



# Journal of Turkish Operations Management

## Nesnelerin interneti, uygulama alanları ve iş sağlığı ve güvenliği ile etkileşimi

Merve Erol<sup>1\*</sup>, Ergün Eraslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

e-mail: merveerol@aybu.edu.tr ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-9261-8611>

<sup>2</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

e-mail: erguneraskan@gmail.com ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-5667-0391>

\*Sorumlu Yazar

### Makale Bilgisi

### Özet

#### Makale Geçmişi:

Geliş: 01.03.2023  
Revize: 24.09.2023  
Kabul: 05.12.2023

#### Anahtar Kelimeler:

İş Sağlığı ve Güvenliği,  
Nesnelerin İnterneti,  
Endüstri 4.0,  
Dijital Dönüşüm.

Nesnelerin interneti (Nİ); birbiri ile ilişkisi olan bilgisayarlar, dijital aygıtlar, mekanik nesnelere ya da benzersiz tanımlayıcılarla sağlanan, insana gerek duymadan ağ üzerinden veri aktarımı yapabilen sistemlerin tamamını açıklamak amacıyla kullanılan bir endüstri 4.0 teknoloji bileşenidir. Her gün artan bir biçimde, farklı endüstrilerde bulunan firma ve tedarik zinciri; daha verimli çalışabilmek, müşterilerine daha iyi bir hizmet sunabilmek, iş sonuçlarını geliştirebilmek, ve karar verme sürecini iyileştirmek için Nİ teknolojilerinden yararlanmaktadır. Buna ek olarak Nİ'nin, üretim ve hizmet organizasyonlarının iş sağlığı ve güvenliği sistem performanslarının iyileştirilmesinde kullanıldığına ilişkin çok sayıda araştırma yayımlanmıştır. Nİ'nin iş sağlığı ve güvenliği alanında kullanımı konusunda yayımlanan çalışmalar, Nİ'nin iş sağlığı ve güvenliği alanının belli sorunlarına nasıl cevap verdiğine ilişkin olarak hazırlanmış ve önerilen teknoloji mimarileri tartışılmıştır. Bu makalede ise Nİ teknolojisi tartışılarak Nİ'nin iş sağlığı ve güvenliği alanında kullanılabilir potansiyeli örnek araştırmalar incelenerek ortaya konulacak ve gelecek araştırma fırsatlarının neler olabileceği incelenecektir.

### Article Info

### Abstract

#### Article History:

Received: 01.03.2023  
Revised: 24.09.2023  
Accepted: 05.12.2023

#### Keywords:

Occupational health and Safety,  
Internet of Things,  
Industry 4.0,  
Digital Transformation.

Internet of Things (IoT); It is an industry 4.0 technology component used to describe all systems that can transfer data over the network without the need for humans, provided by computers, digital devices, mechanical objects or unique identifiers that are related to each other. Increasingly, companies in different industries and their supply chain; It uses IoT technology to work more efficiently, provide a better service to its customers, improve business results, and improve decision-making. In addition, numerous studies have been published on the use of IoT to improve the occupational health and safety system performance of manufacturing and service organizations. Published studies on the use of IoT in the field of occupational health and safety have been prepared on how IoT responds to certain problems in the field of occupational health and safety, and the proposed technology architectures are discussed. In this article, IoT technology will be discussed, and the potential of IoT to be used in the field of occupational health and safety will be revealed by examining sample studies and what future research opportunities may be.

## 1.Giriş

Teknoloji, Endüstri 4.0'ün bileşenlerinden biri olan Nesnelerin İnterneti (Nİ) aracılığıyla yeni bir döneme evrilmiş böylelikle farklı araçlar arasında işbirliği ve iletişim kurmayı mümkün kılan sistemlerin alt yapısı oluşturulmaya başlanmıştır. Bir başka deyişle, nesnelerin interneti sistemlerinin temel amacının, insan müdahalesi olmadan icra edilebilecek bilgi toplamaya ilişkin yetenekleri genişletmek olduğu ifade edilebilir (Niewolny, 2013). Nesnelerin İnterneti kavramının ilk kez 1999 yılında Kevin Ashton tarafından tedarik zincirinde radyo frekansı tanımlama (RFID) teknolojisine bağlı nesnelere ilişkin küresel ağları ifade ederken kullanıldığı bilinmektedir (Ashton, 2009). Kavramın ilk defa dile getirildiği yıllardan günümüze kadar teknolojik ilerleme süreci giderek hızlanmış, nesnelerin interneti uygulama alanları ise bu gelişmelere koşut olarak genişlemesini sürdürmüştür. Örneğin, nesnelerin internetinin gerçek zamanlı veri elde etme özelliğinden yararlanarak, bir süredir tüm dünyayı sarsan COVID-19 pandemisi kaynaklı hastaların sağlık verilerini farklı veri tabanlarından elde etmek ve sanal yönetim sistemlerini kullanarak çözümler üretmek mümkündür (Stoessl ve diğ., 2020 ; Gupta, 2020 ; Javaid, 2020).

Nİ kavramının gelişimi; kablosuz teknolojilerin büyük ölçekli yayılımı, makineler arası etkileşim, bulut bilişim ve ileri ağ protokollerinin kullanım yaygınlığı ile yakından ilişkilidir. Diğer bir deyişle; nesnelerin interneti uygulamalarının dünyada yüksek oranda yayılımı, iletişim ağı çeşitliliğinin mümkün kıldığı, farklı yerlerde ve farklı zamanlarda, herhangi bir “şeyi/nesneyi” ya da insanı bir araya getirme özelliğine sahip olması ile söz konusu olmaktadır. Resmi belgelerde kendisine yer bulan “şey”; genellikle devre, nesne, cihaz ve aygıt gibi terimler yerine kullanılmakta ve günümüzde internete bağlı birçok unsur insan müdahalesi olmadan bağımsız bir biçimde çalışabilmektedir (Bagay, 2020).

Nİ'nin bu bütünlük çalışması özelliği, üretim ve hizmet sektörü tabanlı tedarik zinciri ve lojistik ağlarının etkinleştirilmesi ve sistem performansının; hız, esneklik, izlenebilirlik, görünürlük, işbirliği ve denetlenebilirlik açısından geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Nİ uygulamalarının ortaya koyduğu bu olumlu sonuçlara karşın; birlikte çalışabilirlik, maliyet ve güvenlik üzerinde durulması ve güçlendirilmesi gereken eksiklikler olarak dikkati çekmektedir. Güvenlik bağlamında; yeni cihazlar, yeni bağlantı türleri ve yeni veri türlerinin gelişmesiyle, kamu güvenliği-siber güvenlik, ağ bağlantıları ve veri paylaşımı risklerinin ortaya çıkacağı unutulmamalıdır. Genel olarak nesnelerin interneti tabanlı sistemlerin; harici siber tehditler, yetkisiz erişim vb. saldırılara karşı koyamayacakları ve standartlaştırılmış tek bir bilgi güvenliği sağlayamama riski ile karşı karşıya oldukları ifade edilebilir (NPSTC, 2019).

Nİ, üretim ve hizmet sektöründe yer alan tedarik zinciri operasyonlarının geliştirilmesinde yaygın kullanım alanı bulmakla birlikte, bu bütünlük uygulamaların, istihdam edilen beyaz ve mavi yakalı insan kaynağının sağlık ve güvenliğinin sağlanması sürecinde de etkin çözümler önerebilme potansiyeline sahip oldukları görülmektedir (Alam ve diğ., 2017; Gnoni 2020; Bavaresco, 2021; Zhang, 2022; Catarinucci, 2022; Zorzenon, 2022).

Günümüzde, halen birçok çalışanın iş kazaları nedeniyle iş göremez hale geldiği ve firmaların bu nedenle parasal kayıplara uğradığı gerçeğinden hareketle, bu katkının büyük önem taşıdığı ifade edilmelidir. Bu nedenle, nesnelerin interneti tabanlı dijital dönüşüm teknolojilerinin kullanımıyla, farklı endüstriler kapsamında hizmet veren iş yerlerinde oluşabilecek hataların, risklerin, kazaların ve diğer ölümcül vakaların önlenmesi hedeflenmektedir (Alam 2017 ve Zorzenon 2022).

Nİ'nin farklı tedarik zinciri uygulamalarını etkinleştirme ve sürdürülebilirliğe ilişkin performansı arttırabilme potansiyeli dikkate alındığında, bu teknolojilerin analiz edilmesi ve yeni araştırma fırsatlarına yer verilmesi büyük önem kazanmaktadır (Bavaresco ve diğ., 2021; Zhang, 2022; Catarinucci, 2022; Zorzenon, 2022). Bu nedenle makale; nesnelerin interneti, farklı uygulama alanları ve bilgi güvenliği üzerine bilgi vermeyi ve bu teknolojinin İş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanındaki mevcut ve olası kullanım imkanlarını tartışmayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümleri şu şekilde sıralanmıştır: ikinci, üçüncü ve dördüncü bölümlerde sırasıyla; nesnelerin interneti ve mimarisi, Nİ uygulama alanları ve nesnelerin interneti yazılım platformları ele alınacaktır. Bu bölümleri takiben; beşinci, altıncı ve yedinci bölümlerde sensörler, Nİ uygulamaları ve güvenlik sorununa değinilecektir. Son olarak, sekizinci ve dokuzuncu bölümlerde nesnelerin internetinin İSG alanına ilişkin uygulamalarına yer verilerek sonuçlar ortaya konulacaktır.

