

Robotik Teknolojilerin Toplumsal ve Sektörel Etkileri: Belediyelerde Gelecek Vizyonu

The Social and Sectoral Impacts of Robotic Technologies: Future Vision in Municipalities

Tayfun VARNALI

Yüksek Lisans Öğrencisi, Kırklareli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Bölümü,
tayfun_kkk@hotmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş 22 Temmuz 2024

Kabul 24 Aralık 2024

Anahtar Kelimeler:

Robot Teknolojileri, Dijital
Dönüşüm, Gelecek Projeksiyonları.

© 2024 PESA Tüm hakları
saklıdır

ÖZET

Bu makalenin amacı, robot teknolojilerinin toplumsal etkilerini ve belediyelerdeki potansiyel uygulamalarını kapsamlı bir şekilde incelemektir. Robotik çözümler, yalnızca iş süreçlerini daha etkili hale getirmekle kalmayıp, aynı zamanda ekonomik verimliliği artırarak sosyal adalet hedeflerine katkı sağlamaktadır. Çalışma, mevcut literatürdeki akademik çalışmalar, raporlar ve istatistikler üzerinden robot teknolojilerinin sektörel etkilerini ortaya koymaktadır. Özellikle, belediyelerdeki otomatik temizlik sistemleri ve güvenlik robotları gibi uygulamalar, maliyetleri önemli ölçüde düşürmekte ve hizmet kalitesini artırmaktadır. Bu tür uygulamalar, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamak ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Gelecekte, robotik uygulamaların daha da yaygınlaşması ve yapay zeka entegrasyonu ile şehir yönetiminin verimliliğinin artması beklenmektedir. Sonuç olarak, yerel yönetimlerin robot teknolojilerini benimsemesi, sürdürülebilir ve akıllı şehirlerin inşasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu süreç, hem ekonomik büyümeye hem de sosyal adalet hedeflerine ulaşmada önemli bir fırsat sunmaktadır. Robotik teknolojilerin entegrasyonu, toplumun genel yaşam kalitesini artırarak, vatandaşların ihtiyaçlarına daha iyi yanıt verilmesine olanak tanıyacaktır.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 22 July 2024

Accepted 24 December 2024

Keywords:

Robot Technologies, Digital
Transformation, Future Projections.

© 2024 PESA All rights reserved

ABSTRACT

The aim of this article is to comprehensively examine the societal impacts of robotic technologies and their potential applications in municipalities. Robotic solutions not only enhance the efficiency of business processes but also contribute to economic productivity and social justice goals. This study highlights the sectoral effects of robotic technologies through existing academic literature, reports, and statistics. Specifically, applications such as automated cleaning systems and security robots in municipalities significantly reduce costs and improve service quality. These applications ensure more efficient use of resources and support environmental sustainability. In the future, it is expected that the proliferation of robotic applications and the integration of artificial intelligence will increase the efficiency of city management. Consequently, the adoption of robotic technologies by local governments plays a critical role in the construction of sustainable and smart cities. This process presents significant opportunities for both economic growth and the achievement of social justice goals. The integration of robotic technologies will enhance the overall quality of life in society, allowing for better responses to the needs of citizens.

GİRİŞ

Günümüz dünyasında, robot teknolojileri hızla evrim geçirirken, bu gelişmelerin toplumsal ve sektörel etkileri giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Özellikle belediyelerde, artan şehir nüfusu, çevresel sorunlar ve sınırlı kaynaklar gibi zorluklarla başa çıkabilmek için robotik çözümlerin entegrasyonu önem kazanmıştır. Bu bağlamda, otomatik temizlik sistemlerinden güvenlik robotlarına kadar çeşitli uygulamalar, yerel yönetimlerin hizmet sunumunu dönüştürmekte ve verimliliği artırmaktadır. Bu makalenin amacı, robot teknolojilerinin toplumsal etkilerini incelemek ve belediyelerdeki gelecekteki potansiyel uygulamalarını vurgulamaktır. Robotik çözümler, yalnızca iş süreçlerini daha etkili hale getirmekle kalmayıp, aynı zamanda ekonomik verimliliği artırarak, sosyal adalet hedeflerine de katkıda bulunmaktadır. Böylece, yerel yönetimlerin sürdürülebilir ve akıllı şehirler inşa etme çabalarına destek olmayı amaçlamaktadır.

Makalede, robotik teknolojilerin toplumsal ve sektörel etkilerini incelemek amacıyla derleme yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle, mevcut literatürdeki akademik çalışmalar, raporlar ve istatistikler gözden geçirilmiştir. Bu kaynaklar, robot teknolojilerinin çeşitli sektörlerdeki uygulamaları, belediyelerde sağladığı verimlilik artışları ve toplumsal etkileri hakkında kapsamlı bilgiler sunmaktadır.

Literatür taraması, robotik uygulamaların faydalarını ve zorluklarını belirlemek için çeşitli veri kaynaklarından elde edilen bilgileri bir araya getirmeyi amaçlamıştır. Bu süreçte, özellikle belediyelerde kullanılan robotik sistemlerin entegrasyonuna dair örnek olaylar ve yenilikçi uygulamalar incelenmiştir.

Ayrıca, sosyal etki analizleri ve piyasa raporları gibi kaynaklar, robot teknolojilerinin gelecekteki potansiyel etkilerine dair öngörüler sunarak çalışmanın derinliğini artırmıştır. Sonuç olarak, bu derleme yöntemi, robotik teknolojilerin toplumsal yararlarını ve uygulama alanlarını bütünsel bir perspektiften ele almayı hedeflemektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, robotik uygulamaların toplumsal yararlarını ve belediyelerdeki rolünü ele alarak, gelecekteki inovasyon ve gelişim potansiyeline dair bir vizyon sunmayı hedeflemektedir.

1. Teknolojik İlerleme ve Toplumsal Etkileri: Robotlar ve Gelecek

Sanayi devrimleri, 18. yüzyıldan itibaren insanlığın üretim biçimini kökten değiştiren beş kritik aşamadan geçmiştir ve günümüzde ileri robot teknolojilerinin hâkim olduğu bir döneme evrilmiştir. Endüstri 1.0, bu sürecin başlangıcını temsil eder ve su ile buhar gücünün makinelerde kullanılmasını sağlayarak üretimde mekanizasyonun önünü açmıştır. Bu yenilik, yalnızca üretim süreçlerini değil, ulaşım gibi pek çok sektörü de dönüştürmüştür; su ve buhar gücüyle çalışan trenler ise bu dönüşümün en somut örneklerinden biri haline gelmiştir. Bu devrim, insan emeğini destekleyen teknolojik çözümler sunarak sanayileşme sürecini hızlandırmıştır (Marcovitz, 2013; Allen, 2017; Johannessen, 2019; Popkova, Ragulina ve Bogoviz, 2019).

19.'uncu yüzyılda gerçekleşen ikinci sanayi devrimi (Endüstri 2.0) ile birlikte, elektriğin keşfi üretim süreçlerinde elektrik gücünün kullanılmasına ve seri üretim montaj hatlarının devreye girmesine yol açmıştır. Üçüncü sanayi devrimi, diğer adıyla Endüstri 3.0, dijitalleşmenin üretim sistemlerine damga vurduğu bir dönüşüm dönemidir (Yıldız, 2018:546-556; Özden, 2022:29-44). Elektronik altyapıların geliştirilmesi ve bilgi teknolojilerinin üretim süreçlerine entegrasyonu, otomasyon ve verimlilikte önemli ilerlemelere yol açmıştır. Bu gelişmeler, insan emeğini destekleyerek ve dijital sistemler aracılığıyla üretimi daha esnek ve akıllı hale getirerek yenilikçi üretim yöntemlerinin temellerini atmıştır (Güdek, 2023:1129-1142; Esmer ve Alan, 2019:465-478). Yazılım tabanlı üretim tekniklerinin öne çıkmasıyla birlikte, üretim süreçlerindeki köklü değişim, verimliliği artırmış ve işletmelerin esneklik kapasitesini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Ayrıca, dijital teknolojilerin benimsenmesi, küresel tedarik zincirlerinin daha etkin bir şekilde yönetilmesini mümkün kılmış ve endüstriyel faaliyetlerde yeni bir

dönemin başlangıcını simgelemiştir (Marcovitz, 2013; Allen, 2017; Johannessen, 2019; Popkova, Ragulina ve Bogoviz, 2019).

2016 yılında Japon hükümeti tarafından tanıtılan "Toplum 5.0" konsepti, Endüstri 4.0'ın teknolojik ilerlemelerinin toplumsal yapılarla entegrasyonunu amaçlayan bir paradigma olarak ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, insansız teknolojilerin toplumsal yapıya entegre edilmesiyle, toplumsal etkileşimi ve verimliliği artırmayı hedeflemektedir (Okan Gökten, 2018:884; Alcácer ve Cruz-Machado, 2019: 899-910; Almada-Lobo, 2015). Dijital ve fiziksel dünyaların birleşmesi sonucunda üretim süreçlerinde yönetsel müdahale minimum seviyeye indirgenmekte, robot teknolojileri aracılığıyla operasyonel görevlerin otomatikleştirilmesi sağlanmaktadır (Yazıcı, 2016:39). Bu dönüşüm, endüstriyel üretim süreçlerinde olduğu kadar toplumsal düzeyde de köklü bir paradigma değişikliği yaratmaktadır.

Üçüncü sanayi devrimi, üretim süreçlerine bilişim teknolojilerinin dahil edilmesiyle üretim işlemlerinin otomatikleşmesini ve dijitalleşmesini mümkün kılmıştır. Bu gelişme, dördüncü sanayi devriminde yapay zekânın üretim alanında daha belirgin bir şekilde yer almasıyla daha yüksek bir seviyeye taşınmıştır. Günümüzde, yapay zekâ ve diğer gelişmiş bilgisayar teknolojilerindeki hızlı ilerlemeler, ekonomiyi, toplumu ve küresel dinamikleri derinlemesine etkilemektedir (Schwab, 2016:17; Zengin ve Zengin, 2022:111-138). Robotlar artık yalnızca üretimde değil, günlük yaşamın birçok alanında, iş ortamlarında ve eğlence sektöründe de yer almaktadır (Kurt ve Bozoklu, 2019:28-30).

Gelecekteki robot çağı, sosyal, ekonomik ve hukuki düzenlemeler açısından birçok yeni soru ve zorluğu beraberinde getirmektedir. Robotlar ve yapay zekâ teknolojilerinin günlük yaşamlarımız üzerindeki etkisi, sadece teknik yeniliklerle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda makroekonomik etkiler ve kamu politikaları üzerinde de kapsamlı tartışmalara yol açmaktadır. Bu yeni dönem, bir yandan insan yaşamını kolaylaştırıp verimliliği artırırken, diğer yandan etik ve hukuki sorumluluklar, işgücü dinamikleri ve ekonomik eşitsizlikler gibi önemli meseleleri gündeme getirmektedir (Kiel vd., 2017; Müller vd., 2018; Stock ve Seliger, 2016:536-541; Yetkin ve Coşkun, 2021:347-353).

Robotların ve yapay zekânın hızlı gelişimi, gelecekte hangi işlerin robotlar tarafından gerçekleştirileceği ve insanların hangi rolleri üstleneceği gibi temel soruları gündeme getirmektedir. Bu durum, eğitim sistemlerinden işgücü piyasalarına kadar birçok alanda köklü değişiklikleri gerektirebilir. Ayrıca, kamu politikalarının bu dönüşüme nasıl uyum sağlayacağı ve toplumsal adaletin nasıl korunacağı da önemli bir tartışma konusu olarak öne çıkmaktadır.

"Robot" terimi, köken olarak Çekçe'deki "robota" (zorunlu çalışma) ve "robotrick" (hizmet) kelimelerinden türetilmiştir (Bootle, 2019:4; Smart, 2016:5). Bu etimoloji, robotların temel işlevlerinin hizmet ve görev yerine getirme üzerine kurulu olduğunu vurgulamaktadır. El Cezeri, Artuklular döneminde yaşamış bir bilim adamı ve mühendis olarak, sibernetik ve robot teknolojisinin öncüsü kabul edilmektedir. El Cezeri'nin çalışmaları, mekanik otomasyonun ilk örneklerini içermekte ve bu alandaki düşüncelerin gelişimine büyük katkı sağlamıştır. Ancak, "robot" teriminin ilk kullanımı, Çek bilim kurgu yazarı Karel Čapek'in 1920 yılında kaleme aldığı "Rossum's Universal Robots" adlı eserine dayanmaktadır. Bu eser, fabrikada çalışan robotların insanları ele geçirdiği distopik bir senaryo sunarak, robotların potansiyel tehditlerini sorgulamıştır.

