

Bu yayının ilgili tartışmalara, istatistiklere ve yazar profillerine şu adresten bakabilirsiniz: <https://www.researchgate.net/publication/380471424>

Akıllı atık yönetimi: Yapay zekanın mümkün kıldığı bir paradigma değişimi

Atık Yönetimi Bülteni'ndeki Makale - Mayıs 2024

DOI: 10.1016/j.wmb.2024.05.001

ATIFLAR

93

OKUYUN

1,912

Dahil olmak üzere 7 yazar:

 **David Olawade**
Doğu Londra Üniversitesi
124 YAYIN 1.470 ATIF
[PROFİLE BAKIN](#)

 **Ojima Zechariah Wada Hamad**
bin Khalifa Üniversitesi
48 YAYIN 905 ATIF
[PROFİLE BAKIN](#)

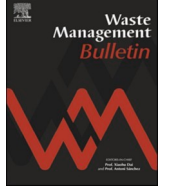
 **Oluwaseun Fapohunda**
Arizona Üniversitesi
28 YAYIN 382 ATIF
[PROFİLE BAKIN](#)

 **Sunday Usman**
Arizona Üniversitesi
8 YAYIN 170 ATIF
[PROFİLE BAKIN](#)



ScienceDirect'te bulunan içerik listeleri

Atık Yönetimi Bülteni

dergi ana sayfası: www.elsevier.com/locate/wmb

Akıllı atık yönetimi: Yapay zekanın mümkün kıldığı bir paradigma değişimi

David B. Olawade ^{(a) (c) (b) (c) (*)}, Oluwaseun Fapohunda ^(c), Ojima Z. Wada ^(d), Sunday O. Usman ^(e), Abimbola O, Olawale Ajisafe . Ige ^{fg}, Bankole I. Oladapo ^h^aSağlık, Spor ve Biyobilim Okulu, Müttefik ve Halk Sağlığı Bölümü, Doğu Londra Üniversitesi, Londra, Birleşik Krallık^bHalk Sağlığı Bölümü, York St John Üniversitesi, Londra, Birleşik Krallık^cKimya ve Biyokimya Bölümü, Arizona Üniversitesi, ABD^dSürdürülebilir Kalkınma Bölümü, Bilim ve Mühendislik Fakültesi, Hamad Bin Khalifa Üniversitesi, Katar Vakfı, Doha, Katar^eSistem ve Endüstri Mühendisliği Bölümü, Arizona Üniversitesi, ABD^fKimya Bölümü, Fen Fakültesi, Ibadan Üniversitesi, Ibadan, Nijerya^gKarşılaştırmalı Biyomedikal Bilimler Bölümü, Veteriner Fakültesi, Mississippi Eyalet Üniversitesi, ABD^hBilim ve Mühendislik Fakültesi, Dundee Üniversitesi, Dundee, Birleşik Krallık

ARTICLE INFO

Anahtar kelimeler:

Yapay Zeka Atık Yönetimi Makine Öğrenimi Atık Ayrıştırma Geri Dönüşüm Sürdürülebilirlik

ABSTRACT

Atık yönetimi, kaynak optimizasyonu ve sürdürülebilirlik için yenilikçi çözümler gerektiren önemli bir küresel sorun teşkil etmektedir. Geleneksel uygulamalar, artan atık hacmini ve bunun çevresel etkilerini ele almada genellikle yetersiz kalmaktadır. Bununla birlikte, Yapay Zeka (AI) teknolojilerinin ortaya çıkışı, atık yönetim sistemlerinin karmaşıklıklarının üstesinden gelmek için umut verici yollar sunmaktadır. Bu inceleme, toplama, ayırma, geri dönüşüm ve izlemeyi kapsayan atık yönetiminde YZ'nin rolüne ilişkin kapsamlı bir inceleme sunmaktadır. Gelişmiş veri kalitesi, gizlilik önlemleri, maliyet etkinliği ve etik hususlar için zorunluluğu vurgularken, her bir uygulama ile ilişkili potansiyel faydaları ve zorlukları tanımlamaktadır. Ayrıca, Nesnelerin İnterneti (IoT) ile YZ entegrasyonu için gelecekteki beklentiler, makine öğrenimindeki ilerlemeler ve işbirlikçi çerçevelerin ve politika girişimlerinin önemi tartışılmıştır. Sonuç olarak, YZ atık yönetimi uygulamalarını geliştirmek için önemli bir umut vaat ederken, veri kalitesi, gizlilik endişeleri ve maliyet etkileri gibi zorlukların ele alınması çok önemlidir. Ortak çabalar ve devam eden araştırma çalışmaları sayesinde, sürdürülebilir ve verimli atık yönetimi uygulamalarını teşvik etmek için yapay zekanın dönüştürücü potansiyelinden tam olarak yararlanılabilir.

Giriş

Atık yönetimi, giderek artan atık hacminin yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler gerektirmesi nedeniyle küresel bir sorundur (Amaral ., 2020; Cheng vd., 2022; Chien vd, 2023; ; ; vd.Codinphoto vd.2023Horton, Mahyari ., ; Zhang ., 2022vd2022vd2022; Zhou vd., 2020). Teknoloji ve farkındalıktaki ilerlemelere rağmen atık yönetimindeki mevcut zorluklar devam etmektedir. Önemli zorluklardan biri, özellikle gelişmekte olan bölgelerde atık toplama ve bertarafı için yetersiz altyapıdır (Chiem vd., 2023). Yetersiz finansman ve kaynaklar, uygun atık yönetim sistemlerinin kurulmasını engellemekte, bu da yasadışı çöp boşaltımına ve çevre kirliliğine yol açmaktadır (Bundhoo, 2018). Ayrıca, atık yönetimi konusunda

Küresel olarak standartlaştırılmış atık yönetimi uygulamaları, farklı bölgelerde farklı verimlilik ve etkinlik seviyelerine neden olmaktadır (Olawade vd., 2023a). Bir diğer zorluk da atık bileşiminin karmaşıklığında yatmaktadır; biyolojik olarak parçalanamayan ve tehlikeli maddelerin artan yaygınlığı bertaraf ve geri dönüşüm süreçlerini zorlaştırmaktadır (Wang vd., 2022). Ayrıca, atık ayrıştırma ve kontaminasyonla ilgili sorunlar devam etmekte, geri dönüşüm çabalarını engellemekte ve geri kazanılan malzemelerin kalitesini düşürmektedir (Olawade vd., 2023). Ayrıca, uygun atık bertaraf uygulamaları hakkında yetersiz kamu bilinci ve eğitimi, uygunsuz atık işleme ve bertaraf davranışlarına katkıda bulunarak çevresel ve sağlık risklerini daha da kötüleştirmektedir (Ziraba ve ark., 2016).

Son yıllarda, Yapay Zeka (AI) atık yönetiminde devrim yaratabilecek transformatif bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır

* Sorumlu yazar.

E-posta adresi: d.olawade@uel.ac.uk (D.B. Olawade).<https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.05.001>

Çevrimiçi kullanılabilir 9 Mayıs 2024

2949-7507/© 2024 Yazarlar. Elsevier B.V. tarafından yayınlanmıştır. Bu makale CC BY-NC-ND lisansı altında açık erişimli bir makedir (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

uygulamalar ve zorluklar (Abdallah vd., 2020a; Chew vd.2023., ; Hojageldiyev, 2019; Karbassiyazdi 2022Kumari 2023vd., ; vd., ; Maiurova vd., 2022; Mohammadiun vd., 2021; Ramya vd., 2023; Ye vd., 2020; X. Zhu vd., 2019). Yapay zekanın veri analizi, ötürü tanıma ve karar verme yeteneklerinden yararlanılarak, atık yönetim sistemleri verimliliği, kaynak kullanımını ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak için optimize edilebilir (Aniza vd., 2023; Hu vd., 2022; Huang ve Koroteev, 2021; Paul ve Bussemaker, 2020).

Atık yönetiminde YZ vd, Pallathadka vd, 2023; Papagiannis vd, 2021; Yiğitcanlar vd., uygulamalarındaki mevcut eğilimler, artan etkisini ve potansiyelini göstermektedir (Di Vaio .2022; .2020). Akıllı atık toplama sistemlerinden gelişmiş ayırma teknolojilerine ve tahmine dayalı analitiğe kadar, yapay zeka atık yönetimi ortamını çeşitli şekillerde yeniden şekillendirmektedir (Bamakan vd., 2022; Hoque ve Rahman, 2020; Krishna ve Sharma, 2023; Kulisz ve Kujawska, 2020; Wilts vd., 2021; C. Zhang vd., 2022).

Öne çıkan ilk eğilim, atık toplama süreçlerinde yapay zekanın uygulanmasıdır. Geleneksel atık toplama yöntemleri genellikle yetersiz rotalama ve düzensiz programlar gibi verimsizliklerden muzdariptir (Cubillos, 2020). Ancak, yapay zeka destekli sistemler atık toplama rotalarını optimize ederek bu zorlukların üstesinden gelmektedir (Solano Meza vd., 2019; Yadav ve Karmakar, 2020; Yu vd., 2021). Sensörler ve yapay zeka algoritmalarıyla donatılmış akıllı çöp kutusu sistemleri, atık seviyelerini gerçek zamanlı olarak izleyerek verimli toplama planlaması ve kaynak tahsisi sağlayabilmektedir (Hussain vd., 2020; Pamintuan vd., 2019). YZ tarafından yönlendirilen rota optimizasyon algoritmaları, atık toplama araçları için en verimli rotaları belirlemek üzere geçmiş verileri, trafik düzenlerini ve atık üretim oranlarını analiz etmektedir (Ghahramani vd., 2022; Lin vd., 2022). Dinamik planlama algoritmaları, gerçek zamanlı verilere dayalı olarak toplama programlarını daha da optimize ederek atıkların zamanında kaldırılmasını sağlar ve operasyonel maliyetleri azaltır.

Bir diğer önemli eğilim de yapay zekanın atık ayrıştırma işlemlerine entegrasyonudur. Geleneksel atık ayıklama yöntemleri genellikle zaman alıcı ve hataya açık olabilen el emeğine dayanmaktadır (Das vd., 2019; Guo vd., 2021). Görüntü tanıma ve yapay görme gibi yapay zeka teknolojileri, atık ayrıştırma doğruluğunu otomatikleştirmek ve iyileştirmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Weisheng Lu vd., 2022; Zhang vd., 2021). Gelişmiş görüntü tanıma algoritmaları görsel verileri analiz edebilir ve farklı atık malzemeleri yüksek hassasiyetle tanımlayarak geri dönüştürülebilir, organik ve geri dönüştürülemeyen atıkların verimli bir şekilde ayrıştırılmasını kolaylaştırabilir (Dong vd., 2022; S. Kumar vd., 2021; Majchrowska vd., 2022; Sundaralingam ve Ramanathan, 2023). Ayrıca, yapay zeka algoritmalarıyla donatılmış robotik ayıklama sistemleri atık malzemeleri etkili bir şekilde ayırıp tasnif ederek ayıklama sürecini kolaylaştırabilir ve geri dönüşüm oranlarını artırabilir (N. M. Kumar vd., 2021).

YZ, geri dönüşüm sürecinin çeşitli aşamalarını optimize ederek atık geri dönüşümünde de önemli bir rol oynamaktadır. YZ tarafından yönlendirilen malzeme tanımlama ve ayırma teknolojileri, geri dönüştürülebilir malzemelerin doğru bir şekilde tanımlanmasını ve ayrılmasını sağlayarak kaynak geri kazanımını en üst düzeye çıkarır ve atık kirliliğini en aza indirir (Wu vd., 2023).

YZ tarafından desteklenen süreç optimizasyon modelleri, optimum çalışma koşullarını belirlemek ve verimliliği artırmak için sıcaklık, basınç ve bileşim gibi geri dönüşüm parametrelerine ilişkin verileri analiz eder. Yapay zeka güdümlü kalite kontrol ve in- speksiyon sistemleri, kusurları, kontaminasyonu ve uygunsuzlukları tespit ederek yüksek kaliteli geri dönüştürülmüş malzemelerin üretilmesini sağlar. Ayrıca, yapay zeka algoritmaları tarafından yönlendirilen robotik ve otomasyon, geri dönüşüm işlemlerini kolaylaştırarak insan hatasını azaltır, verimi artırır ve genel geri dönüşüm verimliliğini iyileştirir (Onoda, 2020). Atık izleme, YZ'nin önemli ilerlemeler kaydettiği bir başka alandır (Khanal vd., 2023). IoT cihazları ve sensör ağları ile entegre edilen gerçek zamanlı izleme sistemleri, atık üretimi, toplama ve bertaraf süreçlerine ilişkin verileri toplamakta ve analiz etmektedir (Sharma vd., 2021). Yapay zeka algoritmaları bu verileri işleyerek atık yönetimi operasyonlarını optimize etmek için eyleme dönüştürülebilir içgörüler sağlar. Tahmine dayalı analitik modelleri, atık üretim eğilimlerini tahmin etmek, kaynak tahsisini optimize etmek ve veriye dayalı karar almayı sağlamak için geçmiş ve gerçek zamanlı verilerden yararlanır.

atık yönetimi uygulamalarında (Ghanbari ., 2023; Lu vdvd.vd., 2021; Nguyen ., 2021; Rosecký vd., 2021; Soni vd., 2019a; Sunayana vd., 2021; Zhu vd., 2023).

YZ'nin atık yönetimine entegrasyonu çok sayıda fayda sunarken, bazı zorlukların ve sınırlamaların ele alınması gerekmektedir (Sharma vd., 2022). Bunlar arasında veri kullanılabilirliği ve kalitesinin sağlanması, gizlilik ve güvenlik endişelerinin ele alınması, uygulama maliyetinin ve altyapı gereksinimlerinin yönetilmesi ve etik sonuçların dikkate alınması yer almaktadır (de Sousa vd., 2019). Atık yönetimi kurumları, teknoloji sağlayıcıları, araştırmacılar ve politika yapımcılar arasındaki işbirliği çabaları, bu zorlukların üstesinden gelmek ve atık yönetiminde yapay zekanın sorumlu ve sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek için çok önemlidir (Abdullah ve diğerleri, 2019; Oyedotun ve Moonsammy, 2021).

Yapay zekanın atık yönetimi ve uygulamalarında kullanımı, mevcut trendler ve ilerlemelere bağlı olarak hızla gelişmektedir. Atık toplama ve ayrıştırma süreçlerini optimize etmekten geri dönüşüm operasyonlarını geliştirmeye ve veriye dayalı karar verme sürecini mümkün kılmaya kadar, yapay zeka atık yönetimini daha verimli, sürdürülebilir ve çevreye duyarlı bir çabaya dönüştürme potansiyeline sahiptir. Atık yönetim sistemleri, YZ'nin gücünden yararlanarak atıklarla ilgili artan zorlukların üstesinden gelebilir ve daha yeşil ve daha sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunabilir (Banjar vd., 2022; Delano" e vd, 2023; Güleriyüz, 2020; Herath ve Mittal, 2022ve akrishna, 2022Rafew ve Rafizul, 2021; Rapati .,; Wang .,2022; Kamali vd., 2021; Kurniawan vd., ; Murthy Ram- ; vd 2023vd 2023). Bu derleme, atık yönetimi ve uygulamalarında YZ uygulamalarının mevcut durumunu keşfetmeyi amaçlamaktadır. YZ'nin atık toplama, ayırma, geri dönüşüm ve izleme dahil olmak üzere atık yönetiminin çeşitli yönlerini nasıl geliştirebileceğini incelemektedir. İnceleme, daha sürdürülebilir ve verimli süreçler oluşturmak için YZ'yi atık yönetimi stratejilerine dahil etmenin faydalarını, zorluklarını ve beklentilerini tartışmaktadır.

Metodoloji

Bu incelemeyi derlemek için akademik veri tabanları, araştırma makaleleri, sektör raporları ve ilgili yayınlar arasında kapsamlı bir arama yaptık. Özellikle, Google Scholar ve Scopus'tan makaleler aldık. Şekil 1, literatür arama stratejisinin akış şemasını göstermektedir. "Yapay zeka", "atık üretimi", "akıllı atık yönetim sistemi", "akıllı atık yönetimi", "kentsel atık yönetimi" vb. gibi anahtar terimler, ilgili çalışmaları ve atık yönetiminde yapay zeka uygulamalarının örneklerini belirlemek için kullanılmıştır. Seçim kriterleri özet, başlık ve anahtar kelimeleri içermektedir.

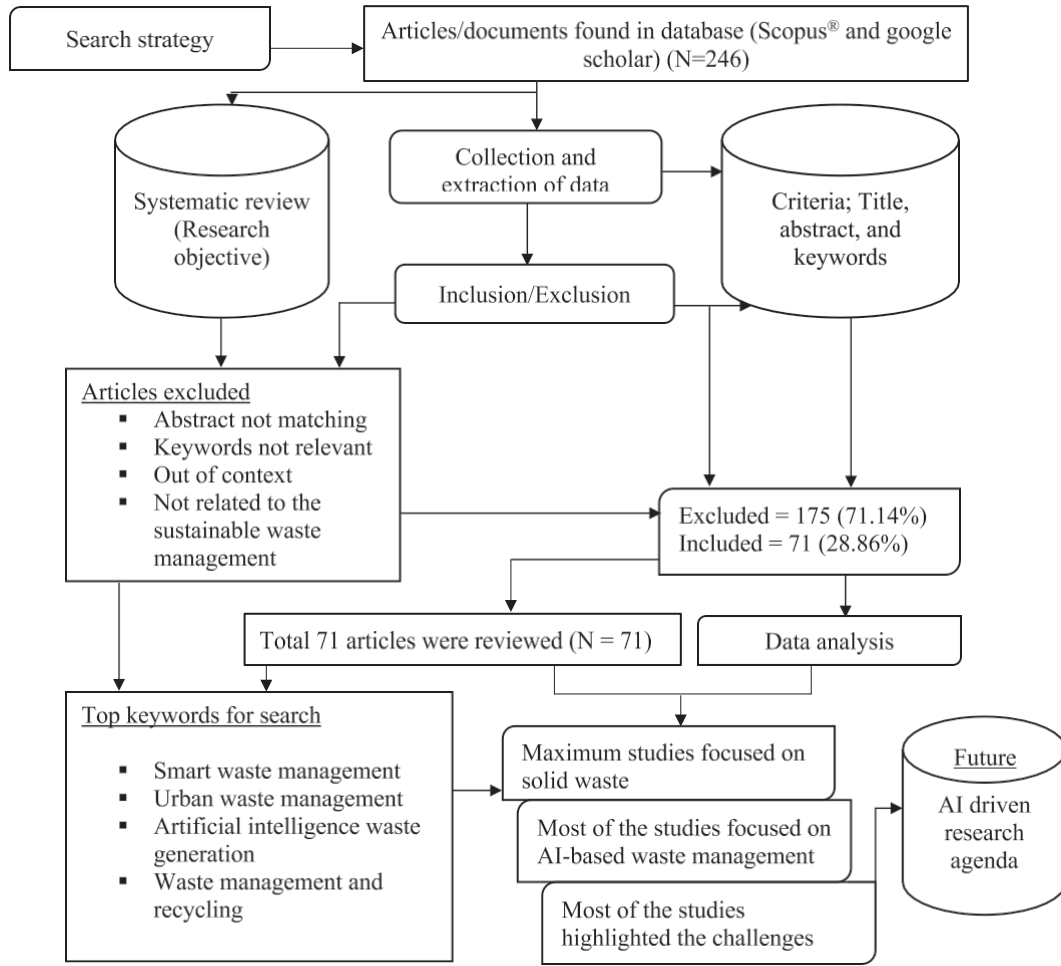
Veri tabanı, Tablo 1'de gösterildiği gibi yayın yılları 2021 ile 2023 arasında değişen 246 öge içeriyordu. Bu zaman aralığı, araştırmanın amacına en uygun ve güncel yayınların bulunmasını mümkün kılmıştır. Nihai analizden önce, 175 (%71,14) uygun olmayan makale güvenilirliği sağlamak için dikkatlice elenmiş ve 71 (%28,86

2021-2023 yılları arasında yayınlanan ve eleştirel analize tabi tutulan makaleler (%), atık yönetimi uygulamalarında yapay zekanın mevcut durumuna genel bir bakış sağlamak için çalışmaya eklenmiştir.

Seçilen kaynaklar, atık yönetimi uygulamalarında YZ'nin mevcut durumuna genel bir bakış sağlamak için eleştirel bir şekilde analiz edilmiş ve sentezlenmiştir. Bu derlemenin bölümleri, atık yönetimi uygulamalarında devrim yaratmak için YZ'nin kullanıldığı belirli alanları inceleyecek ve her bir uygulama ile ilgili faydaları ve zorlukları vurgulayacaktır. Bu inceleme, YZ odaklı yaklaşımların potansiyelini keşfederek, atık yönetiminde YZ'nin dönüştürücü gücü hakkında içgörü sağlamayı ve bu alanda daha fazla araştırma ve yeniliğe ilham vermeyi amaçlamaktadır.

Atık yönetiminde yapay zeka teknikleri

Atıkları verimli bir şekilde yönetmek ve ele almak için, Şekil 2'de vurgulandığı gibi yapay zeka (AI) teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak, büyük miktarlarda atık verisini işleyebilir, verimli ve güvenilir sonuçlar üretebilir ve aynı zamanda otomatikleştirme fırsatı sağlar.



Şekil 1. Literatür tarama stratejisi akış şeması.

Tablo 1

Araştırma makaleleri dahil etme ve hariç tutma istatistikleri.

