



DOĞUŞ ÜNİVERSİTESİ DERGİSİ

DOGUS UNIVERSITY JOURNAL

e-ISSN: 1308-6979

<https://dergipark.org.tr/pub/doujournal>

ENDÜSTRİ 4.0 VE ENDÜSTRİYEL NESNELERİN İNTERNETİ: UYGULAMA, FIRSAT VE ZORLUKLAR-LİTERATÜR TARAMASI

*INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS (IIoT):
IMPLEMENTATION, OPPORTUNITIES AND CHALLENGES - LITERATURE
SEARCH*

Serap TURKYILMAZ⁽¹⁾

Öz: Son yıllarda meydana gelen teknolojik gelişmeler ve yenilikler, küresel endüstriyi büyük ölçüde değiştirdi. Dördüncü sanayi devrimi (Endüstri 4.0), malların, ürünlerin, değer zincirlerinin ve iş modellerinin dijitalleşmesi ve birbirine bağlanmasıyla ilgilidir. Endüstri 4.0, yenilikçi teknolojileri bünyesine katarak geleneksel endüstrileri akıllı endüstrilere dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Endüstri 4.0 insanların, nesnelerin ve makinelerin küresel bağlantısıdır. Dördüncü sanayi devrimi, fiziksel varlıkların iç içe geçmiş dijital ve mekanik süreçlere entegre edilmesini sağlayarak akıllı fabrikalar ve akıllı üretim ortamları yaratır.

Büyüyen bir etki alanı olan Nesnelerin İnterneti (IoT), insanların çevrelerindeki şeylerle iletişim ve etkileşim kurma şeklini değiştirmiş, ortak nesnelere bağlı nesnelere döndürerek İnternet'e evrensel bir bağlantı sağlamıştır. Nesnelerin İnterneti, Endüstri 4.0'ın gerçekleşmesine büyük ölçüde katkıda bulunan ve hızla büyüyen bir teknolojidir. IoT, fiziksel dünyayı dijital dünyaya bağlayarak insanların ve nesnelerin "her zaman, her yerde, her şeyle ve herhangi biriyle" ideal olarak herhangi bir ağ ve hizmeti kullanarak günlük ortamımıza nüfuz etmeye çalışır. IoT sağlık, kalite kontrol, lojistik, enerji, tarım ve üretim gibi modern ekonominin çeşitli alanlarında uygulanmaktadır. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT), üretim sürecinin daha iyi anlaşılması için çıkış açarak verimli ve sürdürülebilir üretim sağlar. Makalede IoT, IIoT ve Endüstri 4.0 kavramları açıklanmaktadır. Bu teknolojilerin uygulanmasıyla beraberinde getirdiği fırsatlar, tehditler ve zorluklar detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Nesnelerin İnterneti, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti

Abstract: Industry 4.0, the fourth industrial revolution, focuses on the increasing digitization and interconnection of goods, products, value chains, and business models. It aims to transform traditional industries into smart industries by incorporating innovative technologies, connecting people, things, and machines globally. This

⁽¹⁾ Dr., Bağımsız Araştırmacı, serap_turkyilmaz@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-9847-4164

Geliş/Received: 06-06-2023; Kabul/Accepted: 16-12-2023

revolution creates smart factories and manufacturing environments by integrating physical assets into interconnected digital and mechanical processes.

A growing domain the Internet of Things (IoT), has changed the way people communicate and interact with things around them, turning common objects into connected objects, providing a universal connection to the Internet. The Internet of Things is a rapidly growing technology that greatly contributes to the realization of Industry 4.0. By connecting the physical world to the digital world, IoT seeks to penetrate our daily environment of people and things "anytime, anywhere, anything and anyone", ideally using any network and service. IoT healthcare, quality control, logistics, energy, agriculture and manufacturing Industrial Internet of Things (IIoT) provides efficient and sustainable production by breaking new ground for a better understanding of the production process. The article explains the concepts of IoT, IIoT, and Industry 4.0, while also delving into the opportunities, threats, and challenges associated with their implementation in a detailed manner.

Keywords: Industry 4.0, Internet of Things, Industrial Internet of Things

JEL: M10, M15, M19, O14, O30

1.Giriş

Günümüzde hızla gelişen teknolojik gelişmeler ve iletişim araçlarının yeteneklerinin artması nedeniyle akıllı cihazlar İnternet üzerinden birbirine bağlanabilmekte, iletişim ve etkileşim kurabilmektedir (Sayar, 2022). Hiç şüphe yok ki bu yeni teknoloji, dünyadaki çoğu insanın hayatının en önemli parçalarından biri haline gelmiştir. Gelişmiş gömülü sistemlerle donatılmış bu akıllı cihazlar iletişim, algılama, gerçek zamanlı veri alma, toplama, depolama ve işleme özelliklerine sahiptir (Lampropoulos vd., 2019). Günlük yaşam ve çeşitli alanlarda uygulama, işlev ve hizmetlerle hızla büyüyen ve yenilikçi bir teknoloji olan Nesnelerin İnterneti (IoT), çevremize ve nesnelere nüfuz etmeyi, fiziksel dünyayı dijital dünyaya bağlamayı, "insanların ve cihazların her zaman, her yerde, her şeyle ve herkesle bağlanmasına" olanak sağlamayı amaçlar (Hussain vd., 2022). Nesnelerin İnterneti paradigması, endüstriyel ortamlarda önemli uygulamalara sahiptir. IoT ve daha spesifik olarak IIoT (Endüstriyel Nesnelerin İnterneti), endüstriyel üretimin dijitalleşmesi ve otomasyonu ile birlikte dördüncü sanayi devrimini (Endüstri 4.0) gerçekten başlatan teknoloji olduğu düşünülmektedir (Li vd., 2011). Endüstri 4.0 olarak da bilinen Endüstriyel Nesnelerin İnterneti, önemli sayıda ağa bağlı gömülü algılama cihazı kullanarak ve en son bilgi işlem teknolojilerini entegre ederek üretimde devrim yaratan bir teknoloji olmuştur (Peter vd., 2023).

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti, endüstrilerden ve akademisyenlerden gelen kapsamlı farkındalığı içerir. Bu durum endüstriyel planların dönüşümünde önemli bir faktör olabilir. Endüstriyel IoT, endüstri ve akademik çevrelerin yanı sıra hükümetler tarafında da yoğun bir şekilde tartışılmaktadır (Kumar vd., 2022). Bu makalenin temel amaçlarından biri, Endüstri 4.0'da IoT teknolojilerinin revize edilen bir başka özelliği olan Endüstriyel Nesnelerin İnternetinin kullanımını vurgulamaktır. Bu makale, IoT ve IIoT'yi detaylı açıklayarak endüstriyel alandaki değerine odaklanır.

2. Endüstri 4.0'a Genel Bakış

18. yüzyılın sonuyla birlikte makinelerin icat edilmesi ve buhar gücünün kullanılmasıyla ilk sanayi devrimi başladı. Mekanizasyon, Endüstri 1.0'ın temel özelliğidir (Kagermann vd., 2013). 1870'ten sonra elektrik enerjisi desteği ile mekanik üretim hızlandı ve ikinci sanayi devrimi (Endüstri 2.0) olarak adlandırılan döneme girildi (Klingenberg ve Do Vale Antunes, 2017). Üçüncü sanayi devrimi 1970'lerin başında başladı. 1969 yılından itibaren elektronik ve otomasyon sistemlerinin yaygınlaşması sonucunda işçilik maliyetleri daha da düşürülmüş ve üçüncü sanayi devrimi (Endüstri 3.0) ortaya çıkmıştır (Bauer vd., 2014). Endüstri 4.0 ise dijital dönüşümü ifade eder (Oztemel ve Gursev, 2020). 4. Sanayi Devrimi'nin (Endüstri 4.0) başlangıcı, sensörlerle ve akıllı kontrol birimleriyle donatılmış makinelerin geliştirilmesi ve uygulanmasına bağlıdır. Bu durum makinelerin birbirleriyle iletişim kurmalarına ve otomatik sorun giderme ve raporlama yapmalarına olanak sağladı (Yaşar ve Ulusoy, 2019). Endüstri 4.0, üretim sistemlerindeki değişiklikleri ve "makine imalatından" bilgi teknolojisi tarafından yönlendirilen "dijital imalata" dönüşümü esas olarak açıklar (Lasi vd., 2014).