Čapek'in eserinin ardından robot kavramı, yalnızca bir mekanik işçi değil, aynı zamanda insanlık için bir uyanış ve sorgulama simgesi haline gelmiştir. Robotların işlevselliği ve potansiyel etkileri, günümüzde yalnızca bilim kurgu eserlerinde değil, aynı zamanda sosyoekonomik tartışmalarda da önemli bir yer edinmiştir. Bu nedenle, robotların tanımı ve toplumsal rolleri sürekli evrilen bir kavram olarak, gelecekte daha fazla tartışma ve araştırma konusu oluşturacaktır.

Makine tabanlı teknolojiler, üretimden hizmet sektörlerine kadar geniş bir yelpazede kullanılmakta olup, insan yaşamını pek çok açıdan kolaylaştırma kapasitesine sahiptir. Robot kavramının kesin bir tanımı olmamakla birlikte, genel anlamda robotlar, belirli hareketleri gerçekleştirmek üzere programlanabilen mekanik cihazlar olarak tanımlanabilir (Bootle,

2019:4). Bu tanım, robotların yalnızca fiziksel işlevleri değil, aynı zamanda iş süreçlerini optimize eden akıllı sistemler olarak işlev gördüklerini de vurgulamaktadır.

Daha derinlemesine bakıldığında, robotlar, insan komutları doğrultusunda görevleri yerine getiren özerk makineler olarak tanımlanabilir (Marwala, 2018:2). Özerklik, robotların yalnızca programlandıkları işlevleri yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda öğrenme, gelişme ve karar verme yeteneklerine sahip olmalarını sağlar. Bu özellikler, robotların geleneksel makinelerden ayrılmasını ve "akıllı" olarak nitelendirilmesini sağlamaktadır (Bottone, 2018:3).

Modern teknolojilerde, işlemci sistemleri, yazılım uygulamaları, akıllı ev cihazları ve otonom araçlar gibi çeşitli dijital ve fiziksel öğeler, robot kavramına dâhil edilmektedir. Bu cihazlar, yalnızca basit otomasyon görevlerini yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda karmaşık süreçlerde de yer alarak toplumsal dinamikleri değiştirme potansiyeline sahiptir (Dölek, 2023). Yeterli özerklik, öğrenme ve karar verme kapasitesi gibi temel özellikler, robotların toplumsal ve ekonomik alanlardaki rolünü artırmakta ve gelecekteki gelişimlerini şekillendirmektedir (Mazur, 2019:279). Bu bağlamda, robotların etkileri yalnızca teknik değil, aynı zamanda etik, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla da ele alınmalıdır.

Avrupa Birliği Hukuk İşleri Komitesi raportörü Mady Delvaux, akıllı ve özerk robotları belirli özelliklere sahip varlıklar olarak tanımlamıştır (Delvaux, 2017:8). Bu robotlar, görevlerini yerine getirmek ve çevresel veri analizi yapmak için sensörler aracılığıyla veya veri değişimi yoluyla etkileşim kurabilmektedir (Bozkurt Yüksel, 2017:89). Ayrıca, deneyim edinerek çevreleriyle etkileşime girme yetenekleri, bu robotların daha sofistike hale gelmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, sınırlı fiziksel destek sağlama kabiliyetleri ve çevrelerine uyum sağlama becerileri, akıllı robotların diğer mekanik sistemlerden ayrılmasını mümkün kılmaktadır. Biyolojik yaşamdan bağımsız olmaları, bu robotların tanımını netleştiren önemli bir unsurdur.

Yapay zekâ ile donatılmış robotlar, iki temel kategoriye ayrılmaktadır (Turner, 2018:96; Zhong, Xu, Klotz ve Newman, 2017:616-630). Dar kapsamlı robotlar, belirli görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmıştır ve günümüzde yaygın olarak bu tip robotlar kullanılmaktadır. Geniş kapsamlı robotlar ise belirsizlikler içinde bağımsız olarak yeni hedefler belirleyebilme yeteneğine sahiptir. Popüler kültürde "Metropolis", "Ex Machina" ve "I, Robot" gibi yapımlarda, cansız maddelerden yaratılan ve insan yeteneklerine yaklaşan bu tür robotlar sıkça karşımıza çıkmaktadır. Bu eserler, teknolojinin insanlık üzerindeki potansiyel etkilerini sorgularken etik ve felsefi tartışmalara da kapı aralamaktadır. Bu durum, robotların gelecekteki rolleri ve insanlıkla olan etkileşimlerinin nasıl şekilleneceğine dair önemli soruları gündeme getirmektedir.

Robotların toplumsal etkileri, hem olumlu hem de olumsuz yönleriyle derinlemesine incelenmelidir. Robot devrimi, insanları tehlikeli ve monoton işlerden kurtarma potansiyeline sahiptir. Bu durum, bireylerin yaşam kalitesini artırmanın yanı sıra iş gücü verimliliğini de önemli ölçüde yükseltebilir. Özellikle bomba imha, radyoaktif alan temizleme ve doğal afet sonrası arama kurtarma gibi tehlikeli görevlerde kullanılan robotlar, hem insan güvenliğini artırmakta hem de zaman ve kaynak tasarrufu sağlamaktadır. Bu tür uygulamalar, bireylerin daha yaratıcı, yenilikçi ve katma değerli işlere yönelmesine olanak tanır (Gün ve Gök, 2011:19-21).

Robot teknolojilerindeki gelişmeler, yeni sektörlerin ve iş kollarının ortaya çıkmasını sağlarken, yüksek nitelikli iş gücüne olan ihtiyacın artmasına da zemin hazırlamaktadır. İş gücü piyasasında dönüşüm yaratan bu değişiklikler, daha uzmanlaşmış becerilere sahip bireyler için fırsatlar sunmaktadır (Vayvay, 2010:90). Robotlar, üretimden lojistiğe, sağlık hizmetlerinden diğer pek çok sektöre kadar etkin bir şekilde kullanılmakta ve bu durum, robot mühendisliği, veri analitiği ve yapay zekâ geliştirme gibi yeni mesleklerin doğmasına neden olmaktadır.

Ancak robotların toplumda hızlı bir şekilde yer edinmesi, ciddi zorlukları da beraberinde getirmektedir. Teknolojik işsizlik, özellikle düşük beceri gerektiren işlerde büyük bir sorun

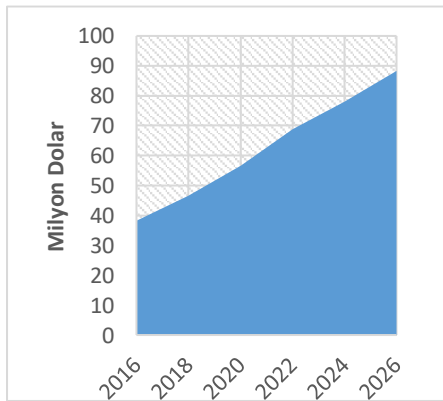
haline gelebilir. Robotlar, rutin görevlerin yanı sıra, mavi yakalı çalışanların yerini alarak bireylerin kariyer değişikliklerine gitmelerine neden olabilir. Bu durum, işsizlik oranlarını artırabilir ve bireylerin sosyal ve ekonomik durumlarını olumsuz etkileyebilir (Abott ve Bogenschneider, 2018:147). Ayrıca robotların yaygınlaşması, ekonomik eşitsizliğe de katkı sağlayabilir; teknolojiyi benimseyebilen bireyler ile bu teknolojilere erişimi olmayanlar arasındaki uçurum büyüyebilir. Bu nedenle, robot teknolojisinin toplumsal etkileri dikkatle değerlendirilmelidir. Eğitim sistemlerinin bu dönüşüme uyum sağlayacak şekilde yeniden yapılandırılması, sosyal güvenlik ağlarının güçlendirilmesi ve robotların topluma sorumlu bir şekilde entegre edilmesi, bu zorlukların üstesinden gelmek için önem taşımaktadır.

2. Robotik Teknolojilerin Sektörlerdeki Büyüme ve Etkileri

Robotik teknolojiler, son yıllarda çeşitli sektörlerde hızlı bir büyüme ve dönüşüm sağlamaktadır. Otomotivden sağlık hizmetlerine, tarımdan lojistiğe kadar birçok alanda robotların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu teknolojiler, iş süreçlerini daha verimli hale getirirken maliyetleri düşürme, kaliteyi artırma ve insan hatalarını minimize etme potansiyeline sahiptir. Küresel robot yazılım pazarındaki büyüme, bu teknolojilere olan talebin ve yatırımların hızla arttığını açıkça göstermektedir. 2016 yılında 38,3 milyon dolar olan pazar büyüklüğünün, 2026 yılına kadar 88,3 milyona ulaşarak önemli bir artış kaydedeceği öngörülmektedir. Bu on yıllık süreçte yaklaşık 50 milyon dolar değerinde bir büyüme, robotik teknolojilerin gelecekteki potansiyelini ve önemini açıkça ortaya koymaktadır. Robot yazılım pazarının yıllık bazda büyüme oranlarının artması, teknolojik ilerlemelerin ve yeniliklerin bu pazarın genişlemesine olan katkısını vurgulamaktadır (Scoop, 2023). Bu veriler, robotik teknolojilerin yalnızca mevcut sektörlerdeki etkinliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda yeni iş alanları ve fırsatlar yaratarak ekonomik büyümeye de katkıda bulunduğunu göstermektedir (Grafik 1).

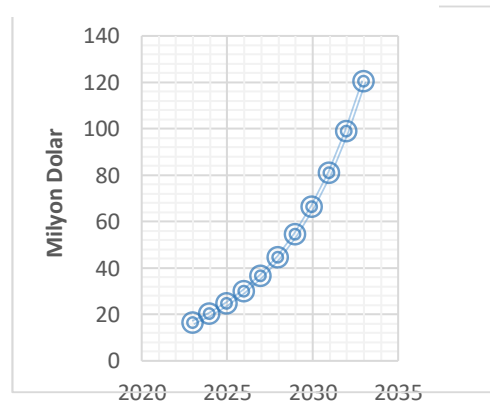
Grafik 2’de, küresel robot yazılım pazarının 2023-2033 yılları arasındaki büyüklüğü milyon dolar cinsinden gösterilmektedir. 2023 yılında 16,5 milyon dolar olan pazar değeri, her yıl artış göstererek 2033 yılında 120,5 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu dönemde kaydedilen sürekli ve hızlı büyüme, robot yazılım teknolojilerine olan talebin ve yatırımların arttığını açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle 2030 sonrası büyüme hızının belirgin bir şekilde yükseleceği gözlemlenmektedir; 2030 yılında 66,4 milyon dolar olan pazar değeri, yalnızca üç yıl içinde yaklaşık iki katına çıkarak 120,5 milyona ulaşacaktır. Bu veriler, teknolojik yenilikler ve robot yazılım çözümlerinin benimsenmesindeki artışla birlikte, pazarın gelecekte de önemli ölçüde genişleyeceğini göstermektedir. Bu büyüme trendi, robot yazılım sektöründeki inovasyonların ve bu alana yapılan yatırımların ekonomik potansiyelini ve stratejik önemini vurgulamaktadır (Scoop, 2023).

Grafik 1: Küresel Robot Pazarının Büyüklüğü (Milyon Dolar)



Kaynak: Scoop, 2023

Grafik 2: Küresel Robot Yazılım Pazarının Değeri (Milyon Dolar)



Kaynak: Scoop, 2023

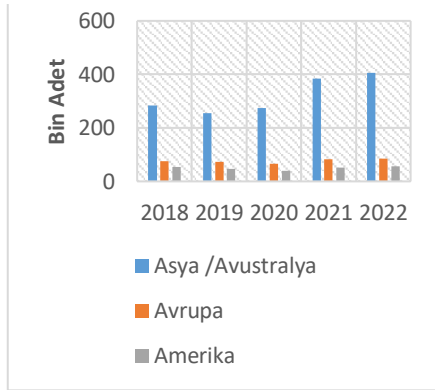
Endüstriyel robotların küresel dağılımı, farklı bölgelerdeki ekonomik ve teknolojik gelişmelerin bir yansıması olarak dikkate değer farklılıklar göstermektedir. Grafik 3’e göre,

2018 ile 2022 yılları arasında Asya/Avustralya, Avrupa ve Amerika kıtaları arasında endüstriyel robotların yıllık kurulum sayıları belirgin farklılıklar sergilemiştir.