Seri Sayı	Arama için kullanılan anahtar kelimeler sayısı	Google Akademik'teki ögeler			Scopus®'daki Ögeler			Dahil edilen toplam kişi ögeler	Hariç tutulan toplam kişi sayısı ögeler
		2021	2022	2023	2021	2022	2023		
1	Akıllı atık yönetim sistemi	3	5	4	3	5	1	5	16
2	Yapay zeka atık üretimi	2	3	2	4	5	3	6	13
3	Akıllı atık yönetimi	3	4	3	2	3	2	8	9
4	Yapay zeka uygulamaları	5	2	4	3	3	3	6	14
5	Kentsel atık yönetimi	2	4	2	3	5	2	7	11
6	Katı atık yönetimi	2	3	2	1	1	1	1	9
7	Atık yönetimi ekosistemi	4	3	3	2	4	2	4	14
8	IOT tabanlı atık yönetim sistemi	1	3	1	1	3	3	5	7
9	Atık yönetimi politikaları	4	2	4	1	2	2	3	12
10	Atık yönetimi ve geri dönüşüm	3	3	3	2	3	2	6	10
11	Atık yönetimi toplama planlaması	5	3	3	2	3	3	6	13
12	Enerji atık yönetimi planlaması	1	3	1	0	3	1	0	9
13	Atık yönetim sistemleri makine öğrenimi yaklaşımı	3	2	3	4	2	3	3	14
14	e-atık yönetimi çevresel planlama	1	3	1	2	4	1	5	7
15	Transfer öğrenme akıllı atık yönetimi sistem	0	3	1	1	2	1	0	8
16	Sürdürülebilir katı atık yönetimi uygulamaları	3	2	3	2	3	2	6	9
		42	48	40	33	51	32	71	175

çeşitli süreçler. Atık yönetimi sektöründe atık toplama, atık ayrıştırma, kutu düzeyinde ayrıştırma, atık işleme ve atık yönetimi planlaması dahil olmak üzere çeşitli YZ teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen, 2022; Xiang vd., 2021). Son yıllarda YZ kullanımında ciddi bir genişleme olmuştur ve çeşitli hükümetler ve kuruluşlar

sürekli olarak farklı yapay zeka inovasyonlarına yatırım yapmaktadır. (Abdallah vd., 2020b; Yiğitcanlar ve Cugurullo, 2020).

YZ teknolojisinin benimsenmesi hızla artmıştır ve küresel pazar büyüklüğünün 2022'de 428,00 milyar ABD dolarından 2030'da 2.025,12 milyar ABD dolarına yükseleceği tahmin edilmektedir (FBI, 2023). Çeşitli YZ teknikleri olmuştur



Şekil 2. Atık Yönetiminde Yapay Zeka Tekniklerinin Önemi.

doğrusal regresyon; destek vektör makineleri (SVM'ler); karar ağaçları (DT'ler); yapay sinir ağları (ANN'ler); ve genetik algoritmalar (GA'lar) dahil olmak üzere yıllar içinde atık yönetimine entegre edilmiştir. Bu yapay zeka tekniklerinin bir açıklaması aşağıda verilmiştir;

i. Doğrusal regresyon (LR)

Doğrusal ilişkiyi belirlemek ve hedef değerlere ilişkin tahminler yapmak için eğitim veri kümelerinin kullanıldığı bir denetimli işleme öğrenme yöntemidir (Huang vd., 2023). Doğrusal ilişki, bağımsız değişkenlerle ilişkilendirilen tahmini katsayılar kullanılarak gösterilir.

LR modelleri, katı atık yönetiminde (SWM) tek değişkenli tekli regresyon modelleri ve çok değişkenli çoklu doğrusal regresyon modelleri (MLR) olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Katı atık yönetimi genellikle birden fazla değişkene bağlı olduğundan, MLR daha uygundur (Abdallah vd., 2020b). Doğrusal regresyon modellerinin verimlilik, kullanım kolaylığı ve yorumlanabilirlik gibi çok sayıda avantajı vardır. Bununla birlikte, uygulamada esneklik sağlamazlar ve doğrusal olmayan ilişkileri barındırmazlar. LR modellerini kullanmanın atık üretimini optimize etmenin etkili bir yolu olduğu kanıtlanmıştır (Abdulredha .vd., 2018; Abdoli vd., 2012; Azadi ve Karimi-Jashni, 2016; Chhay vd., , 2018; Golbaz vd, 2019; Montecinos vd2018; Wei .2013, vdFerreira vd.2017,), atık yönetimi planlaması (), atık toplama ve araç rotalama (Montecinos .2018vd, Hosseinzadeh vd., 2020) ve atık işleme ve bertarafı ().

ii. Destek vektör makinesi (SVM)

Son yıllarda DVM'ler, büyük veri kümelerinin analizindeki u y g u n l u k l a r ı nedeniyle denetimli makine öğrenimi algoritmaları olarak daha popüler hale gelmiştir (Gholami ve Fakhari, 2017; Meza vd., 2019). Marjini (veri noktaları arasındaki mesafe) optimize etme kapasiteleri nedeniyle DVM'ler parametrik olmayan sınıflandırıcılar olarak işlev görür. N boyutlu bir uzayda (burada N özellik sayısıdır), DVM algoritmalarının temel amacı, veri noktalarını benzersiz bir şekilde ayıran bir hiper düzlem (karar sınırı) bulmaktır.

veri noktaları. DVM'ler, sınıflandırma tabanlı problemleri çözmenin yanı sıra regresyon problemlerinde de olağanüstü performans göstermiş ve birçok regresyon tabanlı algorithmadan daha iyi performans göstermiştir (Abdallah vd., 2020b). Bellek açısından verimli olmalarının yanı sıra DVM'ler, sınıflar hiper düzlemlerle ayrıldığında daha iyi performans gösterir. Bununla birlikte, büyük veri kümeleri için DVM'ler, olasılık tahmini yerine beş katlı çapraz doğrulamaya dayandıklarından uygun değildir. Atık üretiminde DVM'ler (Abunama ., 2019; Altin vd., 2023; Ayeleru vd., 2021; Cha vd., vd, 2023c; Graus vd, 2018; Kumar vd., 2018; V. Sousa vd., vd2019), çöp kutusu seviyesi tespiti (Morison 2013), atık toplama ve araç rotalama (V. Sousa .2019vdSingh ve Satija, 2018; Zarei .2023; Zhu .2022,), atık ayrıştırma ve işleme (vdvdS. Zhu vd., 2019, ,), atık ayrıştırma ve tanımlama () ve atık yönetimi planlama (Zhang ve Yan, 2021).

iii. Karar Ağacı (DT)

DT, hem sınıflandırma hem de regresyon tabanlı prob- lemlere uygulanan ağaç benzeri parametrik olmayan denetimli bir makine öğrenimi tekniğidir. Bir kök düğümü (ağaç yapısının tabanı), bir karar düğümü (kararın sonuçları) ve bir yaprak düğümü (bölünme noktaları) olan hiyerarşik bir yapıdır ve ağacın her dalına "dal" denir. DT'ler yalnızca çok çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmakla kalmaz, aynı zamanda sağlamlıkları ve yorumlanabilirlikleri ile de bilinir (Costa ve Pedreira, 2023). DT algoritmaları basit, esnek, yorumlanması kolay ve veri kümelerini tahmin etmede ve eğitmede verimli olmalarına rağmen, çoğunlukla sezgisel tabanlıdır ve tek bir temsilci algoritmaya sahip değildir. Bununla birlikte, DT'ler atık üretim öngörülerini optimize etmek (Gulghane vd., 2023; Wenjing Lu vd., 2022; Singh ve Uppaluri, 2022) ve atık yönetimi planlaması (Lu, 2019; Massoud vd., 2023) için yaygın olarak kullanılmaktadır.

iv. Yapay sinir ağı (YSA)

YSA, Kanwisher vd., 2023insan beynindeki sinir hücrelerinin davranışını taklit eden hesaplamalı bir makine öğrenimi modelidir (). Bir

YSA, girdi, gizli ve birbirine bağlı çıktı katmanlarına bölünmüş bir dizi düğümden oluşur. Bilgisayarla görme, doğal dil işleme, konuşma tanıma ve diğerleri gibi çeşitli alanlar, sinir ağları ile kayda değer başarılar elde etmiştir. Büyük veri kümelerinden karmaşık örüntüleri anlama, yeni verilere uyum sağlama ve doğrusal olmayan ilişkileri simüle etme yeteneklerinin bir sonucu olarak, bu modeller çok çeşitli gerçek dünya problemlerini çözmede son derece etkilidir. YSA, tüm düğüm katmanlarında bilgi depolanmasına izin verdiği için atık alanında büyük ilgi görmektedir. Bazı düğüm katmanları kusurlu olsa bile eksik bilgilerle çalışanlar ve aynı anda birden fazla görevi yerine getirebilirler. Bununla birlikte, aşırı uyuma eğilimlidirler, donanımına bağımlıdır (önemli miktarda depolama gerektirir) ve veriler için önemli miktarda eğitim süresi gerektirirler. YSA modelleri atık üretimini optimize etmek (Coskuner ., 2021; ..vdFan vd., 2020; Jassim vd., 2023, 2022Kannangara vd2018; ; ., Magazzino vd., 2021; Ribic vd., 2019; Soni vd., 2019b), atık ayrıştırma (Adedeji ve Wang, 2019; Melinte 2020Mohammed vd; Lu vd., 2023; Singh, vd., 2022) ve atık yönetimi planlaması (2019) için kullanılmaktadır.

V. Genetik algoritma (GA)

GA, sezgisel tabanlı bir arama ve optimizasyon tekniğidir. Uygulamasının temelinde genetik bir seçim ilkesi yatmaktadır (Lambora vd., 2019). Algoritma, hesaplamada kullanılan evrimsel algoritmaların bir alt kümesidir. Gerçek dünya problemlerini çözmek için genetik ve doğal seleksiyon kavramlarını kullanır. GA'nın üç ana bileşeni vardır: mutasyon, en uygun olanın seçimi ve çaprazlama (Abdallah vd., 2020b). GA, doğru ve sağlam sonuçlar sağlayabilmesine, zaman içinde gelişen bir sonuca sahip olmasına ve kolayca programlanabilir olmasına rağmen, basit problemleri çözmek için uygun değildir ve modellerin oluşturulmasında ek özen gerektirir (Toutouh ve ark., 2019). Atık yönetimi planlamasını (Thaseen vd., 2023) ve araç rotalamasını (Yu vd., 2022; Zhang vd., 2022) optimize etmek için GA'ları uygulayan çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Atık toplama yapay zeka

Atık toplama, atıkların verimli bir şekilde yönetilmesinde ve temiz ve sürdürülebilir bir çevrenin sağlanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Assef ., vd2022; Kaya vd., 2021; Martin-Rios vd., 2021). Yapay Zeka (YZ) alanındaki gelişmelerle birlikte, atık toplama süreçleri akıllı çöp kutusu sistemleri, rota belirleme sistemleri

optimizasyon algoritmaları, dinamik çizelgeleme ve talep tahmin modelleri (Sharma ve Vaid, 2021). Bu gelişmeler Şekil 3'te özetlenmiştir. Yapay zeka odaklı bu teknolojiler, operasyonel verimliliği artırarak, maliyetleri düşürerek ve çevresel etkileri en aza indirerek atık toplamının geleceğini şekillendirmektedir (Xu vd., 2021).

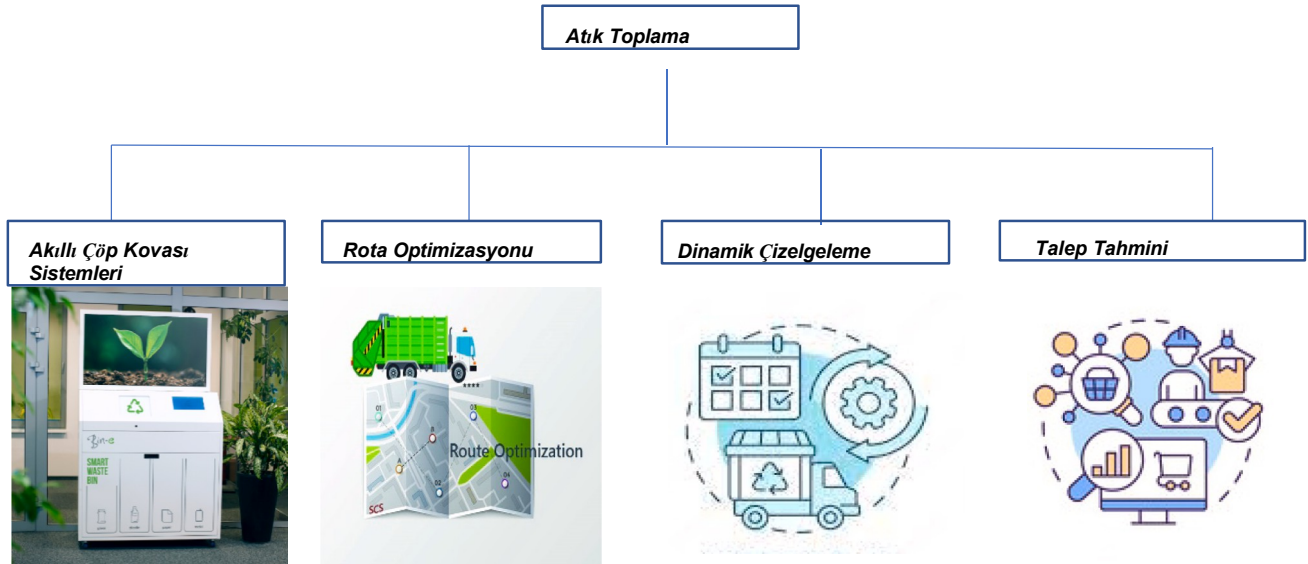
Yapay zeka odaklı atık yönetimi çözümleri, otomasyon, veri analitiği ve tahmine dayalı yeteneklerden yararlanarak ölçeklenebilirlik zorluklarının üstesinden gelmektedir (Bibri vd., 2024). Bu teknolojiler, atık toplama, ayrıştırma ve geri dönüşüm süreçlerini geniş ölçekte optimize ederek verimli kaynak tahsisi sağlar. YZ sistemleri, rota planlama ve ayırma gibi görevleri otomatikleştirerek operasyonel verimliliği artırır ve atık yönetimi altyapısının kaynaklarda orantılı artışlar olmadan daha büyük hacimlerde atıkla başa çıkmasına olanak tanır (Nwokediegwu vd., 2024). Ayrıca, YZ'nin öngörücü yetenekleri gelecekteki atık üretim modellerini tahmin ederek proaktif karar vermeyi ve artan atık hacimlerini etkin bir şekilde karşılamak için kaynak tahsisini kolaylaştırır. Genel olarak, YZ odaklı çözümler, artan küresel atık sorununu ele almak için ölçeklenebilir ve uyarlanabilir yaklaşımlar sunmaktadır.

Akıllı çöp kutusu sistemleri

Akıllı çöp kutusu sistemleri, Ahmed atık toplama süreçlerini optimize etme yetenekleri nedeniyle son yıllarda önemli bir ilgi görmüştür (vd., 2022; Karthikeyan vd., 2021). Bu sistemler, çöp kutularının doluluk seviyelerini gerçek zamanlı olarak izleyen sensörlerle donatılmıştır. Toplanan veriler daha sonra en uygun toplama rotalarını ve programlarını belirlemek için yapay zeka algoritmaları kullanılarak analiz edilir. Akıllı çöp kutusu sistemlerindeki mevcut eğilimler, dolum seviyeleri hakkında daha doğru veriler sağlamak için ultrasonik sensörler ve ağırlık sensörleri gibi gelişmiş sensörlerin entegrasyonunu içermektedir (Dubey vd., 2020a). Ayrıca, akıllı çöp kutuları, çöp kutuları ve atık yönetimi yetkilileri arasında kesintisiz iletişim sağlamak için IoT teknolojisi gibi bağlantı özellikleriyle donatılmaktadır (Dubey ., , vd2020b; Zhang vd.2020). Bu bağlantı, çöp kutularının gerçek zamanlı olarak izlenmesine, uzaktan yönetilmesine ve proaktif bakımının yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, akıllı çöp kutusu sistemleri, doluluk seviyesi tahminlerinde doğruluğu artırmak ve atık toplama işlemlerini daha da optimize etmek için makine öğrenimi algoritmaları içermektedir (Bijos vd., 2022).

Rota optimizasyonu

Rota optimizasyonu, seyahat süresini, yakıt tüketimini ve araç emisyonlarını en aza indirmeyi amaçlayan atık toplamının önemli bir yönüdür. Yakın zamanda



Şekil 3. Atık Toplama Alanında Yapay Zeka Uygulamaları.

Rota optimizasyonundaki trendler, makine öğrenimi ve optimizasyon algoritmaları gibi yapay zeka teknolojilerinin entegrasyonunu içermektedir (Agrawal vd., 2021). Bu algoritmalar, mevcut koşullara ve talebe göre rotaları dinamik olarak ayarlamak için GPS izleme, trafik koşulları, geçmiş toplama verileri ve hava durumu tahminleri gibi gerçek zamanlı veri kaynaklarından yararlanmaktadır. Ayrıca algoritmalar, en verimli toplama rotalarını oluşturmak için gerçek zamanlı trafik verileri, geçmiş atık üretim modelleri ve hava koşulları gibi çeşitli faktörleri göz önünde bulundurmaktadır (Ahmad vd., 2020). Derin öğrenme gibi gelişmiş makine öğrenimi teknikleri, büyük veri kümelerinden öğrenmek ve trafik modellerini tahmin etmek, rotaları gerçek zamanlı olarak optimize etmek ve dinamik koşullara uyum sağlamak için kullanılmaktadır (Ghoreishi ve Happonen, 2020). Ayrıca, rota optimizasyon algoritmaları, trafik sıkışıklığı veya yeni atık üretim olayları gibi gerçek zamanlı verilere dayalı olarak hareket halindeyken toplama rotalarını ayarlamak için dinamik yeniden yönlendirme yetenekleri içermektedir (Anh vd., 2020). Bu esneklik, atık yönetimi şirketlerinin değişikliklere hızlı bir şekilde yanıt vermesine ve toplama operasyonlarını optimize etmesine olanak tanır.

Ayrıca, yapay zeka algoritmalarını nüfus yoğunluğu, trafik düzenleri ve atık üretim oranları gibi gerçek zamanlı veri kaynaklarıyla entegre ederek, atık yönetim sistemleri verimliliği ve kaynak kullanımını en üst düzeye çıkarmak için toplama rotalarını ve programlarını dinamik olarak ayarlayabilir (Ghoreishi ve Happonen, 2020). Yapay zeka odaklı rota optimizasyon algoritmaları, atık toplama araçları için en verimli rotaları belirlemek amacıyla trafik sıkışıklığı, atık üretim kaynaklarına yakınlık ve geçmiş toplama verileri gibi çeşitli faktörleri analiz etmektedir. Ayrıca, tahmine dayalı analitik modeller, geçmiş verilere ve dış faktörlere dayalı olarak atık üretim modellerini tahmin ederek atık yönetimi yetkililerinin talebi öngörmesini ve toplama programlarını buna göre optimize etmesini Munir vd., 2023 sağlayabilir (). Bu faktörleri göz önünde bulundurarak ve yapay zeka teknolojilerinden yararlanarak, atık yönetim sistemleri seyahat süresini, yakıt tüketimini ve araç emisyonlarını en aza indirebilir ve topluluklar için zamanında ve verimli atık toplama hizmetleri sağlayabilir.

Dinamik programlama

Dinamik programlama, atık toplama programlarının gerçek zamanlı verilere ve değişen koşullara göre ayarlanmasını içerir. Dinamik programlamadaki mevcut eğilimler, gerçek zamanlı veri entegrasyonuna ve gelişmiş analitiğe odaklanmaktadır. Atık yönetimi şirketleri, akıllı çöp kutusu sistemleri, trafik izleme sistemleri ve hava durumu tahminleri gibi çeşitli kaynaklardan veri toplamak ve analiz etmek için yapay zeka teknolojilerinden yararlanmaktadır. YZ algoritmaları, bu veri kaynaklarını birleştirerek toplama programlarını dinamik olarak optimize edebilir, kaynakları verimli bir şekilde tahsis edebilir ve değişken atık üretim modellerine uyum sağlayabilir (Sharma ve Vaid, 2021). Tahmine dayalı modelleme ve veri madenciliği dahil olmak üzere gelişmiş analitik teknikleri, toplanan verilerdeki kalıpları, eğilimleri ve korelasyonları belirlemek için kullanılır ve daha doğru ve proaktif planlama kararları alınmasını sağlar (Fang vd., 2023; Niska ve Serkola, 2018; Solano Meza vd., 2023). Ayrıca, dinamik planlama mobil uygulamalar ve iletişim platformlarıyla entegre edilerek atık toplama personeli için gerçek zamanlı güncellemeler ve bildirimler sağlanmakta ve farklı paydaşlar arasındaki koordinasyon geliştirilmektedir (Narayan, 2021; Nkwo vd., 2021; Nowakowski vd., 2020; Nowakowski ve Pamula, 2020; Sheng vd., 2020; Shukla ve Hait, 2022).

Dinamik çizelgeleme atık yönetiminde hayati bir rol oynar toplama programlarının değişen koşullara ve talebe göre gerçek zamanlı olarak uyarlanmasına olanak tanır. YZ, geçmiş toplama verileri, mevcut çöp kutusu doluluk seviyeleri, trafik koşulları, hava durumu tahminleri ve nüfus yoğunluğu dahil olmak üzere çeşitli veri kaynaklarını sürekli analiz ederek toplama programlarında gerçek zamanlı ayarlamaları kolaylaştırır (Reza, 2023). Yapay zeka algoritmalarını kullanan atık yönetimi yetkilileri, verimli kaynak tahsisi ve zamanında atık toplama sağlamak için toplama rotalarını ve programlarını dinamik olarak optimize edebilir (Ahmad vd., 2020). Örneğin, belirli bir bölgede beklenenden daha yüksek atık üretimi veya trafik sıkışıklığı yaşanırsa, AI algoritmaları toplama araçlarını bu alanlara öncelik verecek ve hizmet kesintilerini en aza indirecek şekilde yeniden yönlendirebilir. Yapay zekadan yararlanarak

Atık yönetimi yetkilileri, dinamik planlama sayesinde operasyonel verimliliği artırabilir, maliyetleri düşürebilir ve hizmet kalitesini artırabilir, sonuçta daha sürdürülebilir ve esnek bir atık yönetimi sistemine katkıda bulunabilir.