## 2. Nesnelerin İnterneti

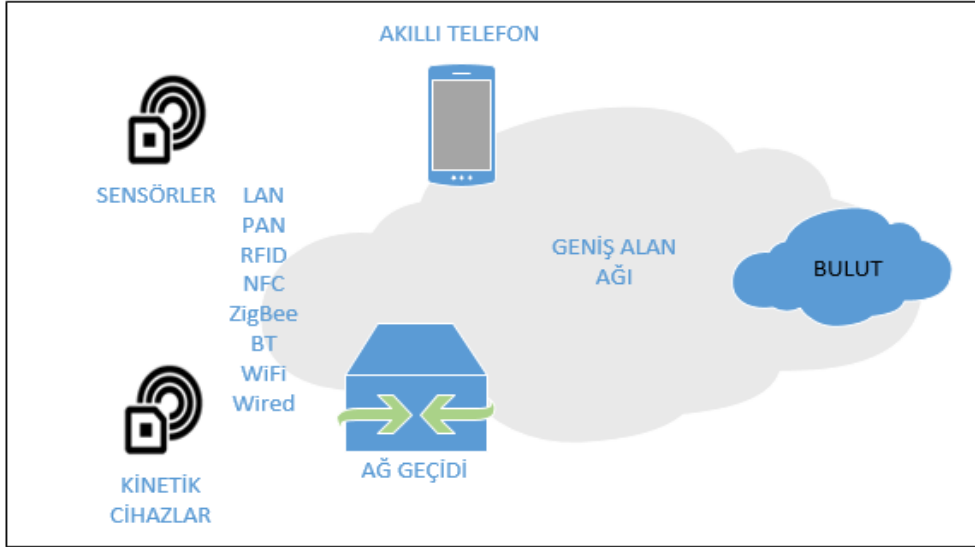
21. yüzyıla kadar insanoğlunun yaşamını büyük oranda etkileyen üç büyük sanayi devrimi gerçekleşmiştir. 18. yüzyılda, üretimin artmasını mümkün kılan ve buhar makinelerine dayalı Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) yaşanmış, 20. yüzyılda ise seri üretim tabanlı ve elektrik enerjisini esas alan İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0) etkisini hissettirmeye başlamıştır (Yang, 2017). Üçüncü Endüstri Devriminde (Endüstri 3.0) ise üretimde kullanılan analog sistemler terkedilerek bilgisayar kontrollü sistemler kullanılmıştır. Sanayi devriminin dördüncü kuşağı olarak nitelendirilen Endüstri 4.0'te ise; siber fiziksel sistemler, öğrenen robotlar, bulut bilişim, yapay

zeka, büyük veri vb. kavramlar döneme yeni bir boyut kazandırmıştır. Üretim süreçlerinde kullanılan verinin sistem tarafından toplanması, tasarlanması, denetlenmesi ve yorumlanmasına ilişkin bu evrede nesnelerin internetinin önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. (Erturan ve Ergin, 2017).

Nİ kavramı, ilk kullanıldığı 1999 yılından bu yana farklı biçimlerde tanımlanmış ve kapsamlı bir tanım Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı tarafından yapılmıştır (OECD, 2016). Bu rapora göre nesnelerin interneti; insanların yaşam biçimini kolaylaştıran ve hayat standartlarını artıran akıllı uygulama ve hizmetlerin entegrasyonu olarak görülmekte, nesnelerin ve makinelerin ya da cihazların kendi aralarında konuşmalarını, veri üretmelerini, bu verilerin sosyal ortamda paylaşılmasını mümkün kılan bir teknoloji olarak ifade etmektedir. Nİ kavramına ilişkin diğer tanımlar şu şekilde verilebilir:

- Gelişen sistemlerin, genişleyen ağ bağlantılarının ve artan işlem gücünün doğal bir sonucu olarak ortaya çıkan; göz önünde bulundurulmayan günlük faaliyetler kapsamında, insan müdahalesi olmadan veri toplama, paylaşma ve karar verme yeteneğidir (Rose ve diğ., 2015).
- İletişim kurma, verileri anlamlandırma, yorumlama ve hesaplama yeteneğidir (Voas, 2016).
- Herhangi bir zaman ve yerde, kablosuz ağ üzerine bağlanmayı mümkün kılan nesnelere içeren sensör ve cihazların bütünleşmesidir (Minerva ve diğ., 2015).

Nİ teknolojisinin farklı tanımları olmakla birlikte kavramın “İnternet” ve “Nesneler” gibi iki bileşenden oluşması dikkat çekici bir husustur. Dolayısıyla, İnternetin her yerde ve zamanda bulunması durumunda, bu teknolojinin benimsenmesinin mümkün olabileceği ifade edilebilir. Buna ek olarak, herhangi bir nesnenin veri kaynağı olabilmesi, özel ve kamu kurumlarının iş yapma biçimlerini ve günlük yaşama ilişkin alışkanlıklarını değiştirecektir. Örneğin boyutu ve maliyeti göz önüne alındığında sensörler; evlere, iş yerlerine, kamu alanlarına kolaylıkla entegre edilebilecekler ve böylelikle nesnenin bütünleşmesi, uyumu ve işbirliği söz konusu olabilecektir. Nesnelerin internetinin genel topolojisi Şekil 2’de verilmiştir (Minerva ve diğ., 2015).



Şekil 2. Nesnelerin İnterneti Genel Topolojisi (Minerva ve diğ., 2015).

Bu genel yapıya göre; sensörler aracılığıyla toplanan veriler, işlenmeleri amacıyla insan-makine, makine-makine iletişimi için gerekli olan RFID, Zigbee, Bluetooth, LPWAN vb. iletişim protokolleri altyapısı üzerinden veri işleme merkezine gönderilirler. Veri işleme merkezinde küçük boyuttaki veri işleme faaliyetleri gömülü sistemler aracılığıyla gerçekleşmekle birlikte büyük ölçekli uygulamalarda bu veriler son aşamada büyük veriyi oluşturacak bulut bilişim sistemlerine iletilirler.

## 2.1 Nesnelerin İnterneti Yapısı

Nİ, küçük bir nesne grubunu temsil edebileceği gibi sayısı milyonlara ulaşan bir nesne bileşimini de birbirine bağlayabilir. Bu sistem, kavramsal bağlamda, akıllı cihazların üç temel bileşeni olarak ifade edilen “nesnelere”, “nesnelerin bütünleşmesini sağlayan internet ağı” ve “bu nesnelere elde edilen veriyi kullanan bilgisayar sistemleri”nden oluşmaktadır (Şişmanyazıcı, ve Doğan, 2016). Buna ek olarak, nesnelerin internetine ilişkin yapı Şekil 3’te verildiği gibi nesnelerin interneti mimarisi olarak da ifade edilmektedir (Khalil, ve Özdemir).

İş Katmanı (Business Layer)
Uygulama Katmanı (Application Layer)
Hizmet Yönetim Katmanı (Servis Management Layer)
Nesne Soyutlama Katmanı (Object Abstraction Layer)
Nesneler Katmanı (Objects Layer)

Şekil 3. Nesnelerin İnterneti Mimarisi

İzleyen bölümlerde Nİ mimarisi ve bu mimarinin bileşenleri hakkında açıklayıcı bir bilgi sunulacaktır.

### 2.1.1 Nesneler Katmanı (Objects Layer)

Nesneler ya da cihazlar katmanı, algılama katmanı olarak da ifade edilmekte ve beş katmanlı nesnelerin interneti mimarisinin en alt bileşenini oluşturmaktadır. Bu katman, ağ bağlantıları arasında yer alan arayüz işlevi görenek yüksek frekanslı sinyal uygulamaları ile farklı teknolojileri algılama ve iletme imkanı sağlar. (Lyu ve Yin, 2020). Diğer bir deyişle nesneler katmanı; fiziksel algılayıcıları kullanarak bilgi toplama ve işlemeyi mümkün kıldığı gibi, verileri bilgisayar ortamına aktarıp güvenli kanallar aracılığıyla nesne soyutlama katmanına gönderme işlevini de yerine getirmektedir.

### 2.1.2 Nesne Soyutlama Katmanı (Object Abstraction Layer)

Bu katmanın amacı; nesneler katmanında üretilen verilerin, güvenli haberleşme kanalları aracılığı ile hizmet yönetimi katmanına iletilmesidir. Bulut bilişimi gibi sistemlerin oluşturulması ve veri yönetim süreci, bu katmanda ele alınan temel faaliyetlerdir. Gelişen teknoloji sayesinde, mobil cihazlarda daha az enerji tüketimini ve daha hızlı iletişimi mümkün kılan iletişim teknolojilerinden bu katmanlarda yararlanmak mümkündür (Fuqaha, ve diğ., 2015).

### 2.1.3 Hizmet Yönetim Katmanı (Servis Management Layer)

Ara yazılım, işletim sistemi ve bu işletim sistemi üzerindeki uygulamaları çalıştıran yazılım olarak da adlandırılan bu katman, adres ve isim tabanlı isteklerle hizmetleri eşleştirmektedir. Hizmet yönetim katmanı (HYK); alınan verileri işlemekte, karar verme algoritmaları kullanarak farklı protokoller aracılığı ile gerekli servislere bilgi taşımakta ve belirlenen diğer işlemleri yapmaktadır. Buna ek olarak, farklı türlerdeki nesnelere içeren nesnelerin interneti sistemleri, hizmet yönetim katmanı aracılığıyla belirli donanım platformlarına ihtiyaç duymadan çalıştırılabilmektedirler (Wu ve diğ., 2010).

### 2.1.4 Uygulama Katmanı (Application Layer)

Nİ sistemleri; sadece teknolojik ilerlemelere bağlı olarak değil, başarılı iş modelleri ve çeşitli yeni uygulamalar aracılığıyla da gelişmektedirler. Uygulama katmanı (UK), nesnelerin interneti sisteminin gereksinimlerini karşılayacak çözümlerin üretildiği bir alandır. Örneğin, kullanıcıların gereksinim duydukları doğru sıcaklık değeri, havadaki nem miktarı v.b bilgiler bu katman tarafından sağlanmaktadır. Bir başka deyişle, bu katmanın temel işlevi, veri gereksinimini daha yüksek kalite ve hızda gidermesidir. (Wu, ve diğ., 2010).

### 2.1.5 İş Katmanı (Business Layer)

İş katmanı, Nİ sisteminin temel etkinliklerinin ve hizmetlerinin yönetildiği yapıdır. Bu katman; sistemin güvenlik ve etkinliğini sağlamak amacıyla, kimlik doğrulama protokolü, etkili veri işleme yeteneği vb. bütünlük standartları bünyesinde barındırmaktadır (Lyu, ve Yin, 2020). İş katmanının temel işlevi; uygulama katmanından

alınan verilere dayanarak, iş modelleri, grafikleri, akış şemaları vb. çıktıları üretmeye yardımcı olmaktadır. Bir başka deyişle iş katmanı; nesnelere interneti sistemine bağlı bileşenlerin tasarımını, analizini, uygulamasını, değerlendirilmesini ve geliştirilmesini sağlayan faaliyetleri yerine getirmektedir (Khalil, ve Özdemir, 2018).

### 3. Haberleşme Teknolojileri

Nİ mimarisi, bir yerden başka bir birime herhangi bir kablo hattı kullanmadan veri, ses veya görüntü taşınması işlemi olarak tanımlanmakta olan kablosuz ağ araçları (KAA) teknolojilerine bağlı olarak çalışmaktadır. Bu bağlamda, kablosuz haberleşmeyi kablolu haberleşmeden farklı kılan temel unsurun haberleşme çevresi olarak havanın kullanılması olduğu ifade edilebilir. İlerleyen bölümlerde bu haberleşme teknolojilerinden bazıları hakkında kısa bilgiler sunulacaktır.