Şekil 1. Sanayi Devrimleri



Şekil 2. Toplumun Dönüşümü

Endüstri 4.0 son derece entegre, dijitalleştirilmiş, otomatik, otonom ve verimli bir üretim ortamı olarak kabul edilebilir. Endüstri 4.0'ın tanımı konusunda henüz bir fikir birliğine varılmamış olsa da yerli ve yabancı literatürde bazı tanımlar önerilmiştir. Wee vd. (2015), Endüstri 4.0'ı "hemen hemen tüm ürün bileşenlerine ve üretim ekipmanına gömülü sensörler, her yerde bulunan siber-fiziksel sistemler ve ilgili tüm verilerin analizi ile imalat sektörünün dijitalleştirilmesi" olarak tanımlamıştır. Ek olarak Endüstri 4.0'ın şu dört teknolojik grup tarafından yönlendirildiğini aktarmışlardır: 1) veri, hesaplama gücü ve bağlanabilirlik, 2) analitik ve zeka, 3) insan-makine etkileşimi ve 4) dijitalden fiziksele dönüşüm (Wee vd., 2015). Kohler ve Weisz (2016) ise Endüstri 4.0'ı, akışların gerçek zamanlı senkronizasyonunu sağlayarak ve özelleştirilmiş üretimi etkinleştirerek kontrol etmeye yönelik yeni bir yaklaşım olarak tanımlamaktadır (Kohler ve Weisz, 2016).

Dördüncü sanayi devriminin görevi geleneksel makine ve ekipmanları, verimliliklerini ve bakımlarını artırmak için akıllı ve kendi kendine öğrenen cihazlara dönüştürmektir. Endüstri 4.0'ın temel amacı ağa bağlı bilgi sistemlerinin uygulanmasını sağlayan iş birliğine dayalı, akıllı üretim platformları oluşturmaktır. "Gerçek zamanlı veri izleme, ürünün durumunu ve konumunu izlemek ve üretim süreçlerini kontrol etme talimatlarını tutmak" Endüstri 4.0'ın hedefleridir (Wójcicki vd., 2022).

Endüstri 4.0 çok sayıda çağdaş çözüm, uygulama ve hizmet sunarken kişisel, profesyonel ve ekonomik fırsatlar da sağlayabilir. Bu nedenle Endüstri 4.0'ı tam olarak uygulayabilen ve bunlara uyum sağlayabilen işletmeler ve endüstriler, birçok fayda ve kâr elde edecek ve pazar rekabetinin önünde kalabilecektir. Bununla birlikte Endüstri 4.0 geliştirme, benimseme ve uygulamanın henüz erken bir aşamasındadır. Bu nedenle hala ele alınması gereken çeşitli açık sorunlar ve zorluklar bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Japonya'da hem Endüstri 4.0 teknoloji tedarikçileri hem de üreticileri arasında eşit olarak bölünmüş 300 uzman şirketi (en az 50 çalışanı olan) içeren bir Küresel Uzman Anketi yapmıştır. Yapılan anketlerin neticesinde cevap verenlerin büyük bir çoğunluğu rekabet güçlerinin, operasyonel verimliliklerinin ve iş modellerinin Endüstri 4.0 ile artacağını düşündüklerinin ifade etmişlerdir. Ayrıca, yaptıkları ankete göre Endüstri 4.0'ın ana zorluklarını da aşağıdaki gibi sıralamışlardır (Bauer vd., 2016):

- Endüstri 4.0'ı tanıtmak için gereken radikal değişimi gerçekleştirme cesaretinin olmaması;
- Endüstri 4.0'ı gerçekleştirmek için gerekli yeteneklerin eksikliği;
- Endüstri 4.0 BT mimarisine yapılan yatırımları haklı çıkaran net bir iş gerekçesinin olmaması;
- Aralarındaki zayıf etkileşim nedeniyle araştırma ve geliştirme (Ar-Ge), BT, üretim, satış ve finans departmanları gibi farklı organizasyonel birimler arasında eylemleri koordine etmede zorluk;
- İç ve dış kaynak kullanımına ilişkin belirsizlik ve hizmet sağlayıcılar hakkında bilgi eksikliği;
- Üçüncü taraf teknoloji/yazılım ve uygulama sağlayıcıları söz konusu olduğunda siber güvenlikle ilgili endişeler;
- Üçüncü taraf sağlayıcılarla çalışırken veri sahipliğiyle ilgili endişeler;
- Endüstri 4.0 uygulamalarını etkinleştirmek için farklı kaynaklardan gelen verileri entegre etmeyle ilgili zorluklar.

Endüstri 4.0'ın temel teknolojilerini Rüßmann vd., (2015), dokuz sütunda tanıtmıştır. Rüßmann vd., (2015) göre tüm teknolojilerin ayrı ayrı uygulanması mümkündür ancak,

yalnızca bunların entegrasyonu geleneksel üretim sistemlerini dönüştürebilir ve geliştirebilir (Rüßmann vd., 2015)

Tablo 1. Endüstri 4.0 Teknolojiler

Teknolojiler	Tanım
Nesnelerin İnterneti (IoT)	Verileri depolayan, işleyen, analiz eden ve birbirleri arasında veri alışverişi yapan akıllı sensörlerle donatılmış internet sistemidir. Gerçek zamanlı üretim ile Nesnelerin İnterneti, verimliliği artırır ve karar vermeye yardımcı olur (Roblek ve diğerleri, 2016).
Bulut Bilgi İşlem	Bulut bilgi işlem, talep üzerine bilgisayar kaynaklarını uygulamalardan depolama ve işleme tesislerine, genellikle uzaktan ve maliyet karşılığında sağlar. Bulut bilişim sistemlerini uygulamak, Endüstri 4.0'ın kaynak talebini artırması için yeterli olmalıdır. Bulut altyapısı, bilgisayar işleme operasyonunun kolaylığını sağlayan en açık bilgi işlem tesisidir (Alabadi vd., 2022).
Büyük Veri	Ham verileri karar vermede kullanılacak bilgilere dönüştürmek için büyük veri kümelerini toplama, derleme, temizleme ve analiz etmeye yönelik karmaşık bir süreçtir (Fei vd., 2019).
Yatay ve Dikey Entegrasyon	Dikey entegrasyon, bir kuruluştaki hiyerarşik yönetim yapısının farklı düzeylerindeki etkileşimdir. Yatay entegrasyon ise değer zincirinin oluşturulmasıyla ilgili kuruluşun tüm iç ve dış departmanları ve taraflarıdır (Dalenogare vd., 2018).
Artırılmış gerçeklik (AR)	Bilgisayar kaynaklarını insan vizyonu ile entegre etmek ve sanal nesnelere gerçek dünyaya yerleştirmek için uygulanan bir teknolojidir (Billinghurst vd., 2015).
Otonom robotlar	Robotlar, tanımlanmış görevleri minimum seviyede insan katılımıyla yerine getiren akıllı makinalardır (Richert vd., 2016).
Siber güvenlik	Bilgilerin çalınmasını, ele geçirilmesini veya saldırıya uğramasını önlemek için kullanılan bir dizi teknoloji, süreç ve uygulamadır (Kamble vd., 2018).
Simülasyon	Fabrika, makine ve ürünleri gerçek zamanlı veriler üzerinden sanal bir modelde simüle etmektir (Schluse vd., 2018).
Eklenti imalat	Ardışık malzeme katmanlarını birleştirerek 3B modellere dayalı fiziksel nesnelere üretim sürecidir (Rüßmann vd., 2015).

3. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti, Endüstri 4.0'ın kritik bir bileşeni ve BT alanında yeni bir paradigma değişimidir (Madakam, 2015; Wójcicki vd., 2022). IoT, "Nesneler, İnternet ve Anlamsal" olmak üzere üç ana vizyonun yakınsamasının bir sonucu olarak ifade edilmektedir (Liu vd., 2020). Nesnelerin İnterneti kavramı 20. yüzyılın sonunda ortaya çıkmış ve en yeni devrimci teknolojik gelişmelerden biri haline gelmiştir (Hughes vd., 2020). Nesnelerin İnterneti terimi 1999 yılında Kevin Ashton tarafından tanıtılmıştır (Aston, 2009). Ancak IoT kavramı yıllar içinde gelişmiş ve çeşitli araştırmacılar tarafından bazı farklı tanımlar önerilmiştir. Atzori vd. (2010)'a göre IoT'nin anlamsal tanımı; "standart iletişim protokollerine dayalı, benzersiz bir şekilde adreslenebilen, birbirine bağlı nesnelere oluşan dünya çapında bir ağ" olarak ifade etmiştir (Atzori vd., 2010). Hofmann ve Rüsç (2017), "geleneksel ürün sınırlarını aşan yeteneklere sahip akıllı, sorunları kendi çözümleyebilen ve başka makineler ile bağlantı kurabilen bir internet sistemi" olarak tanımlamıştır (Hofmann ve Rüsç, 2017). Salih vd. (2022) ise IoT'u, "sosyal, çevresel ve kullanıcı bağlamlarında iletişim kurmak için arayüzler kullanarak akıllı alanlarda faaliyet gösteren kimliklere ve sanal kişiliklere sahip şeyler" olarak özetlemiştir (Salih vd., 2022).

IoT, telekomünikasyon ağına (internet) bağlı gömülü sistemlere sahip çeşitli cihazlardır. Doğrudan insan müdahalesi olmadan bilgi üretme ve otomatik olarak gönderme yeteneğine sahiptirler (Wójcicki vd., 2022). IoT, cihazlar ve gerçek dünya uygulamaları arasında otonom, güvenli bağlantılar ve veri alışverişi gerçekleştirmeyi amaçlar. Ayrıca M2M (Makineden Makineye) iletişim ve ara bağlantının gerçekleşmesine ve zekanın cihazlara entegrasyonuna katkıda bulunur. Böylece cihazlar, bilgi ve verileri işleyebilecek ve herhangi bir insan katılımı ve/veya müdahalesi olmadan gerçek zamanlı otonom insan benzeri akıllı kararlar verebilecektir (Lampropoulos vd., 2019).

IoT kavramının temel gücü, günlük yaşamın çok çeşitli tarafları ve gelecekteki kullanıcıların davranışları üzerinde sahip olacağı kuvvetli etkidir. IoT devriminin bir başka yönü insanları herhangi bir zamanda veya herhangi bir yerden birbirine bağlamak ve iletişim ağları aracılığıyla nesnelere iletişim kurmalarını sağlamaktır. IoT'nin altında yatan ana tema budur. Şekil 3, IoT'nin özelliklerini göstermektedir (Salih vd., 2022).



Şekil 3. IoT'un Özellikleri

Dünya çapında Nesnelerin İnterneti cihazlarının sayısının 2020'de 9,7 milyar 2030 yılına gelindiğinde ise 29 milyardan fazla olacağı tahmin ediliyor. 2030 yılında en fazla IoT cihazının yaklaşık 5 milyar tüketici ile Çin de olması bekleniyor. Şu anda 100 milyondan fazla IoT cihazıyla bağlı başlıca sektör dikeyleri; elektrik, gaz, buhar ve klima, su temini ve atık yönetimi, perakende ve toptan satış, ulaşım, depolama ve kamudur. Genel olarak tüm sektör dikeylerindeki IoT cihazlarının sayısının 2030 yılına kadar 8 milyarın üzerine çıkacağı tahmin ediliyor. Tüketici segmentindeki IoT cihazları için en önemli kullanım alanları, 2030 yılına kadar 17 milyarı aşacağı tahmin edilen akıllı telefonlar gibi tüketici internet ve medya cihazlarıdır. 2030 yılına kadar IoT cihazı içeren diğer kullanım durumları ise bir milyardan fazla bağlantılı (otonom) araçlar, BT altyapısı, varlık izleme ve akıllı şebekeler olacaktır (Statista, 2023).

IoT devrimi tanımlama, sensörleştirme ve işleme yeteneğine sahip farklı nesnelere birbirine bağlama yeteneğinden kaynaklanmaktadır. Başlangıçta entegre cihazlarla farklı cihazların zenginleştirilmesine izin vererek, bu cihazların her zaman birbirine bağlanmasını sağlar (Tarifa-Fernández vd., 2019). Bununla birlikte IoT teknolojisinin ana bileşenleri ise, aşağıdaki gibi az / daha fazla sensör ve aktüatöre sahip herhangi bir bilgisayara çok benzemektedir (Khan ve Javaid, 2022):

- Kol tabanlı bilgi işlem cihazı (Raspberry PI veya Arduino veya Beagle Board)
- Aktüatörler; motorlar (Stepper, fırçasız vb.)
- Sensör; (Kablosuz, Jiroskop, Sıcaklık, Basınç, Su Kalitesi, Kimyasal, IR, Görüntü ve daha fazlası)
- Farklı cihazlarla çoklu arayüz oluşturmak için Bağlantı Noktası/Pinleri bağlama
- Güç dağıtım adaptörü

•Soğutma

IoT ve geleneksel İnternet arasındaki fark insan sorumluluğunun olmamasıdır. IoT düğümleri bir kişinin faaliyetleriyle ilgili verileri oluşturabilir, inceleyebilir ve uygun eylemleri atayabilir. IoT uygulamaları kullanılarak sunulan hizmetler insan yaşamının ve varlığının iyileştirilmesini sağlamıştır. Bununla birlikte IoT cihazları ve sensörler aracılığıyla arayüzü verileri çıkarılırken gizlilik ve veri mahremiyeti en büyük endişe kaynağıdır (Kumar, Khan vd., 2022). Her yeni teknolojinin hem olumlu hem de olumsuz yanları olduğu açıktır. IoT, diğer tüm yeni teknolojiler gibi hem avantajlara hem de dezavantajlara sahiptir. IoT'un geleceği parlaktır ancak çok fazla zamana ve çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. IoT söz konusu olduğunda çözülmesi gereken çok sayıda teknik sorunun yanı sıra gerçekçi bir genel bakış elde etmek için uzun bir süreç gereklidir (Salih vd., 2022). Hameed, Khan ve Hameed, güvenlik ve mahremiyet açısından IoT zorluklarına ilişkin güncellenmiş bir genel bakış sunmuş ve yazarlar güvenlik gereksinimlerini “gizlilik, mahremiyet, güvenli yönlendirme, sağlam ve esnek yönetim ve hasar tespiti” olarak sınıflandırmışlardır (Hameed, Khan ve Hameed, 2019). Tripathi ve Goyal, IoT zorluklarını “ karmaşıklık, gizlilik/güvenlik ve iş kaybı” olarak üç başlıkta özetlemiştir (Tripathi ve Goyal, 2020). Kumar, Khan vd. (2022), “pil ömrü, hafif hesaplama, güvenlik ve gizlilik sorunu, sürdürülebilirlik ve güven yönteminin zorluğu” ve Salih vd., (2022) de “güvenlik ve gizlilik, karmaşıklık, esneklik ve pazarlama ve içerik teslimi” olarak sınıflandırmışlardır. Furstenau vd., IoT'nin karşılaştığı temel zorluklar ve sorunları 23 makaleyi analiz ederek kapsamlı bir çalışma sunmuştur. Yapılan analiz neticesinde IoT sorun ve zorluklarını altı ana başlıkta toplamıştır (Furstenau vd., 2022).