Asya/Avustralya, 2018'de 284 bin adet robot kurulumu ile başlamış ve 2022'de 405 bin adete ulaşarak sürekli bir artış eğilimi göstermiştir. Özellikle 2021'de yaşanan kayda değer artış, bölgeyi endüstriyel otomasyonun merkezi haline getirmiştir. Avrupa, 2018'de 76 bin adet robot kurulumu gerçekleştirmiş ve 2022'de bu sayı 84 bine yükselmiştir; ancak artış oranı Asya/Avustralya'ya kıyasla daha sınırlı kalmıştır. Amerika'da, 2018'de 55 bin olan yıllık robot kurulumu, 2022'de 56 bin adete çıkarak genel olarak istikrarlı bir seyir izlemiştir ve büyük dalgalanmalar gözlemlenmemiştir. Bu veriler, endüstriyel otomasyonun küresel dağılımındaki bölgesel farklılıkları ortaya koyarken, Asya/Avustralya'nın lider konumunu pekiştirmektedir (Marketresearchfuture, 2023).

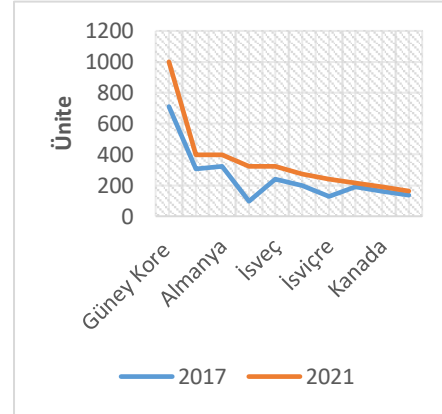
Endüstriyel robot yoğunluğu, ülkelerin sanayi ve otomasyon alanındaki gelişmişlik seviyelerini ve teknolojiye yaptıkları yatırımları yansıtmaktadır. Grafik 4'e göre, 2021 yılında endüstriyel robot yoğunluğu açısından ülkeler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Çin, 10.000 insan çalışan başına 322 robot ile dünya lideri konumundadır. Güney Kore, 1.000 robot ile ikinci sırada yer alırken; Japonya ve Almanya, sırasıyla 399 ve 397 robot yoğunluğuyla öne çıkmaktadır. ABD, 274 robot ile bu sıralamayı takip ederken, İsviçre 240 robot ile dikkat çekmektedir. Diğer Avrupa ülkelerinde robot yoğunluğu daha düşüktür; örneğin Fransa 163, İtalya ise 217 robota sahiptir. Bu veriler, ülkelerin endüstriyel otomasyon seviyeleri ve teknolojik gelişimdeki farklılıkları açıkça ortaya koymaktadır (Visionmonday, 2021).

Grafik 3: Kıtalaraya Göre Endüstriyel Robotların Yıllık Kurulumları (Bin Adet)



Kaynak: Marketresearchfuture, 2023

Grafik 4: Robot İşçilerin En Yoğun Olduğu Ülkeler (Ünite)



Kaynak: Visionmonday, 2021

Küresel endüstriyel robot pazarı, sanayi ve otomasyon alanındaki teknolojik ilerlemeler sayesinde hızla büyümektedir. Bu büyüme, üretim süreçlerinde verimliliği artırma, maliyetleri düşürme ve kaliteyi iyileştirme çabalarıyla paralel bir artış göstermektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde, endüstriyel robotlara olan talep sürekli artmaktadır.

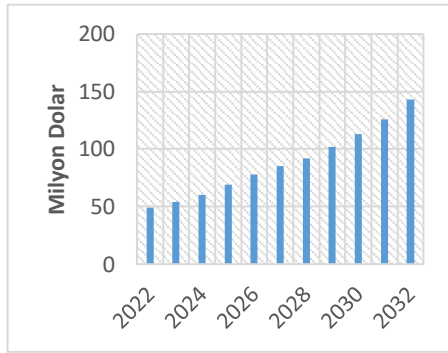
Grafik 5'te, 2022 yılında 49 milyon dolar olan küresel endüstriyel robot pazarının büyüklüğü, 2032 yılına kadar 143 milyona ulaşacaktır. Özellikle 2025 sonrası yıllık büyüme oranlarının hızlanarak 2030'dan itibaren çift haneli büyüme oranları sergilemesi beklenmektedir. Bu artış, endüstriyel otomasyonun küresel yayılımı ve teknolojiye yapılan yatırımların artışı ile ilişkilidir.

2032'ye gelindiğinde, endüstriyel robot teknolojilerinin daha geniş bir uygulama alanına yayılmasıyla pazarın büyümesi beklenmektedir. Bu veriler, endüstriyel robotların dünya ekonomisindeki önemini ve sektörün büyüme potansiyelini gözler önüne sermektedir (Scoop, 2023).

Grafik 6'ya göre, kişisel ve ev tipi hizmet robotlarının dünya çapındaki satış değeri önemli bir artış sergilemiştir. 2018'de 3,5 milyar dolar olan ev işleri robotlarının satış değeri, 2023 yılında 10 milyar dolara çıkmıştır. Benzer şekilde, eğlence robotlarının satış değeri 2018'de 1,1 milyar dolar iken, 2023'te 1,9 milyar dolara yükselmiştir. Bu artışlar, tüketicilerin kişisel ve ev tipi hizmet robotlarına olan talebindeki büyümeyi ve bu teknolojilerin ev yaşamı ile eğlence alanlarında yaygınlaşmasını göstermektedir (Scoop, 2023).

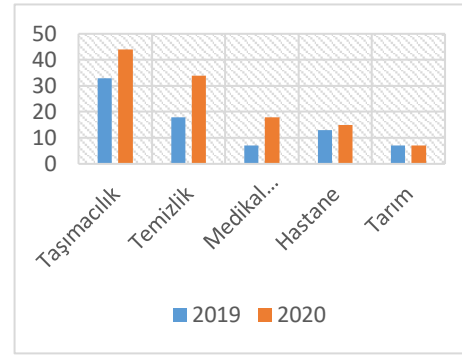
Pandemi sürecinde evde geçirilen zamanın artması ve teknolojiye olan güvenin yükselmesi, kişisel hizmet robotlarının satışlarını olumlu yönde etkilemiştir. Örneğin, temizlik robotları ve otomatik çim biçme makineleri gibi ürünler, kullanıcıların yaşam kalitesini artırırken günlük işleri kolaylaştıran popüler tercihler haline gelmiştir. Eğlence robotları ise interaktif oyunlar, eğitim amaçlı robotlar ve evcil hayvan benzeri ürünlerle tüketicilerin ilgisini çekmeye devam etmektedir. Bu gelişmeler, kişisel ve ev tipi hizmet robotlarının küresel pazarda önemli bir büyüme potansiyeline sahip olduğunu ve bu teknolojilere yapılan yatırımların sürdüğünü göstermektedir.

Grafik 5: Küresel Endüstriyel Robot Pazarının Boyutu (Milyon Dolar)



Kaynak: Scoop, 2023

Grafik 6: Profesyonel Kullanım İçin Hizmet Robotlarının Uygulamaya Göre Pazar Büyüklüğü (Milyon Dolar)



Kaynak: Scoop, 2023

Robot teknolojilerinin gelişimi, endüstriyel ve servis robotlarının fiyatları üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Bu fiyat trendleri, hem teknolojik yeniliklerin hem de pazar taleplerinin bir yansımasıdır. Özellikle son yıllarda, robotik çözümlerin farklı sektörlerdeki kullanımının artmasıyla birlikte, fiyatlarda da belirgin değişiklikler gözlemlenmektedir.

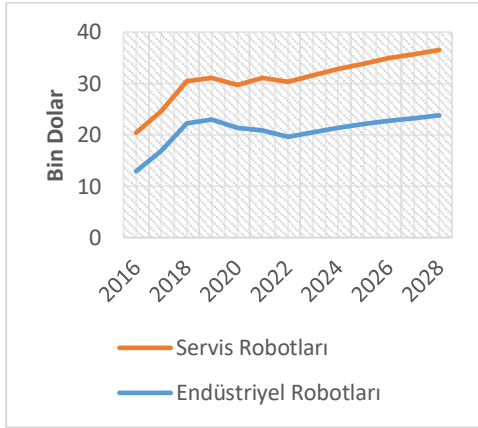
Grafik 7'de endüstriyel ve servis robotlarının yeni kurulan her bir robot başına fiyatı üzerinde zaman içinde farklı trendler gözlemlenmektedir. Endüstriyel robotların 2016 yılında 12,91 bin dolar olan fiyatı, 2028 yılına gelindiğinde 23,8 bin dolara yükseleceği öngörülmektedir. Servis robotları için ise aynı dönemde fiyatlar 7,5 bin dolardan 12,71 bin dolara kadar artacaktır. Bu süreçte endüstriyel robot fiyatlarında genelde dalgalı bir seyir izlenirken, servis robotları için daha istikrarlı bir yükseliş trendi gözlenmektedir.

Özellikle 2021 yılından sonra servis robotlarının fiyatlarında belirgin bir artış gözlenmiştir, bu da servis robotlarının teknolojik karmaşıklığının ve işlevselliğinin artmasıyla ilişkilendirilebilir. Endüstriyel robotların fiyatlarında ise 2021'den itibaren bir miktar düşüş gözlemlenmiş olsa da genelde yükseliş trendi sürmektedir. Bu veriler, endüstriyel ve servis robotlarının pazardaki değerlerinin zamanla nasıl değiştiğini ve bu teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte fiyatlarında yaşanan dinamikleri ortaya koymaktadır (Statista, 2023).

Grafik 8'de, küresel endüstriyel ve hizmet robotlarının toplam sayıları ve pazar büyüklükleri

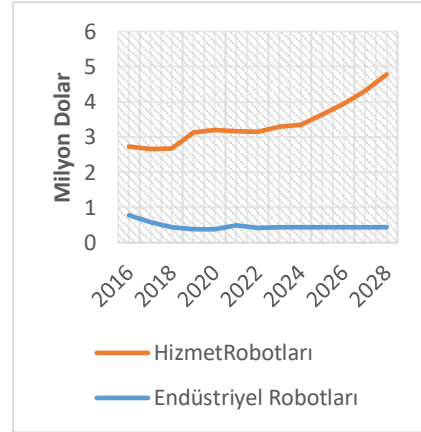
zaman içinde farklılık göstermektedir. 2016 yılında endüstriyel robotların sayısı 0,78 milyon iken, hizmet robotlarının sayısı 1,95 milyon olarak kaydedilmiştir. 2028 yılına gelindiğinde ise endüstriyel robot sayısı 0,44 milyon olarak kalacağı, hizmet robotlarının sayısı 4,34 milyona yükseleceği ön görülmektedir (Statista, 2023). Bu süreçte hizmet robotlarının sayısında belirgin bir artış gözlenirken, özellikle 2025 ve sonrasında ivmelenmiş bir büyüme yaşanacaktır. Endüstriyel robotların sayısında ise 2016-2018 arasında düşüş yaşanmış ancak daha sonra nispeten sabit bir seyir izlenmiştir. Bu veriler, hizmet robotlarının özellikle günlük yaşamda ve hizmet sektöründe daha geniş bir kullanım alanı bulduğunu ve bu alanda hızla yayıldığını göstermektedir.

Grafik 7: Yeni Kurulan Her Bir Robot Başına Fiyatı (Bin Dolar)



Kaynak: Statista, 2023

Grafik 8: Küresel Endüstriyel ve Hizmet Robotlarının Pazar Büyüklüğü (Milyon Dolar)



Kaynak: Statista, 2023

Grafik 9'a göre kişisel ve ev tipi hizmet robotlarının dünya çapındaki satış değerleri önemli bir artış göstermektedir. Ev işleri için robotların satış değeri 2018 yılında 3,5 milyon dolar iken, 2023 yılında 10 milyon dolara kadar yükselmiştir. Benzer şekilde, eğlence robotlarının satış değeri 2018 yılında 1,1 milyon dolar iken, 2023 yılında 1,9 milyon dolara ulaşmıştır. Bu süreçte özellikle 2020 ve sonrasında hızlanan bir büyüme trendi gözlenmektedir, bu da tüketicilerin kişisel ve ev tipi hizmet robotlarına olan ilgisinin arttığını ve teknolojik ürünlere olan güvenin arttığını yansıtmaktadır (Scoop, 2023).