Talep tahmini

Talep tahmin modelleri, farklı alanlardaki atık üretim oranlarını tahmin etmek için yapay zeka tekniklerini kullanmaktadır (Cagurangan v d., 2021; Mishra vd, 2021; Oguz-Ekim, 2021; Singh, 2019). Talep tahminindeki mevcut eğilimler, çeşitli veri kaynaklarının entegrasyonunu ve gelişmiş makine öğrenimi algoritmalarının kullanımını içermektedir (Cha vd., 2023a). Atık yönetimi şirketleri, atık üretim modellerine ilişkin gerçek zamanlı bilgileri yakalamak için sosyal medya, çevrimiçi platformlar ve IoT sensörleri gibi kaynaklardan gelen verileri bir araya getirmektedir (Shahidzadeh vd., 2022). Toplanan verileri analiz etmek ve doğru tahminler yapmak için toplu öğrenme ve derin öğrenme modelleri de dahil olmak üzere makine öğrenimi algoritmaları kullanılmaktadır (Akanbi vd., 2020). Bu modeller, atık üretimini tahmin etmek için nüfus yoğunluğu, demografik veriler, geçmiş atık üretim oranları ve etkinlikler veya tatiller gibi dış faktörler gibi faktörleri dikkate almaktadır (Cha vd., 2023b, 2022, 2021). Atık yönetimi şirketleri, talebi doğru bir şekilde tahmin ederek toplama kaynaklarını optimize edebilir, personel ve araçları verimli bir şekilde tahsis edebilir ve toplama programlarını buna göre ayarlayabilir (Vu vd., 2019a, 2019b).

Talep tahmin modelleri, yetkililerin kaynak tahsisini ve operasyonel planlamayı optimize etmesini Chang vd., 2011 sağlayarak gelecekteki atık üretim modellerine ilişkin içgörüler sunarak atık yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır (). Bu modeller, atık üretimi, demografik eğilimler, ekonomik göstergeler ve çevresel faktörlere ilişkin geçmiş verileri analiz etmek için yapay zeka tekniklerinden yararlanmaktadır. Yapay zekaya dayalı talep tahmin modelleri, bu veri kaynaklarındaki kalıpları ve korelasyonları tanımlayarak atık üretim oranlarını daha yüksek doğruluk ve ayrıntı düzeyiyle tahmin edebilir (Hassan vd., 2023). Bu modellerin temel faydaları arasında gelişmiş operasyonel verimlilik, daha iyi atık toplama planlaması, kaynak israfının azaltılması ve değişen talep modellerine daha iyi yanıt verilmesi yer almaktadır (Kaipia vd., 2013; Sallam vd., 2023). Ayrıca, atık üretimindeki dalgalanmaları öngörerek, yetkililer kaynakları proaktif bir şekilde tahsis edebilir, hedeflenen atık azaltma girişimlerini uygulayabilir ve geri dönüşüm ve bertaraf süreçlerini optimize ederek sonuçta daha sürdürülebilir ve uygun maliyetli atık yönetimi uygulamalarına yol açabilir.

Yapay zeka teknolojilerinin atık toplama altyapısına entegre edilmesi, etkinliğini en üst düzeye çıkarmak ve olası zorlukları en aza indirmek için dikkatli bir planlama ve değerlendirme gerektirmektedir (Andeobu vd., 2022). İlk olarak, mevcut sistemlerle uyumluluğun sağlanması, aksaklıkları önlemek ve sorunsuz entegrasyonu kolaylaştırmak için çok önemlidir. Bu, mevcut altyapının yeteneklerinin değerlendirilmesini ve YZ çözümlerinin mevcut süreçleri tamamlayabileceği veya geliştirebileceği alanların belirlenmesini içerebilir. Ayrıca, YZ optimum performans için doğru ve kapsamlı veri girdilerine dayandığından, atık yönetimi yetkilileri veri entegrasyonuna öncelik vermelidir (Yu vd., 2021). Bu, karar verme ve optimizasyon için içgörüler sağlamak üzere sensörler, IoT cihazları ve geçmiş kayıtlar gibi çeşitli kaynaklardan gelen verilerin toplanmasını içerir.

Ayrıca, kapsamlı eğitim ve öğretim programları, personeli yapay zeka odaklı sistemleri etkin bir şekilde çalıştırmak ve sürdürmek için gerekli becerilerle güçlendirmek için gereklidir (Olowade vd., 2024a; Olowade .vd, 2024b). Çalışan eğitimine yatırım yapmak yalnızca sistem performansını artırmakla kalmaz, aynı zamanda kurum içinde bir inovasyon ve sürekli iyileştirme kültürünü de teşvik eder. Kapsamlı bir maliyet-fayda analizi yapmak, maliyet tasarrufu, verimlilik kazanımları ve çevresel faydalar açısından potansiyel uzun vadeli değerlerini göstererek yapay zeka teknolojilerine yapılan yatırımı haklı çıkarmaya yardımcı olduğu için bir başka kritik husustur. Ayrıca, ölçeklenebilirlik ve esneklik, gelecekteki büyümeyi karşılamak ve gelişen atık yönetimi ihtiyaçlarına uyum sağlamak için temel faktörlerdir. YZ çözümleri, talep arttıkça veya yeni zorluklar ortaya çıktıkça genişlemeye veya değişikliğe izin verecek şekilde ölçeklenebilirlik göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır (Bibri v d ., 2024). Son olarak, paydaşlar

YZ odaklı girişimlerin toplum öncelikleriyle uyumlu olmasını ve bölge sakinleri, işletmeler ve yerel yönetimler de dahil olmak üzere tüm paydaşların ihtiyaçlarını karşılamasını sağlamak için katılım hayati önem taşımaktadır. Atık yönetimi yetkilileri, bu temel hususları göz önünde bulundurarak yapay zeka teknolojilerini operasyonlarına başarılı bir şekilde entegre edebilir ve atık toplama süreçlerinde veriye dayalı karar verme ve optimizasyonun tüm potansiyelini ortaya çıkarabilir.

Atık ayrıştırma yapay zeka

Atık ayrıştırma, farklı atık türlerinin kategorize edildiği ve uygun arıtma veya geri dönüşüm için ayrıldığı atık yönetimi sürecinde kritik bir adımdır (Chen vd., 2021; Latha vd., 2022; Lubongo ve Alexandridis, 2022). Yapay Zeka (YZ) teknolojilerinin atık ayrıştırma sürecine entegrasyonu doğruluk, hız ve verimliliği artırarak bu süreçte devrim yaratmıştır (Anitha vd., 2022; Mahboob, 2022). Aşağıdaki bölümler, yapay zeka odaklı atık ayrıştırma teknolojilerindeki mevcut eğilimleri ve gelişmeleri incelemektedir:

Otomatik ayıklama teknolojileri

Otomatik ayrıştırma teknolojileri, atık maddeleri malzeme bileşimlerine göre tanımlamak ve ayırtmak için yapay zeka algoritmaları kullanır (Ma vd., 2020). Bu teknolojiler, atık maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini analiz etmek için yakın kızılötesi (NIR) spektroskopisi, X-ışını floresansı (XRF) ve hiper spektral görüntüleme gibi gelişmiş sensörler kullanmaktadır (Bobulski ve Kubanek, 2019; Yan vd., 2021). Toplanan veriler daha sonra malzeme bileşimini belirlemek ve atıkları uygun kategorilere ayırmak için yapay zeka algoritmaları tarafından işlenir. Otomatik ayıklama teknolojilerindeki güncel eğilimler, doğruluğu artırmak ve ayıklanabilir malzeme yelpazesini genişletmek için derin öğrenme ve sinir ağları gibi makine öğrenimi tekniklerinin entegrasyonuna odaklanmaktadır (Frankowski vd., 2020). Yapay zeka algoritmalarını büyük veri kümeleriyle eğiterek, bu teknolojiler plastikler, metaller, kağıt, cam ve organik atıklar dahil olmak üzere çok çeşitli atık malzemeleri tanımayı ve ayırmayı öğrenebilir.

Yapay zeka güdümlü sistemler, ayıklama sürecini otomatikleştirerek geri dönüştürülebilir maddeleri geri dönüştürülemeyen maddelerden, organik atıklardan ve kirleticilerden hızlı ve doğru bir şekilde ayırt edebilir ve böylece geri dönüştürülmüş malzemelerin saflığını sağlayabilir (Yan vd., 2021). Ancak, bunu etkili bir şekilde başarmak için birkaç temel zorluğun üstesinden gelinmesi gerekmektedir. Bu zorluklardan biri, doğru bir şekilde sınıflandırılması zor olan çeşitli malzemeler içerebilen atık akışlarının karmaşıklığıdır (Mookkaiah vd., 2022). Ayrıca, atık akışlarındaki kirletici maddelerin ve safsızlıkların varlığı, ayrıştırma sürecini engelleyebilir ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kalitesini düşürebilir (Gundupalli vd., 2017). Ayrıca, farklı atık yönetimi tesislerinde ve ortamlarında yapay zeka destekli ayıklama teknolojilerinin güvenilirliğini ve ölçeklenebilirliğini sağlamak önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelmek, YZ algoritmalarının doğruluğunu ve verimliliğini artırmak için devam eden araştırma ve geliştirme çabalarının yanı sıra bu teknolojileri atık yönetimi operasyonlarında etkili bir şekilde kullanmak için altyapı ve eğitim yatırımları gerekmektedir.

Görüntü tanıma ve yapay görme

Görüntü tanıma ve yapay görme teknolojileri, atık ayrıştırma uygulamalarında önemli bir ivme kazanmaktadır (Baduge vd., 2022; Neelakandan vd., 2022). Bu teknolojiler, atık öğelerin görüntülerini veya video görüntülerini analiz etmek ve malzeme bileşimlerini belirlemek için yapay zeka algoritmalarını kullanır (KLONTZA, 2023). Görüntü tanıma ve yapay görme alanındaki son trendler, yüksek çözünürlüklü kameraların, gelişmiş görüntü işleme tekniklerinin ve derin öğrenme modellerinin entegrasyonunu içermektedir (Kakani vd., 2020). Bu gelişmeler, atık maddelerin gerçek zamanlı olarak hassas bir şekilde tanımlanmasını ve sınıflandırılmasını sağlar. Bu teknolojiler, konvansiyonel sinir ağları (CNN'ler) ve diğer derin öğrenme mimarilerini kullanarak, atıklardan ayrıntılı özellikler çıkarabilir.

atık madde görüntüleri, doğru malzeme tanımlama ve sınıflandırmaya olanak tanır (Adedeji ve Wang, 2019). Ayrıca, yapay görme sistemleri, atık maddeleri yüksek hızlarda tespit etmek ve ayırmak için ayırma konveyör bantlarına entegre edilmekte, böylece verimli ve sürekli ayırma işlemleri sağlanmaktadır (Koskinopoulou vd., 2021).

Robotik ayıklama sistemleri

Robotik ayıklama sistemleri, atık ayıklama sürecini otomatikleştirmek için robotik ve yapay zeka teknolojilerini bir araya getirmektedir (Subramanian vd., 2021). Bu sistemler, atık maddeleri malzeme bileşimlerine göre tanımlamak ve seçmek için sensörler, kameralar ve yapay zeka algoritmalarıyla donatılmış robotik kollar kullanmaktadır (Ahmed ve Asadullah, 2020; Shreyas Madhav vd., 2022). Robotik ayıklama sistemlerindeki mevcut eğilimler arasında gelişmiş kavrama teknolojilerinin, gelişmiş sensör yeteneklerinin ve gelişmiş yapay zeka algoritmalarının entegrasyonu yer almaktadır. Ayarlanabilir kavrama mekanizmalarına ve dokunsal sensörlere sahip tutucular, robotların farklı şekil, boyut ve dokulara sahip çok çeşitli atık maddeleri işlemesini sağlar (Gal vd., 2021). Takviyeli öğrenme gibi yapay zeka algoritmaları, robotların optimum toplama stratejilerini öğrenmesini ve değişen atık bileşimlerine uyum sağlamasını mümkün kılar. Buna ek olarak, cobot olarak bilinen işbirlikçi robotlar, insan operatörlerle birlikte çalışmak için kullanılmakta ve atık ayırma işlemlerinde verimliliği ve güvenliği artırmaktadır (Sarc vd., 2019).

Öte yandan, atık ayrıştırma ve işlemede yapay zeka destekli robotiklerin uygulanması, özellikle iş yerinden edileme ve çevresel adaletle ilgili çeşitli etik hususlar ortaya koymaktadır (Bag, 2023; Nwokediegwu ve Ugwuanyi, 2024). Yapay zeka güdümlü robotlar, geleneksel olarak insanlar tarafından gerçekleştirilen görevleri otomatik olarak yerine getirdiğinden, özellikle atık yönetimi endüstrisindeki işçiler için iş kaybı ve ekonomik bozulma riski vardır. Buna ek olarak, yapay zeka destekli robotların kullanılması, halihazırda kirlilik ve atık tesislerinin yükünü çeken toplulukları orantısız bir şekilde etkileyerek mevcut çevresel adalet sorunlarını daha da kötüleştirebilir. Uygun gözetim ve düzenleme olmadan, atık yönetiminde YZ'nin benimsenmesi eşitsizlikleri sürdürebilir ve savunmasız nüfusları marjinalleştirebilir (Comninos ark., 2019ve). Bu nedenle, YZ teknolojilerinin sosyal ve çevresel etkilerini göz önünde bulundurmak ve fırsatlara eşit erişim sağlayan ve çalışanlar ve topluluklar üzerindeki olumsuz etkileri azaltan politikalar uygulamak çok önemlidir. Bu etik kaygıları ele almak ve YZ destekli robotiklerin sürdürülebilir ve kapsayıcı atık yönetimi uygulamalarına katkıda bulunmasını sağlamak için politika yapımcılar, endüstri paydaşları ve topluluk temsilcileri arasında işbirliğine dayalı çabalar gereklidir.

Sensör tabanlı ayıklama teknikleri

Yapay zeka algoritmalarıyla geliştirilmiş sensör tabanlı ayıklama teknikleri, farklı malzeme türlerinin tanımlanmasını ve ayrılmasını otomatikleştirip optimize ederek atık ayıklama işlemlerinin doğruluğunu ve verimliliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu sistemler, malzemeleri renk, boyut ve bileşim yoğunluğu gibi fiziksel özelliklerine göre tespit etmek ve sınıflandırmak için yakın kızılötesi (NIR), X-ışını iletimi ve optik sensörler gibi çeşitli sensörler kullanır (Feng vd., 2022; Gupta vd., 2019). Yapay zeka algoritmaları, bu sensörlerden toplanan verileri gerçek zamanlı olarak analiz ederek plastik, metal, kağıt ve cam gibi malzemelerin hassas bir şekilde tanımlanmasına ve sınıflandırılmasına olanak tanır. Verilerden sürekli öğrenerek ve sınıflandırma kriterlerini uyarlayarak, YZ güdümlü ayıklama sistemleri daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilir ve yanlış sınıflandırma örneklerini azaltabilir (Konstantinidis vd., 2023). Bu da geri dönüşüm akışlarında daha az kirletici madde, daha yüksek kaliteli geri dönüştürülebilir malzemeler ve geri dönüşüm sürecinde genel verimliliğin artmasıyla sonuçlanır. Ayrıca yapay zeka algoritmaları, konveyör bantlar ve robot kollar gibi ayırma ekipmanlarının çalışmasını optimize ederek verimi en üst düzeye çıkarabilir ve arıza süresini en aza indirerek atık ayırma işlemlerinin genel verimliliğini daha da artırabilir.

Sensör tabanlı ayıklamadaki mevcut eğilimler, atık hakkında kapsamlı bilgi elde etmek için optik sensörler, kızılötesi sensörler ve elektromanyetik sensörler de dahil olmak üzere çoklu sensörlerin entegrasyonunu içermektedir.

(Zhao ve Li, 2022; Maier vd., 2024). Yapay zeka algoritmaları, bu sensörler tarafından toplanan verileri işleyerek atık maddelerin hassas bir şekilde tanımlanmasına ve farklı kategorilere ayrılmasına olanak tanır. Ayrıca, sensör tabanlı ayıklama teknikleri gerçek zamanlı geri bildirim mekanizmalarıyla geliştirilmekte ve gelen atık akışına göre ayıklama parametrelerinde anında ayarlamalar yapılmasına olanak sağlamaktadır (Koinig, 2023). Bu uyarlanabilirlik, değişen atık bileşimleriyle karşılaşıldığında bile doğru ve verimli bir ayıklama sağlar. Yapay zeka odaklı atık ayıklama teknolojilerindeki bu eğilimler doğruluk, hız ve uyarlanabilirliği geliştirmeye odaklanmaktadır. Gelişmiş sensörler, görüntü tanıma, yapay görme, robotik ve makine öğrenimi algoritmalarının entegre edilmesiyle atık ayıklama süreçleri daha verimli hale gelmekte, kontaminasyonu azaltmakta ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kalitesini artırmaktadır (Mookkaiah vd., 2022). Teknoloji ilerlemeye devam ettikçe, bu yapay zeka odaklı ayıklama teknolojileri döngüsel ekonominin ve sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının teşvik edilmesinde hayati bir rol oynayacaktır (Kutty ve Abdella, 2020; Dash ve Sharma, 2022; Wilson vd., 2021).

Atık geri dönüşümünde yapay zeka

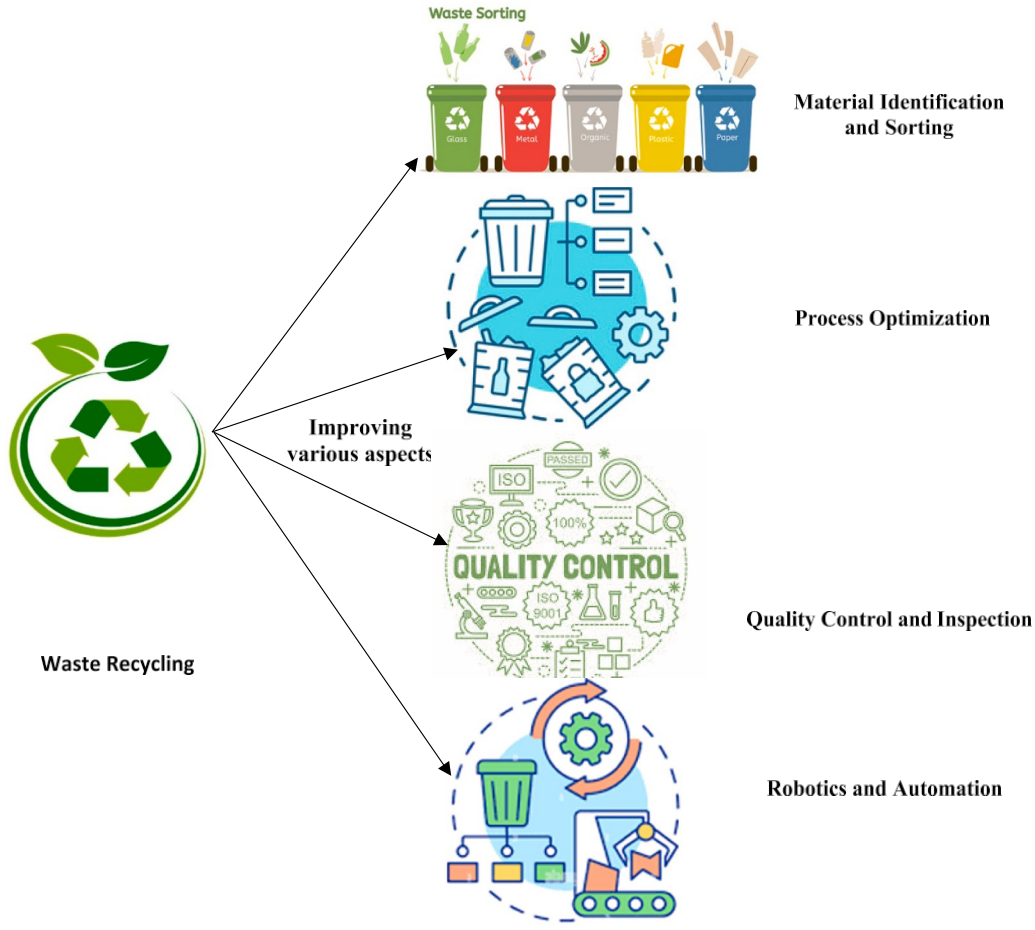
Atık geri dönüşümü, sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarının kritik bir bileşenidir ve Yapay Zeka (YZ) teknolojileri, Erkinay vd., 2021 geri dönüşüm sürecinin çeşitli yönlerinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (). Malzeme tanımlama ve ayırmadan süreç optimizasyonuna, kalite kontrolüne ve robotik ve otomasyona kadar, YZ atık geri dönüşümünde yenilik ve verimliliği artırmaktadır (Şekil 4'te gösterildiği gibi).

Malzeme tanımlama ve ayırma

Atık malzemelerin doğru bir şekilde tanımlanması ve ayrıştırılması, Chauhan vd., 2023; Lee ve Lim, 2022 verimli bir geri dönüşüm için çok önemlidir (). Yapay zeka tabanlı sistemler, farklı malzeme türlerini tanımlamak ve sınıflandırmak için makine öğrenimi, bilgisayarla görme ve spektroskopik analiz gibi gelişmiş teknolojileri kullanır. Malzeme tanımlama ve sınıflandırmadaki mevcut eğilimler, YZ algoritmalarının yüksek çözünürlüklü kameralar, hiperspektral görüntüleme ve gelişmiş sensörlerle entegrasyonunu içermektedir. Bu teknolojiler, özellikle karmaşık atık akışları veya karışık malzemeler için daha hassas malzeme tanımlaması sağlar. Konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler) gibi derin öğrenme modelleri de dahil olmak üzere makine öğrenimi algoritmaları, çeşitli malzeme türlerini görsel özelliklerine göre tanımak ve sınıflandırmak için kullanılmaktadır (Bobulski ve Kubanek, 2020; Thawala vd., 2020; Tog̃ açar vd., 2020). Yapay zekanın malzeme tanımlama ve ayırmada kullanılması, daha hızlı ve daha doğru ayırma süreçleri sağlayarak geri dönüştürülmüş malzemelerin saflığını artırır ve genel geri dönüşüm verimliliğini iyileştirir (Al Duhayyim vd., 2022a).