Tablo 2. IoT'un Temel Zorlukları

Faktör	Bağlantılı Alt Başlık
Gizlilik ve güvenlik	<ul style="list-style-type: none"> • Veri gizliliği • Ağ güvenliği • IoT Cihaz Güvenliği • Yazılım Güvenliği • Çıkar çatışması
Teknik	<ul style="list-style-type: none"> • Mimarlık ve Tasarım • Cihazların Heterojenliği • Donanım Yapısı • Hata Toleransı
Compute-bilgi işlem	<ul style="list-style-type: none"> • Adresleme • Veri yönetimi • Altyapı • Yazılım

İş	<ul style="list-style-type: none"> • İş modeli • İnternete yatırım • Geliştirmek. nesnelere • Ekonomik gelişme • Fırsatlar ve Sorunlar • Müşteri Beklentisi • Servis kalitesi
Yasal kayıt	<ul style="list-style-type: none"> • Veri Kullanım Oranı • Mülkiyet • Standardizasyon • Küresel İşbirliği • şirket • Yükümlülük
Kültür	<ul style="list-style-type: none"> • Eğitim ve Öğretim Etiği • Etik • Kendinden emin • Vandalizm

Kaynak: (Furstenau vd., 2023: 677-687)

Günümüzde gerek iş ve gerekse günlük hayatın her alanında IoT'nin faydalarının gerçekleşmesi umut ediliyor. IoT teknolojisi temel olarak; verilere uzaktan erişim, bağlı cihazlar üzerinden etkili iletişim ve insan müdahalesi olmadan iş yapılması avantajını sağlamaktadır (Tripathi ve Goyal, 2020). Tablo 3, IoT'un sağlayacağı birkaç avantaj listesini göstermektedir: (Ramasamy ve Kadry, 2021).

Tablo 3. IoT Avantajları

IoT Avantajları	Açıklama
Teknik geliştirme	Tüketicilerin IoT gerçeklerini gözlemlemesi için geliştirilen teknik ve verilerdir. IoT, gerçek veri ve saha performansı dünyasının kapılarını açar.
Gelişmiş tüketici katılımı	Yapılan istatistikler, belirsizlik sorunu ve kesinlik konusunda temel hatalara sahiptir. IoT, izleyici de dahil olmak üzere zengin ve üretken bir katılım sağlayarak bunu değiştirir.
Gelişmiş bilgi derleme	Bugünün bilgi derlemesi pratik kullanım için kısıtlıdır. IoT, bu boşlukları doldurur.
Azalan atık	IoT, geliştirilen alanları daha net oluşturur. IoT verimli kaynak yönetimi ile gerçek verilerin elde edilmesini sağlar.

IoT, günlük yaşamda farklı pazarlarda ve endüstrilerde çeşitli uygulamalar, işlevler ve hizmetler ile hızla büyüyen yenilikçi bir teknoloji olarak kabul edilir. IoT çözümleri çok

sayıda etki alanına ve ortama uygulanabilir. Atzori vd., (2010), IoT uygulamalarını beş uygulama alanında, Sundmaeker vd., (2010) ise, IoT uygulamalarını üç uygulama alanında gruplandırmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. IoT Uygulama Alanları

IoT Uygulama Alanları	
Atzori vd., 2010	Sundmaeker vd., 2010
Ulaştırma ve Lojistik Alanı: Lojistik, destekli sürüş, mobil biletleme, çevre izleme, artırılmış haritalar vb. içerir.	Çevresel Alan: Tüm doğal kaynakları, çevre yönetim hizmetlerini, enerji yönetimini, geri dönüşümü, tarımı vb. koruyan, izleyen ve geliştiren uygulamaları içerir.
Sağlık Alanı: İzleme, tanımlama, kimlik doğrulama, veri toplama, algılama vb. içerir.	Endüstriyel Alan: Bu alanın uygulamaları, işletmeler, kuruluşlar ve diğer kuruluşlar arasındaki finansal veya ticari işlemleri içerir. Ayrıca, imalat, lojistik, bankacılık, finansal hükümet yetkilileri vb. anlamına gelir.
Akıllı Çevre Alanı: Konforlu evler/ofisler, endüstriyel tesisler, akıllı müze ve spor salonları vb. içerir.	Sosyal Alan: Kalkınma ve içerme toplumlari, şehirler ve insanlar ile vatandaşlara ve diğer toplum yapılarına vb. yönelik devlet hizmetlerine ilişkin uygulamaları içerir.
Kişisel ve Sosyal Alan: Sosyal ağ, tarihsel sorgulamalar, kayıplar ve hırsızlıklar vb. içerir.	
Fütüristik Alan: Robot taksi, şehir bilgi modeli, gelişmiş oyun odaları vb. içerir.	

Sonuç olarak, Nesnelerin İnterneti “nesneler” olarak da adlandırılan akıllı cihazların siber uzayda birbirine bağlı ağları olarak görülmektedir. Bu akıllı cihazlar kullanıcılara çeşitli kolaylıklar sağlamak için verileri toplar, analiz eder, işler ve aktarır. Çok sayıda günlük faaliyetten önemli miktarda veri toplanır. Bu operasyonların konuşlandırılması Yapay Zeka, Makine Öğrenimi, Büyük Veri, İletişim Ağları (yani WSN), Bulut Bilişim vb. teknolojilerin diğer ilerici teknik bilgilerle güçlü bir şekilde birleşmesi ile gerçekleşir. Günümüzde Nesnelerin İnterneti sağlık hizmetleri, akıllı arabalar, tarım, akıllı evler, akıllı şehirler, akıllı endüstriyel süreçler ve operasyonlar, trafik yönetim sistemleri, akıllı şebekeler ve ölçüm sistemleri gibi farklı alanlarda çok yaygın bir şekilde görülmektedir (Kumar, Rani ve Awadh, 2022).

4. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti-IIoT

Dijitalleşme ve akıllı üretim süreçlerine duyulan ihtiyaç birçok endüstriyel süreci otomatikleştirmiş, OT (Operasyonel Teknoloji) ve BT (Bilgi Teknolojisi) alanlarını entegre etmenin mümkün hale geldiği IIoT'nin de ortaya çıkmasına neden olmuştur (Kebande, V. R., 2022). Bilgi ve İletişim Teknolojisinin (ICT) hızlı gelişimi, akıllı nesnelerin, siber-fiziksel varlıkların, bilgi teknolojilerinin ve bulut/uç bilgi işlem platformlarının endüstriyel ortamda gerçek zamanlı, akıllı ve otonom erişim sağladığı IIoT'nin tanıtımını tetiklemiştir (Liu, vd., 2022). Endüstriyel internet kavramı Amerika

Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmış ve ilk olarak General Electric tarafından dile getirilmiştir. Ancak Endüstri 4.0 kavramının kendisi Almanya'da ortaya çıkmıştır (Wójcicki vd., 2022). IIoT ve Endüstri 4.0 sıklıkla birbirinin yerine kullanılan iki farklı kavramdır. Endüstri 4.0 yalın, verimli operasyonların gerekliliğine, üretimi sürdürme ve iyileştirme işlevine atıfta bulunurken IIoT, üretim ekipmanlarının dahili ağlara ve internete kablosuz olarak bağlanan tüketici ürünlerinden ayrılmasına odaklanır. Endüstri 4.0 ve IIoT'nin ayrıldığı ana noktalar şunlardır (Alabadi vd., 2022),:

- Endüstri 4.0 öncelikle üretime odaklanırken, IIoT endüstriyel/profesyonel ekipmanların kullanıldığı tüm sektörleri kapsar.
- Endüstri 4.0 varlıkların ve veri yönetiminin saf bağlantısını ve tüm değer zincirinin dijitalleştirilmesini kapsar.
- Endüstri 4.0 hükümet ve kurumsal girişimlerle daha yakından ilişkilidir ve yalnızca profesyonel bir ortamda ilgi görmektedir.