Grafik 10'da, küresel cerrahi robotik pazarı, sağlık ve tıbbi robotlar için önemli bir büyüme göstermektedir. 2022 yılında 6,2 milyon dolar olan pazar büyüklüğünün, 2032 yılında 25,7 milyon dolara kadar yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu süreçte yıllık büyüme oranları genellikle istikrarlı bir şekilde artmış, özellikle 2026 yılından sonra hızlanmıştır. Cerrahi robotik teknolojilerinin sağlık sektöründeki yaygın kullanımı ve teknolojik gelişmelerin ivmesi, pazarın genişlemesine katkı sağlamıştır (Scoop, 2023).

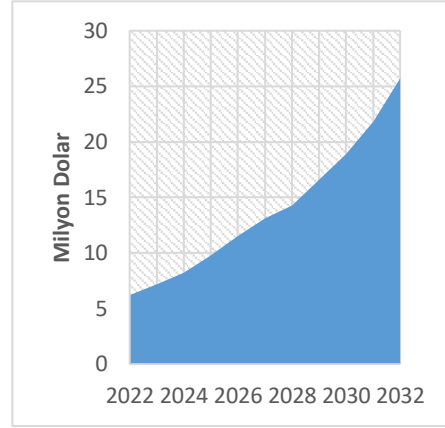
Sağlık ve tıbbi robotların cerrahi müdahalelerdeki hassasiyeti artırması ve hasta iyileşme süreçlerini olumlu yönde etkilemesi, bu teknolojilere olan talebi artırmıştır. Ayrıca, cerrahi robotların kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte sağlık kuruluşlarının verimliliği ve tedavi sonuçları üzerinde de olumlu etkiler gözlemlenmiştir. Bu veriler, cerrahi robotik pazarının gelecekte de büyümeye devam edeceğini ve sağlık teknolojileri alanında önemli bir rol oynayacağını göstermektedir.

Grafik 9: Kişisel ve Ev Tipi Hizmet Robotlarının Küresel Satış Geliri (Milyon Dolar)

Grafik 10: Küresel Cerrahi Robotik Pazarı - Sağlık ve Tıbbi Robotlar (Milyon Dolar)



Kaynak: Scoop, 2023



Kaynak: Scoop, 2023

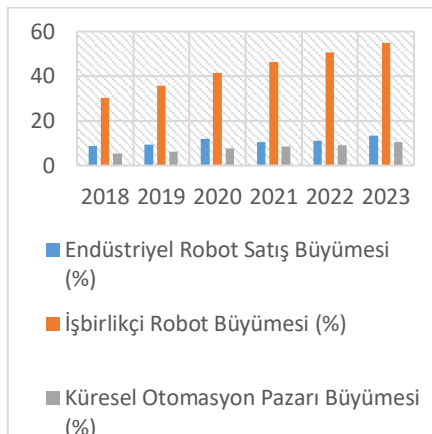
Grafik 11'e göre, endüstriyel robot satış büyüme oranları, işbirlikçi robot büyüme oranları ve küresel otomasyon pazarı genel büyüme oranları zaman içinde farklı trendler sergilemektedir. 2018'den 2023'e kadar olan dönemde, endüstriyel robot satış büyüme oranları istikrarlı bir şekilde artarak %8,7'den %13,5'e yükselmiştir. Benzer şekilde, işbirlikçi robot büyüme oranları %30,2'den %55,1'e kadar yükselmiş ve küresel otomasyon pazarı büyüme oranları da %5,3'ten %10,5'e kadar artmıştır (Scoop, 2023).

Özellikle işbirlikçi robotların büyüme oranındaki yüksek artış, endüstriyel otomasyonun insan ve robot işbirliği modeline doğru evrildiğini göstermektedir. Bu trend, üretim ve otomasyon sektörlerindeki teknolojik ilerlemelerin ve verimlilik artışlarının bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Küresel otomasyon pazarındaki genel büyüme oranlarındaki artış ise endüstriyel otomasyonun dünya genelindeki yaygınlığının ve öneminin arttığını göstermektedir (Scoop, 2023).

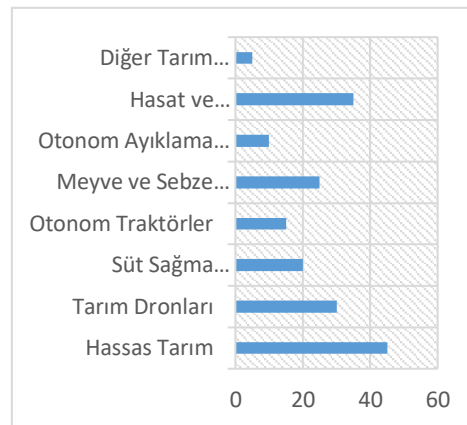
Grafik 12'ye göre, küresel tarım ve çiftçilik sektöründe robotik teknolojilerin kullanım oranları çeşitli alanlarda farklılık göstermektedir. Hassas tarım, meyve ve sebze toplama, hasat ve paketleme gibi alanlarda yüksek oranlar gözlemlenirken, otonom traktörler, süt sağma robotları gibi diğer alanlarda ise daha düşük oranlar kaydedilmiştir (Scoop, 2023).

Özellikle hassas tarımın %45'lik oranı, tarımsal üretimde teknolojinin hassas ve verimli kullanımının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, meyve ve sebze toplama ile hasat ve paketleme robotlarının %25 ve %35 gibi yüksek oranları, tarım işçiliğindeki otomasyonun artan kabulünü ve kullanımını yansıtmaktadır. Bu veriler, tarım sektöründe robot teknolojilerinin çeşitliliğini ve işlevselliğini, tarım verimliliği ve üretim kalitesi üzerindeki olumlu etkilerini göstermektedir (Scoop, 2023).

Grafik 11: Küresel Üretim ve Otomasyon Alanında Robot Oranları (%)



Grafik 12: Küresel Tarım ve Çiftçilikte Robotik Oranları (%)



Kaynak: Scoop, 2023

Kaynak: Scoop, 2023

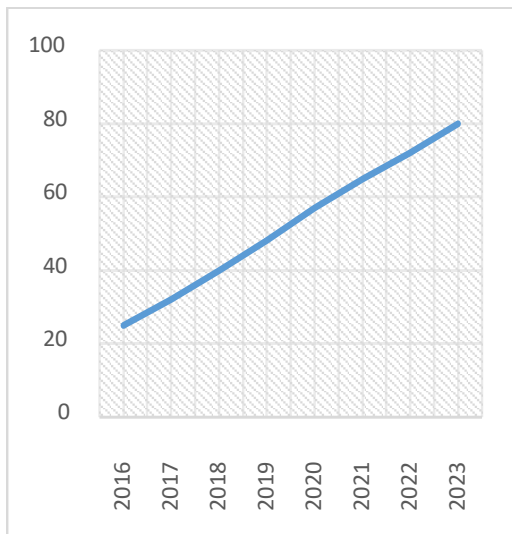
Grafik 13'e göre, lojistik ve depolama sektöründe robot teknolojilerinin kullanım oranları zaman içinde önemli ölçüde artmıştır. 2016 yılında %25 olan kullanım oranı, 2023 yılına gelindiğinde %80'e yükselmiştir. Bu süreçte yıllık artışlar genellikle istikrarlı bir şekilde gerçekleşmiş ve özellikle 2020 sonrasında hızlanmıştır.

Lojistik ve depolama sektöründe robot teknolojilerinin kullanımı, depo yönetimi, malzeme taşıma, envanter kontrolü gibi işlemlerdeki otomasyonun artmasıyla sağlanan verimlilik ve operasyonel iyileştirmelerden kaynaklanmaktadır. Yüksek kullanım oranları, bu teknolojilerin sektörde kabul görmüş ve yaygın olarak uygulandığını göstermektedir. Özellikle pandemi süreci ve dijitalleşme trendleri, lojistik ve depolama sektöründe robot teknolojilerinin benimsenmesini hızlandırmış ve bu alandaki kullanım oranlarını artırmıştır (Scoop, 2023). Bu veriler, lojistik ve depolama sektöründe robot teknolojilerinin gelecekteki önemini ve yaygınlığının artacağını işaret etmektedir; bu da sektördeki operasyonel süreçlerin daha da optimize edilmesine ve maliyet tasarruflarının sağlanmasına olanak tanıyabilir.

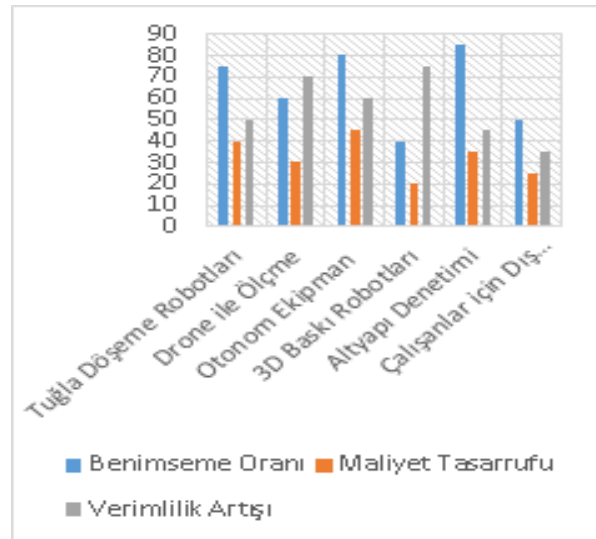
Grafik 14'te, inşaat ve altyapı uygulamaları için robotik teknolojilerin benimsenme oranları, maliyet tasarrufu ve verimlilik artışı üzerinde farklı etkiler gözlemlenmektedir. Tuğla döşeme robotları %75 benimsenme oranıyla öne çıkmakta ve %40 maliyet tasarrufu ile %50 verimlilik artışı sağlamaktadır. Drone ile ölçme uygulamaları %60 benimsenme oranıyla dikkat çekerken, %30 maliyet tasarrufu ve %70 verimlilik artışı sağlamaktadır. Otonom ekipmanlar ise %80 benimsenme oranı ile öne çıkmakta, %45 maliyet tasarrufu ve %60 verimlilik artışı sağlamaktadır (Scoop, 2023).

3D baskı robotları %40 benimsenme oranı ile daha düşük bir kullanım oranına sahip olsa da, %20 maliyet tasarrufu ve %75 verimlilik artışı potansiyeli sunmaktadır. Altyapı denetimi için kullanılan robotlar %85 benimsenme oranı ile yüksek bir kabul görmekte, %35 maliyet tasarrufu ve %45 verimlilik artışı sağlamaktadır. Çalışanlar için dış iskeletler %50 benimsenme oranı ile orta düzeyde kabul görmekte, %25 maliyet tasarrufu ve %35 verimlilik artışı sağlamaktadır (Scoop, 2023). Bu veriler, inşaat ve altyapı sektöründe robotik teknolojilerin benimsenme düzeylerini, maliyet etkinliğini ve iş verimliliği üzerindeki etkilerini göstermektedir. Robotik teknolojilerin bu sektörde daha geniş çapta kullanılmasıyla birlikte, iş süreçlerindeki iyileştirmeler ve verimlilik artışları önemli ölçüde artabilir.

Grafik 13: Lojistik ve Depolamada Robot Teknolojilerinin Kullanım Oranları (%)



Grafik 14: Robotiklerin İnşaat ve Altyapı Uygulamalarındaki Etki Oranları (%)



Kaynak: Scoop, 2023

Kaynak: Scoop, 2023

3. Belediyelerde Robotik Uygulamaların Etkisi ve Gelecek Vizyonu

Son yıllarda robotik ve otomasyon alanındaki teknolojik ilerlemeler, kamu hizmetlerinde köklü değişikliklere yol açmıştır. Bu dönüşüm, şehir yönetiminde daha verimli ve etkili hizmet sunumunu mümkün kılmaktadır. Belediyeler, artan nüfus, çevresel sorunlar ve sınırlı kaynaklar gibi zorluklarla başa çıkabilmek için robotik çözümleri entegre etmeye başlamıştır (Şen, 2023:141-165). Robotik uygulamalar, hizmet süreçlerini optimize ederek maliyetleri düşürmekte ve kaliteyi artırmaktadır. Bu bağlamda, belediyelerdeki robotik uygulamaların önemi giderek artmaktadır (Merih ve Ertürk, 2021:76-89; Coşkun ve ark., 2024).