#### 3.1 Wi-Fi (Wireless High Fidelity)

Kablosuz ağ anlamında kullanılan Wi-Fi, esasen tescillenmiş bir marka adıdır. Kablosuz ağ teknolojisine uyumlu araçların pazarlanması konusunda "IEEE 802.11b Direct Sequence" teknik ifadesi yerine akılda kalıcı, anlaşılır ve geniş tüketici pazarına uygun bir terim arayışının ürünüdür. Wi-Fi teknolojisi, transistörlü radyoların çalışma prensibiyle benzer bir şekilde çalışır ve kablosuz ağ sistemleri radyo frekanslarına dayalı olarak oluşturulur. Wi-Fi bağlantısının gerçekleşebilmesi için sinyali yayan modem gibi bir cihaz ve bu sinyalleri karşılayarak veriye dönüştürebilecek başka bir cihazın kullanımı zorunluluk taşımaktadır. (Song ve Issac, 2014).

#### 3.2 Radyo Frekansı Tanımlama: RFID

Nİ yapısı içinde kullanılan bir diğer haberleşme teknolojisi ise nesnelere radyo dalgaları ile tanımlamak için kullanılan RFID (Radio Frequency Identification) teknolojisidir. Nİ kavramının temeli, özgün adresleme sistemlerini kullanarak nesnelere birbiriyle etkileşimini mümkün kılmaktır (Giusto ve diğ., 2010) RFID aracılığıyla, mikroişlemci ve anten içeren bir etiket taşıyan nesnenin hareketi ve taşıdığı bilgi, kablosuz iletişim teknolojisi kullanılarak takip edilebilmektedir. Diğer bir deyişle RFID, kablosuz iletişim araçları kullanılarak herhangi bir nesnenin otomatik olarak tanımlanabilmesi, izlenebilmesi, nesneye ait aktif bilgilerin oluşturulması, toplanması ve yönetilmesini mümkün kılmaktadır. RFID'nın kullanım alanları arasında; havaalanı-bagaj takibi, bilet yönetimi, taşıma ve lojistik yönetimi, posta takibi, elektronik eşya izleme, perakende giyim, hırsızlığa karşı eşya koruması, araçlara kontrollü hızlı erişim, sıcaklık kontrolü, kaza önleme, akıllı ev sistemleri ile ev izleme, araç kilitleme, personel ve müşteri takibi vb. sayılabilir.

#### 3.3 Bluetooth

Bluetooth, verinin kısa mesafeler arasındaki kablosuz ağ üzerinden hızlı bir şekilde aktarılması olarak tanımlanmaktadır. 1994 yılında ilk kez kullanılmış olan bu teknoloji, temel olarak radyo frekansları (RFID) üzerinden iletişim kurulmasına imkan tanımaktadır. Bluetooth teknolojisiyle 24 Ghz hızında iletişim kurulduğu ifade edilirken cihazlar arasındaki mesafenin yaklaşık 10 metre olmasının iyi bir performans elde etmek için gerekli olduğu vurgulanmaktadır. Bluetooth aracılığı ile yapılan veri aktarım hızı, cihazların kapasitesine göre 1 Mbps ile 721 Mbps arasında farklılık göstermektedir. Bluetooth teknolojisi günümüzde; akıllı telefon, kulaklık, fare, klavye, araç kitleri, hoparlör, akıllı saat, yazıcı ve tarayıcı vb. pek çok cihazda kullanılmaktadır (Hassan ve diğ., 2018).

#### 3.4 Zigbee

Arıların çiçekten çiçeğe dolaşırken diğer arıların kaynaklara nasıl ve nereden ulaştığı bilgileri ile hareket ettikleri zigzag yolundan esinlenerek isimlendirilen IEEE 802.15.4 standardını temel alan ve düşük enerji tüketimini mümkün kılan bir kablosuz iletişim teknolojisi. İlk kez Zigbee Alliance tarafından geliştirilen Zigbee genel standardına dayalı Zigbee aygıtları uykuya dalarak enerji tasarrufu sağlamaktadır. (Evgen, 2017).

#### 3.5 Wimax

Wimax teknolojisi "Worldwide Interoperability for Microwave Access" kelimelerinin kısaltılmış halidir. IEEE 802.16 standardı ile eşanlamlıdır olan bu standartlar IEEE tarafından elektronik alanında geliştirilmiş olan teknolojilere verilen kod numaralarıdır. WiMAX teknolojisi; sabit istasyonlar için yaklaşık 50 km, mobil istasyonlar için yaklaşık 15 km çapında bir alanda etkili ve 70 Mbps hızında kablosuz internet erişimi sağlayan, daha verimli bir bant genişliği kullanımını mümkün kılan, uzun mesafelerde daha fazla veri iletimini amaçlayan ikinci nesil bir protokoldür (Evgen, 2017).

#### 4. Nesnelerin İnterneti Yazılım Platformları

Yazılım platformları, teknolojilerin sunduğu hizmetleri kullanılabilir hale getirmek için tasarlanmış özel bir ara katman aracıdır. Bir başka deyişle bu yazılımlar, yeni hizmetlerin geliştirilmesini kolaylaştırmakta ve eski teknolojileri yeni teknolojilere entegre etmekte büyük bir rol oynamaktadırlar. Nİ yazılım platformları, nesnelere veri arasında bir bağ kurmakta ve nesnelere tarafından üretilen verileri anlamlandırma ve arka plandaki uygulamaların analizini mümkün kılmaktadırlar. Bu yazılım platformları arasında; Appceletor Titanium (web yazılım dilleri javascript, Php, Phyton üzerinden uygulama geliştirmek), AWS IoT (Bağlı cihazların bulut uygulamaları ile diğer cihazlarla güvenli bir şekilde etkileşimi), IBM Watson IoT Platform (gerçek zamanlı veri analizi), ThingWorx (Sunduğu teknolojiler ve araçlar ile sistemler arasındaki karmaşık bağlantıları ortadan kaldırır) vb. sayılabilir. Bu farklı platform alternatifleri arasında doğru tercihi yapmak; cihaz yönetimi, bilgi güvenliği, veri analizi ve görüntüleme gibi çok kriterli bir yapıyı dikkate almayı gerektirmektedir. İzleyen bölümlerde yazılım platformlarının seçim sürecinde kullanılan bu kriterlerden kısaca söz edilecektir (Balamuralidhara, ve diğ., 2013).

##### 4.1 Cihaz Yönetim Hizmeti

Cihaz yönetim hizmeti; kaynaklara erişim, cihazlar üzerinde yer alan yazılımın güncellenmesi ve kurulması, bağlantının kontrol edilmesi, sistemdeki cihazların tespit edilmesi, internete bağlanmaları için kimlik numaralarının verilmesi, farklı ağların birbiri ile iletişim kurulmasının sağlanması ve sensörlerin topladığı verilerin kaydedilmesi gibi faaliyetleri içermektedir.

##### 4.2 Analitik Çözümleme (Analytics) Hizmeti

Analitik çözümleme hizmetleri sürecinde sensörler üzerine gerçek zamanlı analizlerin yapılması amaçlanmaktadır. Bu hizmetin sağladığı faaliyetler arasında; istatistiksel işlemler, veri madenciliği, makine öğrenmesi (Machine Learning), işleme dayalı kurallar, örüntü algılama, gerçek zamanlı analitik işlemler vb. sayılabilir.

##### 4.3 Görüntüleme Hizmeti

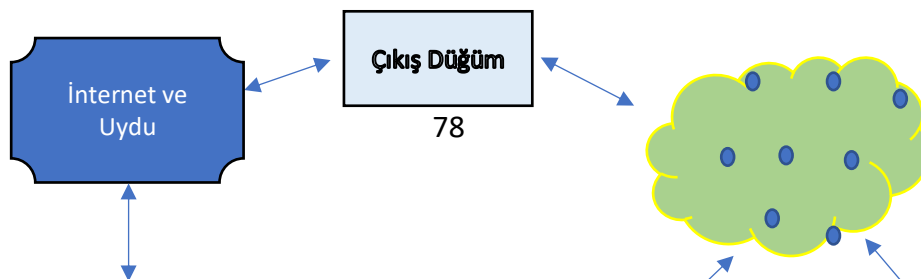
Nİ platformu, analitik çözümleme hizmetine ek olarak verileri uygun bir şekilde görüntüleme işlevini de yerine getirmelidir. Görüntüleme, veri analizi ile eş zamanlı çalışır ve bu sistem uygulama programlama arayüzlerinin (API) kullanımını gerektirmektedir (Khalil, ve Özdemir, 2018).

##### 4.4 Veri Analizi

Nİ ekosisteminde toplanan dijital veriden anlamlı sonuçlar elde etmek, bu verilerin insan karar vericiler veya yapay zeka sistemler tarafından analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu kapsamda; “gerçek zamanlı”, “yığın analiz”, “tahmini analiz” ve “etkileşimli analiz” olarak adlandırılan dört veri analiz yöntemi bulunmaktadır (Perera, 2017). Gerçek zamanlı veri analizi, internet ortamında indirilen veri içeriğinin indirme işlemi bitmeden işlenmeye başlaması sürecidir. İnternette canlı müzik, video yayını, resim gösterimi vb. yaygın kullanım alanları olarak ifade edilmektedir. Yığın analiz işlemleri ise, küme halindeki veri üzerinden gerçekleştirilen ve hedeflenen işlemlerin kısa zaman aralıklarında yerine getirilerek birkaç saat veya gün sürebildiği analiz türleridir. Bir diğer analiz türü olan tahmini analiz ise, çeşitli istatistiksel tekniklere dayalı olarak tahminlerin yapılması işlemidir. Örneğin, makine öğrenme yöntemi ile hava durumunun tahmin edilmesi, cihazların bakım zamanlarının ve kullanım sürelerinin planlanması vb. pek çok işlem benzetim yöntemleri kullanılarak bu kapsamda yerine getirilmektedir (Khalil ve Özdemir 2018). Son olarak etkileşimli analiz ise; tahmin parametrelerinin gerçek zamanlı olarak değiştirilmesini mümkün kılan ve bu değişikliklerin sonuca nasıl yansıdığını ortaya koyan bir analiz aracıdır.

