>, 23.05.2018.
13. ÇAKIR, F.S., AYTEKİN, A. ve TUMİNÇİN, F. (2018). “Nesnelerin İnterneti ve Giyilebilir Teknolojiler”, Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi, 4(5): 84-95.
14. ÇALIŞKAN, M., TUMER, A.E. ve ŞENGÜL, S.B. (2018). “Development of a Prototype Using the Internet of Things for Kinetic Gait Analysis”, International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 6(3): 242-247.
15. ÇAVDAR, T. ve ÖZTÜRK, E. (2018). “Nesnelerin İnterneti için Yeni Bir Mimari Tasarımı”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (1): 39-48.
16. ÇAYLI, A., AKYÜZ, A., BAYTORUN, A.N., BOYACI, S., ÜSTÜN, S. ve KOZAK, F.B. (2017). “Sera Çevre Koşullarının Nesnelerin İnterneti Tabanlı İzleme ve Analiz Sistemi ile Denetlenmesi”, Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(11): 1279-1289.
17. ÇELİK, B., KÜÇÜK, K. ve BAYILMIŞ, C. (2018). “Nesnelerin İnterneti Teknolojileri ile Gerçek Zamanlı Okul Servisi ve Öğrenci Takip Sistemi Tasarımı”, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(4): 1211-1223.

18. DEMİR, G. ve ERMAN, A.T. (2018). “Evcil Hayvanlar için Eylem Tanıma ve İzleme Sistemi”, 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2-5 Mayıs, İzmir.
19. DİVARCI, S. ve URHAN, O. (2018). “IoT Sistemlerde Ağ Katmanı Güvenliği İçin Güvenli Ağ Geçidi”, 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2-5 Mayıs, İzmir.
20. DOĞAN, K. ve ARSLANTEKİN, S. (2016). “Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum”, DTCF Dergisi, 56(1): 15-36.
21. EBSO (2015). Sanayi 4.0, Ege Bölgesi Sanayi Odası, Araştırma Müdürlüğü.
22. ERCAN, T. ve KUTAY, M. (2016). “Endüstride Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3): 599-607.
23. ERDEM, Ö. (2015). HoneyThing: Nesnelerin İnterneti için Tuzak Sistem, İstanbul Şehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
24. ERTURAN, İ.E. ve ERGİN, E. (2017). “Muhasebe Denetiminde Nesnelerin İnterneti; Stok Döngüsü”, Muhasebe ve Finansman Dergisi, Temmuz, (75): 13-30.
25. FANTANA, N.L., RIEDEL, T., SCHLICK, J., FERBER, S., HUPP, J., MILES, S., MICHAHELLES, F. ve SVENSSON, S. (2013). “IoT Applications – Value Creation for Industry”, 153–206, (Ed.) Vermesan, O. ve Friess, P. Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems, River Publishers, Aalborg.
26. GABAÇLI, N. ve UZUNÖZ, M. (2017). “IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü”, 3. International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS), 09-11 November, 149-174.
27. GÖKREM, L. ve BOZUKLU, M. (2016). “Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum”, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, (13): 47-68.
28. GÖRÇÜN, Ö.F. (2018). “Lojistikte Teknoloji Kullanımı ve Robotik Sistemler”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(24): 351-368.
29. GÖRMÜŞ, S., AYDIN, H. ve ULUTAŞ, G. (2018). “Nesnelerin İnterneti Teknolojisi için Güvenlik: Var Olan Mekanizmalar, Protokoller ve Yaşanılan Zorlukların Araştırılması”, Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Kabul Edilmiş ve Derginin İnternet Sayfasında Kullanıma Sunulmuş; Ancak Henüz Yayınlanmamıştır.
30. GÜNDÜZ K.A. ve AKYÜZ, E.T. (2017). “Nesnelerin İnterneti ve Hayvancılık Alanındaki Uygulamalar”, Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi, (14): 232-246.
31. GÜNDÜZ, M.Z. ve DAŞ, R. (2018). “Nesnelerin İnterneti: Gelişimi, Bileşenleri ve Uygulama Alanları”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(2), 327-335.
32. GÜNER, E. ve KARACA, M.E. (2004). “Tam Zamanında Üretim Sisteminde Tedarikçi İlişkileri ve En İyi Parti Büyüklüğü Üzerine Bir Uygulama”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(4): 443-454.
33. HACİRÜSTEMOĞLU, R. ve ŞAKRAK, M. (2002). Maliyet Muhasebesinde Güncel Yaklaşımlar, Türkmen Kitabevi, İstanbul.
34. İPEKGİL, Ö. ve GÖKŞEN, Y. (1994). “Tam Zamanında Üretim Felsefesinde Grup Teknolojisinin Yeri ve Önemi”, DEÜ İİBF Dergisi, 9(2): 165-182.