Belediyeler, robot teknolojilerini kullanarak toplumsal ve çevresel sorunlara çözüm üretmeyi hedeflemektedir. Örneğin, otomatik temizlik sistemleri, şehir temizliğinde insan gücüne olan bağımlılığı azaltmakta ve kaynak kullanımını daha verimli hale getirmektedir (Kozak, 2023:576-589). Valletta, Malta'da ITALPRESS/MNA firması tarafından geliştirilen 73 adet tam otomatik süpürme ve fırçalama robotu, sokaklar, sahil yolları ve kamusal alanlarda kullanılmak üzere devreye alınmıştır (Timemalta, 2023). Bu uygulamalar, temizliği sağlamak için gereken iş gücünü azaltırken operasyonel maliyetleri de düşürmekte ve çevre dostu bir yaklaşım sunmaktadır.

Güvenlik alanında drone ve robot kullanımı, gerçek zamanlı izleme ve müdahale imkânı sağlayarak kamu güvenliğini artırmakta ve acil durumlarda hızlı bir yanıt mekanizması oluşturmaktadır (Calo, 2012). Bu teknolojiler, belediyelere güvenlik yönetimini daha etkin bir şekilde sağlama olanağı sunmakta ve halkın güvenliğini artırmaktadır.

Robotik çözümler, veri analizi ve yapay zeka entegrasyonu ile daha akıllı hizmet sunumlarına olanak tanımaktadır (Alonso ve Lippez-De Castro, 2016). Örneğin, hava kalitesi izleme ve akıllı trafik yönetim sistemleri, şehir yönetimini veriler aracılığıyla daha etkin kılmaktadır. Bu teknolojiler, sadece hizmet kalitesini artırmakla kalmayıp, vatandaşların yaşam standartlarını da iyileştirmektedir (Aydınoğlu, Bovkır ve Bulut, 2022:174-184).

Belediyelerde robotik uygulamalar, maliyet etkinliği ve hizmet kalitesinin artırılması açısından büyük bir öneme sahiptir. Yerel yönetimlerin robotik çözümleri benimsemesi, sürdürülebilir ve akıllı şehirlerin inşasında belirleyici bir rol oynamaktadır. Örneğin, otomatik atık toplama sistemleri, sensörler ve otonom araçlar kullanarak atıkların düzenli bir şekilde toplanmasını sağlar. Bu sistemler, güzergâhlar izleyerek zaman ve enerji tasarrufu sağlarken atık yönetimini daha verimli hale getirmektedir. Bu süreç, çevresel sürdürülebilirlik ve maliyet açısından olumlu sonuçlar doğurur (Örselli ve Akbay, 2019:228-241; Akyol ve Özkan, 2023:128).

Otomatik atık toplama sistemleri, insan iş gücünü azaltarak belediyelerin operasyonel maliyetlerini düşürmektedir. Geleneksel yöntemler fazla iş gücü ve yakıt tüketimi gerektirirken, robotik sistemler bu ihtiyacı minimize ederek daha ekonomik çözümler sunmaktadır (İndyturk, 2022). Ayrıca, bu sistemler, atık toplama süreçlerinde insan hatalarını azaltarak hizmet kalitesini yükseltmektedir.

Temizlik robotları, parklar, caddeler ve diğer kamusal alanlarda temizlik yaparak, insan çalışanları daha stratejik görevlere yönlendirmektedir (Tuvie, 2023; Medium, 2020). Bu durum, iş gücünün beceri setine katkı sağlamakta ve belediyelerin verimliliğini artırmaktadır. Gelecekte, belediyelerde robotik çözümlerin daha yaygın hale gelmesi beklenmektedir. Bu dönüşüm, yapay zeka destekli robotların ve veri analitiğinin entegrasyonu ile hızlanacaktır. Yapay zeka, robotların öğrenme ve adaptasyon yeteneklerini artırarak hizmet sunumunu daha akıllı hale getirecektir. Sensör teknolojileri kullanılarak hava kalitesi, gürültü seviyeleri ve diğer çevresel faktörlerin gerçek zamanlı izlenmesi, belediyelere çevresel sorunları daha hızlı çözme imkânı sunacaktır (Üçgün ve diğ., 2020:373-381). Bu sayede, kirlilik ve aşırı gürültü gibi sorunlar anında tespit edilip müdahale edilebilir.

Akıllı şehir uygulamalarıyla robotik sistemlerin entegrasyonu, ulaşım sistemlerini optimize ederek trafik sorunlarını azaltabilir. Örneğin, akıllı trafik ışıkları ve otonom araçlar, trafik akışını düzenleyerek sıklığı minimize edebilir ve yol güvenliğini artırabilir. Ayrıca, enerji verimliliğini artırarak aydınlatma ve ısıtma sistemlerini optimize edebilir (Örselli ve Akbay, 2019:228-241). Bu teknolojik gelişmeler, şehirlerin operasyonel verimliliğini artırmanın yanı sıra yaşam kalitesini de iyileştirecektir. Belediyelerin sunduğu hizmetlerin hızlanması ve etkinliğinin artması, vatandaşların yaşam standartlarını olumlu yönde etkileyecek ve kamu hizmetlerine olan güveni artıracaktır. Bu nedenle, robotik çözümlerin entegrasyonu, sürdürülebilir ve akıllı şehirlerin inşasında kritik bir rol oynamaktadır (Örselli ve Akbay, 2019:228-241).

4. Dünyada ve Türkiye’de Kullanılan Robotik Sistemler

4.1. Dünyada Belediyelerde Kullanılan Robotik Sistemler

Dünya genelinde belediyeler, şehir yönetimini daha verimli, sürdürülebilir ve güvenli hale getirmek amacıyla robotik sistemleri çeşitli alanlarda entegre etmeye başlamıştır (Çalış Duman, 2022:309-380; Adıgüzel, 2022:50-60). Bu sistemler, özellikle akıllı şehir uygulamaları kapsamında şehir altyapılarını dönüştürerek yaşam kalitesini artırmaktadır. Atık yönetimi, güvenlik, taşımacılık ve park alanı yönetimi gibi hizmetlerde etkin bir şekilde kullanılan robotik çözümler, şehirlerin daha verimli bir şekilde işlemlerini sağlamakta ve vatandaşların yaşam standartlarını iyileştirmektedir (Akyol ve Özkan, 2023:120-134; Şakacı ve Özkaya, 2021:57-71).

Atık yönetimi, robotik sistemlerin en dikkat çekici kullanım alanlarından biridir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010:11-28). Singapur, otonom elektrikli çöp kamyonları kullanarak atık toplama süreçlerini optimize etmektedir. Bu araçlar, dar sokaklarda sürücüsüz hareket edebilmekte, böylece trafik sıklığı azaltılmakta ve çevre kirliliği minimize edilmektedir. Ayrıca, gece çalışma kapasitesi sayesinde, atık toplama işlemleri şehirdeki trafik yoğunluğunu azaltarak daha sessiz bir ortam sağlamaktadır. Otonom çöp kamyonları ile entegre edilen robot kollar ve otomatik yan yükleyiciler, atık toplama sürecini daha güvenli ve verimli hale getirmektedir. Kamyon şoförleri, joystick ve kontrol sistemleriyle robot kollarını yönetmekte, bu sayede hem operasyonel hız artmakta hem de güvenlik sağlanmaktadır (Akıllışehir, 2024).

Güvenlik alanında robotik sistemler büyük bir dönüşüm sağlamaktadır (Yiğitöl ve Sarı, 2020: 55-60). New York’ta kullanılan Knightscope K5 robotları, şehir içindeki güvenlik hizmetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu robotlar, 360 derece alan taraması yapabilmekte, şüpheli aktiviteleri tespit edebilmekte ve video kaydı aracılığıyla güvenlik personeline anlık veri sağlamaktadır. Robotların sağladığı anlık veriler, olası tehditlere hızlı müdahale edilmesine olanak tanırken, insan kaynaklı hataları ve güvenlik açıklarını da minimize etmektedir (Akıllışehir, 2024).

Park ve yeşil alan yönetimi de robotik teknolojilerin etkili kullanıldığı bir diğer önemli alandır. Melbourne gibi şehirlerde, engelli bireylerin park ve yeşil alanlarda daha bağımsız bir şekilde hareket etmeleri için akıllı teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, engelli bireylerin hareketlerini takip etmekte ve ihtiyaç duyduklarında yardım alabilecekleri sistemler sunmaktadır. Böylece, engelli bireylerin park ve yeşil alanlarda bağımsız bir şekilde dolaşabilmesi sağlanmakta ve yaşam kaliteleri artırılmaktadır (Emsal, 2024). Ek olarak, robotik sistemlerin belediye hizmetlerine entegrasyonu, şehir yönetiminde verimlilik, güvenlik ve sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Atık yönetiminden güvenliğe, taşımacılıktan engelli bireylerin yaşamlarını kolaylaştıran teknolojilere kadar geniş bir yelpazede kullanılan robotik çözümler, akıllı şehirlerin inşasına büyük katkı sağlamaktadır. Bu teknolojilerin kullanımı, hem şehirlerin altyapısını dönüştürmekte hem de vatandaşların yaşam kalitesini iyileştirmektedir (Sözen, 2024:322-338; Çakıcı ve Kızılboğa Özaslan, 2021:209-233).

4.2. Türkiye'de Belediyelerde Kullanılan Robotik Sistemler

Türkiye'de belediyeler, şehir yönetiminde verimliliği artırmak ve hizmetleri daha etkili bir şekilde sunmak amacıyla robotik sistemleri ve yapay zeka teknolojilerini farklı alanlarda entegre etmeye başlamıştır (Gökırmak, 2019:73-87). İstanbul Büyükşehir Belediyesi, dijital dönüşüm sürecini hızlandırmak için Robotik Süreç Otomasyon (RPA) teknolojisini kullanmaktadır. Bu teknoloji, tekrarlayan ve zaman alıcı işlemleri otomatikleştirerek belediyenin iş süreçlerini daha verimli hale getirmekte ve kamu hizmetlerinin hızını artırmaktadır. Ayrıca, RPA teknolojisi iş gücü kaynağını daha verimli kullanmaya olanak tanıyarak maliyetleri düşürmektedir. Bu tür dijital dönüşüm projeleri, kamu yönetiminin daha etkin ve hızlı bir şekilde işlemlerini sağlamaktadır (İsttelkom, 2024).

Konyaaltı Belediyesi ise altyapı sorunlarının tespiti ve çözümü için yapay zeka destekli sistemleri kullanmaktadır. Bu sistemler, yol altyapı problemlerini hızla tespit ederek belediyenin müdahale süreçlerini hızlandırmakta ve kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır. Erken tespit edilen sorunlarla, belediye daha az kaynakla daha hızlı çözümler üretebilmekte, böylece hem zaman hem de maliyet tasarrufu sağlanmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, ulaşımda güvenliği artırmak amacıyla yapay zeka tabanlı bir projeyi hayata geçirmiştir. Belediye otobüs şoförlerinin yüz tarama sistemi ile duygu durumlarını anlık olarak izleyen bu sistem, şoförlerin yorgunluk veya stres gibi durumlarını erken tespit ederek yolcuların güvenliğini artırmaya yönelik bir uyarı mekanizması geliştirmektedir. Bu proje, trafik kazalarının önlenmesi açısından önemli bir adım olarak öne çıkmaktadır (Bodrum Gündem, 2024, Kemeç ve Gül, 2021:355-382).

Hatay Büyükşehir Belediyesi ise altyapı hizmetlerinde robotik teknolojilere yönelmektedir. Kanalizasyon ve yağmur suyu hatlarındaki sorunları tespit etmek için robotik kanal görüntüleme sistemlerinden faydalanan belediye, bu sistemler sayesinde maliyet ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Robotik kameralar, boru hatlarındaki arızaları hızlı bir şekilde tespit ederek onarım süreçlerini hızlandırmakta ve büyük arızaların önüne geçmektedir. Bu sistemlerin kullanımı, belediyelere hem operasyonel verimlilik hem de kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Böylece, şehirlerin altyapı yönetimi daha modern ve sürdürülebilir hale gelmektedir (Hatay, 2024). Bu örnekler, Türkiye'deki belediyelerin robotik sistemleri ve yapay zeka teknolojilerini nasıl etkili bir şekilde kullandığını ve bu teknolojilerle şehir yönetimini daha verimli hale getirdiklerini göstermektedir. Belediyeler, bu tür yenilikçi çözümler sayesinde hizmet kalitesini artırmakta, maliyetleri düşürmekte ve şehir yönetiminde daha verimli bir yaklaşım sergilemektedir (Aydınbaş, 2023:24-44; Çetin ve Çiftçi, 2019:134-143).