Yeni standartlar, yenilikçi ticaret yöntemleri, rekabet baskısı ve malları zamanında taşıma ihtiyacı, günümüz dünyasında yeni iş kuruluşlarının karşılaştığı zorluklardır. Birçok işletme ekonomik kar elde etmeye yardımcı olmak için binlerce bağlantılı makineden, nesneden ve bilgisayardan toplanan içgörüler ile iş süreçlerini modellemek, denetlemek ve geliştirmek için Endüstriyel Nesnelere İnternetine güveniyor. IIoT adından da anlaşılacağı gibi endüstriyel şeyleri, bilgisayarları, cihazları ve makineleri interneti kullanarak birbirine bağlayan ve yöneten bir kavramdır (Kumar vd., 2022). IIoT üretimi, verimliliği ve güvenilirliği artırmak için akıllı ve otonom cihazları, gelişmiş tahmin analizlerini ve robot-insan iş birliğini bir araya getiren yeni bir ekosistemdir. IIoT, daha büyük ve daha karmaşık bir sistemin parçası olarak işlev gören akıllı, ağa bağlı gömülü teknolojilerin ve cihazların dünyası olarak ifade ediliyor. Öte yandan IIoT milyarlarca mobil cihazı, üretim makinelerini, endüstriyel ekipmanı ve diğer endüstriyel bileşen cihazlarını IoT' a benzer şekilde birbirine bağlar ve benzeri görülmemiş endüstriyel veriler üretir (Hussain vd., 2022). Sailaja (2022), IIoT'nin temel özelliklerini aşağıdaki sıralamıştır:

- IIoT, endüstriyel çalışma koşullarında otomatik arıza tespiti ile makine sağlığını iyileştirerek ömrünü uzatır ve ürün kalitesini artırır.
- IIoT, öncelikle sektöre uygulanabilir IoT tekniklerini uygulayarak mevcut sistemleri dijitalleştirme ile ilgilidir.
- IIoT otomasyon sistemlerini kuruluş, planlama ve ürün yaşam döngüleri ile ilişkilendirir. Böylece gelişmiş iletişim teknolojileri aracılığıyla fiziksel ve sanal şeylerin birbirine bağlanmasını sağlar.
- Cihazların veya makinelerin (nesnelere) birbirleriyle konuşmasını ve eldeki verilere dayanarak akıllı kararlar almasını sağlayan bir modeldir.

- Bulut bilişim, 3D baskı, Makineden Makineye (M2M) iletişim, Dijital İkiz vb. kullanarak Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) gibi ileri teknolojilerle entegre olarak endüstriyel operasyonları optimize eder.

Nesnelerin İnterneti tüketicilerin her yerde bulunan dijital devrimden kâr elde etmelerini sağlar. Buna karşılık Endüstriyel Nesnelerin İnterneti, farklı alanlardaki sektörlerle yardımcı olan makineden makineye (M2M) iletişim sağlar. Endüstriyel Nesnelerin İnterneti ile yönlendirilen operasyonel ve üretim süreçlerinin dijitalleşmesi, kablosuz ağ ve otomatik sensörler tarafından gerçekleştirilmektedir (Younan vd., 2020). IoT ve IIoT'ye aşına olmayanlar bazen iki kısaltmayı karıştırırlar. IoT ve IIoT arasındaki önemli fark, IoT ortamındaki çeşitli otomasyon ekipmanları ve endüstriyel cihazlardır. IIoT genellikle akıllı fabrikalar ve akıllı üretim gibi uygulamalarda kullanılır. IIoT her yerde bulunan ağ ve işleme yetenekleri de dahil olmak üzere aktüatörler ve algılama araçları kullanarak endüstriyel şemalara zeka ve ara bağlantı sunmak için kullanılır (Kumar vd., 2022). Uygulama açısından IoT tüketimin optimizasyonuna, kişisel konforun artırılmasına ve maliyet kontrolüne yardımcı olur. Buna karşılık IIoT herhangi bir işlemci biriminde maksimum verimlilik ve kesintisiz iş akışı için çaba gösterir. Kullanım durumları açısından IoT günlük yaşam prosedürlerini otomatikleştirmek için kullanılırken, IIoT işletmelerde çoğunlukla üretim ve çevresel hususları izlemek için kullanılır. IoT çözümleri ağ geçidindeki kontrol ve otomasyon mantığını yeni üretim yürütme sistemlerine bağlamak için sistem mimarisinde programlanabilir öğrenme yetenekleri gerektirir ki bu da önemli bir ayrımdır. IIoT mimarisi hata veya arızalarla uğraşırken düşük gecikme gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanmıştır (Alabadi vd., 2022). Tablo 5. IoT ve IIoT arasındaki farkları göstermektedir (Sailaja, 2022).

Tablo 5: IoT ve IIoT Arasındaki Farklar

IoT	IIoT
Kısa ürün ömrü	Uzun ürün ömrü
İnsan Odaklı (Giyilebilir, ev otomasyonu vb. kişisel uygulamalar)	Makine odaklı (İmalat, tarım vb. endüstriyel uygulamalar)
Daha az güvenilir ve güvenli sistemler	Kritik güvenilirlik ve güvenlik gereksinimleri
Düşük ölçeklenebilirlik	Yüksek ölçeklenebilirlik
Bağımsız cihaz – Birlikte çalışabilirlik yok	Birden fazla cihaz arasında Yüksek Birlikte Çalışabilirlik
Veri hacmi düşük	Veri hacmi çok yüksek
Veri hacmi düşük Veri hacmi çok yüksek IoT, yeni protokoller ve standartların oluşturulmasıyla bir devrimdir.	IIoT, IoT'nin bir alt kümesi olduğundan, mevcut protokolleri ve standartları kullanan bir evrimdir.

4.1. IIoT'un Faydaları

IIoT endüstriyel ortamlardaki birçok araç, veri ve insan noktasını birbirine bağlar ve bir kez kurulduktan sonra çok sayıda önemli fayda sağlar (Salih vd., 2022; Alabadi vd., 2022; Wójcicki, vd., 2022).

- **Otomatik Üretim:** IIoT teknolojisinin kullanıcılarına sağladığı önemli bir avantaj belirli süreçleri otomatikleştirme yeteneğidir. İnsan müdahalesini ve el emeğini en aza indirmek, üretim maliyetini düşürecek ve verimliliği artıracaktır.

- **Bakım ve Güvenlik:** Üretim hatlarında otomatik kestirimci bakım ve güvenlik izleme, IIoT'nin yaygın kullanımlarıdır. IIoT sensörleri firmalara performansın çok sayıda unsurunu inceleme ve ekipmanın güncellenmesi veya değiştirilmesi gerekip gerekmediğini veya bir çalışanın zararlı çalışma koşullarıyla temas halinde olup olmadığını belirleme kapasitesi sağlar. Transit halindeki malların korunması için IIoT sensörleri sıcaklık ve hava kalitesi gibi çevresel unsurları da izleyebilir.