Süreç optimizasyonu

Atık geri dönüşümünde süreç optimizasyonu, kaynak geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak ve maliyetleri düşürmek için geri dönüşüm sürecinin çeşitli aşamalarının düzene sokulmasını ve iyileştirilmesini içerir. Yapay zeka teknolojileri, geri dönüşüm operasyonlarının verimliliğini artırmak için veriye dayalı karar verme ve optimizasyon algoritmalarını mümkün kılmaktadır. Süreç optimizasyonundaki mevcut eğilimler, yapay zeka algoritmalarının gerçek zamanlı veri izleme, makine öğrenimi modelleri ve tahmine dayalı analitik ile entegrasyonunu içermektedir (Chidepatil vd., 2020). Bu teknolojiler, ekipman gibi operasyonel verilerin analiz edilmesini sağlar



Şekil 4. Atık Geri Dönüşümünde Atık Geri Dönüşümünde Yapay Zeka Uygulamaları.

verimliliği belirlemek ve süreç parametrelerini optimize etmek için performans, enerji tüketimi ve malzeme akışı. YZ algoritmaları geçmiş ve gerçek zamanlı verilerden öğrenebilir, uyarlanabilir optimizasyona ve süreç sonuçlarını tahmin etme yeteneğine izin verir (Golbaz ve ark., 2019). Sıcaklık, basınç ve bekleme süresi gibi parametreleri optimize ederek, YZ güdümlü süreç optimizasyonu geri dönüşüm sürecinin verimini, kalitesini ve sürdürülebilirliğini artırır.

Kalite kontrol ve denetim

Geri dönüştürülmüş malzemelerin kalitesini ve saflığını korumak, pazarlanabilirlikleri ve yeniden kullanımları için çok önemlidir. Yapay zeka tabanlı kalite kontrol ve denetim sistemleri, çevre ve geri dönüştürülmüş malzemelerdeki kirleticileri tespit etmek ve ortadan kaldırmak için gelişmiş sensörler, bilgisayarla görme ve makine öğrenimi algoritmaları kullanmaktadır (Modak vd., 2022). Yapay zeka algoritmalarının yüksek çözünürlüklü kameralar ve spektroskopik analiz gibi gelişmiş sensör teknolojileriyle birleştirilmesi, geri dönüştürülebilir malzemelerdeki kirleticilerin kesin olarak tanımlanmasını sağlar (Moirogiorgou vd., 2022). Bu yapay zeka güdümlü sistemler, malzemeleri önceden tanımlanmış kalite kriterlerine göre sınıflandırarak doğru ayıklama ve gelişmiş verimlilik sağlar. Yakın kızılötesi spektroskopisi ve bilgisayar görüşü kullanarak atık akışlarını sürekli izleyen bu sistemler, safsızlıkları yüksek hassasiyetle tespit etmektedir (Araujo-Andrade vd., 2021). Bu gerçek zamanlı analiz, geri dönüştürülemeyen öğelerin hızlı bir şekilde tespit edilmesine ve çıkarılmasına olanak tanıyarak geri dönüştürülmüş malzemelerin saflığını sağlar. Ayrıca, yapay zeka algoritmaları zaman içinde öğrenip uyum sağlayarak sınıflandırma doğruluğunu daha da artırır ve hataları azaltır. Sonuç olarak, YZ güdümlü kalite kontrol sistemleri denetim sürecini kolaylaştırarak daha yüksek kalitede geri dönüştürülmüş malzemeler elde edilmesini sağlar.

Yapay zeka odaklı kalite kontrol sistemlerindeki son gelişmeler, büyük hacimli verileri ve karmaşık malzeme bileşimlerini işleyebilen sofistike makine öğrenimi modellerinin geliştirilmesini içermektedir. Bu modeller, malzemelerdeki ince farklılıkları belirleyebilir ve geri dönüştürülebilir ve geri dönüştürülemez öğeleri geleneksel ayıklama yöntemlerinden daha yüksek doğrulukla ayırt edebilir (Pluskal vd., 2021). Ayrıca, sensör teknolojisindeki gelişmeler, mevcut geri dönüşüm tesislerine kolayca entegre edilebilen daha kompakt, uygun maliyetli ve çok yönlü denetim sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Genel olarak, yapay zeka odaklı kalite kontrol ve denetim sistemleri, geri dönüştürülmüş malzemelerin saflığını artırmak, geri dönüşüm oranlarını iyileştirmek ve döngüsel ekonomiye geçişi desteklemek için önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Robotik ve otomasyon

Robotik ve otomasyon teknolojileri, emek yoğun görevleri otomatikleştirerek ve verimliliği artırarak atık geri dönüşüm endüstrisini dönüştürmektedir (Brintha vd., 2020; Nafiz vd., 2023). Sensörler, kameralar ve akıllı algoritmalarla donatılmış yapay zeka güdümlü robotlar, geri dönüşüm sürecindeki ayırma, sökme ve işleme görevlerini yerine getirebilmektedir (Bharti vd., 2022). Robotik ve otomasyondaki mevcut eğilimler, hassas ve verimli atık işleme ve ayırma sağlamak için yapay zeka algoritmalarının robotik sistemlerle entegrasyonunu içermektedir (Ejimofofor ve ark., 2022). Bu robotlar atık maddelerin farklı şekillerine, boyutlarına ve ağırlıklarına uyum sağlayabilir ve geri dönüştürülebilir malzemeleri belirlemek ve ayırmak için yapay zeka algoritmalarını kullanabilir. Cobot olarak bilinen işbirlikçi robotlar, insan operatörlerle birlikte çalışarak geri dönüşüm operasyonlarında güvenliği ve verimliliği artırmaktadır (Sarc vd., 2019). Atık geri dönüşümünde robotik ve otomasyon teknolojilerinin kullanılması operasyonları kolaylaştırmakta, verimi artırmakta, işçilik maliyetlerini düşürmekte ve genel kaynak geri kazanım oranlarını iyileştirmektedir (Mao vd., 2021).

Yapay zeka odaklı atık geri dönüşümündeki mevcut eğilimler, malzeme tanımlama ve ayırma doğruluğunun iyileştirilmesine, geri dönüşüm süreçlerinin optimize edilmesine, kalite kontrol ve denetimin geliştirilmesine ve robotik ve otomasyonun uygulanmasına odaklanmaktadır. Bu gelişmeler, daha sürdürülebilir ve verimli bir atık geri dönüşüm endüstrisine katkıda bulunmaktadır (Rutqvist vd., 2020). Bununla birlikte, yapay zeka teknolojilerinin mevcut geri dönüşüm altyapısıyla entegrasyonu, veri ve süreçlerin standardizasyonu gibi zorluklar bulunmaktadır,

ve YZ çözümlerinin ölçeklenebilirliğini ve maliyet etkinliğini sağlamak, devam eden araştırma ve geliştirme için odak alanları olmaya devam etmektedir (Bui vd., 2023; K. Wang vd., 2021). Araştırmacılar, atık yönetimi şirketleri, teknoloji sağlayıcıları ve düzenleyici kurumlar arasındaki işbirliği, bu zorlukların üstesinden gelmek ve atık geri dönüşümünde YZ'nin yaygın olarak benimsenmesini sağlamak için çok önemlidir (Monzambe ve ark., 2019).

Ayrıca, mevcut eğilimler yapay zeka odaklı atık geri dönüşümünde veri yönetimi ve analitiğin önemini de vurgulamaktadır. Sensörler, kameralar ve diğer izleme cihazlarından üretilen büyük miktarda verinin toplanması, depolanması ve analizi, geri dönüşüm süreçlerinin sürekli iyileştirilmesini ve optimize edilmesini sağlar. Makine öğrenimi ve yapay zeka da dahil olmak üzere gelişmiş veri analitiği teknikleri, verilerden değerli içgörüler elde etmek, daha iyi karar vermeyi sağlamak ve geri dönüşüm operasyonlarını daha da geliştirmek için kullanılmaktadır.

Bir diğer kayda değer eğilim ise yapay zeka teknolojilerinin atık geri dönüşümünde Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazlarıyla entegrasyonudur (Gopalakrishnan, 2019). Akıllı sensörler ve bağlı makineler gibi IoT cihazları, atık bileşimi, ekipman performansı ve operasyonel parametreler hakkında gerçek zamanlı veriler sağlayabilir (Vishnu vd., 2021). Yapay zekayı IoT ile birleştirerek, atık geri dönüşüm sistemleri birbirine daha bağlı ve duyarlı hale gelebilir, proaktif bakım, gerçek zamanlı izleme ve iyileştirilmiş genel süreç kontrolünü kolaylaştırabilir (Al Duhayyim vd., 2022b; Said vd., 2023).

Ayrıca, geri dönüşüm değer zincirindeki farklı paydaşlar arasında sorunsuz entegrasyon ve işbirliği sağlayan yapay zeka odaklı atık geri dönüşüm platformlarının geliştirilmesine giderek daha fazla önem verilmektedir. Bu platformlar veri, bilgi ve en iyi uygulamaların paylaşımını kolaylaştırarak daha şeffaf ve verimli bir geri dönüşüm ekosistemini teşvik etmektedir. Bu tür platformlar ayrıca tahmine dayalı içgörüler sağlamak, kaynak tahsisini optimize etmek ve geri dönüştürülmüş malzemelerin izlenebilirliğini sağlamak için yapay zeka algoritmalarından yararlanabilir.

Atık geri dönüşümünde yapay zekanın benimsenmesi sadece çevresel kaygılardan değil, aynı zamanda ekonomik faktörlerden de kaynaklanmaktadır. YZ teknolojileri maliyetleri düşürme, kaynak geri kazanım oranlarını artırma ve geri dönüşüm endüstrisinde yeni iş fırsatları yaratma potansiyeline sahiptir. Sürdürülebilir uygulamalar ve döngüsel ekonomi modelleri için zorunluluk artmaya devam ettikçe, YZ güdümlü atık geri dönüşüm çözümleri bu hedeflere ulaşmada çok önemli bir rol oynamaya hazırlanmaktadır (Nahaei ve Naziri-Oskuei, 2021). Ayrıca YZ, atık akışlarından değerli malzemelerin daha hassas bir şekilde çıkarılmasını sağlayarak yenilikçi geri dönüşüm tekniklerinin geliştirilmesini ve daha yüksek kaliteli geri dönüştürülmüş ürünlerin üretilmesini kolaylaştırmaktadır (Salem vd., 2023). Sonuç olarak, geri dönüşüm şirketleri sürdürülebilir ürün ve hizmetlere yönelik artan talepten faydalanabilir, yeni iş modellerinin ve pazar fırsatlarının ortaya çıkmasını teşvik edebilir. Ayrıca, yapay zeka odaklı teknolojiler, veriye dayalı içgörüler ve tahmine dayalı analitik yoluyla yeni gelir akışlarının kilidini açarak geri dönüşüm firmalarının müşterilerine özel çözümler ve katma değerli hizmetler sunmasını sağlar. Genel olarak, yapay zekanın atık geri dönüşüm süreçlerine entegrasyonu yalnızca ekonomik rekabet gücünü artırmakla kalmaz, aynı zamanda geri dönüşüm endüstrisinde inovasyonu ve büyümeyi de teşvik ederek, onu döngüsel ekonomiye geçişte kilit bir oyuncu olarak konumlandırır.

Yapay zeka güdümlü robotik ve otomasyon teknolojileri önemli atık geri dönüşüm operasyonlarını çeşitli şekillerde kolaylaştırma potansiyeline sahiptir (Rakhio, 2024). İlk olarak, bu teknolojiler farklı türdeki atık malzemelerin ayrıştırılması, sınıflandırılması ve işlenmesi gibi tekrarlayan ve emek yoğun görevleri otomatik hale getirebilir. Robotik sistemler, yapay zeka algoritmalarından ve sensör tabanlı teknolojilerden yararlanarak çeşitli geri dönüştürülebilir malzemeleri yüksek doğruluk ve verimlilikle tanımlayıp sınıflandırabilir, el emeği ihtiyacını azaltabilir ve insan hatasını en aza indirebilir (Salem vd., 2023). Dahası, yapay zeka güdümlü robotik, malzeme taşıma süreçlerinin hızını ve hassasiyetini artırarak geri dönüşüm tesislerinin iş akışını ve verimini optimize edebilir. Bu artan verimlilik, daha yüksek üretkenlik, daha düşük işletme maliyetleri ve geri dönüşüm operasyonlarının genel performansının artması anlamına gelir. Bununla birlikte, atık geri dönüşümünde yapay zeka güdümlü robotiklerin yaygın olarak benimsenmesinin, geleneksel olarak insan işçiler tarafından gerçekleştirilen emek yoğun görevler üzerinde etkileri olabilir.

Otomasyon bazı alanlarda iş kaybına yol açabilirken, aynı zamanda vasıflı çalışanların robotik sistemleri denetlemesi ve yönetmesi, bakım görevlerini yerine getirmesi ve veri analizi ve süreç optimizasyonu gibi daha yüksek değerli faaliyetlerde bulunması için yeni fırsatlar yaratmaktadır. Ayrıca, yapay zeka güdümlü robotik, çalışanların tehlikeli maddelere maruz kalmasını ve el emeği ile ilişkili tekrarlayan zorlanma yaralanmalarını azaltarak işyeri güvenliğini artırabilir (Licardo vd., 2024). Genel olarak, yapay zeka güdümlü robotik ve otomasyon teknolojilerinin atık geri dönüşüm operasyonlarına entegrasyonu, verimliliği, üretkenliği ve güvenliğini artırarak sektörde devrim yaratmayı ve aynı zamanda işgücü için yeni zorluklar ve fırsatlar sunmayı vaat etmektedir.

Sonuç olarak, YZ teknolojilerinin mevcut geri dönüşüm altyapısına entegre edilmesi, başarılı bir uygulama için ele alınması gereken çeşitli zorluklar ortaya koymaktadır (Andeobu vd., 2022). Bu zorluklardan biri, YZ sistemlerinin eski altyapı ve süreçlerle uyumluluğudur; bu da yeni teknolojilere uyum sağlamak için önemli değişiklikler veya yükseltmeler gerektirebilir. Ayrıca, YZ çözümlerinin uygulanmasıyla ilgili ilk yatırım ve işletme maliyetleri, bazı geri dönüşüm tesisleri, özellikle de sınırlı bütçeye sahip küçük işletmeler için engelleyici olabilir. Bir diğer zorluk ise farklı YZ sistemleri ile mevcut geri dönüşüm ekipmanları ve veri tabanları arasında birlikte çalışabilirlik ve veri uyumluluğunun sağlanmasıdır (Wan vd., 2020). Bu, geri dönüşüm değer zinciri boyunca sorunsuz veri alışverişi ve işbirliği sağlamak için standartlaştırılmış veri formatları, iletişim protokolleri ve entegrasyon arayüzleri gerektirir. Ayrıca, tesis operatörleri, işçiler ve düzenleyiciler de dahil olmak üzere paydaşlardan YZ güdümlü teknolojilerin güvenilirliği, doğruluğu ve güvenliği konusunda direnç veya şüpheciлик gelebilir. Bu zorlukların ele alınması, teknoloji geliştiricileri, geri dönüşüm tesisi işletmecileri, politika yapımcılar ve diğer paydaşlar arasında işbirliğini içeren koordineli bir çaba gerektirmektedir (Lu vd., 2013). Bu zorlukları azaltmaya yönelik stratejiler arasında uygulama maliyetlerini dengelemek için mali teşvikler ve sübvansiyonlar sağlamak, çalışanları YZ teknolojisi kullanımı konusunda eğitmek için eğitim ve destek programları sunmak ve geri dönüşüm operasyonlarında YZ entegrasyonu için endüstri çapında standartlar ve en iyi uygulamalar geliştirmek yer almaktadır. Ayrıca, geçişkenlik, güven ve işbirliği ortamının teşvik edilmesi, YZ teknolojilerine güven duyulmasına yardımcı olabilir ve geri dönüşüm endüstrisinde yaygın olarak benimsenmesini teşvik edebilir. Sürekli araştırma, geliştirme ve işbirliği, zorlukların üstesinden gelmek, YZ teknolojilerinin ölçeklenebilirliğini ve maliyet etkinliğini sağlamak ve YZ'ye geçişi hızlandırmak için gereklidir. döngüsel ekonomi (Nizeti' c vd., 2019).

Atık izlemede yapay zeka

Etkili atık izleme, verimli atık yönetimi uygulamaları için çok önemlidir. Yapay Zeka (AI) alanındaki ilerlemelerle birlikte atık izleme, gerçek zamanlı veri toplama, tahmine dayalı analitik, veriye dayalı karar verme ve Nesnelerin İnterneti (IoT) ile sensör ağlarının entegrasyonunu sağlayarak önemli dönüşümler geçirmiştir. Şimdi bu alanların her birindeki güncel trendleri ve gelişmeleri inceleyelim:

Gerçek zamanlı izleme sistemleri

Gerçek zamanlı atık izleme sistemleri, verileri gerçek zamanlı olarak toplamak ve analiz etmek için yapay zeka teknolojilerini kullanır ve atık üretimi, toplanması ve bertarafı hakkında anında bilgi sağlar (Ahmed vd., 2022). Bu sistemler, kutulardaki ve konteynerlerdeki atık seviyeleri, toplama kamyonu rotaları ve bertaraf noktaları hakkında veri toplamak için ultrasonik sensörler, yük sensörleri ve GPS izleyiciler gibi çeşitli sensörler kullanmaktadır. Yapay zeka algoritmaları verileri işleyerek atık birikim modellerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini ve görselleştirilmesini, toplama programlarının optimize edilmesini ve operasyonel verimliliğin artırılmasını sağlar (Salman ve Hasar, 2023). Yapay zekanın gerçek zamanlı izleme sistemleriyle entegrasyonu, taşınan kutular, düzensiz toplama rotaları ve optimize edilmiş kaynak tahsisi gibi atık yönetimi zorluklarına proaktif yanıt verilmesini sağlar.

Yapay zeka odaklı izleme sistemleri, zamanında bilgi sağlayarak gereksiz kamyon yolculuklarını en aza indirir, kaynak tahsisini optimize eder ve genel operasyonel verimliliği artırır (Srinivas vd., 2022). Bununla birlikte, bu tür sistemlerin geniş ölçekte uygulanması çeşitli teknik zorluklar ortaya çıkarmaktadır. En büyük engellerden biri, çeşitli veri kaynaklarının ve sensörlerin birleşik bir platforma entegre edilmesidir ve bu da sağlam bir altyapı ve birlikte çalışabilirlik standartları gerektirir (Mounadel vd., 2023). Ayrıca, veri doğruluğu, güvenilirliği ve güvenliğinin sağlanması, bu sistemlerin etkinliği için çok önemlidir ve sıkı veri yönetimi protokolleri ve gizlilik önlemleri gerektirir. Ayrıca, büyük hacimli verilerin gerçek zamanlı olarak işlenmesine yönelik hesaplama gereksinimleri, güçlü hesaplama kaynakları ve verimli algoritmalar gerektirmektedir (Akkad vd., 2022; Ola- wade vd., 2023b). Bu teknik zorlukların ele alınması, atık yönetiminde yapay zeka odaklı izleme sistemlerinin tüm potansiyelini ortaya çıkarmak ve önemli maliyet tasarrufu ve verimlilik kazanımları elde etmek için çok önemlidir.

Tahmine dayalı analitik

Tahmine dayalı analitik, geçmiş ve gerçek zamanlı verileri analiz etmek için yapay zeka algoritmalarını ve makine öğrenimi tekniklerini kullanarak gelecekteki atık üretim modellerinin ve eğilimlerinin önceden tahmin edilmesini sağlar (Bakhshi ve Ahmed, 2018; Elshaboury vd., 2021; Erdebili ve Devrim-I' çtenbas., 2022; Garre vd., 2020). Tahmine dayalı analitik modeller, nüfus yoğunluğu, hava koşulları ve geçmiş atık verileri gibi faktörleri göz önünde bulundurarak atık üretim oranlarını tahmin edebilir, toplama rotalarını optimize edebilir ve kaynakları etkili bir şekilde tahsis edebilir. Bu modeller sürekli olarak yeni verilerden öğrenerek zaman içinde doğruluklarını artırır. Atık yönetimi yetkilileri ve hizmet sağlayıcıları, tahmine dayalı analitikten yararlanarak atık yönetimi stratejilerini proaktif olarak planlayabilir, toplama programlarını optimize edebilir ve kaynakları verimli bir şekilde tahsis edebilir, sonuçta maliyetleri azaltabilir ve genel atık yönetimi etkinliğini artırabilir (Liao ve Wang, 2020).

Ayrıca, yapay zeka odaklı tahmine dayalı analitik modeller, atık yönetimi yetkililerinin iklim değişikliğinin atık üretim modelleri ve geri dönüşüm oranları üzerindeki etkilerini öngörmeleri ve azaltmaları için değerli araçlar sunmaktadır (Reza, 2023). Bu modeller, geçmiş verileri ve çevresel faktörleri analiz ederek, iklim değişikliğinden etkilenen tüketim kalıplarındaki dalgalanmalar ve nüfus artışı gibi atık üretim eğilimlerindeki değişiklikleri tahmin edebilir (Adeobu vd., 2022). Ayrıca, tahmine dayalı analitik, kaynak tahsisini ve atık yönetimi stratejilerini optimize ederek yetkililerin değişen atık akışlarına uyum sağlamasına ve iklimle ilgili zorluklara yanıt olarak geri dönüşüm çabalarına öncelik vermesine olanak tanıyabilir. Örneğin, tahmine dayalı modeller, aşırı hava olayları veya doğal afetler sırasında atık üretiminin artmasına eğilimli alanları belirleyerek, yetkili kurumların hedeflenen atık azaltma ve geri kazanım girişimlerini uygulamasına olanak tanıyabilir. Ayrıca, yapay zeka destekli tahmine dayalı analitik, ortaya çıkan eğilimleri ve potansiyel riskleri belirleyerek proaktif karar vermeyi kolaylaştırır (Venigandla vd., 2024). Bu, atık yönetimi yetkililerinin iklim değişikliğinin atık yönetimi sistemleri üzerindeki etkilerini azaltmak için esnek ve sürdürülebilir stratejiler geliştirmelerini sağlar.