5. Belediyelerde Robotik Çözümler: Temizlikten Güvenliğe

Günümüzde şehirlerin artan nüfusu, çevresel sorunlar ve sınırlı kaynaklar, yerel yönetimlerin yenilikçi ve verimli çözümler aramasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, robotik teknolojilerin belediyelerde kullanımı, hizmet sunumunu yeniden şekillendiren önemli bir adım olmuştur. Robotik çözümler, çeşitli alanlarda etkinlik sağlarken, aynı zamanda insan kaynaklarını daha stratejik bir şekilde kullanma imkânı sunmaktadır.

Özellikle temizlik hizmetlerinde otonom robotlar, parklar ve sokakların düzenli bir şekilde temizlenmesini sağlamakta, zaman ve iş gücü tasarrufu sağlarken çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunmaktadır. Güvenlik alanında ise robotlar ve drone'lar, şehirlerin güvenliğini artırmak amacıyla gerçek zamanlı izleme ve müdahale kapasitesi sunarak, acil durumlarda hızlı yanıt mekanizmaları oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

Robot teknolojileri, hizmet kalitesini artırmanın yanı sıra, şehirlerin daha yaşanabilir ve sürdürülebilir hale gelmesine de katkıda bulunmaktadır. Belediyelerin bu dönüşümü benimsemesi, ekonomik verimlilik sağlarken aynı zamanda toplumsal fayda yaratmak için önemli bir fırsat sunmaktadır.

Belediyelerde robotik çözümler, farklı ihtiyaçlara yönelik olarak çeşitli alanlarda entegre edilmektedir. Açık alan robotları, çöp toplama, sokakları süpürme, çim biçme, kanal açma, ilaçlama ve park bahçe bakımında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu robotlar, şehirlerin temizliği ve bakımında önemli görevler üstlenmektedir.

Kapalı alan robotları ise bina temizliği, servis, karşılama ve güvenlik gibi görevlerde yer almakta, belediyelerin bina içi hizmet kalitesini artırmaktadır. Güvenlik robotları, kamu binaları ve alanlarında devriye gezerek, gerçek zamanlı izleme ve müdahale kapasitesine sahiptir. Ayrıca, robot iş makineleri, inşaat ve altyapı projelerinde ağır iş makineleri görevini üstlenmektedir. Bu çözümler, belediyelerin daha verimli, etkili ve sürdürülebilir hizmet sunmasına katkıda bulunmakta, maliyetleri düşürmekte ve hizmet kalitesini artırarak vatandaşların yaşam standartlarını yükseltmektedir (Şekil 1).

Şekil 1: Alanlara Göre Belediyelerde Kullanılabilecek Robotik Teknolojileri



Kaynak: Yazar Tarafından Hazırlanmıştır.

Günümüzde şehirlerin hızla artan nüfusu, sınırlı kaynaklar ve çevresel sorunlar, belediyeleri daha verimli ve yenilikçi çözümler aramaya yönlendirmektedir. Bu bağlamda, robotik teknolojilerin belediyelerde kullanımı, şehir hizmetlerinin modernizasyonunda önemli bir adım olarak öne çıkmaktadır. Ursa Robotics'in geliştirdiği otonom elektrikli araçlar, bu

dönüşümün merkezinde yer almaktadır. Şirket, atık toplama süreçlerini optimize etmek amacıyla geleneksel çöp kamyonlarını otomatik sistemlerle değiştirmeyi hedeflemektedir (Ursa, 2023). Elektrikli ve otonom çöp kamyonları, şehirlerin sıkışıklığını azaltarak atık yönetimini daha verimli hale getirmektedir. Bu araçlar, cam, karton, plastik gibi çeşitli atıkları toplayabilmekte ve dar sokaklarda sürücüsüz olarak çalışabilmektedir. Gece çalışabilme özelliği sayesinde şehirlerin trafik yoğunluğu ve iş gücü maliyetleri azaltmaktadır.

Belediyeler için bir diğer önemli yenilik, çöp kamyonlarında kullanılan otomatik yan yükleyicilerdir. Bu robot kolları, "otomatik yan yükleyiciler" olarak adlandırılmaktadır ve çöp kamyonlarını adeta Transformer robotlarına dönüştürmektedir. Heil tarafından üretilen ASL'ler, 30 ila 300 galonluk konteynerleri yüksek hassasiyetle kaldırabilme kapasitesine sahip olup, hem hidrolik sistemler hem de metal raylar kullanarak gelişmiş bir hareket kabiliyeti sunmaktadır. Çöp kamyonlarındaki robot kolları, kamyon şoförleri tarafından kabin içindeki joystick ve kontrollerle yönetilmekte, hareketler geri görüş kameralarına benzer izleme sistemleriyle takip edilmektedir (Aiincorporated, 2023). Bu sistemler, atık toplama süreçlerini daha güvenli ve etkin bir şekilde yürütmeye olanak tanımakta ve belediyelere operasyonel verimlilik kazandırmaktadır. Robotik çözümler sadece atık toplama ile sınırlı kalmayıp, belediyelerin temizlik ve güvenlik hizmetlerinde de büyük faydalar sağlamaktadır. Atık yönetimini daha sürdürülebilir hale getiren bu teknolojiler, şehirlerin çevresel sürdürülebilirliğine katkıda bulunmakta ve maliyetleri düşürmektedir.

Şekil 2: Şehirlerde Atık Yönetimi için Yenilikçi Robotik Teknolojiler



Kaynak: Ursa, 2023; Aiincorporated, 2023; Jalopnik, 2022

Fulongma Fulongma Grubu'nun geliştirdiği insansız sanitasyon araçları, belediyelerin şehir temizliği ve yönetimi stratejilerine önemli katkılar sağlamaktadır. Şirket, sanitasyon hizmetleri için toplam sözleşme değerinin 30 milyar yuanı aştığını ve yıllık sözleşme değerinin yaklaşık 3 milyar yuan olarak belirlendiğini bildirmiştir. Bu araçlar, L2-L4 seviyelerinde otonom sürüş teknolojilerini kapsamaktadır ve SD08, SD13, SD18 modelleriyle yüksek düzeyde otonomi, güçlü seyahat kapasitesi, negatif basınçlı süpürme modu ve modüler yapı gibi ileri düzey özellikler sunmaktadır (Fulongmagroup, 2022) (Şekil 3). Ek olarak otonom araçlar, iş gücü ihtiyacını azaltarak maliyetleri önemli ölçüde düşürmekte ve geleneksel temizlik araçlarının aksine insan müdahalesine gereksinim duymamaktadır. Ayrıca, gece çalışma yetenekleri sayesinde şehirlerin trafik yoğunluğu ve iş gücü maliyetlerini azaltmaktadır (Fulongmagroup, 2022) (Şekil 3).

Çevresel sürdürülebilirlik açısından, negatif basınçlı süpürme modları ve diğer gelişmiş teknolojiler, temizlik süreçlerinin çevresel etkilerini azaltırken verimliliği artırır. Bu araçların modüler yapısı, çeşitli temizlik ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilmesine olanak tanır ve belediyelere hizmetlerini daha etkili ve esnek bir biçimde yönetme imkânı sunar. Genel olarak, Fulongma Grubu'nun insansız sanitasyon araçları, belediyelere yüksek verimlilik, maliyet tasarrufu ve çevresel sürdürülebilirlik gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu araçların entegrasyonu, şehirlerin temizliğini ve genel yaşam kalitesini iyileştirerek, belediyelerin modernizasyon süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Fulongma'nın teknolojik yenilikleri,

şehirlerin daha yaşanabilir ve sürdürülebilir hale gelmesine katkıda bulunan önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Fulongmagroup, 2022) (Şekil 3).

Şekil 3: Sanitasyon Hizmetlerinde Otonom Araç



Kaynak: Fulongmagroup,2022

Volvo'nun geliştirdiği otonom yükleyici modeli Volvo LX03, belediyelerin iş makinesi ve temizlik hizmetleri alanında önemli bir yenilik olarak öne çıkmaktadır. Tamamen elektrikli olan ve prototip aşamasında bulunan bu model, modüler yapısı sayesinde farklı operasyonel ihtiyaçlara uyum sağlama yeteneğine sahiptir. Yükleyicinin geniş kapasiteli pil paketi, 8 saat boyunca kesintisiz çalışma imkânı sunarken, 2 ton kaldırma kapasitesi ile etkili bir performans sergilemektedir (Log, 2021) (Şekil 5). Bu tür otonom iş makineleri, belediyelere iş süreçlerini modernize etme ve verimliliği artırma fırsatı sağlamaktadır. Volvo LX03 gibi elektrikli yükleyiciler, fosil yakıt kullanımını ortadan kaldırarak karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltırken, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Ayrıca, insan müdahalesine gerek kalmadan çalışabilme özelliği, iş gücü maliyetlerini düşürmekte ve güvenli çalışma koşullarını teşvik etmektedir.

Scania'nın otonom AXL konsepti, belediyelerin taşımacılık alanındaki süreçlerini dönüştürebilecek bir diğer teknolojik yeniliktir. Bu sekiz tekerlekli araç, insan operatör için kabin içermeyen alçak ve yüz­süz tasarımıyla şehir içi taşımacılığın geleceğine dair önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Sessiz ve estetik bir tasarıma sahip olan bu araç, şehirlerin taşımacılık altyapısını daha verimli ve estetik bir şekilde yönetme kapasitesine sahiptir (Mining, 2022) (Şekil 6).

Otonom iş makineleri ve taşımacılık çözümleri, belediyelere yalnızca maliyet tasarrufu sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda şehir yönetiminin modernizasyonuna önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu teknolojiler, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma noktasında belediyelere güçlü bir destek sunmakta ve şehirlerin temizliği, taşımacılığı ve genel yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde kilit bir rol oynamaktadır.

Şekil 4: İnşaat Sektöründe Otonom ve Robotik İş Makineleri: Yenilikçi Projeler ve Uygulamalar



Kaynak: Log, 2021; Mining, 2022

İngiltere hükümeti tarafından finanse edilen Pipebots projesi, tıkanıklık bulma robotları için akustik algılama sistemleri geliştirmektedir. Sheffield ve Leeds'teki araştırma tesislerinde sergilenen prototipler, altı mikrofona ve bir hoparlöre içeren bir sistemle donatılmıştır. Bu sistem, tıkanıklıklar ve yan bağlantılardan gelen ses yansımalarını ölçerek tıkanıklıkların yerini

tespit etmektedir. Ultrasonik 40 kHz sensörler kullanılarak yapılan deneylerde, tıkanıklıkların yerini doğru bir şekilde belirleme başarısı elde edilmiştir. Ayrıca, elektromanyetik akustik dönüştürücüler (EMAT) ve sinyal-gürültü oranını artırmayı amaçlayan algoritmalar geliştirilmiştir (Pipebots, 2021) (Şekil 5).

Tarım alanında kullanılan XAG'nin R152 modeli, belediyelerin park ve yeşil alanlarında etkili bir ilaçlama çözümü sunmaktadır. Kompakt boyutları ve hassas RTK navigasyon sistemiyle donatılan bu cihaz, otonom rota oluşturma yeteneği sayesinde hızlı ve verimli uygulamalar gerçekleştirmektedir. 360 derece bağımsız püskürtme imkânı sunan güçlü fan destekli sprey topları ve 150 litrelik sıvı tankı ile uzun süreli uygulamalar için uygunluk göstermektedir. Bu özellikler, R152'yi modern tarım uygulamaları için ideal bir çözüm haline getirmektedir (Autospraysystems, 2023) (Şekil 5).