- **Gerçek Zamanlı Verimlilik:** IIoT'i ekipman arızaları ve diğer performans endişelerini ortadan kaldırmak için çok sayıda gerçek zamanlı veri noktası ve içgörü toplamaya vurgu yapması nedeniyle yaygındır. İşyerinde daha az duruş süresine sahip olmak üretkenliğin ve verimliliğin artmasına neden olur.

- **İşgücü-Ekipman Bağlantısı:** İnsan işçi ekipmanı daha geleneksel bir fabrika veya endüstriyel ortamda çalıştırırken, otomatik makineler programları takip eder. IIoT, işçiler ve ekipmanlar arasındaki engelleri ortadan kaldıran birkaç teknolojik çözümden biridir.

- **Genelleme:** IIoT veri toplama süreçleri, ağ protokolleri ve fiziksel cihazlar gibi birçok ortak özellik sağlar. IIoT standartları sektördeki herhangi bir foruma veya girişime bazı genellemeler getirebilir. Bu standartlar bazı endüstriyel sektörlerde ölçeklenebilirlik ve heterojenlik gibi zorlukları Endüstri 4.0 ile azaltabilir.

4.2. IIoT'nin Zorlukları

IIoT'un endüstriyel sektörde uygulanması birçok zorlukla karşı karşıyadır. Bu zorluklar öncelikle IoT özelliklerinden kaynaklanmaktadır. IIoT ve IoT arasındaki ilişkiye bağlı olarak, IIoT sorunları temelde IoT'ye uygulananlardan farklı değildir. En iyi bilinen IoT özellikleri bellek kapasitesi, düşük enerji tüketimi, kablosuz bağlantı ve sınırlı işleme yetenekleri ile sınırlıdır.

- **Heterojenlik:** IoT heterojenliği çeşitli iletişim protokollerinin, veri formatlarının ve teknolojilerinin uygulanmasını içerir. IoT neredeyse her sektörde ve farklı fonksiyonel alanlarda kullanılır. Yukarıda belirtilen IoT sistemleri çeşitli protokoller, farklı mimari ve tasarım kalıpları ve çeşitli spesifikasyonlar kullanır. Bu cihazlar bir bakıma birbirlerinden heterojendir (Alabadi vd., 2022).

- **Kaynak Kısıtlamaları:** Genel olarak IoT cihazları kısıtlı kaynaklara sahiptir. Özellikle IoT cihazları kısıtlı işleme, bellek ve enerji özelliklerine sahiptir. IoT ortamı, verileri kullanılabilir bilgi veya hizmetlere dönüştürmek için işleme ve depolama kaynakları gerektirir. Bazı uygulamalar gecikmeye duyarlı olurken diğerleri geçmiş veriler ve zaman serisi analizleri dahil olmak üzere karmaşık işlemler gerektirir. Belirtilen sınırlamalar nedeniyle bu kaynakların yönetimi kritiktir. IoT kaynaklarını yönetmek için IoT mimarisindeki ilgili geliştirmeler veya belirli protokollerde yapılan değişiklikler kullanılabilir (Alabadi vd., 2022).
- **Zayıf Birlikte Çalışabilirlik:** IIoT sistemlerinin heterojenliği ve dağıtık yapısı nedeniyle stratejik merkezler ve endüstriyel sektörler arasında veri alışverişi zorlu bir iştir. Bu nedenle IIoT birlikte çalışabilirliğinin sağlanması zordur (Kumar vd., 2022).
- **Bağlantı:** Enerji tüketimi, azalan gecikme süresi, daha iyi yanıt süresi ve ölçeklenebilirlik gibi birçok performans yönüyle ilgili artan talepler IoT geleceğinin bir parçasıdır. IoT uygulamaları zamana duyarlıdır ve gerçek zamanlı toplu işleme yerine akış gerektirir. Verim, ağ hızı, veri hızı ve bilgi işlem alanı, kullanılan veri miktarına ve nerede depolandığına bağlı olarak tahmin edilebilir. Gecikme bir ağ için iletim, işleme, yayma ve kuyruğa almadaki gecikmelerin toplamıdır. Düşük gecikmeli spesifikasyonu karşılamak için her türlü gecikmeyi azaltmaya ihtiyaç vardır (Alabadi vd., 2022).
- **Ölçeklenebilirlik:** Bir sistemin çevresel koşullara yanıt verme ve potansiyel ihtiyaçları karşılama yeteneğidir. IoT ağlarında iki tür ölçeklenebilirlik meydana gelir. Ağdaki artan sayıda donanım ekipmanı ve yazılım varlığını desteklemek için ağın genişletilmesini içeren yatay ölçeklenebilirlik ve mevcut yazılımın etkinliğini artırma potansiyeli ile ilişkili dikey ölçeklenebilirlik (Alabadi vd., 2022).
- **Güvenlik Açığı:** IIoT sistemlerinin heterojenliği ve dağıtık yapısı nedeniyle güvenlik, endüstri için çok önemlidir. Tipik yetkilendirme metodolojileri (şifreleme, şifre çözme ve kimlik doğrulama) kaynak kısıtlama sorunları nedeniyle IIoT için uygun değildir (Kumar vd., 2022).
- **Gizlilik Açığı:** IIoT sistemlerinin heterojenliği, karmaşıklığı ve merkezi olmayan yapısı nedeniyle mahremiyet son derece önemlidir. Gizlilik, özel sektör verilerinin sahibinin izni olmadan ifşa edilmemesidir (Kumar vd., 2022).
- **Mobilite:** IoT sisteminin internet tabanlı alanlarda çalışırken kullanılabilir olmasını sağlar. Dört ana hareketlilik hedefi vardır: “veri toplama, kapsama, erişilebilirlik ve enerji düğümleri”. IoT içindeki hareketlilik teknolojiler çoğaldıkça katlanarak artar. Ek olarak mobilite, yük ve enerji tüketimi arasında tek tip bir denge sağlar. Ayrıca algılayıcı düğümlerden baz istasyonuna bilgi iletmek için gerekli atlama sayısını da azaltır. Mobil düğümler uzak bölgeleri de koruyabilir. Bu çok yönlülük çatışmaları, çarpışmaları ve mesaj kaybını en aza indirebilir (Alabadi vd., 2022).

4.3. IIoT Uygulamaları

4.3.1. İmalat

Üretim bir ürün yapma sürecidir. Bu süreç tipik olarak çok seviyeli işlemeyi içerir. IIoT üretime daha fazla yenilik getirmeyi ve fabrikaları akıllı yapmayı amaçlar. Akıllı bir ortamda cihazlar, elektronik ve iletişim yöntemleri üretim süreçlerini hızlandırabilir. Bu da özellikle geleneksel yöntemlerden ileri teknolojilere kapsamlı bir geçiş olduğunda en yüksek hızda tamamen esnek üretim anlamına gelir. Akıllı fabrikalar genellikle artırılmış gerçeklik, simülasyonlar ve sanal prototipler gibi büyüleyici teknolojik metodolojilerle donatılmıştır (Alabadi vd., 2022)

4.3.2. Akıllı Şehirler

Akıllı trendlere dayalı olarak IoT; hava yolculuğu, demiryolu, liman, köprüler, karayolu taşımacılığı vb. gibi bir şehirdeki operasyonel endüstriyel kritik altyapı süreçlerinin izlenmesine ve entegre edilmesine yardımcı olabilecek bir dizi süreci kolaylaştıran teknoloji olarak konumlandırılmıştır. Sürekli izleme nedeniyle akıllı şehir süreçlerinin otomatikleştirilmesi bunu güvenlik ve mahremiyet açısından oldukça hassas bir süreç haline getirmiştir (Kebande vd., 2022).