Veriye dayalı karar verme

YZ teknolojileri, çeşitli atık izleme kaynaklarından toplanan büyük hacimli verileri analiz ederek veri odaklı karar vermeyi kolaylaştırmaktadır (Ali vd., 2022). YZ algoritmaları, eyleme geçirilebilir içgörüler elde etmek ve atık yönetimi süreçlerinde karar vermeyi desteklemek için verileri işler ve analiz eder (Imran vd., 2020). Örneğin, atık üretim oranları, geri dönüşüm oranları ve bertaraf maliyetlerine ilişkin veriler, politika kararları, altyapı yatırımları ve kaynak tahsis stratejileri hakkında bilgi sağlamaya yardımcı olabilir. Yapay zeka algoritmaları, verilerde insan operatörler tarafından kolayca görülemeyecek eğilimleri, korelasyonları ve kalıpları belirleyerek daha verimli ve sürdürülebilir atık yönetimi uygulamaları için kanıta dayalı karar vermeyi sağlayabilir (Nguyen vd., 2022).

IoT ve sensör ağları

IoT ve sensör ağlarının yapay zeka teknolojileriyle entegrasyonu atık izlemede devrim yaratmaktadır (Akram vd., 2021; Pardini ., ., vd2020; Rahman vd2022). IoT cihazları ve sensörler, atık seviyeleri, sıcaklık, nem ve hava kalitesi gibi çeşitli parametreler hakkında gerçek zamanlı veri toplamak için atık yönetim sistemlerine yerleştirilmektedir. Bu cihazlar verileri merkezi platformlara iletmekte ve burada yapay zeka algoritmaları anlamlı içgörüler oluşturmak için verileri analiz edip işlemektedir (Bernat, 2023; Pardini vd., 2019). IoT ve sensör ağları atık üretimi, toplama ve bertaraf süreçlerinin sürekli ve kapsamlı bir şekilde izlenmesini sağlamaktadır (Anjum vd., 2022). Atık yönetimi stratejilerini optimize etmek, operasyonel verimliliği artırmak ve gerektiğinde zamanında müdahale sağlamak için kullanılabilir zengin veriler sağlarlar (Alqahtani vd., 2020). Ayrıca, IoT ve sensör ağları birden fazla atık yönetim sisteminin entegrasyonunu kolaylaştırarak sorunsuz veri alışverişi ve birlikte çalışabilirlik sağlamaktadır (Acharya vd., 2022).

Yapay zeka odaklı atık izleme alanındaki mevcut eğilimler, gerçek zamanlı izleme sistemlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaya, analitik modellerin tahmin yeteneklerini geliştirmeye, bilinçli karar verme için verilerden yararlanmaya ve IoT ve sensör ağlarının entegrasyonunu genişletmeye odaklanmaktadır (Fayomi vd., 2021; Gull vd., 2021). Amaç, verimli atık yönetimi, çevresel etkinin azaltılması ve kaynak kullanımının iyileştirilmesini sağlayan akıllı atık izleme sistemleri oluşturmaktır (Aytaç ve Korçak, 2021). Atık yönetimi kuruluşları, teknoloji sağlayıcıları ve araştırmacılar arasında devam eden araştırma, geliştirme ve işbirliği, yapay zeka odaklı atık izlemede daha fazla ilerleme sağlamak ve sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarına geçişi desteklemek için gereklidir (Namoun ve ark., 2022).

Zorluklar ve sınırlamalar

Yapay Zeka (AI), atık yönetimi uygulamalarını dönüştürmede büyük bir potansiyele sahip olsa da, başarılı bir uygulama için çeşitli zorlukların ve sınırlamaların ele alınması gerekmektedir (Aljawder ve Al- Karaghoulı, 2022; Bui ve Tseng, 2022; Vyas v.d.2023; Zhang ., vd, 2019). Mevcut eğilimler aşağıdaki temel endişe alanlarını vurgulamaktadır:

Veri kullanılabilirliği ve kalitesi

YZ odaklı atık yönetimindeki temel zorluklardan biri, verilerin kullanılabilirliği ve kalitesidir (Abunama vd., 2019; Mounadel ., vd2023; Tsui vd, 2023). YZ algoritmaları, eğitmek ve doğru tahminlerde bulunmak için büyük ölçüde büyük ve çeşitli veri kümelerine dayanır (Akkad diğerleri, 2022; ve Alam ve diğerleri, 2022). Ancak atık yönetimi verileri parçalı, tutarsız veya yeterince standartlaştırılmamış olabilir (Yang vd., 2021). Atık yönetimi ekosistemindeki farklı paydaşlar arasında veri entegrasyonu ve birlikte çalışabilirlik eksikliği, etkili yapay zeka çözümlerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını engelleyebilir (Verma, 2023). Ayrıca, YZ algoritmalarının anlamlı içgörüler sağlayabilmesi için veri toplama ve izleme sistemlerinin sağlam ve güvenilir olması, doğru ve yüksek kaliteli veriler elde edilmesi gerekmektedir.

Bu zorlukların üstesinden gelmek için veri toplama yöntemlerini iyileştirmek ve veri paylaşım protokolleri oluşturmak için çaba sarf edilmektedir. Atık yönetimi kurumları, teknoloji sağlayıcıları ve araştırmacılar arasındaki işbirliğine dayalı girişimler, veri formatlarını standartlaştırmayı, veri platformları geliştirmeyi ve veri paylaşım uygulamalarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, IoT ve sensör teknolojilerindeki ilerlemeler gerçek zamanlı ve kapsamlı verilerin toplanmasını sağlayarak yapay zeka odaklı atık yönetimi uygulamaları için verilerin kalitesini ve kullanılabilirliğini artırmaktadır.

Gizlilik ve güvenlik endişeleri

Atık yönetiminde yapay zeka teknolojilerinin uygulanması

gizlilik ve güvenlik endişeleri. YZ sistemleri genellikle atık üretim modelleri, toplama rotaları ve kullanıcı davranışları gibi hassas verilere erişim gerektirir (Edinov ve Fauzi, 2023; Farjami vd., 2020). Bu verilerin gizliliğini ve güvenliğini korumak, kamu güvenliğini sürdürmek ve veri koruma düzenlemelerine uymak için çok önemlidir. YZ güdümlü atık yönetiminin faydalarını gizlilik hususlarıyla dengelemeye ihtiyaç vardır (Abioye vd., 2021). Bu endişeleri gidermek için, veri anonimleştirme ve şifreleme gibi gizliliği artıran teknikler kullanılmaktadır. Ayrıca, sorumlu veri işleme uygulamalarını sağlamak ve bireysel gizlilik haklarını korumak için düzenleyici çerçeveler de gelişmektedir. Yapay zeka algoritmaları için veri erişilebilirliği ile veri gizliliği ve güvenliğinin sağlanması arasında doğru dengeyi kurmak, sürekli dikkat gerektiren kritik bir zorluktur.

Ayrıca, bir diğer önemli endişe de evsel atık üretim verileri gibi kişisel bilgilerin toplanması ve depolanmasıdır; bu da veri sahipliği, rıza ve yetkisiz erişimle ilgili gizlilik sorunlarını gündeme getirmektedir (Farjami vd., 2020). Ayrıca, IoT cihazlarının ve sensör ağlarının atık yönetim sistemlerine entegrasyonu, siber saldırı ve veri ihlali riskini artırarak verilerin gizliliğini ve kullanılabilirliğini potansiyel olarak tehlikeye atmaktadır (Habibzadeh vd., 2019). YZ sistemlerinin etkinliğinden ödün vermeden bu endişeleri etkili bir şekilde azaltmak için, sağlam veri koruma önlemleri ve güvenlik protokolleri uygulanmalıdır. Bu, hassas verilerin şifrelenmesini, erişim kontrollerinin ve kimlik doğrulama mekanizmalarının uygulanmasını ve güvenlik açıklarını gidermek için yazılım ve ürün yazılımının düzenli olarak güncellenmesini içerir. Ayrıca, verilerin nasıl toplandığını, işlendiğini ve paylaşıldığını netleştirmek ve bireylere kişisel bilgileri üzerinde kontrol sağlamak için şeffaf veri yönetimi çerçeveleri ve gizlilik politikaları oluşturulmalıdır (Habibzadeh vd., 2019; Abioye vd, 2021.). Atık yönetimi yetkilileri, YZ sistemlerinin tasarımında ve dağıtımında gizlilik ve güvenlik önlemlerine öncelik vererek paydaşlar arasında güveni artırabilir ve atık yönetimi uygulamalarında YZ teknolojilerinin sorumlu ve etik bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir.

Yapay zeka odaklı çalışmalarda gizlilik endişelerini gidermek ve veri güvenliğini sağlamak için

atık yönetim sistemleri için çeşitli öneriler uygulanabilir. İlk olarak, depolama ve iletim sırasında hassas verileri korumak için şifreleme tekniklerinin benimsenmesi veri güvenliğini artırabilir. Buna ek olarak, erişim kontrolleri ve kullanıcı kimlik doğrulama mekanizmalarının uygulanması verilere yetkisiz erişimi kısıtlayabilir. Düzenli güvenlik denetimleri ve güvenlik açığı değerlendirmeleri, potansiyel güvenlik tehditlerini proaktif olarak belirlemek ve azaltmak için gereklidir. Ayrıca, Genel Veri Koruma Yönetmeliği (GDPR) ve Sağlık Sigortası Taşınabilirlik ve Sorumluluk Yasası (HIPAA) gibi serbest veri koruma düzenlemelerine uyumun sağlanması, kullanıcı gizliliğinin korunması için çok önemlidir. Son olarak, kullanıcılara verilerinin nasıl toplandığı, işlendiği ve kullanıldığı hakkında net bilgiler sağlayarak veri işleme uygulamalarında şeffaflığı ve hesap verebilirliği teşvik etmek, yapay zekaya dayalı atık yönetimi sistemlerine olan güveni ve itimatı artırabilir.

Maliyet ve altyapı gereksinimleri

YZ teknolojilerinin atık yönetiminde uygulanması, önemli ön maliyetler ve altyapı gereksinimleri içerebilir (Bhu- balan vd., 2022; Borchard vd., 2022). YZ sistemleri genellikle büyük veri kümelerini ve karmaşık algoritmaları işlemek için özel donanım, yazılım ve hesaplama kaynakları gerektirir. Ayrıca, YZ teknolojilerini mevcut atık yönetimi altyapısıyla entegre etmek uyumluluk, ölçeklenebilirlik ve maliyet etkinliği açısından zorluklar yaratabilir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, mevcut atık yönetim sistemlerine kolayca entegre edilebilecek uygun maliyetli YZ çözümlerine ihtiyaç vardır (Chen vd., 2022; Dimri vd., 2020; Negreiros Gomes vd., 2023). Bulut bilişim ve uç bilişim teknolojileri, YZ algoritmalarını dağıtmak ve hesaplama taleplerini yönetmek için ölçeklenebilir ve uygun maliyetli seçenekler sunmaktadır (Janbi .2020; Thalluri .vd, vd, 2021; C. Wang vd., 2021; Zingg vd, 2021). Teknoloji sağlayıcıları, atık yönetimi ajansları ve

politika yapıcılar, uygulama maliyetlerini azaltmaya ve altyapı gereksinimlerini kolaylaştırmaya yönelik stratejilerin belirlenmesine yardımcı olabilir.

Etik hususlar

Atık yönetiminde YZ teknolojilerinin benimsenmesi, dikkatli olunması gereken potansiyel önyargıları ve etik hususları beraberinde getirmektedir (Al-Sharafi vd., 2023). Önemli bir endişe, karar verme süreçleri sırasında YZ algoritmaları tarafından ortaya konan ve yanlışlıkla eşitsizlikleri sürdürebilecek veya istenmeyen sonuçlar doğurabilecek potansiyel önyargılar etrafında dönmektedir. Bu konu, özellikle eşit kaynak tahsisinin ve topluluklara adil muamelenin çok önemli olduğu atık yönetiminde geçerlidir. Önyargıları azaltmak için şeffaflık, açıklanabilirlik ve hesap verebilirlik, yapay zeka odaklı sistemlerin temel unsurlarıdır (Al-Ruzouq vd., 2022).

Şeffaflık ve açıklanabilirlik sunan algoritmalar geliştirme çabaları devam etmekte olup, paydaşların yapay zeka kaynaklı kararların arkasındaki mantığı anlamalarını sağlamaktadır. Bu şeffaflık, paydaşlara karar verme süreçlerini inceleme ve gerektiğinde önyargıları belirleme ve düzeltme yetkisi vermektedir. Ayrıca, atık yönetiminde YZ'nin sorumlu kullanımını yönetmek için etik yönergeler ve çerçeveler oluşturulmaktadır (Brendel vd., 2021). Bu çerçeveler, algoritmaların etik sınırlar içinde çalışmasını sağlayarak YZ dağıtımında adaleti, eşitliği ve kapsayıcılığı savunmaktadır. Atık yönetimi sektörü, şeffaflık uygulamalara ve etik kurallara bağlı kalarak, atık yönetimi süreçlerini optimize etmek için YZ'nin potansiyelinden yararlanırken adalet ve şeffaflık ilkelerini koruyabilir. YZ algoritmalarını daha da iyileştirmek ve önyargılara karşı koruma sağlayan ve atık yönetimi karar verme sürecinde eşitlikçi sonuçları teşvik eden sağlam etik çerçeveler geliştirmek için devam eden araştırma ve işbirliği çok önemlidir.

Gelecekteki yönelim ve fırsatlar

Yapay Zekanın (AI) atık yönetimine entegrasyonu, verimliliği, sürdürülebilirliği ve kaynak optimizasyonunu iyileştirmede önemli bir umut vaat etmiştir (Ihsanullah ve ark., 2022). Alan gelişmeye devam ettikçe, gelecekteki çeşitli yönler ve fırsatlar ortaya çıkmaktadır. Mevcut eğilimler aşağıdaki temel odak alanlarını vurgulamaktadır:

Yapay zeka ve Nesnelerin İnterneti (IoT) entegrasyonu

YZ'nin Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Araçların İnterneti (IoV) ile entegrasyonunun atık yönetiminin geleceğinde önemli bir rol oynaması beklenmektedir (Baddegama vd., 2022; Ijamaru vd., 2023). Sensörler, aktüatörler ve akıllı kutular gibi IoT cihazları, karar verme ve optimizasyon için YZ algoritmaları tarafından kullanılacak büyük miktarda gerçek zamanlı veri üretmektedir (Martikkala ark., 2023 ve). YZ ve IoT arasındaki sinerji, atık toplama, ayırma, geri dönüşüm ve bertaraf süreçlerini otonom olarak izleyebilen, analiz edebilen ve optimize edebilen akıllı atık yönetim sistemlerinin oluşturulmasını sağlar (Mousavi vd., 2023). Bu entegrasyon, daha akıllı atık yönetimi operasyonlarına, atık yönetimi altyapısının öngörülü bakımına ve gelişmiş gerçek zamanlı izleme ve kontrolle olanak sağlayacaktır.

Makine öğrenimi ve derin öğrenmedeki ilerlemeler

Makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL) algoritmaları, yapay zeka gelişmelerinin ön saflarında yer almaktadır ve atık yönetimi bağlamında gelişmeye devam etmesi beklenmektedir (Munir vd., 2023). Karar ağaçları, rastgele ormanlar ve destek vektör makineleri gibi makine öğrenimi algoritmaları, atık sınıflandırma, sıralama ve tahmine dayalı modelleme yeteneklerini geliştirmek için geliştirilmektedir (Adeleke vd., 2023; Srinilta ve Kanhar- attanachai, 2019). DL algoritmaları, özellikle de konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler) ve tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler) atık görüntü tanıma, malzeme tanımlama ve kalite kontrol süreçlerinde devrim yaratmaktadır (Ba Alawi vd., 2021; Li vd., 2021). Gelecekte

karmaşık atık akışlarıyla başa çıkabilen, dinamik atık yönetimi senaryolarına uyum sağlayabilen ve gelişmiş karar verme ve optimizasyon için büyük ölçekli verilerden yararlanabilen makine öğrenimi ve DL algoritmalarındaki gelişmelerle tanklık etmektedir (Oruganti vd., 2023).

İşbirliği ve bilgi paylaşımı

Geri dönüşüm değer zincirindeki farklı paydaşlar arasında sorunsuz entegrasyon ve işbirliğinin sağlanması, ilerlemeyi engelleyen birkaç temel engelle karşı karşıyadır. Önemli zorluklardan biri, atık yönetimi şirketleri, teknoloji sağlayıcıları, araştırmacılar ve politika yapıcılar arasında sorunsuz bilgi alışverişini engelleyen standartlaştırılmış veri formatlarının ve birlikte çalışabilir sistemlerin eksikliğidir (Heikkilä vd., 2023). Ayrıca, veri gizliliği, mülkiyeti ve güvenliğine ilişkin endişeler, paydaşları değerli verileri ve içgörülerini paylaşmaktan caydırmaktadır (Amirsoleymani vd., 2022). Ayrıca, veri paylaşımı ve bilgi alışverişini için merkezi platformların bulunmaması, geri dönüşüm değer zincirindeki parçalanmayı daha da kötüleştirilmektedir (Kolditz ve ark., 2023).

Bununla birlikte, yapay zeka odaklı platformlar bu engellerin üstesinden gelmek için umut verici çözümler sunmaktadır. Bu platformlar, gelişmiş algoritmalar ve veri analizi yeteneklerinden yararlanarak, gizlilik ve yasal gerekliliklere uygunluk sağlarken güvenli ve verimli veri paylaşımını kolaylaştırabilir. Açık kaynaklı projeler ve bilgi paylaşım platformları, paydaşların işbirliği yapması ve birlikte çözümler üretmesi için erişilebilir çerçeveler ve araçlar sağlayarak işbirliğini ve yeniliği teşvik etmede Heikkilä vd., 2023 önemli bir rol oynamaktadır (). Paydaşlar, veri paylaşımı ve bilgi alışverişini için yapay zeka odaklı platformları benimseyerek kolektif zekadan yararlanabilir, yenilikçi atık yönetimi çözümlerinin geliştirilmesini hızlandırabilir ve geri dönüşüm değer zinciri boyunca sürekli iyileştirmeyi teşvik edebilir.

Atık yönetimi kurumları, teknoloji sağlayıcıları ve politika yapıcılar da dahil olmak üzere paydaşlar arasında işbirliği, atık yönetiminde YZ'nin sorumlu bir şekilde benimsenmesi için çok önemlidir (Kurniawan ve ark., 2024). Atık yönetimi ajansları, sektörün özel zorlukları ve ihtiyaçları hakkında değerli bilgiler sağlayabilirken, teknoloji sağlayıcıları YZ'den yararlanan yenilikçi çözümler sunabilir. Politika yapıcılar, atık yönetiminde YZ'nin etik ve sürdürülebilir kullanımını teşvik eden elverişli bir düzenleyici ortam yaratmada çok önemli bir rol oynamaktadır. Paydaşlar birlikte çalışarak uzmanlıklarını, kaynaklarını ve en iyi uygulamalarını paylaşabilir, inovasyonu teşvik edebilir ve hem çevre hem de toplum için olumlu sonuçlar doğurabilir (Zhang vd., 2019). Bu işbirliği, yönetmeliklere ve etik standartlara uygunluğu sağlarken atık yönetiminin benzersiz gereksinimlerini karşılayan özel YZ çözümlerinin geliştirilmesine yol açabilir. Ayrıca, şeffaflık ve hesap verebilir YZ sistemlerinin uygulanmasını kolaylaştırarak halk arasında güven ve kabulü teşvik edebilir. Sonuç olarak, paydaşlar arasındaki işbirliği, atık yönetiminde YZ'nin benimsenmesini hızlandırarak daha verimli, sürdürülebilir ve çevre dostu uygulamalara yol açabilir.

Politika ve düzenleyici çerçeveler

Atık yönetiminde yapay zekanın sorumlu ve etik bir şekilde kullanılmasını sağlamak için düzenleyici çerçeveler ve endüstri standartları geliştirmek çok önemlidir. Bu çerçeveler veri gizliliği, güvenlik, adalet ve şeffaflık gibi temel kaygıları ele almalıdır. Politika girişimleri, veri paylaşımını teşvik etmede Naveenkumar ark., 2023, YZ'nin benimsenmesini teşvik etmede ve birlikte çalışabilirliği geliştirmede önemli bir rol oynayabilir (ve). Ek olarak, düzenleyici çerçeveler sorumlu atık yönetimi uygulamaları için kılavuzlar sağlayarak YZ algoritmalarının çevresel duyarlılığa ve sosyal eşitliğe öncelik vermesini sağlayabilir (Andeobu vd., 2022). Hükümetler ve düzenleyici kurumlar, kamu çıkarlarını korurken inovasyonu destekleyen elverişli bir ortam yaratabilecekleri için bu çerçevelerin şekillendirilmesinde merkezi bir role sahiptir (Singh vd., 2022). Politika yapıcılar, sektör paydaşlarıyla işbirliği yaparak, etik ilkelerin korunması ile inovasyon ihtiyacını dengeleyen düzenlemeler geliştirebilirler

ve toplumsal değerler.

Ayrıca, yapay zeka odaklı atık yönetiminde ortaya çıkan fırsatlar arasında atık veri analizi için doğal dil işleme (NLP), atık ayrıştırma ve işleme için yapay zeka destekli robotik ve atık taşıma ve lojistiği için yapay zeka odaklı optimizasyon tekniklerinin uygulanması yer almaktadır (John ve Oloruntoba, 2020). Bu teknolojiler, verimliliği artırarak, operasyonel maliyetleri düşürerek ve çevresel etkiyi en aza indirerek atık yönetiminde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, bu teknolojilerin yaygın olarak benimsenmesi etik, düzenleyici ve teknik zorlukların dikkatle ele alınmasını gerektirmektedir. Düzenleyici çerçeveler, YZ teknolojilerinin gelişen ortamına uyum sağlamalı, kamu refahını ve çevresel sürdürülebilirliği korurken yeniliği teşvik etmelerini sağlamalıdır. YZ ilerlemeye devam ettikçe, hükümetler ve düzenleyici kurumlar, YZ odaklı atık yönetiminde ortaya çıkan riskleri ve fırsatları ele almak için politikaları ve standartları güncellemede proaktif kalmalıdır.