35. KARACI, A. (2018a). "IoT-Based Earthquake Warning System Development And Evaluation, Mugla Journal of Science and Technology, 4(2): 156-161.
36. KARACI, A. (2018b). "Akıllı Şehir Hava Takip Sistemi ve Astım Hastaları İçin Pm2.5 Konsantrasyonu Ölçüm Aracının Geliştirilmesi", Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(3): 418-425.
37. KHALIL, E.A. ve ÖZDEMİR, S. (2018). "Nesnelerin İnternetine Genel Bir Bakış: Kavram, Özellikler, Zorluklar ve Fırsatlar", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24 (2): 311-326.
38. KOCA, K.C. (2018). "Sanayi 4.0: Türkiye Açısından Fırsatlar ve Tehditler", Sosyoekonomi Dergisi, 26(36): 245-252.
39. KOŞUNALP, S. ve ARUCU, M. (2018). "Nesnelerin İnterneti ve Akıllı Ulaşım", Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 1(1): 1-7.
40. KÖSEOĞLU, Ö. ve DEMİRCİ, Y. (2018). "Akıllı Şehirler ve Yerel Sorunların Çözümünde Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı", International Journal of Political Studies, August 2018, 4(2):40-57.
41. KRAJAK, S. ve TUWANUT, P. (2015). "A Survey on IOT Architectures, Protocols, Applications, Security, Privacy, Real-World Implementation and Future Trends", Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM 2015), 11th International Conference: 1-6.
42. KUTUP, N. (2011). "Nesnelerin İnterneti; 4H, Her Yerden, Herkesle, Her Zaman, Her Nesne ile Bağlantı", XVI. Türkiye'de İnternet Konferansı, İzmir, 30 Kasım-2 Aralık. <http://inet-tr.org.tr/inetconf16/bildiri/27.pdf>,
43. MAİNTENANCENEWS (2017). Endüstriyel Sürdürülebilirlik ve Bakım Teknolojileri Gazetesi Maintenance News, 1(2).
44. NTV (2018). "Vestel ve Arçelik'ten IoT (Nesnelerin İnterneti) Hamlesi", [https://www.ntv.com.tr/teknoloji/vestel-ve-arcelikteniot-nesnelerin-interneti-hamlesi,ZYhWjj-zfEKtTFNwRf\\_KAw](https://www.ntv.com.tr/teknoloji/vestel-ve-arcelikteniot-nesnelerin-interneti-hamlesi,ZYhWjj-zfEKtTFNwRf_KAw), 10.01.2018.
45. ORAL, O. ve ÇAKIR, M. (2017). "Nesnelerin İnterneti Kavramı ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması", Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 172-177.
46. OYUCU, S. ve POLAT, H. (2016). "M2M ve IoT Platformları Üzerinde Prototip Uygulama Geliştirme", Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, 9(2): 11-20.
47. ÖYMEN, G. (2017). "Giyilebilir Teknolojilerin Moda Endüstrisi Üzerindeki Etkileri", 1. Uluslararası İletişimde Yeni Yönelimler Konferansı, İstanbul, 131-138.
48. ÖZBİLGİN, İ.G. (2017). Ulusal Nesnelerin İnterneti Stratejisi Önerisi, 4. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı "Endüstri 4.0", 17-20 Ekim 2017 İstanbul Üniversitesi, İstanbul. [http://www.kbd.org.tr/s/2389/i/Ulusal\\_NesNet\\_Strateji\\_O%CC%88nerisi\\_Sunulmus%CC%A7\\_Bildiri.pdf](http://www.kbd.org.tr/s/2389/i/Ulusal_NesNet_Strateji_O%CC%88nerisi_Sunulmus%CC%A7_Bildiri.pdf), 27.04.2018.
49. ÖZKAN, A. ve ESMERAY, M. (2002). "Bir Maliyet Kontrol Sistemi Olarak JIT Üretim Sistemi ve Muhasebe Uygulamaları", C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 3(1): 129-146.
50. QUALIST (2017). <https://www.qualist.com/en/Knowledge-Hub/iot-ve-iiot-nedir>, 25.07.2018.
51. ROUSE, M. (2018). Industrial Internet of Things (IIoT), <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT>, 24.07.2018.

52. SARIOĞLU, M. ve OKTUĞ, S.M. (2018). “RPL Ağları için Hibrit bir Çalışma Kipi”, 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2-5 Mayıs, İzmir.
53. SOYLU, A. (2018). “Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar”, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (32): 43-57.
54. ŞEKKELİ, Z.H. ve BAKAN, İ. (2018). Endüstri 4.0’ın Etkisiyle Lojistik 4.0, Journal of Life Economics, 5(2): 17-36.
55. ŞENER, S. ve ELEVLİ, B. (2017). “Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim”, Mühendis Beyinler Dergisi, 1(2): 25-37.
56. ŞENER, U., GÖKALP, E. ve EREN, P.E. (2016). “Bulut Tabanlı Kurumsal Bilgi Sistemlerinin Benimsenmesini Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi”, Smart Technology & Smart Management (Akıllı Teknoloji & Akıllı Yönetim), Havelsan, İzmir.
57. TEKİN, Z. ve KARAKUŞ, K. (2018). “Gelenekselden Akıllı Üretime Spor Endüstrisi 4.0”, İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 7(3): 2103-2117.
58. TORKUL, O. ve KURT, E. (2001). “Tam Zamanında İmalat Ortamında Sıralama Kurallarının Karşılaştırılması için Bir Benzetim Modeli”, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1): 21-27.
59. TÜSİAD (2016). Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0, Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi, Mart, 2016.
60. YERLİKAYA, Ö. ve DALKILIÇ, G. (2017). “Mesaj Kuyruk Telemetri Taşıma Protokol Güvenliği”, 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 15-18 Mayıs. Antalya.
61. YILDIZ, A. (2018). “Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2): 546-556.
62. ZERENLER, M. ve İRAZ, R. (2006). “Japon Yönetim Anlayışı ve Şirket Ağları (Keiretsu) Analizi”, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (16): 757-776.