#### 5. Sensörler

Temel kullanım amacı çevreyi anlamak, kontrol ve bilgi elde etmek ve bu bilgiyi işleyerek karar sürecine yardımcı olmak şeklinde ifade edilen sensörler, fiziksel ortamda oluşan değişiklikleri algılayan elektrik-elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevini yerine getirmektedir. Bir başka deyişle sensörler, algılayıcı düğüm (bilgisayar ağına bağlı ve adresi verilerek erişilebilen cihazlar) adı verilen pek çok sayıda küçük yapının bütünleşik olarak çevredeki belli bir bilgiyi tespit edip ana istasyona iletmesi işlevini yerine getirmektedir. Şekil 4'te bir sensör alanına dağılmış sensör düğümleri sergilenmektedir.



## Görev Yöneticisi Düğümü

### Şekil 4. Bir Sensör Alanına Dağılmış Sensör Düğümleri

Kaynak-kısıtlı olarak tasarlanan bu düğümler, birbiri ile iletişim kurulabilmesi için kullanılan kablosuz haberleşme modülleri ve bütün bu süreci yönetecek bir işlemciden oluşmaktadır. Tasarım bağlamında ele alındığında, bu küçük mimarinin düşük seviyede enerji tüketecek şekilde planlanması önemli bir ölçüttür (Akyıldız ve diğ., 2002; OECD 2016).

Lojistik, sağlık, tarım, inşaat, savunma, havacılık, otomotiv, enerji vb. gibi birçok endüstride kullanılan nesnelerin interneti teknolojisinin asıl yapı taşı sensörlerdir. Diğer bir deyişle, bu oluşumun beyni internet olarak kabul edilirse sensörlerin de göz veya kulak gibi bir duyu organı işlevi gördüğü ifade edilebilir. Sensörler aracılığıyla, kullanılan cihazlar hem birbirini hem de dış dünyadaki yaşamı algılayıp anlamlandırabilir, ısı, ışık, nem, temas gibi girdileri dijital ve kullanılabilir sinyallere dönüştürebilirler.

## 6. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları

Nİ, veri miktarının hızla artması ve bilgi teknolojileri alt yapısının gelişmesi ile geleneksel iş yapma modellerinde devrim yaratarak firmalara rekabet gücü ve dinamizm kazandırmaktadır. Gelecek birkaç yılda, trilyonlarca sensörün, akıllı sistemler ile bütünleşik olarak gerçekleştireceği milyonlarca uygulama vasıtasıyla kaynakların etkin kullanımı söz konusu olabilecektir. Bulut teknolojisi eksenli olarak oluşturulan nesnelerin interneti dünyasında, internet üzerinden erişimi söz konusu olan yazılım uygulamaları yaşamın içine giderek artan oranda nüfuz edecektir (Doysuk ve Tiftik, 2017).

Nİ'nin iş modelleri bağlamında bir değer haline gelmesi gerçeğini, şu çarpıcı örneklerle ifade edebiliriz: evin dışında bekleyen aracın nesnelerin interneti yardımıyla kapının önüne gelmesi, birçok sistemin kullanıcıya hissettirilmeden çalışması, temiz su, hava kirliliğinin giderilmesi, blokzincir tabanlı katı atık depolama sahası uygulamaları, akıllı enerji paylaşımı, etkin Nİ ve blokzincir tabanlı bakım-onarım, güvenli tarım, güvenli gıda üretimi ve nakliyesi, akıllı şehir uygulamaları, giyilebilir teknolojiler vb. İzleyen bölümlerde nesnelerin interneti teknolojisinin bazı uygulama alanları biraz daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

### 6.1 Akıllı Şehirler

Akıllı şehirler, operasyonel verimliliği artırmak amacıyla kaynakları verimli bir şekilde yöneten ve sensörlere dayalı büyük veri teknolojisi ve ağ yapısını kullanan alanlardan oluşan bölgelerdir. Akıllı şehirlerin tasarımı için kullanılan temel teknolojiler; internet, büyük veri, bulut bilişimi, blokzincir ve Nİ olarak özetlenebilir (Jiang, 2020). Akıllı nesneleri fiziksel altyapı ile bütünleşik olarak sunan kentsel faaliyetler, güvenilirliği ve etkinliği artırarak işlevselliği çoklamayı amaçlamaktadır. Sözü edilen bu fayda; kaynak tüketimini, israfı ve toplam maliyetleri azaltırken güvenliği de arttırmaktadır. Örneğin akıllı ağlar ve sayaçlar, Nİ teknolojisini kullanarak enerji tüketimi ile ilgili bilgi toplayıp enerji piyasasının akıllı bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Bir diğer örnek, Nİ teknolojisi kullanılarak trafik başta olmak üzere ulaşım sorunun çözüme kavuşturulmasıdır. Şehrin çeşitli noktalarına konulan sensörler aracılığıyla elde edilen konum, hız vb. bilgiler, trafiğin yoğun olduğu durumlarda alternatif çözümler oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Böylelikle, trafiğin gerçek zamanlı bilgisi kullanılarak sinyalizasyon süreleri anlık olarak değiştirilmekte ve acil durumlarda hızlı ve etkili müdahaleler gerçekleştirilebilmektedir (Vicini, 2012).

### 6.2 Sağlık Uygulamaları

Bilgi, haberleşme ve ağ teknolojilerindeki gelişmeler; sağlık hizmetlerinin yeniden tasarlanmasına neden olmakta, bilginin etkin ve etkili kullanılması enformasyon sistemlerinin geliştirilmesini de beraberinde getirmektedir. Tıp ve bilgi teknolojilerinin bütünleşmesi sonucunda sağlık hizmetleri de bir dijital dönüşüm sürecini yaşamaktadır. Bu gelişmeler; maliyetlerin düşmesini, verimsiz süreçlerin azalmasını ve her şeyden önemlisi de kaliteli yaşam sürelerinin uzamasını sağlamaktadır (Dimitrov, 2016). Günümüzde sağlık hizmetlerinin izlenmesi ve denetlenmesi sürecinde akıllı cihazların ve iletişim uygulamalarının kullanımı giderek artmaktadır. Örneğin, Nİ teknolojisi kullanılarak hastaların durumlarının daha yakından takibi mümkün olmakta,

özellikle kronik hasta ve yaşlıların gerçek zamanlı kontrolü ve bakımı gibi önemli faaliyetler yaygın bir biçimde gerçekleştirilmektedir.

Nİ'nin önemli uygulama alanlarından biri de COVID-19 vb. pandemilere karşı alınacak önemlerin tasarlanmasıdır. Örneğin, insansız hava araçları, maske kullanımı ve karantina uygulamalarını kontrol amaçlı olarak çevreyi gözetlemekte kullanılabilir. Buna ek olarak, bu teknoloji aracılığıyla bir salgının kökeni incelenebilmekte, gerekli veri toplanabilmekte, hastalarla temas eden kişiler tespit edilebilmekte, hastaların karantinaya uyumu sağlanabilmekte, karantinayı ihlal eden hastalar izlenebilmekte ve evdeki hastaların uzaktan izlenmesi yoluyla sağlık personelinin rahatlatılması söz konusu olabilmektedir (Javaid, 2020).

### 6.3 Lojistik Uygulamaları

Nİ, lojistik süreç ve uygulamaların yeniden tasarlanmasını mümkün kılmış, bu yeni lojistik iş modeli kapsamında; bilgi ve iletişim alışverişi, akıllı aramalar, kimlik, yer tespiti, izleme, takip ve yönetim uygulamaları yaygın bir kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Nİ'nin kullanımı ile ürün, depo ve mağaza gibi tesisler arasında gerçek zamanlı bağlantılar kurulabilmektedir. Bir başka deyişle; özellikle blokzincir tabanlı nesnelere interneti uygulamaları ile taşıma, depolama, gümrükleme vs. lojistik faaliyetleri daha etkin bir şekilde yerine getirilebilecektir. Örneğin, soğuk zincir taşımacılığı gıda ve ilaç sektöründe önem kazanmış ve ürünlerin belli bir sıcaklık sınırında taşınması araç içi sensörler ve dağıtık veri tabanları aracılığıyla garanti altına alınabilmektedir (Korcak ve Kijewskab, 2019).

### 6.4 İnşaat Uygulamaları

Hızla artan teknolojik gelişmeler, geleneksel yöntemlerin terkedilmesine ve birçok alanda yeni uygulamalara yer verilmesine neden olmaktadır. İnşaat sektörü de yenilikçi uygulamaların sıklıkla görülmeye başladığı alanlardan biridir. Nİ, blokzincir ve bulut bilişim teknolojisinin kullanımı ile inşaat mensuplarının sahada çalışırken zamanında karar verme ve raporlama yapabilmesi, gerçek zamanlı erişim için verilerin depolanması, devam eden inşaat çalışmaları esnasında bir mühendisin veya ustanın yapı çizim projelerinin en son haline sahada ulaşabilmesi söz konusu olabilmektedir (Keleş ve Keleş, 2018).

Bir başka örnek, Nİ sistemi tabanlı bir çok inşaat projesinde RFID teknolojisinin kullanımıdır. RFID aracılığıyla şantiyeye girip çıkan malzemenin takibi ve bina malzemelerine erişim sağlanmakta, bu sayede inşaat tedarik zincirinde ve stok kontrol masraflarında bir azalma söz konusu olmaktadır (Tanyer ve diğ., 2008). Buna ek olarak, nesnelere interneti ve blokzincirin bütünlük uygulamaları sonucunda görünürlük, izlenebilirlik ve sistem içi denetlenebilirlik artırılabilir.

### 6.5 Tarım Alanında Uygulamalar

Tarımda verimliliğin artırılması sürecinde teknoloji içeren araçların kullanımı büyük öneme sahiptir. Bu gelişim, tarım makinelerinin kullanılmasının yaygınlaşması ile başlayan ve daha büyük alanları daha az emek gücü ile ekip biçmemizi sağlayan mekanizasyon sürecini takip etmiştir. Günümüzde, tarım alanlarında sürdürülebilirliği sağlamak ve ekolojik çevre üzerinde olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla Nİ tabanlı yeni bir dönüşüm sürecine girilmiştir. Örneğin, uzaktan algılama ve görüntü işleme amacıyla tarım makineleri üzerine yerleştirilen sensör, kamera ve uzaktan kumandalı sistemler aracılığıyla seralarda sulama ve dijital izleme yapılabilmekte ve insansız hava araçları ile tarım alanlarının mevcut durumu tespit edilebilmektedir (Kırkaya, 2020).