Sonuç

Kayda değer ilerlemelere ve faydalara rağmen, veri kullanılabilirliği, gizlilik, maliyet, altyapı ve etik ile ilgili zorlukların atık yönetimi kurumları, teknoloji sağlayıcıları, araştırmacılar ve politika yapımcılar dahil olmak üzere paydaşlar tarafından işbirliği içinde ele alınması gerekmektedir. Aşağıdaki öneriler, bu alanda yapay zekanın sorumlu ve sürdürülebilir kullanımını daha da teşvik etmeye yardımcı olabilir;

- I. Veri Erişilebilirliği ve Kalite İyileştirme: Yapay zeka odaklı çözümlerin temeli olan verilerin kullanılabilirliğini ve doğruluğunu sağlamak için çaba gösterilmelidir. Atık yönetimi yetkilileri ve teknoloji geliştiricileri, doğru tahminler ve bilinçli karar vermeyi sağlamak için atıkla ilgili yüksek kaliteli verileri toplamak, paylaşmak ve sürdürmek için işbirliği yapmalıdır.
- II. Gizlilik ve Güvenlik Hususları: YZ sistemleri verilere dayandığından, veri toplama, işleme ve depolama ile ilgili gizlilik endişelerini ele almak çok önemlidir. Sağlam veri güvenliği önlemlerinin uygulanması, veri koruma yönetmeliklerine uyulması ve hassas bilgilerin anonimleştirilmesi paydaşlar arasında güven oluşturulmasına yardımcı olabilir.
- III. YZ Altyapısına Yatırım: Hükümetler, atık yönetimi kurumları ve kuruluşları, yapay zeka odaklı atık yönetimi çözümlerini desteklemek için gerekli altyapıya yatırım yapmalıdır. Bu, gerçek zamanlı veri toplama ve iletişimi kolaylaştırmak için akıllı sensörlerin, IoT cihazlarının ve bağlantı teknolojilerinin dağıtımını içerir.
- IV. Araştırma ve İnovasyon: YZ teknolojilerindeki hızlı gelişmelere ayak uydurmak için sürekli araştırma ve inovasyon şarttır. Akademi, endüstri ve hükümetler arasındaki işbirliği, belirli atık yönetimi zorluklarına uyarlanmış yeni YZ algoritmaları, modelleri ve uygulamalarının geliştirilmesine yol açabilir.
- V. Kapasite Geliştirme ve Eğitim: Atık yönetimi profesyonellerine YZ teknolojilerini daha iyi anlamaları için eğitim programları ve kapasite geliştirme girişimleri sunulmalıdır. Bu, atık toplama, ayırma, geri dönüşüm ve izleme süreçlerine YZ çözümlerini etkili bir şekilde entegre etmelerini ve yönetmelerini sağlayacaktır.
- VI. Etik ve Sosyal Hususlar: Atık yönetiminde YZ ile ilgili olarak iş değiştirme, çevresel adalet ve toplum katılımı gibi etik sonuçların ele alınması gerekmektedir. Etik uzmanları, politika yapımcıları, toplum temsilcilerini ve endüstri uzmanlarını içeren çok disiplinli tartışmalar, sorumlu YZ'nin benimsenmesine yol açabilir.
- VII. Pilot Projeler ve Gösteriler: Hükümetler ve kuruluşlar, yapay zeka odaklı atık yönetimi çözümlerinin fizibilitesini ve faydalarını sergilemek için pilot projeler ve tanıtımlar başlatabilir. Bu projeler kamu bilinci oluşturmaya yardımcı olabilir.

gerçek dünya verileri ve ekonomik ve çevresel etkilerin değerlendirilmesi.

- VIII. Düzenleme ve Standartlar: Sorumlu ve güvenli bir uygulama sağlamak için atık yönetiminde YZ uygulamaları için düzenleyici çerçeveler ve endüstri standartları geliştirilmelidir. Bu düzenlemeler, potansiyel riskleri ele alırken YZ teknolojilerinin geliştirilmesine, konuşlandırılmasına ve işletilmesine rehberlik edebilir.

CRedit Yazarlık Katkı Beyanı

David B. Olawade: Yazım - inceleme ve düzenleme, Yazım - orijinal taslak, Kaynaklar, Proje yönetimi, Metodoloji, Biçimsel analiz, Veri küratörlüğü, Kavramsallaştırma. **Oluwaseun Fapohunda:** Yazım - gözden geçirme ve düzenleme, Yazım - orijinal taslak, Kaynaklar, Metodoloji. **Ojima Z. Wada:** Yazım - gözden geçirme ve düzenleme, Kaynaklar, Metodoloji, Biçimsel analiz, Veri düzenleme. **Sunday O. Usman:** Yazım - gözden geçirme ve düzenleme, Yazım - orijinal taslak, Biçimsel analiz, Veri düzenleme. **Abimbola O. Ige:** Yazım - gözden geçirme ve düzenleme, Metodoloji. **Olawale Ajisafe:** Yazım - gözden geçirme ve düzenleme, Yazım - orijinal taslak. **Bankole I. Oladapo:** Yazım - gözden geçirme ve düzenleme, Süpervizyon.

Rekabetçi Çıkar Beyanı

Yazarlar, bu makalede rapor edilen çalışmayı etkileyebilecek bilinen herhangi bir rakip finansal çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan etmektedir.

Referanslar

- Abdallah, M., Abu Talib, M., Feroz, S., Nasir, Q., Abdalla, H., Mahfood, B., 2020a. Katı atık yönetiminde yapay zeka uygulamaları: Sistemati bir araştırma incelemesi. *Waste Manag.* 109, 231-246. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.057>.
- Abdallah, M., Abu Talib, M., Feroz, S., Nasir, Q., Abdalla, H., Mahfood, B., 2020b. Katı atık yönetiminde yapay zeka uygulamaları: Sistemati bir araştırma incelemesi. *Atık Yönetimi* 109, 231-246. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.04.057.
- Abdullah, L., Zulkifli, N., Liao, H., Herrera-Viedma, E., Al-Barakat, A., 2019. Sürdürülebilir katı atık yönetimi için Choquet integrali ile birleştirilmiş aralık değerli sezgisel bulanık DEMATEL yöntemi. *Müh. Appl. Artif. Intel.* 82, 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.04.005>
- Abdulredha, M., Al Khaddar, R., Jordan, D., Kot, P., Abdulridha, A., Hashim, K., 2018. Büyük festivaller sırasında konaklama endüstrisi tarafından katı atık üretiminin tahmin edilmesi: Çoklu regresyona dayalı bir nicelleme modeli. *Waste Manag.* 77, 388-400. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.025>.
- Abioye, S.O., Oyedele, L.O., Akanbi, L., Ajayi, A., Davila Delgado, J.M., Bilal, M., Akinade, O.O., Ahmed, A., 2021. İnşaat sektöründe yapay zeka: Mevcut durum, fırsatlar ve gelecekteki zorluklar üzerine bir inceleme. *J. Build. Eng.* 44, 103299. <https://doi.org/10.1016/j.jobte.2021.103299>.
- Abunama, T., Othman, F., Ansari, M., El-Shafie, A., 2019. Bir MSW düzenli depolama sahası için girdi optimizasyon yöntemi ile desteklenen yapay zeka algoritmaları kullanılarak sızıntı suyu üretim oranı modellemesi. *Çevre Bil. Sci. Pollut. Res.* 26, 3368-3381. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3749-5>.
- Acharya, B., Dey, S., Zidan, M., 2022. için IoT Tabanlı Akıllı Atık Yönetimi. *Çevresel Sürdürülebilirlik CRC Press*.
- Adedeji, O., Wang, Z., 2019. Derin öğrenme konvüsyonel sinir ağı kullanan akıllı atık sınıflandırma sistemi. *Procedia Manuf.* 35, 607-612. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.05.086>.
- Adeleke, O., Akinlabi, S., Jen, T.-C., Dunmade, I., 2023. Mevsimsel değişimin belediye katı atıklarının fiziksel bileşimi üzerindeki etkisini araştırmak için bir makine öğrenimi yaklaşımı. *J. Reliable Intell. Environ.* 9, 99-118. <https://doi.org/10.1007/s40860-021-00168-9>.
- Agrawal, P., Kaur, G., Kolekar, S.S., 2021. Kohort zeka algoritması kullanılarak hastanelerin biyomedikal atık yönetiminin araştırılması. *Yumuşak Hesaplama. Lett.* 3, 100008. <https://doi.org/10.1016/j.soc.2020.100008>.
- Ahmad, S., Imran, Jamil, F., Iqbal, N., Kim, D., 2020. Verimli Atık Toplama için Atık Taşıyıcı Araçlara Optimal Rota Önerisi: Sürdürülebilir Şehirler Doğru İleriye Doğru Bir Adım. *IEEE Access* 8, 77875-77887. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2988173.
- Ahmed, A.A.A., Asadullah, A.B.M., 2020. Atık yönetimi ve geri dönüşümde yapay zeka ve makine öğrenimi. *Eng. Int.* 8, 43-52. <https://doi.org/10.18034/ei.v8i1.498>.
- Ahmed Chowdhury, T., Jahan Sinthya, N., Sajid Hasan Shanta, S.M., Tasbiul Hasan, Md., Habib, M., Rahman, R.M., 2022. Yapay Zeka Teknikleri Kullanarak Katı Atıkların Nesne Algılama Tabanlı Yönetim Sistemi, in: 2022 IEEE 13. Yıllık Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON). 2022 IEEE 13th Annual Ubiquitous Computing'de sunulmuştur,

- Elektronik ve Mobil İletişim Konferansı (UEMCON), s. 0019-0023. DOI: 10.1109/UEMCON54665.2022.9965643.
- Ahmed, S., Mubarak, S., Du, J.T., Wibowo, S., 2022. Derin öğrenme kullanarak akıllı kutulardaki belediye atıklarının durumunun tahmin edilmesi. IJERPH 19, 16798. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416798>.
- Akanbi, L.A., Oyedele, A.O., Oyedele, L.O., Salami, R.O., 2020. Döngüsel bir ekonomide Yüküm Atığı Tahmini için derin öğrenme modeli. J. Clean. Prod. 274, 122843 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122843>.
- Akkad, M.Z., Haidar, S., B' anyai, T., 2022. Enerji verimliliği ve sürdürülebilirliğe odaklanan siber-fiziksel atık yönetim sistemlerinin tasarımı. Tasarımlar 6, 39. <https://doi.org/10.3390/designs6020039>.
- Akram, S.V., Singh, R., Gehlot, A., Rashid, M., AlGhamdi, A.S., Alshamrani, S.S., Prashar, D., 2021. Katı atık yönetiminde kablosuz destekli teknolojilerin rolü: Kapsamlı bir inceleme. Sürdürülebilirlik 13, 13104. <https://doi.org/10.3390/su132313104>.
- Al Duhayyim, M., Abdalla Elfadil Eisa, T., N. Al-Wesabi, F., Abdelmaboud, A., Ahmed Hamza, M., Sarwar Zamani, A., Rizwanullah, M., Marzouk, R., 2022a. Derin Takviye Öğrenme Destekli Akıllı Şehir Geri Dönüşüm Atık Nesne Sınıflandırması. Computers, Materials & Continua 71, 5699-5715. DOI: 10.32604/cmc.2022.024431.
- Al Duhayyim, M., Mohamed, H.G., Aljebreen, M., Nour, M.K., Mohamed, A., Abdelmageed, A.A., Yaseen, I., Mohammed, G.P., 2022b. IoT destekli sürdürülebilir atık yönetimi için geliştirilmiş bir derin öğrenme modeli ile yapay ekosistem tabanlı optimizasyon. Sürdürülebilirlik 14, 11704. <https://doi.org/10.3390/su141811704>.
- Alam, G., Ihsanullah, I., Naushad, Mu., Sillanp" aa", M., 2022. Adsorpsiyon süreçlerinin optimizasyonu ve otomasyonu için su arıtımında yapay zeka uygulamaları: Son gelişmeler ve beklentiler. Kimya Mühendisliği. Eng. J. 427, 130011 <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130011>.
- Ali Abdoli, M., Falah Nezhad, M., Salehi Sede, R., Behboudian, S., 2012. Yapay sinir ağları ile katı atık üretiminin uzun vadeli tahmini. Çevre. Prog. Sürdürülebilirlik. Energy 31, 628-636. <https://doi.org/10.1002/ep.10591>.
- Ali, R.A., Nik Ibrahim, N.N.L., Wan Ab Karim Ghani, W.A., Lam, H.L., Sani, N.S., 2022. Kentsel katı atık yönetimi için karar verme araçları olarak süreç ağı sentezi ve makine öğreniminin kullanılması. Int. J. Environ. Sci. Technol. 19, 1985-1996. DOI: 10.1007/s13762-021-03250-0.
- Aljawder, A., Al-Karaghoul, W., 2022. Bahreyn örneğinde sürdürülebilir bir yalın inşaat endüstrisi için teknoloji yönetimi ilkelerinin ve yapay zekanın benimsenmesi. J. Decis. Syst. 1-30. <https://doi.org/10.1080/12460125.2022.2075529>.
- Alqahtani, F., Al-Makhadmeh, Z., Tolba, A., Said, W., 2020. Cuckoo Arama Algoritması kullanarak akıllı şehirler için nesnelerin interneti tabanlı kentsel atık yönetim sistemi. Cluster Comput. 23, 1769-1780. <https://doi.org/10.1007/s10586-020-03126-x>.
- Al-Ruzouq, R., Abdallah, M., Shanableh, A., Alani, S., Obaid, L., Gibril, M.B.A., 2022. Hibrit çok kriterli makine öğrenimi yaklaşımı kullanılarak atıktan enerjiye mekansal uygunluk analizi. Çevre Bilimleri. Sci. Pollut. Res. 29, 2613-2628. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15289-0>.
- Al-Sharafi, M.A., Al-Emran, M., Arcpaci, I., Iahad, N.A., AlQudah, A.A., Iranmanesh, M., Al-Qaysi, N., 2023. Z kuşağının yapay zeka ürünlerini kullanımı ve bunun çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi: Kültürler arası bir karşılaştırma. Bilgisayar. İnsan Davranışları. Behav. 143, 107708 <https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107708>.
- Altın, F.G., Budak, F., O' zcan, F., 2023. Tıbbi atık miktarının tahmin edilmesi Türkiye'deki özel bir hastane için çekirdek tabanlı DVM ve derin öğrenme yöntemleri. Sürdürülebilirlik. Chem. Pharm. 33, 101060 <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101060>.
- Amaral, R.E.C., Brito, J., Buckman, M., Drake, E., Ilatova, E., Rice, P., Sabbagh, C., Voronkin, S., Abraham, Y.S., 2020. Sürdürülebilir binalar için atık yönetimi ve işletme enerjisi: Bir inceleme. Sürdürülebilirlik 12, 5337. <https://doi.org/10.3390/su12135337>.
- Amirsoleymani, Y., Abessi, O., Ghajari, Y.E., 2022. Kentsel katı atık depolama sahaları için mekansal bir karar destek sistemi (vaka çalışması: Mazandaran Eyaleti, İran). Waste Manag. Res. 40, 940-952. <https://doi.org/10.1177/0734242X211060610>.
- Andeobu, L., Wibowo, S., Grandhi, S., 2022. için yapay zeka uygulamalarıAvustralya'da sürdürülebilir katı atık yönetimi uygulamaları : Sistematik bir inceleme. Sci. Total Environ. 834, 155389.
- Anh Khoa, T., Phuc, C.H., Lam, P.D., Nhu, L.M.B., Trong, N.M., Phuong, N.T.H., Dung, N. V., Tan-Y, N., Nguyen, H.N., Duc, D.N.M., 2020. kullanılan atık yönetim sistemiÜniversitede IoT tabanlı makine öğrenimi . Wirel. İletişim. Mob. Hesaplama. 2020, e6138637.
- Anitha, R., Maruthi, R., Sudha, S., 2022. Plastik atıkların otomatik ayrıştırılması ve mikrobiyal bozunması: Atık yönetimi sorunlarına daha çevreci bir çözüm. Glob. Transitions Proc. 3, 100-103. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2022.04.021>.
- Aniza, R., Chen, W.-H., P' etrissans, A., Hoang, A.T., Ashokkumar, V., P' etrissans, M., 2023. Çevresel sürdürülebilirlik için biyotatık iyileştirme ve değerlendirme üzerine bir inceleme: Yapay zeka yaklaşımı. Çevre. Pollut. 324, 121363 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121363>.
- Anjum, M., Shahab, S., Umar, M.S., 2021. IoT ve tahmin modelleri perspektifinde akıllı atık yönetimi paradigması. Int. J. Environ. Waste Manag. 29, 34-79. <https://doi.org/10.1504/IJEW.2022.120621>.
- Araujo-Andrade, C., Bugnicourt, E., Philippet, L., Rodriguez-Turienzo, L., Nettleton, D., Hoffmann, L., Schlummer, M., 2021. için uygun fotonik teknikler üzerine bir incelemeÇok malzemeli atıkların bileşiminin otomatik olarak izlenmesi . Atık Yönetimi. Res. 39 (5), 631-651.
- Assef, F.M., Steiner, M.T.A., Lima, E.P.D., 2022. Atık yönetimi için kümeleme tekniklerinin gözden geçirilmesi. Heliyon 8, e08784. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08784>.
- Ayeleru, O.O., Fajimi, L.I., Oboirien, B.O., Olubambi, P.A., 2021. Yapay sinir ağı ve destekli vektör makinesi teknikleri kullanılarak kentsel katı atık miktarının tahmin edilmesi: Johannesburg, Güney Afrika'da bir vaka çalışması. J. Clean. Prod. 289, 125671 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125671>.
- Aytaç, K., Korçak, O' ., 2021. Türkiye'de proaktif atık yönetimi için IoT tabanlı zeka Hızlı Servis Restoranları. J. Clean. Prod. 284, 125401 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125401>.
- Azadi, S., Karimi-Jashni, A., 2016. Ortalama mevsimsel evsel katı atık üretim oranının tahmininde yapay sinir ağı ve çoklu doğrusal regresyon performansının doğrulanması: İran'ın Fars eyaletinde bir vaka çalışması. Waste Manag. 48, 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.034>.
- Ba Alawi, A.E., Saeed, A.Y.A., Almashhor, F., Al-Shathely, R., Hassan, A.N., 2021. Derin Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Katı Atık Sınıflandırması, in: 2021 Uluslararası İleri Teknoloji ve Mühendislik Kongresi (ICOTEN). 2021 Uluslararası İleri Teknoloji ve Mühendislik Kongresi'nde (ICOTEN) sunulmuştur, pp. 1-5. DOI: 10.1109/ICOTEN52080.2021.9493430.
- Baddegama, T., Ariyaseena, H., Wijethunga, S., Bowaththa, M., Nawinna, D., Attanayake, B., 2022. IOT ve Makine Öğrenimi Kullanarak Kentsel Sri Lanka için Katı Atık Yönetim Sistemi, in: 2022 4th International Conference on Advancements in Computing (ICAC). Presented at the 2022 4th International Conference on Advancements in Computing (ICAC), pp. 222-227. DOI: 10.1109/ICAC57685.2022.10025135.
- Baduge, S.K., Thilakarathna, S., Perera, J.S., Arashpour, M., Sharafi, P., Teodosio, B., Shringi, A., Mendis, P., 2022. Bina ve inşaat 4.0 için yapay zeka ve akıllı görüş: Makine ve derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları. Autom. İnşaat. 141, 104440 <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440>.
- Bag, T., 2023. Bilimsel-teknolojik ilerlemelerin sosyo-ekonomik etkileri. Int. J. Multidiscip. Educ. Res. 12. [https://ijmer.s3.amazonaws.com/pdf/volume12/volume12-issue8\(4\)/13.pdf](https://ijmer.s3.amazonaws.com/pdf/volume12/volume12-issue8(4)/13.pdf).
- Bakshsi, T., Ahmed, M., 2018. Makine Öğrenimi Analitiği Kullanılarak IoT Destekli Akıllı Şehir Atık Yönetimi, in: 2018 2. Uluslararası Enerji Tasarrufu ve Verimliliği Konferansı (ICECE). Presented at the 2018 2nd International Conference on Energy Conservation and Efficiency (ICECE), pp. 66-71. DOI: 10.1109/ECE.2018.8554985.
- Bamakan, S.M.H., Malekinejad, P., Ziaean, M., 2022. Blok zinciri tabanlı hastane atık yönetim sistemlerine doğru; uygulamalar ve gelecekteki eğilimler. J. Clean. Prod. 349, 131440 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131440>.
- Banjar, H., Alrowithi, R., Alhadrami, S., Magrabi, E., Munshi, R., Alrige, M., 2022. Kullanılmayan ve son kullanma tarihi geçmiş ilaçların uygun şekilde yönetimi ve imhası için akıllı bir sistem. Int. J. Environ. Res. Public Health 19, 2875. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052875>.
- Bernat, K., 2023. Tüketici sonrası plastik atık yönetimi: toplama ve ayırmadan mekanik geri dönüşüme. Energies 16, 3504. <https://doi.org/10.3390/en16083504>.
- Bharti, S., Fatma, S., Kumar, V., 2022. Atık Yönetiminde Yapay Zeka: Çevrenin Tasarrufu, içinde: Paul, P.K., Choudhury, A., Biswas, A., Singh, B.K. (Eds.), Environmental Informatics: Zorluklar ve Çözümler. Springer Nature, Singapur, s. 97-123. DOI: 10.1007/978-981-19-2083-7_6.
- Bhubalan, K., Tamothran, A.M., Kee, S.H., Foong, S.Y., Lam, S.S., Ganeson, K., Vigneswari, S., Amirul, A.-A., Ramakrishna, S., 2022. İlerleyen döngüsel ekonomide sürdürülebilir atık yönetimi için plastiklerin filigranı olarak blok zinciri kavramlarından yararlanma. Environ. Res. 213, 113631 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113631>.
- Bibri, S.E., Krogstie, J., Kabi, A., Alahi, A., 2024. akıllı eko-kentler ve bunların Çevresel sürdürülebilirlik için daha yapay zeka çözümleri: bir ö n e t i Kapsamlı sistematik inceleme. Environ. Sci. Ecotechnol. 19, 100330.
- Bijos, J.C.B.F., Zanta, V.M., Morato' ., J., Queiroz, L.M., Oliveira-Esquerre, K.P.S.R., 2022. Latin Amerika ve Karayipler'de makine öğrenimi yoluyla kentsel katı atık yönetiminde döngüsellüğün iyileştirilmesi. Sürdürülebilirlik. Chem. Pharm. 28, 100740 <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100740>.
- Bobulski, J., Kubanek, M., 2019. Görüntü İşleme ve Evrimsel Sinir Ağları Kullanarak Atık Sınıflandırma Sistemi, in: Rojas, I., Joya, G., Catala, A. (Eds.), Advances in Computational Intelligence, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, Cham, pp. 350-361. DOI: 10.1007/978-3-030-20518-8_30.
- Bobulski, J., Kubanek, M., 2020. Yapay Zekaya Dayalı Ayıklama Tesisinde Plastik Çöpler İçin Ayıklama Sistemi Projesi, in: Bilgisayar Bilimi ve Bilgi Teknolojisi. Presented at the 9th International Conference on Advanced Information Technologies and Applications (ICAITA 2020), AIRCC Publishing Corporation, pp. 27-35. DOI: 10.5121/csit.2020.100903.
- Borchard, R., Zeiss, R., Recker, J., 2022. Atık yönetiminin dijitalleşmesi: Alman özel ve kamu atık yönetimi firmalarından görüşler. Waste Manag. Res. 40, 775-792. <https://doi.org/10.1177/0734242X211029173>.
- Brendel, A.B., Mirbabaie, M., Lembcke, T.-B., Hofeditz, L., 2021. Yapay zekanın etik yönetimi. Sürdürülebilirlik 13, 1974. <https://doi.org/10.3390/su13041974>.
- Brintha, V.P., Rekha, R., Nandhini, J., Sreekaarthick, N., Ishwaryaa, B., Rahul, R., 2020. Derin Öğrenme Kullanarak Katı Atıkların Otomatik Sınıflandırılması, in: Kumar, L.A., Jayashree, L.S., Manimegalai, R. (Eds.), Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence, Smart Grid and Smart City Applications. Springer International Publishing, Cham, pp. 881-889. DOI: 10.1007/978-3-030-24051-6_83.
- Bui, T.-D., Tseng, M.-L., 2022. Belirsizlikler altında toplum 5.0'da sürdürülebilir katı atık yönetiminin önündeki engellerin anlaşılması: performansın yönlendirilmesinde sosyal ve teknik perspektiflerin bir yeniliği. Çevre. Sci. Pollut. Res. 29, 16265-16293. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16962-0>.
- Bui, T.-D., Tseng, J.-W., Tseng, M.-L., Wu, K.-J., Lim, M.K., 2023. Belediye katı atık yönetimi teknolojik engelleri: Tayvan'da hiyerarşik bir yapı yaklaşımı.