Şekil 5: Belediye Hizmetlerinde Robotik İnovasyonlar: Tıkanıklık Tespiti, İlaçlama ve Ot Temizleme



Kaynak: Pipebots,2021; Autospraysystems, 2023

Dutch Automated Mobility (DAM) tarafından geliştirilen otonom robotlar, şehir içi taşımacılığı daha sürdürülebilir hale getirmek amacıyla öne çıkmaktadır. DAM'in robotları, saatte maksimum 10 kilometre hızla hareket edebilmekte ve elektrikli yapısı sayesinde tek bir şarjla 70 kilometreye kadar mesafe kat edebilmektedir (Leisure360, 2023) (Şekil 6). Bu özellikler, şehirlerin taşımacılık altyapısında önemli bir iyileşme sağlamakta, enerji verimliliğini artırmakta ve çevresel etkileri azaltmaktadır.

Tarım ve yeşil alan yönetiminde ise Yardroid ot biçme robotu dikkat çekmektedir. Bu otonom araç, 12V gücündeki piliyle bağımsız olarak çalışabilmekte ve 4 km/saat hızla hareket edebilmektedir. Eğimli yüzeylerde 45 dereceye kadar tırmanabilme kapasitesine sahip olan Yardroid, dar alanlarda etkin bir şekilde dönüş yapabilme yeteneği sunmaktadır (Yardroid, 2023). Ayrıca, 12 litre su tankı ve haşere öldürücü tanklarıyla donatılan bu robot, su tabancası aracılığıyla 12 metreye kadar etkili bir menzil sunabilmektedir. Bu özellikler, belediyelerin park ve bahçelerinde bakım süreçlerini kolaylaştırarak çevre dostu tarımsal faaliyetleri desteklemektedir (Şekil 6). Robot teknolojileri, belediyelere çeşitli alanlarda önemli faydalar sunmaktadır. DAM'in otonom robotları, şehir içi taşımacılığın sürdürülebilirliğini artırarak enerji ve maliyet tasarrufu sağlarken, Yardroid gibi tarım robotları da yeşil alanların bakımı konusunda verimlilik ve etkinlik kazandırmaktadır. Robotik teknolojiler, şehirlerin çevresel sürdürülebilirliğini desteklemek ve yaşam kalitesini artırmak amacıyla belediyelere güçlü araçlar sunmaktadır.

Şekil 6: Otonom Robot Teknolojileri ile Sürdürülebilir Şehir Yönetimi ve Tarım Uygulamaları



Kaynak: Leisure360, 2023, Yardroid, 2023

Ava Robotics, çeşitli uygulamalar için geniş bir platform sunarak, temel mobilite platformları üzerine entegre edilebilen kamera, video ekranları ve robotik kollar gibi eklentilerle donatılmış robotlar geliştirmektedir. Bu robotlar, gelişmiş nesne kaçınma ve uçurum algılama teknolojileri sayesinde farklı ortamlarda güvenli bir şekilde çalışabilmektedir (Medium, 2019) (Şekil 7). Ava'nın telepresence işlevselliği, uzaktan işbirliğini güçlendirerek dağılmış ekiplerin verimli toplantılar yapmasına olanak tanımaktadır. Bu teknoloji, belediyelerin iletişim süreçlerini iyileştirirken, üretim ve depo ortamlarında envanter yönetimi gibi görevleri üstlenebilen robotik kollarla etkinlik sağlamaktadır. Ayrıca, otel ve etkinlik mekanlarında konukların sorularını yanıtlayan etkileşimli robotlar, müşteri deneyimini geliştirmektedir.

Knightscope'un K5 robotu, tamamen otonom bir güvenlik çözümü olarak hastaneler ve havaalanları gibi alanlarda kullanılmakta olup, video kaydı yapabilme kapasitesi sayesinde güvenlik süreçlerini modernize etmektedir (Nytimes, 2023) (Şekil 7).

Şekil 7: Otonom Robotlarla Şehir Hizmetlerinde Yenilikçi Çözümler ve Güvenlik Uygulamaları



Kaynak: Medium, 2019; Nytimes, 2023

SONUÇ

Robotik teknolojiler, belediyelerde köklü bir dönüşüm ve hızlı bir gelişim süreci başlatarak iş süreçlerini daha verimli hale getirmekte, maliyetleri önemli ölçüde düşürmekte, kaliteyi artırmakta ve insan hatalarını minimize etmektedir. Bu teknolojiler, temizlik, güvenlik, altyapı ve park-bahçe bakımı gibi çeşitli alanlarda uygulanarak şehirlerin daha temiz, güvenli ve yaşanabilir hale gelmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Robotik sistemlerin, iş gücü ihtiyacını azaltarak ve operasyonel verimliliği artırarak belediyelere sağladığı maliyet tasarrufu, şehir bütçelerindeki yükü hafifletmektedir. Özellikle, 7/24 çalışma yeteneği ve insan hatalarını minimize etme kapasiteleri sayesinde, robotik sistemler iş süreçlerini hızlandırmakta ve verimliliği artırmaktadır. Bu durum, hizmetlerin sürekli ve tutarlı bir şekilde sunulmasını sağlamakta, dolayısıyla vatandaş memnuniyetini önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, elektrikle çalışan robotik sistemlerin kullanımı, fosil yakıtların yerine geçerek karbon emisyonlarını azaltmakta ve çevresel kirliliği minimize etmektedir. İş güvenliği açısından, tehlikeli görevlerde robotik sistemlerin kullanılması, insan operatörlerin riskli durumlarda bulunmasını engelleyerek iş güvenliğini artırmaktadır.

Gelecekte, robotik teknolojilerin belediyelerde daha geniş bir şekilde yaygınlaşması öngörülmektedir. Yapay zeka ve veri analitiği entegrasyonu ile robotik sistemlerin daha akıllı ve işlevsel hale gelmesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, akıllı şehir uygulamaları çerçevesinde trafik akışının optimize edilmesini, enerji tüketiminin daha etkin bir şekilde yönetilmesini ve atık yönetiminin iyileştirilmesini mümkün kılacaktır. Sürdürülebilir şehirler açısından, robotik

sistemler karbon emisyonlarını azaltarak çevresel ayak izini küçültecek ve doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına katkıda bulunacaktır. Ayrıca, yaşanabilir şehirler bağlamında, robotik sistemlerin park ve bahçe bakımlarında kullanımı, şehirlerin estetik değerlerini artırarak daha cazip yaşam alanları oluşturacaktır.

Sonuç olarak, robotik teknolojiler belediyelerin daha modern, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde hizmet sunmalarını sağlayarak şehirlerin yaşanabilirliğini ve vatandaşların yaşam standartlarını önemli ölçüde yükseltecektir. Bununla birlikte, robot teknolojilerinin entegrasyonunu desteklemek için aşağıdaki politika önerileri dikkate alınmalıdır:

Eğitim ve Yetenek Geliştirme: Yerel yönetimlerin, robot teknolojileri ve otomasyon alanında çalışan personelin eğitimini sağlamak amacıyla sürekli eğitim programları geliştirmesi gerekmektedir. Bu, mevcut iş gücünün yeni teknolojilere adaptasyonunu kolaylaştıracak ve iş gücünün teknolojik değişimlere uyum yeteneğini artıracaktır.

Yenilikçi Projelerin Desteklenmesi: Belediyelerde robotik uygulamaların geliştirilmesi için yerel girişimcileri ve start-up'ları destekleyen hibe ve teşvik programlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu programlar, yenilikçi projelerin teşvik edilmesine ve robotik teknolojilerin yerel düzeyde uygulanabilirliğinin artırılmasına katkıda bulunacaktır.

Pilot Uygulamalar ve Deneme Projeleri: Robot teknolojilerinin çeşitli alanlarda uygulanabilirliğini test etmek amacıyla pilot projelerin başlatılması önemlidir. Bu projeler, teknolojinin pratikteki performansını değerlendirme ve olası riskleri minimize etme fırsatı sunacak, başarılı uygulama örneklerinin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Veri Güvenliği ve Etik Standartlar: Robot teknolojilerinin entegrasyonu sırasında veri güvenliğini sağlamak ve etik standartlar geliştirmek için yönergelerin oluşturulması gerekmektedir. Bu, vatandaşların kişisel verilerinin korunmasını ve sistemlerin etik kullanımı konusunda toplumsal güvenin artırılmasını sağlayacaktır.

Toplumsal Katılım ve Şeffaflık: Robot teknolojileri ile ilgili karar alma süreçlerinde toplumsal katılımın teşvik edilmesi önemlidir. Vatandaşların görüşlerinin alınması, uygulamaların toplum ihtiyaçlarına daha iyi yanıt vermesini sağlayacak ve teknolojiye yönelik toplumsal kabulü artıracaktır. Bu politika önerilerinin uygulanması, robotik teknolojilerin belediyelerdeki entegrasyonunu destekleyecek ve bu teknolojilerin sunduğu potansiyel faydaların en üst düzeye çıkarılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Abbott, R. and Bogenschneider, B. (2018), "Should robots Pay Taxes? Tax Policy in The Age Of Automation". *Harvard Law & Policy Review*, 12, 147.
- Adıgüzel, S. (2022), "Afet Durumlarında Yapay Zeka Teknolojisi İle Lojistik Yönetimi Örnekleri". *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 7(1), 47-70.
- Aiincorporated, (2023), Aiincorporated, <https://www.aiincorporated.com/> 16.03.2024
- Akıllı Şehir (2024), Akıllı Şehir Dünya Örnekleri, <https://www.akillisehir.com/idet/77/991/akilli-sehir-dunya-ornekleri>, 25.10.2024
- Akyol, İ. T. ve Özkan, N., A., Ş. (2023), "Yapay Zeka Uygulamalarının Yerel Hizmet Sunumuna Etkisi". *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 18(1), 120-134. DOI: <https://doi.org/10.48145/gopsbad.1287364>
- Akyol, İ. T. ve Özkan, N. A. S. (2023), "Yapay Zeka Uygulamalarının Yerel Hizmet Sunumuna Etkisi". *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 18(1), 120-134. <https://doi.org/10.48145/gopsbad.1287364>
- Alcácer, V. and Cruz-Machado, V. (2019), "Scanning The Industry 4.0: a Literature Review On Technologies For Manufacturing Systems". *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899-919. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>.
- Allen, R. C. (2017). *The Industrial Revolution: A Very Short Introduction*. USA: Oxford University.

- Almada-Lobo, F. (2015), “ The Industry 4.0 Revolution And The Future Of Manufacturing Execution Systems (MES)”. *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16-21.
- Alonso, R. G. and Lippez-De Castro, S. (2016), “Technology Helps, People Make: A Smart City Governance Framework Grounded in Deliberative Democracy. In J. Gil-Garcia, T. Pardo, & T. Nam (Eds.)”, *Smarter as the new urban agenda: A comprehensive view of the 21st century city* (pp. 333-347).
- Autospraysystems, (2023), R152 Electric Farm Robot <https://autospraysystems.com/robots> 16.03.2024
- Aydınbaş, G. (2023). “Akıllı Turizm (Turizm 4.0) Teknolojileri Üzerine İktisadi Bir Yaklaşım: Türkiye Örneği”. *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, 6(1), 26-44. <https://doi.org/10.58636/jtis.1244836>
- Aydinoğlu, A. Ç., Bovkır, R. ve Bulut, M. (2022), “Akıllı Şehirlerde Büyük Coğrafi Veri Yönetimi ve Analizi: Hava Kalitesi Örneği”. *Geomatik*, 7(3), 174-186. DOI: <https://doi.org/10.29128/geomatik.938855>
- Bodrum Gündem (2024),Yapay Zekânın Belediye Hizmetlerinde Kullanımı, <https://www.bodrumgundem.com/2024/04/20/yapay-zekanin-belediye-hizmetlerinde-kullanimi/>, 25.10.2024
- Bootle, R. (2019). *The AI Economy: Work, Wealth and Welfare in the Age of the Robot*. Nicholas Brealey Publishing.
- Bottone, G. (2018). A Tax on Robots? Some Food For Thought, DF Working Papers, No:3.
- Bozkurt Yüksel, A. E. (2017), “ Robot Hukuku”. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi*, 7(29), 89.
- Calo, M. R. (2012), “Robots and Privacy. In P. Lin, G. Bekey, & K. Abney (Eds.)”, *Robot ethics: The Ethical and Social Implications of Robotics* (pp. 1-25). Retrieved from MIT Press. https://example.com/04_CALO-Robot%20and%20Privacy.pdf 25.05.2024
- Coşkun, A B, Elmaoğlu E , Buran C. and Yüzer Alsaç S. (2024). “Integration of Chatgpt and E-Health Literacy: Opportunities, Challenges, and a Look Towards the Future”. *J Health Rep Technol*, 10(1),e139748.
- Çakıcı, K. ve Kızılboğa Özasan, R. (2021), “Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının Akıllı Kent Uygulamalarındaki Karşılığı: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Örneği”. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(2), 209-233. <https://doi.org/10.36362/gumus.829733>
- Çalış Duman, M. (2022), “Toplum 5.0: İnsan Odaklı Dijital Dönüşüm”. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (82), 309-336. <https://doi.org/10.26650/jspc.2022.82.1008072>
- Çetin, M. ve Çiftçi, Ç. (2019), “Literatüre Göre Dünya ve Ülkemizden Örneklerle Akıllı Kent Kavramının İrdelenmesi”. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(3), 134-143.
- Delvaux, M. (2017). Report With Recommendations To The Commission on CivilLaw Rules on Robotics, Committee on Legal Affairs, https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0005_EN.html 25.05.2024
- Dölek, E. (2023), *Endüstri 4.0 Ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Uygulamalarının Lojistik Süreçlere Etkisi*, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Emsal (2024), Belediye Hizmetlerinde Yeni Nesil Teknolojiler Kentlere Neler Katacak?, <https://emsal.com/belediye-hizmetlerinde-yeni-nesil-teknolojiler-kentlere-neler-katacak/>, 25.10.2024
- Esmer, Y. ve Alan, M. A. (2019), “Endüstri 4.0 Perspektifinde İnovasyon”. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(18), 465-478. <https://doi.org/10.33692/avasyad.595720>
- Fulongmagroup,(2022), Deploying Driverless And Developing Urban Service Robot Business, <https://www.fulongmagroup.com/news/deploying-driverless-and-developing-urban-service-robot-business/> 16.03.2024
- Gökırmak, H. (2019), “Lojistik Sektöründe Dijital Dönüşüm Ve İstanbul Otobüs A.Ş. Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulaması”. *Bilgi Ekonomisi Ve Yönetimi Dergisi*, 14(1), 73-87.