Akıllı şehir projeleri için uygulanan çeşitli uygulamalar şunları içerir (Sailaja, 2022):

- Şehir Gözetleme sistemi
- Entegre Trafik Yönetim sistemi
- Entegre Taşımacılık sistemi
- Akıllı Park Sistemi
- Akıllı Sokak Aydınlatma sistemi
- Akıllı Ölçüm ve Akıllı Yardımcı Program
- Entegre Komuta Kontrol Merkezi
- Akıllı Katı Atık Yönetim sistemi

4.3.3. Akıllı Ulaşım ve Lojistik

Akıllı ulaşımın arkasındaki algı insanların, yol ağlarının ve akıllı BİT tekniklerinin etkisine dayanmaktadır (Kebande vd., 2022). Lojistik, modern endüstriyel işletmelerin güçlü bir bileşenidir. Konvansiyonel yöntemler kullanıldığında depolama ve nakliye sırasında malları kontrol etmek katı bir prosedürdür. Birçok yönden IIoT lojistiği artıracaktır. Büyük imalat ortamlarının temel unsurlarından bazıları belirli ürünlerin depolanma koşullarını kontrol etmek ve bunların ürünlere uygun olmasını sağlamaktır.

Robotik ile IIoT kurmak endüstri organizasyonuna yüksek bir yatırım getirisi sağlayacak, verimliliği artıracak ve sürecin kalitesini iyileştirecektir (Alabadi vd., 2022).

4.3.4. Uzaktan Makine İzleme

İzleme, üretim sisteminin önemli bir özelliğidir. Geçmiş yıllarda proses tesislerinde makine performansı, personelin sahayı fiziksel olarak ziyaret etmesini ve ölçümler yapmasını veya ekipmanın sağlıklı olup olmadığını kontrol etmesini gerektiriyordu. Artık IIoT'nin proses tesislerinde uygulanmasıyla ekipmanın çalışma durumu gerçek zamanlı olarak uzaktan izlenebiliyor (Kebande vd., 2022). IIoT manuel izlemeyi, çok yönlülük sağlayan sensörler ve diğer IIoT öğeleri ile azaltabilir. IIoT ile, ortaya çıkan herhangi bir olumsuz davranışa veya anormalliğe doğru kararlar verilebilecektir. İzleme aynı zamanda bakıma da yardımcı olabilir. IIoT, olası sistem arızalarını tahmin etme ve arızadan önce gerekli bakımı planlama süreci olan kestirimci bakım sağlayabilir (Alabadi vd., 2022).

4.3.5. Otonom Araçlar

Otonom Araçlar (AV) veya sürücüsüz otomobil teknolojisi, yalnızca verimli ulaşım deneyimleri sağlamak amacıyla oldukça yeni tasarımlara, uygulamalara ve IIoT teknolojileriyle entegrasyona tanık olmuştur. AV kavramı temel olarak araçların minimum insan müdahalesi ile akıllıca çalışmasına izin veren bir devrimdir (Kebande vd., 2022).

4.3.6. Akıllı Şebeke

Akıllı bir şebeke, elektrik enerjisinin iki yönlü iletimine ve tedarikçiler ile tüketiciler arasında koordinasyona izin verir. IIoT fosil yakıt kullanımının azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ve elektrik kullanımının iyileştirilmesi ile başlayarak çeşitli yollarla akıllı şebeke işlevlerini otomatikleştirecektir. Ayrıca IIoT tabanlı teknoloji; enerji kullanımı, üretimi ve diğer kaynaklarla iş birliğini takip ederek erişilemeyen bağımsız yenilenebilir enerji kaynaklarının da sorunlarını otomatik olarak çözebilecektir (Alabadi vd., 2022).

5. Sonuç

Gündelik hayatın teknolojik ilerlemeleri ve dijitalleşmesi hızla değişen müşteri ihtiyaç ve gereksinimlerinin artmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda küresel pazarlarda yaşanan kıyasıya rekabet ortamında işletmeler bir taraftan pazar paylarını artırmaya diğer taraftan da maliyetleri minimize etmeye çalışmaktadırlar. İşletmelerin küreselleşme bağlamında ayakta kalabilmeleri, yeni değerler yaratabilmeleri ve inovasyona yön vererek işlerinde daha rekabetçi başarıya ulaşabilmeleri için dijital dönüşüme ve sanallaştırma sürecine uyum sağlamaları gerekmektedir. IoT ve daha spesifik olarak Endüstriyel Nesnelerin İnterneti, endüstriyel üretimin dijitalleşmesi ve otomasyonu ile birlikte dördüncü sanayi devrimini (Endüstri 4.0) gerçekten başlatan bir kavram olmuştur. Endüstri 4.0, yenilikçi teknolojileri bünyesine katarak geleneksel endüstrileri akıllı endüstrilere dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Nesnelerin İnterneti,

Endüstri 4.0'ın gerçekleşmesine büyük ölçüde katkıda bulunan, hızla büyüyen bir teknolojidir.

IIoT, endüstriyel çalışma süreçlerini tamamen değiştirecek bir teknolojidir. Bu nedenle IIoT teknolojisini ve endüstrideki kullanımlarını anlamak gerekir. Birçok mevcut teknolojinin iş birliği olan IIoT; izleme, bakım, lojistik ve süreç yönetimini otomatikleştirmek için büyük sensör verileri ve bulut bilgi işlem ile birlikte kullanılmaktadır. Sensörlerin, aktüatörlerin, RFID ve gömülü sistemlerin boyutunun küçülmesi ile IIoT uygulamaları giderek daha güçlü ve daha ucuz hale gelmiştir. Gelecekte IIoT cihazları “Yapay Zeka, Makine Öğrenimi, Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik” gibi mevcut gelişen teknolojileri desteklemek için geliştirilecektir. Bu gelişmiş özelliklerin IoT cihazlarına dahil edilmesiyle, ağın kurulumu ve dağıtımı daha basit hale gelecek ve sistem, minimum manuel ve fiziksel etkileşimlerle uygulanabilecektir. Bu çalışma, IoT ve IIoT'a yönelik bir bakış sunmuştur. Ayrıca çok fazla çaba gösterilmesine rağmen, önerilen sistemlerin gerçek sahalarda fiili olarak uygulanmasının zor olmasından dolayı bazı boşluklar olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni güvenlik kaygısı ve otomatik cihazların arızalanma riskidir. Literatür, inovasyon içeren sektörlerde IoT'nin kapsamını göstermektedir. Sonuç olarak literatür taraması, IoT ve IIoT teknolojisinin endüstrilerdeki kapsamını kısaca göstermektedir. Gelecekte IIoT'nin gerçek zamanlı uygulamaları daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

Referanslar

- Alabadi, M., Habbal, A. & Wei, X. (2022), Industrial internet of things: Requirements, architecture, challenges, and future research direction, *IEEE Access*, 10, 66374-66400.
- Anita, R. & Abhinav, B. (2017), Internet of things (IoT)–Its impact on manufacturing process, *International Journal of Engineering Technology Science and Research IJETS*, 4(12), 889-895.
- Ashton, K. (2009), That ‘internet of things’ thing. *RFID J.*, 22, 97-114.
- Atzori, L., Iera, A. & Morabito, G. (2010), The internet of things: survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G. & Sarkis, J. (2020), Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective, *International Journal Of Production Economics*, 229, 107776.
- Bauer W., Schlund S., Marrenbach D. & Ganschar O. (2014), Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches potenzial für Deutschland, Study commissioned by the German Association for Information Technology, *Telecommunications and New Media (BITKOM)*, 515-517
- Bodur G. (2020), Internet of things (IoT) in healthcare: Are we ready for the future? *Arc Health Sci Res*, 7(1): 75- 81.
- Billinghurst, M., Clark, A. & Lee, G. (2015), A survey of augmented reality, *Foundations and Trends in Human–Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272. <http://dx.doi.org/10.1561/11000000049>
- Dalenogare, L. S., Brittes Benitez, G., Fabián Ayala, N. & Germán Frank, A. (2018), The expected contribution of industry 4.0 technologies for industrial