### 6.6 Giyilebilir Teknolojiler

Giyilebilir/takılabilir özellikli araçlara verilen genel isim olan bu teknolojiler; mikroçipler, sensörler ve kablosuz iletişim yetenekleri ile donatılmış ağıba bağlı akıllı cihazlar olarak eğitim, sağlık, tekstil, eğlence, turizm, savunma vb. birçok sektörde kullanım alanı bulmaktadırlar. Sağlık sektöründeki akıllı giysi uygulamalarıyla insan vücudunda bulunan çeşitli verileri toplamak, değişimi algılamak ve gerektiğinde tepki vermek mümkün olabilmektedir. Giyilebilir uygulamalar ve cihazlar kullanılarak sağlık çalışanlarının hastanın durumunu kolayca izleyebilmesi sağlanabilmekte ve istenmeyen durumlarda iç görüler belirleyerek daha gelişmiş bir teşhis süreci söz konusu olabilmektedir. Örneğin, Zephyr Anywhere'in BioPatch'i ile hasta durumunu gözlemlemek ve gerçek zamanlı veri sunmak mümkün kılınmış, doktorların saatlerine ya da akıllı mobil cihazlarına uyarı göndererek daha etkin bir yoğun bakım planlaması yapılabilmektedir (Öcal ve diğ., 2020).

## 7. Nesnelere İnterneti Ve Güvenlik



Nesnelerin ağı kapsamında internete bağlanan nesnelerin sayısının giderek artması güvenlik açısından birtakım problemleri beraberinde getirmekte ve bu karmaşık sistem etkin bir biçimde yönetilmediğinde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Günlük hayatta kullanılan çevrim içi fiziksel eşyalar, üreticiler tarafından akıllı kelimesiyle pazarlanmaktadır. Buna karşın, kullandığımız akıllı telefonlar, televizyonlar, beyaz eşya, ısıtma sistemleri, havalandırma sistemleri, yangın ve hırsız alarmları, bilgisayarlı cihazlar, modemler ve bilgisayarlar esasen üzerinde çok fazla güvenlik açığı barındırmaları sebebiyle belki de bu tip isimlendirmeleri gerçek anlamda hakketmemektedirler. Örneğin, 2013 yılında Rusya devlet televizyon kanalı Rossiya24, Çin'de üretilen ve ülkeye ithal edilen ütülerin özel bir kablosuz denetim çipi içerdiğini, bu çipler aracılığıyla kullanıcıların evindeki şahsi bilgisayarlara siber saldırı düzenlenerek casusluk yapıldığını öne sürmüştür. Önceleri bu haberin abartıldığı ve doğru olmadığı iddia edilse de yapılan incelemeler sonucunda haberin gerçekliği ortaya konulmuştur (Gündüz ve Raş, 2018).

Günümüzde kablosuz internetin tehdit içermeyen güvenli bir ortamda kullanımı; şifreleme, ve kriptolama aracılığıyla ile yapılmaktadır. Şifreleme, Nİ uygulamalarında da bilgi güvenliğini koruma konusunda önerilen temel çözümlerden biridir. Buna karşın, bir çok Nİ cihazının şifrelemeyi destekleyecek güçte olmadığı ve nesnelerin internetinde şifrelemeye imkan sağlayacak daha etkin ve düşük enerji kullanımını mümkün kılan algoritmalara ihtiyaç olduğu yaygın kabul gören bir gerçektir. Şifrelemeye ek olarak, kimlik yönetiminin korunmasını destekleyen teknolojiler de güvenlik açısından önemli bir konuyu oluşturmaktadır (Doyduk ve diğ., 2017). Nİ kapsamında kullanılan nesne sayısının artışı ile birlikte kişisel gizlilik konusu önem kazanmakta, gizlilik politika ve stratejilerinin oluşturulması zorunluluk arz etmektedir. Bir bakıma, Nİ'nde kullanılan akıllı nesne ve okuyucuların gizlilik politikaları ile donanmış olmalarının gerektiği ve bu bağlamda, okuyucunun akıllı nesne ile iletişime geçmeden diğerinin gizlilik politikasını kontrol etmesinin önemli bir korunma yöntemi olduğu ifade edilmektedir (Roman ve diğ., 2011).

Nİ tabanlı cihaz ve uygulamaların daha güvenilir ve saldırılara karşı daha güçlü olabilmesi için aşağıdaki sorunların ele alınması gerekmektedir (Khalil ve Özdemir 2018).

### 7.1 Verinin Mahremiyeti

Nİ, farklı cihazlardan büyük miktarda veri toplar ve farklı özelliklere sahip kaynaklardan gelen bu verileri işler. Veriler, çevrim içi olan her yerde olduğu gibi kablosuz nesnelere içinde de korunmalıdır. Veriler kablosuz bir şekilde iletilirken gizli ve şifrelenmiş olmalıdır. Buna karşın geleneksel şifreleme yöntemlerinin, enerji ve bant genişliği bakımından büyük miktarda kaynak tüketimine neden oldukları için etkin çalışmadıkları ifade edilmektedir. Nesnelerin interneti kapsamında uygulanmak üzere geliştirilen yeni çözümler, kaynakların kısıtlı olup olmadığına bakılmaksızın yeterli güvenlik seviyesi sağlayabilmelidir (Khalil ve Özdemir, 2018).

### 7.2 Web Arayüzü Yapılandırması

Kullanıcı ile makine arasında iletişim ve etkileşimi sağlamak amacıyla kullanılan web arayüzlerinin güvenlik altyapılarının güçlendirilmesi çalışmaları, nesnelerin interneti sistemlerinin güvenlik açıklarının giderilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Örneğin, güvenilir bir web sitesinin sahtesi geliştirilerek bir saldırı gerçekleştirilebilir ve bunu önlemek tek kullanımlık şifre ve şifreleme algoritmaları gerektirir. Buna ek olarak saldırgan, herhangi bir metin girişi olan ekrandaki özel karakterler vasıtasıyla SQL yapısal sorgulama dili kodlarını girerek veri tabanındaki bilgileri ele geçirebilir. Böylelikle, nesnelerin interneti tabanlı cihazlarda kullanıcının kimlik bilgilerini ele geçirecek istediği bilgiyi değiştirebilir veya silebilir (Turak, 2015).

### 7.3 Doğrulama Sistemi

Geleneksel ağ yapılarında, şifre ve açık anahtar şifreleme sistemleri gibi yöntemlerle yapılmakta olan kimlik doğrulama işlemi, Nİ uygulamalarında kullanılan cihazlar ve ağların farklılığı nedeniyle güvenli olmayabilir. Bu tür kimlik doğrulama sistemleri oluşturmak ve her bir nesneye bir kimlik sertifikası vermek, mevcut nesne sayısı genellikle çok büyük olduğundan oldukça zordur. Günümüzde nesnelerin interneti uygulamaları, blokzincir teknolojisi ile bütünleşik olarak sunulmakta ve böylelikle blokzincirin verilerin değişmezliği ve dağıtık olarak saklanması özelliğinden yararlanılmaktadır. Bu yüzden, yakın gelecekte blokzincir tabanlı Nİ uygulamalarına farklı tedarik zinciri ekosistemlerinde yer verilmesi öngörülmektedir (Banerjee, 2019).

### 7.4 Nesnelerin Yönetilmesi

Nİ tabanlı uygulamaların önemli bir bileşeni olan nesnelere, iletişim teknolojileri aracılığıyla sadece bağlantı kurmamalı buna ek olarak kendi kendilerini de yönetebilir olmalıdır. Kendi kendini yönetebilir olma işlevi; nesne yönetim sürecinin karmaşıklığı, cihazların açılıp kapanması, ağların yapılandırılması, yazılımın güncellenmesi, hataların giderilmesi, cihazların takibi ve bağlantı algoritmalarının toplanması gibi bir çok farklı işlem türünün birlikte dikkate alınmasını gerektirmektedir (Khalil ve Özdemir,2018). Nesnelerin kendi kendini yönetebilir olma özelliğini kazanması, güvenlik performansının artırılmasına yardımcı olacaktır.

## 8. Nesnelerin İnterneti ve İş Sağlığı Güvenliğine Olan Etkisi

Dünyada milyonlarca insan, her yıl ölümcül ya da ölümcül olmayan iş kazalarına maruz kalmakta ve Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) son verilerine göre yaklaşık 2 milyon insan iş kazaları nedeniyle yaşamını yitirmektedir. İş kazaları ve iş kaynaklı fiziksel/psikolojik rahatsızlıklar; ekseriyetle kullanılan güvenli olmayan çalışma yöntemlerinin, iş alanlarını oluşturan fiziksel koşulların veya kullanılan teknolojik donanımların önemli risk unsurları oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Bu çıkarım önemli olmakla birlikte, oluşan her kazanın ve/veya yaşanan hastalığın tek bir sebepten ziyade birden fazla sebebe dayandığını söylemek yanlış olmayacaktır (Hakkinen, 2014). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, iş yeri ve çalışanların sağlığı, güvenliği ve sürdürülebilirliğini desteklemek amacıyla; mavi yakalı çalışanların, cobotların ve yöneticilerin işbirliği çerçevesinde aşağıda belirtilen dört konuyu dikkate almaları gerekmektedir (WHO, 2011). Bunlar: (1) Fiziksel iş çevresinin sağlığı ve güvenliği; (2) İş organizasyonu ve iş yeri kültürü gibi fizikososyal iş çevresinin sağlığı ve güvenliği (3) İş yerinde sağlık araçları ve kaynaklarının işveren tarafından sağlanması ve (4) Tüm çıkar gruplarının İSG amaçlarına ulaşabilmek için sağlıklı işbirliği ve iletişim içinde olabilmeleri şeklinde özetlenebilir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği ilkeler çerçevesinde sistem anlayışının kabul görmesi ve buna dayalı olarak ergonomi gibi alanların gelişmesi, teknoloji kaynaklı hataların azaltılması ve tasarlanan karmaşık operasyonların yönetilmesi amacıyla yeni adımların atılmasını mümkün kılmıştır. Yine sistem yaklaşımı kapsamında geliştirilen risk yönetimi anlayışına dayalı olarak, birçok endüstride iş yeri kaynaklı riskler belirlenmiş, tanımlanmış ve bu risklerle mücadele sürecinde önemli bir ilerleme kaydedilmiştir. (Khalil ve Özdemir, 2018).