- Güdek, B. (2023), “Endüstriyel dönüşüm ve endüstri 5.0”. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 1129-1142. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.1331731>
- Gün, A. ve Gök, K. (2011). *Otomasyonun Temelleri ve Robot Kontrolü*. Seçkin Yayınevi.
- Hatay (2024), Hbb Altyapı Arızalarını Robotik Kameralarla Çözecek, <https://hatay.bel.tr/icerik/hbb-altyapi-arizalarini-robotik-kameralarla-cozecek>, 25.10.2024
- İndytürk, (2022), Akıllı atık toplama sistemi, <https://www.indyturk.com/node/525421/t%C3%BCrki%C3%87yeden-sesler/ak%C4%B1ll%C4%B1-at%C4%B1k-toplama-sistemi> 25.05.2024
- İsttelkom (2024), İbb, Robotik Süreç Otomasyon Çözümleri İle Dijital Dönüşümünü Hızlandırıyor, <https://isttelkom.istanbul/ibb-robotik-otomasyon-cozumleri-dijital-donusumunu-hizlandiriyor/>, 25.10.2024
- Jalopnik, (2022), Three Garbage Trucks Catch Fire in California After Crushing Dozens of Lithium-Ion Batteries, <https://jalopnik.com/three-garbage-trucks-catch-fire-in-california-after-cru-1849882912> 16.03.2024
- Johannessen, J.A. (2019). *The Workplace of the Future: The Fourth Industrial Revolution, The Precariat and The Death of Hierarchies*, Routledge.
- Kemeç, A. ve Gül, H. (2021), “Antalya Büyükşehir Belediyesi Örneğinde Akıllı Kent Uygulamaları”. *Kamu Yönetimi Ve Politikaları Dergisi*, 2(3), 355-382.
- Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C. And Voigt, K. I. (2017), “Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenges of Industry 4.0”. *International Journal of Innovation Management*, 21(08), 1740015.
- Kozak, A.,M. (2023), “Temizliğin Sosyal Tarihi Üzerine”. *Gastroia: Journal of Gastronomy And Travel Research*, 7(3), 576-589. DOI: <https://doi.org/10.32958/gastoria.1401397>
- Kurt, D. ve Bozoklu, Ü. (2019), “ Robot Ekonomisinin Yükselişi”. *Sosyal Bilimler Metinleri*, 1, 28.
- Leisure360, (2023), Pilot at Landal 't Loo With Self-Driving Delivery Robot That Helps Cleaners, <https://leisure360.be/en/recreatie-actueel/pilot-op-landal-t-loo-met-zelfrijdende-bezorgrobot-die-schoonmakers-helpt/82106> 16.03.2024
- Log, (2021), Geleceği Gözler Önüne Seren Sürücüsüz Yükleyici: Volvo LX03, <https://www.log.com.tr/gelecegi-gozler-onune-seren-surucusuz-yukleyici-volvo-lx03/> 16.03.2024
- Marcovitz, H. (2013). *The Industrial Revolution*. ReferencePoint Press.
- Marketresearchfuture, (2023), China Prepares for the Large Scale Production of Humanoid Robots in 2023, <https://www.marketresearchfuture.com/news/china-prepares-for-the-large-scale-production-of-humanoid-robots-in-2023> 25.05.2024
- Marwala, T. (2018). On Robot Revolution and Taxation, Cornell University. Retrieved from <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1808/1808.01666.pdf>
- Mazur, O. (2019), “Taxing the Robots”. *Pepperdine Law Review*. 46(277), 277-330.
- Medium, (2019), Welcoming AVA Robotics to Our Family, <https://medium.com/innospark-ventures/welcoming-ava-robotics-to-our-family-fa00e35aafd9> 16.03.2024
- Medium, (2020), Otonom Mobil Robotlar Perakende Çalışanlarının Daha Etkili Olmasına Nasıl Yardımcı Olur?, <https://atserbetci.medium.com/otonom-mobil-robotlar-perakende-%C3%A7al%C4%B1n%C5%9Fanlar%C4%B1n%C4%B1n-daha-etkili-olmas%C4%B1na-nas%C4%B1l-yard%C4%B1mc%C4%B1-olur-29f8accef94> 25.05.2024
- Merih, Y.,D, Ertürk, N., Yemenici, M. ve Satman, İ. (2021), “Evde Sağlık Hizmetlerinde Teknoloji Kullanımı”. *TÜSEB Dergisi*, 4(3), 76-89.
- Mining (2022), Robot Wars: Mining Supremacy is a Matter Of Deploying Robotics Effectively, <https://www.mining-technology.com/analyst-comment/mining-deploying-robotics/> 16.03.2024
- Müller, J. M., Kiel, D. And Voigt, K. I. (2018), “What Drives the Implementation Of Industry 4.0? The Role Of Opportunities And Challenges In The Context Of Sustainability”. *Sustainability*, 10(1), 247.

- Nytimes, (2023), 400-Pound N.Y.P.D. Robot Gets Tryout in Times Square Subway Station, <https://www.nytimes.com/2023/09/22/nyregion/police-robot-times-square-nyc.html> 16.03.2024
- Okan Gökten, P. (2018), “Karanlıkta Üretim: Yeni Çağda Maliyetin Kapsamı”. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4), 880-897.
- Örselli, E.ve Akbay, C. (2019), “Teknoloji ve Kent Yaşamında Dönüşüm: Akıllı Kentler”. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2(1), 228-241. DOI: <https://doi.org/10.33712/mana.544549>
- Özden, AT (2022), “1.0'dan 5.0'a Dünya: Web, Pazarlama, Endüstri Ve Toplum”. *Dijital Çağda İşletme Dergisi*, 5(1), 29-44. <https://doi.org/10.46238/jobda.1003371>
- Pipebots,(2021), Pipebots Develops Acoustic Sensing System For Blockage Finding Robots, <https://www.roboticsandautomationmagazine.co.uk/news/rd/pipebots-develops-acoustic-sensing-system-for-blockage-finding-robots.html> 16.03.2024
- Popkova, E. G., Ragulina, Y. V. and Bogoviz, A. V. (2019). *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*. Springer International Publishing.
- Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.
- Scoop, (2023), Robot Statistics 2024 By Technology, Machine, Uses, <https://scoop.market.us/robot-statistics/> 25.05.2024
- Smart, R.(2016). Part I: Starting Points. In R. Calo, A. M. Froomkin, & I. Kerr (Eds.), *Robot Law* (pp. 5-29). Edward Elgar Publishing.
- Sözen, H. (2024), “Avrupa Ülkelerinde Yapay Zekânın Kamu Hizmetlerindeki Dönüştürücü Rolü: Danimarka, Fransa ve İtalya Deneyimleri Üzerine Bir İnceleme”. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 7(1), 322-338. <https://doi.org/10.33712/mana.1438716>
- Statista, (2023), Robotics – Worldwide, <https://www.statista.com/outlook/tmo/robotics/worldwide#price> 25.05.2024
- Stock, T. and Seliger, G. (2016), “Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0”. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.
- Şakacı, B. K. ve Özkaya, S. (2021), “Çevre Yönetimi Kapsamında Türkiye’de Atık Yönetimi: Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Örneği ve Öneriler”. *Kamu Yönetimi Ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 57-71.
- Şen, E. (2023), “Yerel Yönetimlerde Dijital Dönüşüm ve Akıllı Kent Uygulamaları: Eleştirel Bir Bakış”. *Ekonomi İşletme Siyaset Ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 9(2-1), 141-165.
- Turner, J (2018), *Robot Rules: Regulating Artificial Intelligence*, Palgrave Macmillan, 1st. Ed., London, s.96
- Turner, J. (2019). *Robot Rules-Regulating Artificial Intelligence-*, Palgrave Macmillan, London.
- Tuvie, (2023), The Future of Street Cleaner System is Robots!, <https://www.tuvie.com/the-future-of-street-cleaner-system-is-robots/> 25.05.2024
- Ursa, (2023), AutonomOus Vehicles For Collecting Waste, <https://ursa.ai/> 25.05.2024
- Üçgün, H., Gömbeci, F., Yüzgeç, U. Ve Yalçın, N. (2020), “IoT Tabanlı Platform ile Gerçek Zamanlı İç Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi”. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 370-381. DOI:<https://doi.org/10.35193/bseufbd.730919>.
- Vayvay, Ö. (2010). *Bölüm 3: Teknoloji Yönetimi ve Değişim Araçları*. In F. O. Çelikçapa & S. Kaygusuz (Eds.), *Teknoloji yönetimi* (pp. 90-112). Dora Yayınları.
- Visionmonday, (2021), The Countries With the Highest Density of Robot Workers , <https://www.visionmonday.com/business/research-and-stats/article/the-countries-with-the-highest-density-of-robot-workers> 25.05.2024
- Wikifarmer, (2023), Infusing Smart Precision: Are Robotic Crop Sprayers the Key?, <https://wikifarmer.com/infusing-smart-precision-are-robotic-crop-sprayers-the-key/> 16.03.2024
- Yardroid, (2023), Yardroid, <https://www.yardroid.com/> 16.03.2024
- Yazıcı, A. (2016), “Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar”. *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 459, 39.
- Yetkin, E. G. ve Coşkun, K. (2021), “Endüstri 5.0 (Toplum 5.0) ve Mimarlık”. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*(27), 347-353. <https://doi.org/10.31590/ejosat.969631>

- Yıldız, A. (2018), “Endüstri 4.0 Ve Akıllı Fabrikalar”. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 22(2), 546-556. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.321957>
- Yılmaz, .D. ve Bozkurt, D. (2010),“Türkiye’de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları Ve Kütahya Katı Atık Birliği (Kükab) Örneği”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 11-28.
- Yılmaz, F. (2018), “ Robotlar hayatımızda”. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, (12), 109-120.
- Yiğitöl, B. ve Sarı, T. (2020), “Küresel Salgınlar İle Mücadelede Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Rolü”. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (41), 53-73. <https://doi.org/10.30794/pausbed.745767>
- Zengin, Y. ve Zengin, R. B. (2022), “Endüstri 5.0 Döneminde Pazarlamaya Dair Genel Bir Bakış”. *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 111-138.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E. and Newman, S. T. (2017), “ Intelligent Manufacturing In The Context Of Industry 4.0: A Review”. *Engineering*, 3(5), 616-630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.05.015>.