- Kaynak. Conserv. Recycl. 190, 106842 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106842>.
- Bundhoo, Z.M., 2018. En az gelişmiş ülkelerde katı atık yönetimi: mevcut durum ve karşılaşılan zorluklar. *J. Mater. Döngüler Atık Yönetimi*. 20, 1867-1877.
- Cagurangan, J.M., Factuar, R., Reyes, J.M., Torres, D., Mission, M.P.D., Poso, F.D., Abad, V.D., Telan, J.A.S., 2021. Hagonoy, Bulacan'daki Barangay Sagrada Familia'da Beş (5) Kategoriyeye Dayalı Katı Atık Üretimi Üzerine Yayıp Sinir Ağı, in: 2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM). 2021 IEEE 13. Uluslararası İnsansı, Nanoteknoloji, Bilgi Teknolojisi, İletişim ve Kontrol, Çevre ve Yönetim Konferansı'nda (HNICEM) sunulmuştur, s. 1-6. DOI: 10.1109/HNICEM54116.2021.9731914.
- Cha, G.-W., Moon, H.-J., Kim, Y.-C., 2021. Küçük veri kümelerine ve kategorik değişkenlere dayalı yıkım atıklarını tahmin etmek için rastgele orman ve gradyan artırma makinesi modellerinin karşılaştırılması. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18, 8530. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168530>.
- Cha, G.-W., Moon, H.J., Kim, Y.-C., 2022. Bina yıkım projelerinin atık üretim oranını tahmin etmek için hibrit bir makine öğrenimi modeli. *J. Clean. Prod.* 375, 134096 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134096>.
- Cha, G.-W., Choi, S.-H., Hong, W.-H., Park, C.-W., 2023a. Temel bileşen analizi yoluyla yıkım atığı üretim oranı için bir tahmin modeli geliştirilmesi. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 20, 3159. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043159>.
- Cha, G.-W., Choi, S.-H., Hong, W.-H., Park, C.-W., 2023b. Yeniden geliştirme alanlarındaki binaların yıkım atığı üretim oranının tahmini için makine öğrenimi modelinin geliştirilmesi. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 20, 107. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010107>.
- Cha, G.-W., Hong, W.-H., Kim, Y.-C., 2023c. Yıkım atığı üretim oranını tahmin etmek için oto kodlayıcı kullanan makine öğrenimi modelinin performans iyileştirilmesi. *Sustainability* 15, 3691. <https://doi.org/10.3390/su15043691>.
- Chang, N.B., Pires, A., Martinho, G., 2011. Katı atık için sistem analizinin güçlendirilmesi yönetimi : Zorluklar, eğilimler ve perspektifler. *Kritik. Rev. Environ. Sci. Technol.* 41 (16), 1449-1530.
- Chauhan, R., Shighra, S., Madkhali, H., Nguyen, L., Prasad, M., 2023. Geleceğin verimli atık yönetimi: Akıllı sistem (LADS) için derin sinir ağları ile öğrenme tabanlı bir yaklaşım. *Appl. Sci.* 13, 4140. <https://doi.org/10.3390/app13074140>.
- Chen, X., 2022. Akıllı şehirlerde atık geri dönüşümü ile döngüsel bir ekonomi için makine öğrenimi yaklaşımı. *Energy Rep.* 8, 3127-3140. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.193>.
- Chen, J., Huang, S., BalaMurugan, S., Tamizharasi, G.S., 2021. Çevresel planlama için yapay zeka tabanlı e-atık yönetimi. *Çevre. Etki Değerlendirmesi. Rev.* 87, 106498 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106498>.
- Chen, M., Liu, Q., Huang, S., Dang, C., 2022. Döngüsel ekonominin değer zincirine dayalı yapay zeka kullanan üretim işletmelerinin çevresel maliyet kontrol sistemi. *Kurumsal Bilgi. Syst.* 16, 1856422. <https://doi.org/10.1080/17517575.2020.1856422>.
- Cheng, K.M., Tan, J.Y., Wong, S.Y., Koo, A.C., Amir Sharji, E., 2022. Malezya Şehirlerinde sürdürülebilir çevre için gelecekteki evsel atık yönetimi üzerine bir inceleme. *Sürdürülebilirlik* 14, 6517. <https://doi.org/10.3390/su14116517>.
- Chew, X., Khaw, K.W., Alnoor, A., Ferraso, M., Al Halbusi, H., Muhsen, Y.R., 2023. Tıbbi atıkların döngüsel ekonomisi: Genişletilmiş doğrusal Diophantine bulanık FDOSM ve sinir ağı yaklaşımına dayalı yeni akıllı tıbbi atık yönetimi gerçevesi. *Çevre. Sci. Pollut. Res.* 30, 60473-60499. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26677-z>.
- Chhay, L., Reyad, M.A.H., Suy, R., Islam, M.R., Mian, M.M., 2018. Çin'de kentsel katı atık üretimi: etkileyen faktör analizi ve çok modelli tahmin. *J. Materyal. Döngüler Atık Yönetimi*. 20, 1761-1770. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0743-4>.
- Chidepatil, A., Bindra, P., Kulkarni, D., Qazi, M., Kshirsagar, M., Sankaran, K., 2020. Çöpten nakde: Blok zinciri ve çoklu sensör odaklı yapay zeka plastik atıkların döngüsel ekonomisini nasıl dönüştürebilir? *Yönetici. Sci.* 10, 23. <https://doi.org/10.3390/admsci10020023>.
- Chien, C.-F., Aviso, K., Tseng, M.-L., Fujii, M., Lim, M.K., 2023. Gelişmekte olan ekonomilerde katı atık yönetimi: Yeniden kullanım ve geri dönüşüm için fırsatlar ve zorluklar. *Kaynak. Conserv. Recycl.* 188, 106635 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106635>.
- Codinhot, R., Becher, O., Heron, J.N., Donato, V., 2023. BIM Kutusu: BIM ve Dijital İkiz Aracılığıyla Atık Yönetimi, in: Akıllı Şehirlerde BIM ve Dijital İkizler Üzerine Araştırma Antolojisi. IGI Global, s. 504-532. DOI: 10.4018/978-1-6684-7548-5.ch023.
- Comminos, A., Muller, E.S. ve Mutung'u, G., 2019. Sürdürülebilir insani kalkınma için yapay zeka. *İleri İletişim Derneği (APC) Article*, 19. <https://tarbiatbadani.farafie.ir/content/demo/202009/eea99b6b-c4-8b-46e7-8703-bce6845e64e1.pdf>.
- Coskuner, G., Jassim, M.S., Zontul, M., Karateke, S., 2021. Evsel, ticari ve inşaat atıklarının oluşumunu tahmin etmek için yapay zeka sinir ağı modellemesinin uygulanması. *Waste Manag. Res.* 39, 499-507. <https://doi.org/10.1177/0734242X20935181>.
- Costa, V.G., Pedreira, C.E., 2023. Karar ağaçlarındaki son gelişmeler: güncellenmiş bir anket. *Artif. Intell. Rev.* 56, 4765-4800. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10275-5>.
- Cubillos, M., 2020. Derin öğrenme yaklaşımı kullanarak çok sahalı evsel atık üretimi tahmini. *Waste Manag.* 115, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.046>.
- Das, S., Lee, S.-H., Kumar, P., Kim, K.-H., Lee, S.S., Bhattacharya, S.S., 2019. Katı atık yönetimi: Kapsam ve sürdürülebilirlik sorunu. *J. Clean. Prod.* 228, 658-678. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.323>.
- Dash, B., Sharma, P., 2022. Bilgi toplama ve yayma için akıllı şehirlerde yapay zekanın rolü - Bir inceleme. *Acad. J. Res. Sci. Publishing* 4, 58-75. <https://doi.org/10.52132/Ajrsp.e.2022.39.4>.
- de Sousa, W.G., de Melo, E.R.P., Bermejo, P.H.D.S., Farias, R.A.S., Gomes, A.O., 2019. Kamu sektöründe yapay zeka nasıl ve nereye gidiyor? Bir literatür taraması ve araştırma gündemi. *Gov. Inf. Q.* 36, 101392 <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.07.004>.
- Delanoe", P., Tchuente, D., Colin, G., 2023. CO2 emisyonlarının azaltılması için yapay zeka modellerinin etkin kazanç yöntemi ve değerlendirmeleri. *J. Environ. Manage.* 331, 117261 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117261>.
- Di Vaio, A., Hassan, R., D'Amore, G., Dello Strogalo, A., 2022. Gemilerde sürdürülebilir atık yönetimi için dijital teknolojiler: Kruvaziyer endüstrisindeki en iyi uygulamaların analizi. *IEEE Trans. Müh. Manag.* 1-14 <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3197241>.
- Dimri, A., Nautiyal, A., Vaish, Dr.A., 2020. HINDİSTAN'DA ÇÖP KUTUSU VE ATIK GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMİNİN ANA HATLARI VE GELİŞTİRİLMESİ. *IUTRS Special*, 31-37. DOI: 10.30780/specialissue-ICACCG2020/038.
- Dong, Z., Chen, J., Lu, W., 2022. İnşaat atığı bileşimlerini tanımak için bilgisayar görüşü: Yeni bir sınır farkındalıklı transformatör (BAT) modeli. *J. Environ. Manage.* 305, 114405 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114405>.
- Dubey, S., Singh, M.K., Singh, P., Aggarwal, S., 2020a. Makine Öğrenimi ve IoT Yaklaşımı Kullanılarak Konut Toplumunun Atık Yönetimi, in: 2020 Uluslararası Gelişen Akıllı Bilişim ve Enformatik Konferansı (ESCI). 2020 Uluslararası Gelişen Akıllı Bilgi İşlem ve Bilişim Konferansı'nda (ESCI) sunulmuştur, s. 293-297. DOI: 10.1109/ESCI48226.2020.9167526.
- Dubey, S., Singh, P., Yadav, P., Singh, K.K., 2020b. IoT ve makine öğrenimi kullanan evsel atık yönetim sistemi. *Procedia Comput. Sci.* 167, 1950-1959. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.222>.
- Edinov, S., Fauzi, R., 2023. Yapay zeka tabanlı atık yönetiminde topluluk davranışı. *Formosa J. Sustain. Res.* 2, 341-350. <https://doi.org/10.55927/fjsr.v2i2.2993>.
- Ejimofo, M.I., Aniagor, C.O., Oba, S.N., Menkiti, M.C., Ugonabo, V.I., 2022. Arazi kirliliğinin azaltılması ve yönetiminde yapay zeka, in: Bilgisayar Destekli Akıllı Çevre Veri Mühendisliğinde Güncel Eğilimler ve Gelişmeler. Elsevier, s. 319-333. DOI: 10.1016/B978-0-323-85597-6.00009-4.
- Elshaboury, N., Mohammed Abdelkader, E., Al-Sakkaf, A., Alfalah, G., 2021. Optimize edilmiş bir sinir ağı modeli kullanarak kentsel katı atık üretiminin tahmini analizi. *Processes* 9, 2045. <https://doi.org/10.3390/pr9112045>.
- Erdebili, B., Devrim-İçtenbaş, B., 2022. Makine tabanlı topluluk oylama regresyonu tıbbi atık tahmini için öğrenme: Türkiye'den bir örnek. *Matematik* 10, 2466. <https://doi.org/10.3390/math10142466>.
- Erkinay Özdemir, M., Ali, Z., Subeshan, B., Asmatulu, E., 2021. Geri dönüşümde makine öğrenimi yaklaşımının uygulanması. *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 23, 855-871. <https://doi.org/10.1016/j.s10163-021-01182-y>.
- Fan, E., Li, L., Wang, Z., Lin, J., Huang, Y., Yao, Y., Chen, R., Wu, F., 2020. Li-ion piller ve ötesi için sürdürülebilir geri dönüşüm teknolojisi: Zorluklar ve gelecek beklentileri. *Chem. Rev.* 120, 7020-7063. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00535>.
- Fang, B., Yu, J., Chen, Z., Osman, A.I., Farghali, M., Ihara, I., Hamza, E.H., Rooney, D.W., Yap, P.-S., 2023. Akıllı şehirlerde atık yönetimi için yapay zeka: Bir inceleme. *Çevre. Chem. Lett.* <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01604-3>.
- Farjami, J., Dehyouri, S., Mohamadi, M., 2020. Destek Vektör Makinesi (SVM) tabanlı meyvelerin atık geri dönüşümünün değerlendirilmesi. *Cogent Environ. Sci.* 6, 1712146. <https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1712146>.
- Fayomi, G.U., Mini, S.E., Chisom, C.M., Fayomi, O.S.I., Udoye, N.E., Agboola, O., Oomole, D., 2021. Akıllı şehir için akıllı atık yönetimi: Sanayileşme üzerindeki etkisi. *IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci.* 655, 012040 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/655/1/012040>.
- FBI, 2023. Yapay Zeka Pazar Büyüklüğü, Payı ve Tahmini, 2030 [WWW Dokümanı]. Fortune Business Insights. URL <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/artificial-intelligence-market-100114>.
- Feng, Z., Yang, J., Chen, L., Chen, Z., Li, L., 2022. Geliştirilmiş EfficientNet tabanlı akıllı bir atık ayırma ve geri dönüşüm cihazı. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 19, 15987. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315987>.
- Ferreira, J.A., Figueiredo, M.C., Oliveira, J.A., 2017. Evsel Ambalaj Atık Yönetimi, içinde: Gervasi, O., Murgante, B., Misra, S., Borruso, G., Torre, C.M., Rocha, A.M.A.C., Taniar, D., Apduhan, B.O., Stankova, E., Cuzzocrea, A. (Eds.), Computational Science and Its Applications - ICCSA 2017, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, Cham, pp. 611-620. DOI: 10.1007/978-3-319-62395-5_42.
- Frankowski, J., Zaborowicz, M., Dach, J., Czekala, W., Przybył, J., 2020. Pandemi acil durum ve diğer doğal afetlerde biyolojik atık yönetimi. Çiçekçilik atıklarından biyoenerji üretimini belirlenmesi ve derin sinirsel modelleme yöntemleri kullanılarak metan üretiminin modellenmesi. *Energies* 13, 3014. <https://doi.org/10.3390/en13113014>.
- Gal, I.-A., Ciocirlan, A.-C., Mărgăritescu, M., 2021. SDOF manipülatörlü bir atık yönetimi mobil robotu için durum makinesi tabanlı hibrit kontrol mimarisi. *Appl. Sci.* 11, 4222. <https://doi.org/10.3390/app11094222>.
- Garre, A., Ruiz, M.C., Hontoria, E., 2020. Belirsizlik altında atık üretimi bağlamında bir gıda endüstrisinin üretim planlamasını desteklemek için Makine Öğrenimi Uygulanması. *Oper. Res. Perspect.* 7, 100147 <https://doi.org/10.1016/j.orp.2020.100147>.
- Ghahramani, M., Zhou, M., Molter, A., Pilla, F., 2022. Akıllı bir atık yönetim sistemi için IoT tabanlı rota önerisi. *IEEE Internet Things J.* 9, 11883-11892. <https://doi.org/10.1109/IIOT.2021.3132126>.