İş sağlığı ve güvenliği yönetimi üzerine duyulan ilginin artması; OHSAS 18001, ANSI Z10, ISO 45001 gibi standartların ve İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi (İSGY) sistemlerinin ortaya konulmasının yolunu açmıştır (Erol, 2019). İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri; tehlike ve riskleri belirlemek ve bu unsurları denetlemek için optimum usuller kullanılarak yapılan çalışmaların bütünüdür. Buna benzer sistemlerin kullanılması sonucunda, iş kazalarının önlenmesi ve işletmelerin iş güvenliği ile ilgili yasal yükümlülüklerini yerine getirmelerinin kolaylaşacağı düşünülmektedir. Buna ek olarak bu uygulamalar vasıtasıyla; iş güvenliğine yönelik düzenlemelerin çağdaş teknolojik gelişmelere uygunluğunun sağlanabilmesi ve iş kazalarının nedenlerinin belirlenerek bir kez daha meydana gelmesini önleyici sistemlerin kurulması umulmaktadır (Serin ve Çuhadar 2015).

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin yaşanmakta olduğu günümüzde İSG Yönetim Sistemleri'nin vurgulanan fayda potansiyelini kullanabilmesi; iş verenlerin, karar vericilerin, hükümetlerin ve çalışanların temel arzudur. Yakın gelecekte küresel bir sınır ağının kurulmasının sonucu olarak, herkes ve her şeyin birbiri ile bağlantılı olacağı söylenebilir (Ersin, 2020). Bu bağlamda, sayısallaştırılmış bilginin etkin bir biçimde iletişimi, kullanımı ve gelişimi dördüncü endüstri devrimini yönlendiren anahtar faaliyetler olmuştur (Alam ve diğ., 2017; Zorzenon ve diğ., 2022). İnsanların dijital bilgiye gerçek zamanlı olarak ulaşabilmesi, İSG alanında da bir değişime neden olmaktadır (Rajendran ve diğ., 2020). Bu bağlamda, akıllı teknoloji ve giyilebilir akıllı cihazların güvenlik ve sağlık konusunda yeni fırsatlar yaratabileceği öne sürülmekte, bir başka deyişle, bu tür cihazlar aracılığıyla güvenlik yöneticilerinin davranışlarının izlenmesi, güvenlik ve sağlık önerilerinin iletişimi ve gerçek zamanlı olarak çalışanlara bilgi iletilmesi söz konusu olmaktadır (Gnoni ve diğ., 2020; Bavaresco ve diğ., 2021; Zhang ve diğ., 2022; Catarinucci ve diğ., 2022). Örneğin akıllı giyilebilir cihazlar; işçilerin yorgunluğunu, sendelemeyi, düşmeyi, hava kalitesini, zihinsel iş yükünü vb. unsurları fiziksel ürün üreten (inşaat, otomotiv, tekstil, elektronik, madencilik vs.) ve hizmet (enerji, lojistik, sağlık vb.) işletmelerinde izlemek için geliştirilmiş bir teknolojidir (Gregori ve diğ., 2018; Kanan ve diğ., 2018; Gnoni ve diğ., 2020; Madahana ve diğ., 2020; Palanivelu ve Srinivasan, 2020; Zhan ve diğ., 2022). Bir diğer örnek, giyilebilir ve nesnelerin interneti bağlantılı yorgunluk izleme araçlarının, uzun mesafeli araç şoförlerinde ve ağır makine operatörlerinde küçük uyku ataklarını tespit etmek amacıyla kullanılması olabilir (Financial Times, 2016).

Buna ek olarak, nesnelerin interneti tabanlı otomasyon ve robot teknolojilerinin işçilerin sağlığı ve güvenliği amaçlı olarak kullanılmakta olduğu ifade edilmelidir (Chen ve diğ., 2021; Pütz ve diğ., 2022; Bavaresco ve diğ., 2021; Zhang ve diğ., 2022). Bu tür yöntemler, çalışanların zihinsel sağlık riski ve kas-iskelet sistemi bozukluklarına yol açan tekrarlı iş yükünü hafifletebilecektir. Diğer bir deyişle, nesnelerin interneti tabanlı giyilebilir dış iskeletler bir kişinin alışkanlık haline gelmiş fiziksel ve ergonomik hareketlerini yönlendirmek ve takip etmek amacıyla kullanılabilir. Nİ teknolojisinin iş sağlığı ve güvenliği alanındaki kullanımına ilişkin örnekler Tablo 1'de özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Nesnelerin İnterneti teknolojisinin iş sağlığı ve güvenliği alanındaki kullanımı

Referans	Kullanım Amacı
Alam ve diğ., (2017)	Arttırılmış ve sanal gerçeklik tabanlı IoT sistemleri oluşturarak bakım ve onarım işlerinde uzaktan algılama ve

	denetlemenin sağlanması.
Baena-Navarro ve diğ., (2020)	Çalışma radyasyon seviyesinin denetlenmesi ve gerekli uyarıların yapılması.
Zhan ve diğ., (2020)	Soğuk hava depolarında uzaktan denetleme ve uyarı isteminin oluşturulması.
Mofidi Naeini ve diğ., (2022)	Montaj sistemine veri eldiveni ekleyerek risklerin azaltılması.
Bavaresco ve diğ., (2021)	Veri işleme yöntemleri ile iş gücünün psikolojik/ fiziksel sağlığını ve güvenliğini desteklemek.
Zorzenon ve diğ., (2022)	Otomotiv, inşaat, petrol endüstrisi ve tarım alanlarında IoT teknolojileri vasıtasıyla veri toplama, denetleme ve uyarı.
Sarkar De (2022)	Kütüphanede insan müdahalesi olmadan iletişim kurmayı sağlayan bağlantı ağının geliştirilmesi.
Li ve diğ., (2021)	IoT tabanlı kamera cihazları ile inşaat işçilerinin görüntülü bilgilerine erişim.
Asadzadeh ve diğ., (2020)	Covid 19 salgınında acil durumu yönetmek.
Xu ve diğ., (2022)	İnşaat endüstrisinde İSG yönetim sisteminin bir prototipini geliştirmek ve prototipin nasıl çalıştığını göstermek.
Vuki'cevic ve diğ., (2021)	Android platformunda bulunan sensörler kullanılarak oluşturulan sistem ile İSG alanında yetkililerin talep ettiği raporları sunmak ve çalışanların sürekli eğitimi sağlamak.
Campero-Jurado ve diğ., (2020)	Akıllı kask prototipi ile iş yerinde ortamı izlemek ve gerçek zamanlı risk değerlendirmesi gerçekleştirmek.
Teixeira ve diğ., (2022)	Giyilebilir cihazlar ile çalışanların duruş verilerinin toplanması ve gerektiğinde kullanıcının uyarılması.
Hinze ve diğ., (2022)	Giyilebilir teknolojiler yardımıyla ormancılık alanında çalışan işçiler hakkında veri toplanması.
Sadeghi ve diğ., (2022)	Madencilik alanında kablosuz sensör ağları aracılığıyla işçi sağlığı ve güvenliğinin iyileştirilmesi.
Zhang ve diğ., (2022)	Uzaktan algılamaya ve denetleme yoluyla inşaat alanlarındaki kaza sayısını azaltmak veya ortadan kaldırmak.
Khan ve diğ., (2022)	İnşaat alanlarında yüksekte düşerek yaralanma ve ölüm riskini azaltacak bir uyarı isteminin oluşturulması.
Ramanathan ve diğ., (2023)	Havadaki karbondioksit oranının denetlenerek solunum nedenli hastalıkların önüne geçilmesi.

## 9. SONUÇ

Üçüncü endüstri devrimi sonucunda geliştirilen teknoloji tabanlı birçok araç, iş dünyası ve sosyal hayat ilişkin sorunların çözümünde yaygın bir biçimde kullanmaya başlanmıştır. Buna karşın, geliştirilen bu araçların en büyük dezavantajı genellikle birbirleri ile iletişim kuramamaları ve bütünleşik olarak çalıştırılmamalarıdır. Endüstri 4.0 'ın gelişi ile birlikte bu kısır döngüden sıyrılmak mümkün olmuş ve birbiriyle haberleşen bütünleşik sistemler geliştirilebilmiştir. Nİ adı verilen bu teknolojiye dayalı uygulamaların birçok endüstri ve tedarik zincirinde yaygınlık kazandığı ve bu sistemlerin performanslarının büyük oranda iyileştirilebildiği görülmektedir.

Buna ek olarak nesnelerin interneti, sadece kâr odaklı performans göstergelerine yönelik olarak iyileşme sağlamamış, İSG'ye ilişkin nesnelerin interneti uygulamaları ile tedarik zincirlerinin sosyal sürdürülebilirlik performanslarının da geliştirilmesine de katkıda bulunmuştur. Nİ'nin kullanım alanları arasında; yenilenebilir enerji, lojistik ve tedarik zinciri, medikal ve sağlık sistemleri, ulaşım, çevre analizi, tarım ve gıda, ev ve bina otomasyonu ve fiziksel ürün üreten işletmeler başta gelmektedir. Bu uygulama alanları arasında son yıllarda yaygınlaşan ve Nİ'nin İSG sistemlerinin iyileştirilmesine ilişkin kullanımı yer almaktadır. Nİ'nin İG alanında kullanımı sonucunda aşağıdaki faydaların elde edilmesi öngörülmektedir:

- İSG politikalarının iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi
- İSG denetleme ve gözlemlerinin otomasyon sayesinde kolaylaştırılması
- Daha güvenli ve istikrarlı operasyonel gerçekleştirme yeteneğinin kazanılmasına yardımcı olabileceği
- İSG işlevleri üzerine gerçek zamanlı veriler elde etme
- Gelişen çalışan sağlığı ve güvenliği performansı ve azalan devamsızlık
- İSG performansın artması sonucunda çalışanlara ödenecek tazminatlar ile ilgili maliyetlerin azalması

Bu makalede, Endüstri 4.0'ın önemli bileşenlerinden olan nesnelerin interneti tanımlanmış, bu teknolojiye ilişkin uygulamalara yer verilmiş, güvenlik sorununa değinilmiş ve son olarak da nesnelerin internetinin İSG alanındaki uygulama potansiyeli ve örnekleri tartışılmıştır. Nİ ve buna benzer teknolojilerin bütünleşik olarak kullanılabilme potansiyellerinin ele alındığı yeni tarama araştırmalarının, mimari geliştirmeye yönelik örnek olayların ve Nİ ile İSG performansları arasındaki ilişkinin tartışıldığı ampirik çalışmaların gelişmiş ve gelişmekte olan ülke verileri kullanılarak hazırlanması alanın gelişimine katkı sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

#### Araştırmacıların Katkısı

Araştırmannın yazarları araştırmannın tüm süreçlerine eşit derecede katkı sağlamıştır.