- performance, *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. Elsevier. V.:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>.
- Fei, T., Qinglin, Q., Wang, L. & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twins and cyber-physical systems toward smart manufacturing and Industry 4.0: Correlation and comparison, *Engineering*, 5(4), 653–661. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.01.014> Chinese Academy of Engineering
- Furstenau, L.B., Rodrigues, Y.P.R., Sott, M.K., Leivas, P., Dohan, M.S., José.Ricardo. López-Robles, Cobo, M.J., Bragazzi, N.L. & Raymond Choo, K.-K. (2023). Internet of things: Conceptual network structure, main challenges and future directions, *Digital Communications and Network*, 9(3), 677-687
- Hameed, S., Khan, F. I. & Hameed, B. (2019). Understanding security requirements and challenges in internet of things (IoT): A review. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2019, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2019/9629381>
- Hughes, J., Robb, J. A. & Lam, M. (2020). Making future-ready Students with design and the internet of things. *EAI Endorsed Transactions on Creative Technologies*, 6(21), e1-e1. <https://doi.org/10.4108/eai.13-7-2018.163096>
- Hussain, S., Ullah, S. S., Ali, I., Xie, J. & Inukollu, V. N. (2022), Certificateless signature schemes in industrial internet of things: A comparative survey, *Computer Communications*, 181, 116-131.
- Jorge Tarifa-Fernández, Ana María Sánchez-Pérez & Salvador Cruz-Rambaud (2019). Internet of things and their coming perspectives: A real options approach, *Sustainability*, 11(11), 3178.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A. & Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: Securing the future of German manufacturing industry, *Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungunion*.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A. & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives, *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425. *Institution of Chemical Engineers*. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.00>
- Kebande, V. R. (2022). Industrial internet of things (IIoT) forensics: The forgotten concept in the race towards industry 4.0. *Forensic Science International: Reports*, 5, 100257.
- Khan, I. H. & Javaid, M. (2022). Role of internet of things (IoT) in adoption of industry 4.0. *Journal of Industrial Integration and Management*, 7(4), 515-533
- Klingenberg, C. & Do Vale Antunes Jr, J. A. (2017). Industry 4.0: What makes it revolution. *EurOMA 2017*, 1-11.
- Kohler, D., & J. D. Weisz. (2016). *Industrie 4.0 - Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand*. Paris: La Documentation Française.
- Kumar, R. L., Khan, F., Kadry, S. & Rho, S. (2022). A survey on blockchain for industrial internet of things. *Alexandria Engineering Journal*, 61(8), 6001-6022
- Kumar, R., Rani, S. & Awadh, M. A. (2022). Exploring the application sphere of the internet of things in industry 4.0: a review, bibliometric and content analysis. *Sensors*, 22(11), 1-35. <https://doi.org/10.3390/s22114276>

- Lampropoulos, G., Siakas, K. & Anastasiadis, T. (2019). Internet of things in the context of industry 4.0: An overview. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, 7(1), 4-19. doi: 10.2478/ijek-2019-0001
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T. & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239–242.
- Li, J., Huang, Z. & Wang, X. (2011). Notice of retraction countermeasure research about developing internet of things economy: A case of Hangzhou City. In *2011 International Conference on E-Business and E-Government (ICEE)*, Shanghai, China 2011, 1-5, doi: 10.1109/ICEBEG.2011.5881304.
- Liu, X., Wang, G., Bhuiyan, M. Z. A. & Shan, M. (2020). Towards recommendation in internet of things: An uncertainty perspective. *IEEE Access*, 8, 12057-12068.
- Liu, C., Su, Z., Xu, X. & Lu, Y. (2022). Service-oriented industrial internet of things gateway for cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 73, 1-14
- Lu Y., Papagiannidis S. & Alamanos E. (2018) Internet of Things: A systematic review of the business literature from the user and organisational perspectives. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 285-297
- Madakam, S., Ramaswamy, R. & Tripathi, S. (2015). Internet of things (IoT): A literature review. *J. Comput. Commun.* 3, 164–173, <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>.
- Magrani, E. (2017). Threats of the internet of things in a Techno-Regulated Society – A new legal challenge of the information revolution. *The ORBIT Journal*, 1(1), 1-17.
- Oztemel, E. & Gursev, S. (2020). Literature review of industry 4.0 and related technologies. *Journal of intelligent manufacturing*, 31, 127-182.
- Peter, O., Pradhan, A. & Mbohwa, C. (2023). Industrial internet of things (IIoT): opportunities, challenges, and requirements in manufacturing businesses in emerging economies. *Procedia Computer Science*, 217, 856-865.
- Richert, A., Shehadeh, M., Müller, S., Schröder, S. & Jeschke, S. (2016). Robotic workmates: Hybrid human- robot-teams in the industry 4.0. In *International Conference on e-Learning*. Academic Conferences International Limited. 2-3 June 2016, Malaysia. 127-131.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Sailaja, C. (2022). Industrial internet of things—An overview. *Journal of IoT in Social, Mobile, Analytics, and Cloud*, 4(4), 257-271.
- Salih, K.O.M., Rashid, T.A., Radovanovic, D. & Bacanin, N. A. (2022). Comprehensive survey on the internet of things with the industrial marketplace. *Sensors*, 22, 730. <https://doi.org/10.3390/s22030730>.
- Santos, C. & Sales, J. (2018). Internet of things: is there a new technological position?. *International Journal of Innovation*, 6(3), 287-297. <http://dx.doi.org/10.5585/iji.v6i3.178>
- Sayar, M. (2022). Hybrid Use of Business Process Management and Analytical Hierarchy Process Method in Supplier Selection in the Automotive Industry. *Celal Bayar University Journal of Science*, 18(4), 379-391.

- Schluse, M., Priggemeyer, M., Atorf, L. & Rossmann, J. (2018). Experimentable digital twins—Streamlining simulation-based systems engineering for industry 4.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(4), 1722-1731.
- Statista, Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2021, with forecasts from 2022 to 2030.(Erişim Tarihi:28 Nisan 2023). (<https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/#:~:text=Number%20of%20IoT%20connected%20devices,2021%2C%20with%20forecasts%20to%202030&text=The%20number%20of%20Internet%20of,billion%20IoT%20devices%20in%202030>).
- Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P. & Woelfflé, S. (2010). Vision and challenges for realising the internet of things. *Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, European Commission*, 3(3), 34-36.
- Swaroop Poudel. (2016). Internet of things: Underlying technologies, interoperability, and treats to privacy and security, 31 *Berkeley Tech. L.J.*997
- Tripathi, S. & Goyal, S. (2020). A review paper on internet of things, *IJARIE-ISSN(O)-2395-4396*, 6(1), 557-561.
- Vaidya, S., Ambad, P. & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0—a glimpse. *Procedia manufacturing*, 20, 233-238.
- Wee, D., Kelly, R., Cattel, J. & Breunig, M. (2015). Industry 4.0-how to navigate digitization of the manufacturing sector. *McKinsey & Company*, 58, 7-11.
- Wójcicki, K., Biegańska, M., Paliwoda, B. & Górna, J. (2022). Internet of things in industry: Research profiling, implementation, challenges and opportunities - A review. *Energies*, 15(5), 1-24. <https://doi.org/10.3390/en15051806>
- Yaşar E. & Ulusoy T. (2019). Industry 4.0 and Turkey, *BMIJ*, 7(1): 24-41 [doi:http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i1.1038](http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i1.1038).
- Younan, M., Houssein, E.H., Elhoseny, M. & Ali, A.A. (2020) Challenges and recommended technologies for the industrial Internet of Things: A comprehensive review. *Measurement*, 151, 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107198>.