#### Çıkar Çatışması

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

#### Kaynaklar

Alam, M. F., Katsikas, S., Beltramello, O., & Hadjiefthymiades, S. (2017). Augmented and virtual reality based monitoring and safety system: A prototype IoT platform. *Journal of Network and Computer Applications*, 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.03.022>

Al-Fuqaha, M., Guizani, M., Mohammadi, M. Aledhari, M. & M. Ayyash, (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, pp. 2347-2376. Doi: [10.1109/COMST.2015.2444095](https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095)

Alli, B. O. (2008). Occupational safety and health: A global perspective. *Second edition*, Erişim adresi: [http://ilo.ch/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/article/wcms\\_098126.pdf](http://ilo.ch/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/article/wcms_098126.pdf)

Akyıldız, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. & Cayirci, E, (2002). A survey on sensor networks. *IEEE Commun. Magazine*, 102-114. Doi: [10.1109/MCOM.2002.1024422](https://doi.org/10.1109/MCOM.2002.1024422)

Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. *RFID Journal*, vol. 97–114. Erişim adresi: <http://www.itreo.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>

Asadzadeh, A., Pakkhuo, S., Saeidabad, M., Khezri, H. & Ferdousi, R. (2020). Information technology in emergency management of COVID-19 outbreak. *Informatics in Medicine Unlocked*, 100475. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100475>

Baena-Navarro, R., Torres-Hoyos, F., Uc-Rios, C., & Colmenares-Quintero, R. F. (2020). Design and assembly of an IoT-based device to determine the absorbed dose of gamma and UV radiation. *Applied Radiation and Isotopes*, 166, 109359. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109359>

Balamuralidhara, P., Misra, P. & Pal, A. (2013). Software platforms for internet of things and M2M. *Journal of the Indian Institute of Science*, 487-498. Erişim adresi: <https://journal.iisc.ac.in/index.php/iisc/article/view/1907>

Bagay, D. (2020). Information security of Internet things. *Procedia Computer Science*, 179-182. Erişim adresi: <https://journal.iisc.ac.in/index.php/iisc/article/view/1907>

Banerjee, A. (2019). Chapter Nine - Blockchain with IOT: Applications and use cases for a new paradigm of supply chain driving efficiency and cost., *Advances in Computers*, 259-292. <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2019.07.007>

Bavaresco, R., Arruda, H., Rocha, E., Barbosa, J. & Li, G.-P. (2021). Internet of Things and occupational well-being in industry 4.0: A systematic mapping study and taxonomy.. *Computers & Industrial Engineering*, 107670. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107670>

Botti, L., Mora, C. & Ferrari, E. (2022). Design of a digital tool for the identification of confined spaces. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 104731. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104731>

Catarinucci, L., Colella, R., Corcione, C. E., Ingrosso, C., Greco, A., Ferrari, F., Curri, M. L. Leo, C. G. Mandriota, G., Molinaro, V., Montanaro, T., Patrono, L. Sabina, S. Sergi, I. Shumba, A. T. Spedicato, L. &

- Striani, R. (2022). Smart IoT system empowered by customized energy-aware wireless sensors integrated in graphene-based tissues to improve workers thermal comfort. *Journal of Cleaner Production*, 132132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132132>
- Campero-Jurado, I., Márquez-Sánchez, S., Quintanar-Gómez, J., Rodríguez, S. & M.Corchado, J. (2020). Smart Helmet 5.0 for Industrial Internet of Things Using Artificial Intelligence. *MDPI Open Access Journal, SENSORS*, 6241. Erişim adresi: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/21/6241>
- Chen, M., Ran, B., Gao, X., Yu, G., Wang, J., & Jagannathan, J. (2021). WITHDRAWN: Evaluation of occupational stress management for improving performance and productivity at workplaces by monitoring the health, well-being of workers. *Aggression and Violent Behavior*, 101713. <https://doi.org/10.1016/j.avb.2021.101713>
- Dimitrov D. V. (2016). Medical Internet of Things and Big Data in Healthcare. *Healthcare informatics research*, 156–163. Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4981575/>
- Doyduk, H.B.B & Tiftik,C. (2017). Nesnelerin İnterneti: Kapsamı, Gelecek Yönelimi ve İş Fırsatları. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi*, 127-143. Erişim adresi: <https://acikerisim.gelisim.edu.tr/xmlui/handle/11363/3492?locale-attribute=en>
- E. A. Khalil, & S. Özdemir, (2018). Nesnelerin internetine genel bir bakış: Kavram, özellikler, zorluklar ve fırsatlar. *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 311-326. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/465802>
- Erol, M. (2019). Occupational Health And Work Safety Systems In Compliance With Industry 4.0: Research Directions. *International Journal of E-business and E-government Studies*, 11, 2, 119-133. <https://doi.org/10.34111/ijepeg.20191123>
- Erturan, İ.E. & Ergin, E. (2017). Muhasebe Denetiminde Nesnelerin İnterneti; Stok Döngüsü. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 13- 30. Erişim adresi: <https://doi.org/10.25095/mufad.399246>
- Ersin, Ç. & Öz, Ali. (2020). IoT Based Embedded System Desing and Implementation for Occupational Health and Safety. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 494-504. Erişim adresi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.692616>
- Evgen, T. (2017). Rfid ve Nesnelerin İnterneti Tedarik Zinciri Bilgi Yönetimi. *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2-87. Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/11499/2047>
- Ferro, E & Potorti, F. (2005). Bluetooth and Wi-Fi wireless protocols: A survey and a comparison. *IEEE Wireless Communications*, 12-26. Doi: [10.1109/MWC.2005.1404569](https://doi.org/10.1109/MWC.2005.1404569)
- Financial Times, (2016). Wearable devices aim to reduce workplace accidents. Erişim adresi: <https://www.ft.com/content/d0bfea5c-f820-11e5-96db-fc683b5e52db>.
- Giusto, D., Lera A., Morabito, G. & Atzori I. (2010). The Internet of Things.” *Springer*. Erişim adresi: <https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-6345-e7c34d064f.pdf>
- Glowniak, J. (1998). History, Structure, and Function of the Internet. *Seminars in Nuclear Medicine*, Vol XXVIII, 135-144. [https://doi.org/10.1016/S0001-2998\(98\)80003-2](https://doi.org/10.1016/S0001-2998(98)80003-2)
- Gnoni, M., G. Bragatto, P. A., Milazzo, M. F. & Setola, R. (2020). Integrating IoT technologies for an “intelligent” safety management in the process industry. *Procedia Manufacturing*, 511–515. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.040>.
- Gregori, F., Papetti, A., Pandolfi, M., Peruzzini, M. & Germani, M. (2018). Improving a production site from a social point of view: an IoT infrastructure to monitor workers condition. *Procedia CIRP*, 72, 886–891. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.057>.

- Gupta, M. Abdelsalam, M & Mittal, S. (2020). Enabling and enforcing social distancing measures using smart city and its infrastructures: a COVID-19 Use case. arXiv preprint arXiv:2004.09246. Apr 13. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.09246>
- Gündüz, M. Z. & Daş, R. (2018). Nesnelerin interneti: Gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları. *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 327-335. Erişim adresi: <http://pajes.pau.edu.tr/en/jvi.aspx?pdire=pajes&plng=eng&un=PAJES-89106&look4=>
- Hakkinen, K. (2014). Safety Management: From Basic Understanding Towards Excellence In: Seppo Väyrynen, Kari Häkkinen, Toivo Niskanen- Ed. *Integrated Occupational Safety and Health Management*, Springer. Erişim adresi: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13180-1\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13180-1_2)
- Hassan, S.S., Bibon, S.D., Hossain, S. & Atiquzzaman, M. (2018). Security threats in Bluetooth technology. *computers & security*, 308–322. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2017.03.008>
- Hinze, A., Bowen, J., & König, J. L. (2022). Wearable technology for hazardous remote environments: Smart shirt and Rugged IoT network for forestry worker health. *Smart Health*, 100225. <https://doi.org/10.1016/j.smhl.2021.100225>
- Jiang, D. (2020). The construction of smart city information system based on the Internet of Things and cloud computing. *Computer Communications*, 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.10.035>
- Javaid, M. Vaishya, R. Bahl, S. Suman, R. Vaish A. 2020. Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic. *Diabetes metabolic syndrome Clinical Research Reviews*”, 419-422. <https://doi.org/10.1016/>
- J. Voas, (2016). Demystifying the internet of things. 80–83. Erişim adresi: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7490326>
- Kanan, R., Elhassan, O., & Bensalem, R. (2018). An IoT-based autonomous system for workers’ safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. *Automation in Construction*. 73–86. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.033>.
- Keleş, A.E & Keleş.M.K. (2018). İnşaat Sektöründe Kullanımı Artan Bilgisayar Yazılımları ve Bilgi Teknolojilerinin İrdelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*. Cilt: 5, No: 2, 610-617. <https://doi.org/10.31202/ecjse.386469>
- Khan, M., Khalid, R., Anjum, S., Khan, N., Cho, S., & Park, C. (2022). Tag and IoT based safety hook monitoring for prevention of falls from height. *Automation in Construction*, 104153. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104153>
- Khalil, E. A., & Ozdemir, S., (2018). Overview of internet of things: Concept, characteristics, challenges and opportunities. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences-Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol.24, no.2, 311-326. Erişim adresi: <http://pajes.pau.edu.tr/en/jvi.aspx?pdire=pajes&plng=eng&un=PAJES-60343>
- Kırkaya, A. (2015). Akıllı Tarım Teknolojileri Uygulamaları Hektaş Ar-Ge Merkezi Gebze Teknik Üniversitesi İşletme Doktora Programı All content following. *This page was uploaded by Aylin kırkaya on 04 February*. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/profile/Aylin-Kirkaya/publication/339029285\\_akıllı\\_tarım\\_teknolojileri\\_uygulamaları/links/5e398bf492851c7f7f1ce771/akıllı-tarım-teknolojileri-uygulamaları.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Aylin-Kirkaya/publication/339029285_akıllı_tarım_teknolojileri_uygulamaları/links/5e398bf492851c7f7f1ce771/akıllı-tarım-teknolojileri-uygulamaları.pdf)
- Korzak, J. & Kijewskab,K. (2019). Smart Logistics in the development of Smart Cities. 201–211. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.022>
- Kosunalp.S & Arucu, M (2018). Nesnelerin interneti ve akıllı ulaşım. 1-7. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jitsa/issue/35759/393470>

- Li, X., Chi, H., Lu, W., Xue, F., Zeng, J. & Li Zhengdao, C (2021). Federated transfer learning enabled smart work packaging for preserving personal image information of construction worker. *Automation in Construction*, 103738. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103738>
- Maciejewski, M. & Dimova, M. (2016). The ubiquitous digital single market, Fact Sheets on the European Union. Available at: [http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/en/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_5.9.4.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/en/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.9.4.html). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103738>
- Madahana, M. C. I., Nyandoro, O. T. C. & Ekoru, J. E. D. (2020). Intelligent comprehensive Occupational health monitoring system for mine workers. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 16494–16499. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.751>
- Chebudie, A. B., Minerva, R., & Rotondi, D. (2014). Towards a definition of the Internet of Things (IoT). Retrieved, *IEEE Internet Initiative*, 1-87. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/publication/317588072\\_Towards\\_a\\_definition\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_IoT](https://www.researchgate.net/publication/317588072_Towards_a_definition_of_the_Internet_of_Things_IoT)
- Mofidi Naeini, A. & Nadeau, S. (2022). STPA systemic approach for OHS and operational risk analysis of data glove use in 4.0 assembly. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 317-331. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.09.003>
- Niewolny, D. (2019). How the Internet of Things Is Revolutionizing Healthcare. White Pap. 2013, pp. 3–5. Erişim adresi: <https://www.nxp.com/docs/en/white-paper/IOTREVHEALCARWP.pdf>.
- NPSTC , Public Safety Internet of Things (IoT), Use Case Report and Assessment Attributes. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.2100-01>
- OECD (2016). The Internet of Things: Seizing the Benefits and Addressing the Challenges. Erişim adresi: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jlwvzz8td0n-en.pdf?expires=1591427083&id=id&accname=guest&checksum=3D578DECF7F08571A0A1D6582733E66C>
- Oyucu, S. & Polat, H (2017). M2M ve IoT Platformları Üzerinde Prototip Uygulama Geliřtirme. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri Ve Mühendisliği Dergisi* (2016 Cilt: 9 - Sayı:2) 01.07. ss.11-20. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tbbmd/issue/30339/271008>
- Öcal, H., Doğru İ. A. & Barışçı, N. (2019). Akıllı ve geleneksel giyilebilir sağlık cihazlarında nesnelerin interneti. *Politeknik Dergisi*, 695-714. Erişim adresi: <file:///Users/aybu/Downloads/10.2339-politeknik.450290-518159.pdf>
- Palanivelu, R. & Srinivasan, P.S.S. (2020). Safety and security measurement in industrial environment based on smart IOT technology based augmented data recognizing scheme. *Computer Communications*, 777–787. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.12.013>.
- Perera, S. (2017). IoT Analytics: Using Big Data to Architect IoT Erişim adresi: <http://wso2.com/whitepapers/iot-analytics-using-big-data-to-architect-iot-solutions/.pp.1-8>
- Pütz, S., Rick, V., Mertens, A., & Nitsch, V. (2022). Using IoT devices for sensor-based monitoring of employees' mental workload: Investigating managers' expectations and concerns. *Applied Ergonomics*, 102, 103739. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103739>
- Rajendran, S., Giridhar, S., Chaudhari, S. & Gupta, P. K. (2021). Technological advancements in occupational health and safety. Measurement: Sensors. 15, 100045. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100045>.
- Ramanathan, S., Malarvili, M. B., & Gopinath, S. C. B. (2023). Assessing respiratory complications by carbon dioxide sensing platforms: Advancements in infrared radiation technology and IoT integration. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(2), 104478. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104478>

- Rose K., Eldridge, S. & Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview. *The Internet Society (ISOC)*, 1-50. Erişim adresi: [https://dl.wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48790442/ISOC-IoT-Overview-20151014\\_0-libre.pdf?1473746977=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DThe+Internet+of+Things+An+Overview+Under.pdf&Expires=1712398830&Signature=ORJfuGzYkQjGynl4YOTzOiRi2YlgTVj9b9sU0RGJaqOe85u64kY-T7~dHNU7stXGu5ws6PAdeUXWZfktTSVkJvAUST0Fn~DZnIziszXrvLHu1Vl-Hxxp4Ou0ZwRXfwxa9Hpw1O0BEYMRC2Afp13XO5k3mFZJbY7iBeT1~cXHX9gTCBqI1-i-lhx9d3dEkueOyXkubBxWDHJ-Hmkpz2QC6zlhHTh3lKd~d7BnYegX6~74CHlOwMRA0EvnShJjivbg19aJFnMj4bAxcVNBXuFcLczPO~ka0n7MFS1wsB8pTHJSPN8k9DXscbVA4HCwGYiG7QAV9wDFoJF67riyAd1uw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://dl.wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48790442/ISOC-IoT-Overview-20151014_0-libre.pdf?1473746977=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DThe+Internet+of+Things+An+Overview+Under.pdf&Expires=1712398830&Signature=ORJfuGzYkQjGynl4YOTzOiRi2YlgTVj9b9sU0RGJaqOe85u64kY-T7~dHNU7stXGu5ws6PAdeUXWZfktTSVkJvAUST0Fn~DZnIziszXrvLHu1Vl-Hxxp4Ou0ZwRXfwxa9Hpw1O0BEYMRC2Afp13XO5k3mFZJbY7iBeT1~cXHX9gTCBqI1-i-lhx9d3dEkueOyXkubBxWDHJ-Hmkpz2QC6zlhHTh3lKd~d7BnYegX6~74CHlOwMRA0EvnShJjivbg19aJFnMj4bAxcVNBXuFcLczPO~ka0n7MFS1wsB8pTHJSPN8k9DXscbVA4HCwGYiG7QAV9wDFoJF67riyAd1uw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Roman, R., Najera, P. & Lopez, J. (2011). 'Securing the Internet of Things'. *IEEE Computer*, 51-58. Erişim adresi: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6017172>
- Sadeghi, S., Soltanmohammadlou, N., & Nasirzadeh, F. (2022). Applications of wireless sensor networks to improve occupational safety and health in underground mines. *Journal of Safety Research*, 8-25. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.07.016>
- Sarkar De, T. (2022). Internet of Things (IOT) and library services. *Emerald Publishing Limited*, 18-22. Erişim adresi: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/LHTN-06-2022-0079/full/html>
- Serin, G. & Çuhadar, M.T., (2015). İş Güvenliği ve Sağlığı Yönetim Sistemi. *SDÜ Teknik Bilimler Dergisi*, 44-59. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tbed/issue/20936/225079>
- Song, S. & Issac, B., (2014). Analysis Of Wifi And Wimax and Wireless Network Coexistence. *International Journal of Computer Networks & Communications*, 63-78. Erişim adresi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.0721>
- Stoessl, A.J., Bhatia, KP., & Merello, M. (2020). Movement disorders in the world of COVID- 19. *Mov.Disord.Clin. Pract. In press*. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1002/mdc3.12952>
- Şişmanyazıcı, D., & Doğan, B. (2016). Nesnelerin İnternetinde Veri Madenciliği. *International Conference on Computer Science and Engineering*, Tekirdağ. 20-23 Ekim 2016 ss.420-425. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/profile/Derya-Sismanyazici/publication/308791605\\_Nesnelerin\\_Internetinde\\_Veri\\_Madenciligi\\_Data\\_Mining\\_on\\_Internet\\_of\\_Things/links/5837e32908ae3a74b49b255b/Nesnelerin-Internetinde-Veri-Madenciligi-Data-Mining-on-Internet-of-Things.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Derya-Sismanyazici/publication/308791605_Nesnelerin_Internetinde_Veri_Madenciligi_Data_Mining_on_Internet_of_Things/links/5837e32908ae3a74b49b255b/Nesnelerin-Internetinde-Veri-Madenciligi-Data-Mining-on-Internet-of-Things.pdf)
- Tanyer, A. M. & Pekiçli, M. K. (2008). İnşaat Sektörü İçin Bilgi Teknolojilerindeki Son Gelişmeler. *TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri*, 21-26. Erişim adresi: <https://izmir.imo.org.tr/Eklenti/834.insaat-sektoru-icin-bilgi-teknolojilerindeki-son-gelistmelerpdf.pdf?0>
- Teixeira, D., Ferreira, j. & Gonçalves, R. (2022). Monitoring of shop-floor workers postural stability through the use of smartsoles. *International Federation of Automatic Control (IFAC) Conference Paper*. 2234-2239. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.040>
- Turak, Y. (2015). Nesnelerin İnterneti Ve Güvenliği, Erişim adresi: <http://www.yigitturak.com/wp-content/uploads/IoTGuvenligi.pdf>
- Vicini, S., Sanna, A. & Bellini, S. (2012). A living lab for Internet of Things vending machines. *Springer, Berlin. Conference paper*, 35-43. Erişim adresi: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-28816-6\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-28816-6_4)
- Vuki'cevic, A., Ma'cuži'c, I., Djapan, M., Mili'cevic, V. & Shamina, L. (2021). Digital Training and Advanced Learning in Occupational Safety and Health Based on Modern and Affordable Technologies. *Sustainability*, 13641. <https://doi.org/10.3390/su132413641>
- Yang, L.U. (2017). Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 1-10. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>



Yang, Z., Yue, Y., Yang, Y., Peng, Y., Wang, X & W. Liu, (2011). Study and application on the architecture and key technologies for IOT. in Multimedia Technology (ICMT), *International Conference on*, 747-751. DOI: [10.1109/ICMT.2011.6002149](https://doi.org/10.1109/ICMT.2011.6002149)

Yi Lyu, A. Peng Yin, B, " Internet of Things transmission and network reliability in complex environment." *Computer Communications*, 757–763. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.11.054>

Zhan, X., Wu, W., Shen, L., Liao, W., Zhao, Z. & Xia, J. (2022). Industrial internet of things and unsupervised deep learning enabled real-time occupational safety monitoring in cold storage warehouse." *Safety Science*, 105766. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105766>

Zhang, M., Ghodrati, N., Poshdar, M., Seet, B.-C. & Yongchareon, S. (2023). A construction accident prevention system based on the Internet of Things (IoT). *Safety Science*, 106012. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106012>

Zorzenon, R., Lizarelli, F. L. & de A. Moura, D. B. A.(2022). What is the potential impact of industry 4.0 on health and safety at work?. *Safety Science*, 105802. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105802>

Xu, J., Lu, W., Wu, L., Lou, J. & Li, X. (2022). Balancing privacy and occupational safety and health in construction: A blockchain-enabled P-OSH deployment framework. *Safety Science*, 105860. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105860>

Wu, M. Lu, T. & F. Ling, (2010). Research on the architecture of Internet of things. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*. Washington, DC, USA: IEEE, 484. DOI: [10.1109/ICACTE.2010.5579493](https://doi.org/10.1109/ICACTE.2010.5579493)