- Ghanbari, F., Kamalan, H., Sarraf, A., 2023. Belirsizlik analizi altında yapay zeka modelleri topluluğuna dayalı katı atık üretiminin tahmin edilmesi. J. Mater. Döngüler Atık Yönetimi. 25, 920-930. <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01589-9>.
- Gholami, R., Fakhari, N., 2017. Destek Vektör Makinesi: Prensip, Parametreler ve Uygulamalar, içinde: Sinirli Hesaplama El Kitabı. Elsevier, s. 515-535. DOI: 10.1016/B978-0-12-811318-9.00027-2.
- Ghorishi, M., Happonen, A., 2020. Sürdürülebilir ürün tasarımı benimseyen döngüsel ekonomi için yapay zekanın kullanılmasına yönelik temel kolaylaştırıcılar: Üç vaka çalışması. AIP Conf. Proc. 2233, 050008 <https://doi.org/10.1063/5.0001339>.
- Golbazi, S., Nabizadeh, R., Sajadi, H.S., 2019. Çoklu doğrusal regresyon ve yapay zeka kullanarak hastane katı atık üretimini tahmin etmenin karşılaştırmalı çalışması. J. Environ. Health Sci. Eng. 17, 41-51. <https://doi.org/10.1007/s40201-018-00324-z>.
- Gopalakrishnan, P., 2019. Blockchain Tabanlı Atık Yönetimi 8.
- Graus, M., Niemietz, P., Rahman, M.T., Hiller, M., Pahlenkemper, M., 2018. Atık yönetim şirketlerini mikro şebekelere entegre etmek için makine öğrenimi yaklaşımı, in: 2018 19th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE). Elektrik Enerjisi Mühendisliği (EPE) 2018 19. Uluslararası Bilimsel Konferansı'nda sunuldu, IEEE, Brno, pp. 1-6. DOI: 10.1109/EPE.2018.8396029.
- Gülyüztü, D., 2020. Megakent İstanbul'da kümeleme algoritması kullanılarak atık yönetiminin değerlendirilmesi. ERT 3, 102-112. <https://doi.org/10.35208/ert.764363>.
- Gulghane, A., Sharma, R.L., Borkar, P., 2023. Konut projelerinde atık üretimi tahmini için KNN ve karar ağacı algoritmalarının resmi bir değerlendirmesi: karşılaştırmalı bir yaklaşım. Asian J. Civ. Eng. <https://doi.org/10.1007/s42107-023-00772-5>.
- Gull, S., Bajwa, I.S., Anwar, W., Rashid, R., 2021. Akıllı eNose gıda atığı yönetim sistemi. J. Sens. 2021, e9931228. <https://doi.org/10.1155/2021/9931228>.
- Gundupalli, S.P., Hait, S., Thakur, A., 2017. kaynağında otomatik olarak üzerine bir inceleme.Geri dönüşüm için ayrıştırılmış kentsel katı atıkların ayrıştırılması Atık Yönetimi. 60, 56-74.
- Guo, H., Wu, S., Tian, Y., Zhang, J., Liu, H., 2021. Organik katı atık arıtma ve geri dönüşüm sürecinin tahmini için makine öğrenimi yöntemlerinin uygulanması: Bir inceleme. Bioresour. Technol. 319, 124114 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124114>.
- Gupta, P.K., Shree, Vidhya, Hiremath, L., Rajendran, S., Gupta, P., Hiremath, S., Shree, V., Rajendran, S., 2019. Akıllı Atık Yönetimi ve Geri Dönüşümde Modern Teknolojinin Kullanımı: Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi, içinde: Hesaplama Zeka Çalışmaları. DOI: 10.1007/978-3-030-12500-4_11.
- Hassan, M., Wahab, N.A.B.A., Nor, R.B.M., 2023. yapay zekanın rolü: İçecek endüstrisinde atık azaltımında gelişmiş için kapsamlı bir strateji.sürdürülebilirlik ve verimlilik AI IoT Fourth Indus. Revol. Rev. 13 (11), 1-8.
- Heikkilä, a, S., Malahat, G., Deviatkin, I., 2023. Atıktan değere: yapay zeka destekli robotlar aracılığıyla kentsel katı atık yönetimi ekosisteminde döngüsel değer yaratımının artırılması, in: Sustainable and Circular Management of Resources and Waste Towards a Green Deal. Elsevier, s. 415-428. DOI: 10.1016/B978-0-323-95278-1.00014-0.
- Herath, H.M.K.K.M.B., Mittal, M., 2022. Akıllı şehirlerde yapay zekanın benimsenmesi: Kapsamlı bir inceleme. International Journal of Information Management Data Insights 2, 100076. DOI: 10.1016/j.jjimei.2022.100076.
- Hojageldiyev, D., 2019. Çevrenin Korunması için Yapay Zeka Fırsatları. SPE Gas & Oil Technology Showcase and Conference, OnePetro'da sunulmuştur. DOI: 10.2118/198616-MS.
- Hoque, M.M., Rahman, M.T.U., 2020. YSA modeli kullanılarak katı atık toplama tahminine dayalı düzenli depolama alanı tahmini ve nihai atık bertaraf seçenekleri. J. Clean. Prod. 256, 120387 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120387>.
- Horton, A.A., 2022. Küresel Okyanusta Plastik Kirliliği. World Scientific. Hosseinzadeh, A., Baziar, M., Alidadi, H., Zhou, J.L., Altaee, A., Najafpoor, A.A., Jafarpour, S., 2020. Farklı koşullar altında verimkomposta besin geri kazanımının modellenmesinde yapay sinir ağı ve çoklu doğrusal regresyon uygulaması. Bioresour. Technol. 303, 122926 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122926>.
- Hu, X., Zhou, Y., Vanhullebusch, S., Mestdagh, R., Cui, Z., Li, J., 2022. Görüntüden BIM'e akıllı bina yıkımı ve atık yönetimi çerçevesi. J. Build. Eng. 49, 104058 <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104058>.
- Huang, J., Koroteev, D.D., 2021. Enerji ve atık yönetiminin planlanması için yapay zeka. Sürdürülebilirlik. Enerji Teknol. Değerlendirmek. 47, 101426 <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101426>.
- Huang, L., Song, T., Jiang, T., 2023. IC'lerin dengesizlik verileri için gizli kusurları tanımlamak için doğrusal regresyon kombine KNN algoritması. Mikroelektron. J. 131, 105641 <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2022.105641>.
- Hussain, A., Draz, U., Ali, T., Tariq, S., Irfan, M., Glowacz, A., Antonino Daviu, J.A., Yasin, S., Rahman, S., 2020. IoT ve makine öğrenimi yaklaşımı kullanılarak atık yönetimi ve hava kirliletilerinin tahmini. Energies 13, 3930. <https://doi.org/10.3390/en13153930>.
- Ihsanullah, I., Alam, G., Jamal, A., Shaik, F., 2022. Katı atık yönetiminde yapay zeka uygulamalarındaki son gelişmeler: Bir inceleme. Chemosphere 309, 136631. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136631>.
- Ijamaru, G.K., Ang, L.-M., Seng, K.P., 2023. Akıllı şehir atık yönetiminde fırsatçı veri toplama ve trafik mühendisliği için araçların sürü zekası interneti yaklaşımları. Sensors 23, 2860. <https://doi.org/10.3390/s23052860>.
- Imran, Ahmad, S., Kim, D.H., 2020. Atık Yönetiminin Etkin Planlanması için Kuantum CBS Tabanlı Tanımlayıcı ve Öngörücü Veri Analizi. IEEE Erişim 8, 46193-46205. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2979015.
- Janbi, N., Katib, I., Albeshr, A., Mehmood, R., 2020. Daha akıllı IoT ve 6G ortamları için Hizmet Olarak Dağıtılmış Yapay Zeka (DAIaaS). Sensors 20, 5796. <https://doi.org/10.3390/s20205796>.
- Jassim, M.S., Coskuner, G., Zontul, M., 2022. Belediye atık sularının tahmini için destek vektör regresyonu ve yapay sinir ağlarının karşılaştırmalı performans analizi katı atık üretimi. Waste Manag. Res. 40, 195-204. <https://doi.org/10.1177/0734242X211008526>.
- Jassim, M.S., Coskuner, G., Sultana, N., Hossain, S.M.Z., 2023. Çift yönlü LSTM süper öğrenici sinir ağı ile art arda COVID-19 kilitlenmeleri sırasında evsel atık üretiminin tahmin edilmesi. Uygulama Yumuşak Hesaplama. 133, 109908 <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109908>.
- John Lekan, A., Oloruntopa, A., 2020. Döngüsel Ekonomiye geçişte yapay zeka.
- Kaipia, R., Dukovska-Popovska, I., Loikkanen, L., 2013. sürdürülebilir taze gıda oluşturulması.Atık azaltma yoluyla tedarik zincirlerinin Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag. 43 (3), 262-276.
- Kakani, V., Nguyen, V.H., Kumar, B.P., Kim, H., Pasupuleti, V.R., 2020. Gıda endüstrisinde bilgisayarla görme ve yapay zeka üzerine eleştirel bir inceleme. J. Agric. Food Res. 2, 100033 <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100033>.
- Kamali, M., Appels, L., Yu, X., Aminabhavi, T.M., Dewil, R., 2021. Membran biyoreaktörler kullanılarak atık su arıtımında sürdürülebilir bir araç olarak yapay zeka. Kimya Müh. Eng. J. 417, 128070 <https://doi.org/10.1016/j.ccej.2020.128070>.
- Kannangara, M., Dua, R., Ahmadi, L., Bensebaa, F., 2018. Makine öğrenimi yaklaşımları kullanılarak Kanada'da bölgesel kentsel katı atık üretimi ve sapırlılmasının modellenmesi ve tahmini. Waste Manag. 74, 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.057>.
- Kanwisher, N., Khosla, M., Dobs, K., 2023. Zihinlere ve beyinlere 'neden' sorusunu sormak için yapay sinir ağlarını kullanmak. Trends Neurosci. 46, 240-254. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2022.12.008>.
- Karbassiyazdi, E., Fattahi, F., Yousefi, N., Tahmassebi, A., Taromi, A.A., Manzari, J.Z., Gandomi, A.H., Altaee, A., Razmjou, T.M., 2022. PFAS giderimi için etkili bir makine öğrenimi yaklaşımı olarak XGBoost modeli: Malzeme özelliklerinin ve çalışma koşullarının etkileri. Environ. Res. 215, 114286 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114286>.
- Karthikeyan, M., Subashini, T.S., Jebakumar, R., 2021. Artırılmış kümeleme NMS kullanarak akıllı çöplerde SSD tabanlı atık ayrıştırma. Autom. Softw. Eng. 28, 17. <https://doi.org/10.1007/s10515-021-00296-9>.
- Kaya, M.M., Tas, K., Kırar, Y., Kanog' lu, A., Demirtas, A., Zor, E., Burçak, İ' , Nacak, M., Akgöl, F., 2021. Yapay Zeka ile Akıllı Ev Yönetim Sistemi Tasarlama & Makine Öğrenimi. DOI: 10.13140/RG.2.2.33082.72641/1.
- Khanal, S.K., Tarafdar, A., You, S., 2023. Akıllı biyoprosesler için yapay zeka ve makine öğrenimi. Bioresour. Technol. 375, 128826 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128826>.
- KLONTZA, D.E., 2023. Akıllı Şehirler için Solucan Optimizasyonu Destekli Atık Yönetim Sistemi ile Yapay Zeka [WWW Dokümanı]. URL https://journal.gnest.org/publication/gnest_04712_tarihi (erişim 5.27.23).
- Koinig, G., 2023. Sensör Tabanlı Ayırma ve Atık Yönetimi Çok Katmanlı Filmler Özelinde Plastik Atıkların Analizi ve Arıtımı, Dr.mont., Montanuniversitaet Leoben (000). DOI: 10.34901/mul.pub.2023.58.
- Kolditz, O., Jacques, D., Claret, F., Bertrand, J., Churakov, S.V., Debayle, C., Diaconu, D., Fuzik, K., Garcia, D., Graebing, N., Grambow, B., Holt, E., Idiart, A., Leira, P., Montoya, V., Niederleithinger, E., Olin, M., Pfingsten, W., Prasianakis, N.I., Rink, K., Samper, J., Szo' ke, I., Szo' ke, R., Theodon, L., Wendling, J., 2023. Nükleer atık yönetimi için dijitalleşme: Ön bertaraf ve bertaraf. Environ. Earth Sci. 82, 42. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10675-4>.
- Koskinopoulou, M., Raptopoulos, F., Papadopoulos, G., Mavrikis, N., Maniadakis, M., 2021. Robotik atık ayrıştırma teknolojisi: görüş tabanlı bir kategorizasyon doğru.Geri dönüştürülebilir atıkların endüstriyel robotik ayrıştırılması için sistemine IEEE Rob. Autom. Mag. 28 (2), 50-60.
- Krishna, G., Sharma, A., 2023. Katı Atıkların Etkili Bir Şekilde Tahmin Etmek ve Yönetmek İçin Tasarlanmış Bulanık Mantık Tabanlı Bir Yapay Zeka Yöntemi, in: 2023 IEEE Uluslararası Entegre Devreler ve İletişim Sistemleri Konferansı (ICICACS). Presented at the 2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS), pp. 1-6. DOI: 10.1109/ICICACS57338.2023.10099826.
- Kulizs, M., Kujawska, J., 2020. Polonya'da belediye atık üretiminin sinir ağı modellemesi kullanılarak tahmin edilmesi. Sustainability 12, 10088. <https://doi.org/10.3390/su122310088>.
- Kumar, N.M., Mohammed, M.A., Abdulkareem, K.H., Damasevicius, R., Mostafa, S.A., Maashi, M.S., Chopra, S.S., 2021. COVID ile ilgili tıbbi atık akışlarını sınıflandırmak ve akıllı döngüsel ekonomi uygulaması için veri odaklı kararları desteklemek için yapay zeka tabanlı çözüm. Sürec Güvenliği. Çevre. Prot. 152, 482-494. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.026>.
- Kumar, A., Samadder, S.R., Kumar, N., Singh, C., 2018. Farklı plastik atık türlerinin üretim oranının tahmini ve kayıt dışı geri dönüşümden olası gelir kazanımı. Waste Manag. 79, 781-790. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.045>.
- Kumar, S., Yadav, D., Gupta, H., Verma, O.P., Ansari, I.A., Ahn, C.W., 2021. Atık ayrıştırma için yeni bir YOLOv3 algoritması tabanlı derin öğrenme yaklaşımı: Akıllı atık yönetimine doğru. Electronics 10, 14. <https://doi.org/10.3390/electronics10010014>.
- Kumari, N., Pandey, S., Pandey, A.K., Banerjee, M., 2023. Kentsel katı atık yönetiminde yapay zekanın rolü. Br. J. Multidiscip. Adv. Stud. 4, 5-13. <https://doi.org/10.37745/bjmas.2022.0180>.
- Kurniawan, T.A., Liang, X., O'Callaghan, E., Goh, H., Othman, M.H.D., Avtar, R., Kusworo, T.D., 2022. Çin'de katı atık yönetiminin dönüşümü: Dijitalleşme temelli döngüsel ekonomi yoluyla sürdürülebilirliğe doğru ilerleme. Sustainability 14, 2374. <https://doi.org/10.3390/su14042374>.
- Kurniawan, T.A., Meidiana, C., Goh, H.H., Zhang, D., Othman, M.H.D., Aziz, F., Anouzla, A., Sarangi, P.K., Pasaribu, B., Ali, I., 2024. arasındaki sinerjilerin ortaya çıkarılmasıKarbonsuzlaştırmayı hızlandırmak için atık yönetimi ve iklim değişikliğinin azaltılması

- Endonezya'da dögüsel ekonominin dijitalleşmesi yoluyla. Sürdürülebilirlik. Üret. Tüketim. 46, 522-542.
- Kutty, A., Abdella, G., 2020. Gıda Güvenliği ve Sürdürülebilirlikle İlgili Değerlendirmeler için Araç ve Teknikler: Veri ve Gıda Atığı Yönetim Sistemine Odaklanma.
- Lambora, A., Gupta, K., Chopra, K., 2019. Genetik Algoritma- Bir Literatür İncelemesi, içinde: 2019 Uluslararası Makine Öğrenimi, Büyük Veri, Bulut ve Paralel Makine Konferansı (COMITCon). Presented at the 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon), IEEE, Faridabad, India, pp. 380-384. DOI: 10.1109/COMITCon.2019.8862255.
- Latha, C.J., Kalaiselvi, K., Ramanarayan, S., Srivel, R., Vani, S., Sairam, T.V.M., 2022. Dinamik evrişimli sinir ağı tabanlı e-atık yönetimi ve optimize edilmiş toplama planlaması. Concurr. Hesaplama: Pratik. Exp. 34, e6941. <https://doi.org/10.1002/cpe.6941>.
- Lee, C.S., Lim, D.-W., 2022. Ters otomat makinesi ile sıvı karton geri dönüşümü için CNN tabanlı denetim modülü. Sürdürülebilirlik 14, 14905. <https://doi.org/10.3390/su142214905>.
- Li, Y., Qin, X., Zhang, Z., Dong, H., 2021. Demir dışı metal hurdalar için derin öğrenme ve süper piksel optimizasyonuna dayalı atık yönetim bir tanımlama yöntemi. Atık Yönetimi. Res. 39, 573-583. <https://doi.org/10.1177/0734242X20987884>.
- Liao, B., Wang, T., 2020. Endüstriyel atık geri kazanım ağı optimizasyonu üzerine araştırma: Yapay zekânın getirdiği fırsatlar. Matematik. Probl. Eng. 2020, e3618424.
- Licardo, J.T., Domjan, M., Orehova, T., 2024. Akıllı robotik sistematik bir - Gelişmekte olan teknolojilerin ve trendlerin incelemesi. Elektronik 13 (3), 542.
- Lin, K., Zhao, Y., Kuo, J.-H., Deng, H., Cui, F., Zhang, Z., Zhang, M., Zhao, C., Gao, X., Zhou, T., Wang, T., 2022. Kentsel katı atıkların daha akıllı yönetimi ve geri kazanımına doğru: Derin öğrenme yaklaşımları üzerine eleştirel bir inceleme. J. Clean. Prod. 346, 130943 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130943>.
- Lu, W., 2019. Yasadışı inşaat atığı döktüğünü tespit etmek için büyük veri analitiği: Bir Hong Kong çalışması. Kaynak. Conserv. Recycl. 141, 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.039>.
- Lu, J.W., Chang, N.B., Liao, L., 2013. Katı ve tehlikeli için çevresel bilişim atık yönetimi : Gelişmeler, zorluklar ve perspektifler. Kritik. Rev. Environ. Sci. Technol. 43 (15), 1557-1566.
- Lu, W., Lou, J., Webster, C., Xue, F., Bao, Z., Chi, B., 2021. Çin'in Büyük Körfez Bölgesi'nde inşaat atığı üretiminin makine öğrenimi kullanılarak tahmin edilmesi. Waste Manag. 134, 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.012>.
- Lu, W., Chen, J., Xue, F., 2022. İnşaat atığı karışımlarının bileşimini tanımak için bilgisayarla görmenin kullanılması: Anlamsal bir segmentasyon yaklaşımı. Kaynak. Conserv. Recycl. 178, 106022 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106022>.
- Lu, Y., Ge, Y., Zhang, G., Abdulwahab, A., Salameh, A.A., Ali, H.E., Nguyen Le, B., 2023. Sürdürülebilir yeşil bina için atık yönetimi ve enerji tasarrufunun analitik hiyerarşi süreci ve yapay sinir ağı modeli ile değerlendirilmesi. Chemosphere 318, 137708. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137708>.
- Lu, W., Huo, W., Gulina, H., Pan, C., 2022. Kentsel katı atık üretim tahmini için makine öğrenimi çok şehirli modelinin geliştirilmesi. Ön. Environ. Sci. Eng. 16, 119. <https://doi.org/10.1007/s11783-022-1551-6>.
- Lubongo, C., Alexandridis, P., 2022. Plastik atıklar için ticari otomatik ayıklama teknolojisinin kullanımadaki performans ve zorlukların değerlendirilmesi. Recycling 7, 11. <https://doi.org/10.3390/recycling7020011>.
- Ma, S., Zhou, C., Chi, C., Liu, Y., Yang, G., 2020. Yapay sinir ağı yöntemi uygulanarak Çin'deki kentsel katı atıkların fiziksel bileşiminin tahmin edilmesi. Çevre. Sci. Technol. 54, 9609-9617. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01802>.
- Magazzino, C., Mele, M., Schneider, N., Sarkodie, S.A., 2021. Atık üretimi, refah ve atık sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları: Danimarka dögüsel ekonomiye giden yolda mı? Sci. Total Environ. 755, 142510 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142510>.
- Mahboob, R.M., Mahtab Mahboob, Kiran Mustafa, Mahrukh Khan, Fakhr-un-Nisa, Sara Musaddiq, Rao Muhammad Shahbaz, 2022. Atık Yönetimi/Atıksız Artımda Yapay Zeka, in: Çevre Mühendisliği ve Mikrobiyoloji Sistemleri için Omics. CRC Press.
- Mahyari, K.F., Sun, Q., Kleme, J.J., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Khoshnevisan, B., Birkved, M., 2022. Atık yönetimi stratejilerinin COVID-19 sonrasına ne ölçüde uyarlanması gerekiyor? Sci. Total Environ. 837, 155829 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155829>.
- Maier, G., Gruna, R., L'angle, T., Beyeler, J., 2024. son durum üzerine bir anketSensör tabanlı ayıklama teknolojisi ve araştırmasında. IEEE Access 12, 6473-6493.
- Maiurova, A., Kurniawan, T.A., Kustikova, M., Bykovskaia, E., Othman, M.H.D., Singh, D., Goh, H.H., 2022. Moskova'da (Rusya) atık toplama hizmeti ve atık geri dönüşümünde dijital dönüşümün teşvik edilmesi: İklim değişikliğinin çevre üzerindeki etkilerini azaltmak için dögüsel ekonomi paradigmasının uygulanması. J. Clean. Prod. 354, 131604 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131604>.
- Majchrowska, S., Mikołajczyk, A., Ferlin, M., Klawikowska, Z., Plantykw, M.A., Kwasigroch, A., Majek, K., 2022. Doğal ve kentsel ortamlarda derin öğrenme tabanlı atık tespiti. Atık Yönetimi. 138, 274-284. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.001>.
- Mao, W.-L., Chen, W.-C., Wang, C.-T., Lin, Y.-H., 2021. Optimize edilmiş evrişimsel sinir ağı kullanarak geri dönüşüm atık sınıflandırması. Kaynak. Conserv. Recycl. 164, 105132 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105132>.
- Martikkala, A., Mayanti, B., Helo, P., Lobov, A., Ituarte, I.F., 2023. Akıllı tekstil atık toplama sistemi - IoT ile dinamik rota optimizasyonu. J. Environ. Manage. 335, 117548 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117548>.
- Martin-Rios, C., Hofmann, A., Mackenzie, N., 2021. Gıda atığı yönetimi teknolojisinde sürdürülebilirlik odaklı yenilikler. Sürdürülebilirlik 13, 210. <https://doi.org/10.3390/su13010210>.
- Massoud, M.A., Abdallah, C., Merhbi, F., Khoury, R., Ghanem, R., 2023. Türkiye için bir önceliklendirme ve rehabilitasyon karar destek aracının geliştirilmesi ve uygulanması. gelişmekte olan ülkelerdeki kontrolsüz atık bertaraf sahaları. Entegrasyon. Çevre. Assess. Manag. 19, 436-445. <https://doi.org/10.1002/ieam.4665>.
- Melinte, D.O., Travediu, A.-M., Dumitriu, D.N., 2020. Gerecek zamanlı atık tanımlama için derin evrişimli sinir ağıları nesne dedektörü. Appl. Sci. 10, 7301. <https://doi.org/10.3390/app10207301>.
- Mishra, R., Singh, E., Kumar, A. ve Kumar, S., 2021. Kentsel katı atık üretiminin tahmini için yapay zeka modelleri. Katı Atık ve Atıksız Yönetimde Yumuşak Hesaplama Teknikleri içinde (pp. 289-304). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128244630000197>.
- Modak, S., Mokarizadeh, H., Karbassiyazdi, E., Hosseinzadeh, A., Esfahani, M.R., 2022. Sucul ortamdaki kirlitici için yapay zeka destekli giderimi ve sensör tabanlı tespiti, in: Çevresel Algılamada Yapay Zeka ve Veri Bilimi. Elsevier, s. 211-244. DOI: 10.1016/B978-0-323-90508-4.00005-8.
- Mohammadiun, S., Hu, G., Gharabagh, A.A., Li, J., Hewage, K., Sadiq, R., 2021. Deniz petrol sızıntısı yönetiminde akıllı hesaplama teknikleri: Eleştirel bir inceleme. J. Hazard. Mater. 419, 126425 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126425>.
- Mohammed, M.A., Abdulhasan, M.J., Kumar, N.M., Abdulkareem, K.H., Mostafa, S.A., Maashi, M.S., Khalid, L.S., Abdulaali, H.S., Chopra, S.S., 2022. Yapay sinir ağı ve özellikli füzyonu kullanarak otomatik atık ayırma ve geri dönüşüm sınıflandırması: Akıllı şehirler için dijital destekli dögüsel ekonomi vizyonu. Multimed. Tools Appl. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11537-0>.
- Moirogiorgou, K., Raptopoulos, F., Livanos, G., Orfanoudakis, S., Papadogiorgaki, M., Zervakis, M., Maniadarakis, M., 2022. Kentsel atık geri dönüşümü için akıllı robotik sistem, in: 2022 IEEE Uluslararası Görüntüleme Sistemleri ve Teknikleri Konferansı (IST). Presented at the 2022 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST), pp. 1-6. DOI: 10.1109/IST5454.2022.9827769.
- Montecinos, J., Ouhimmou, M., Chauhan, S., Paquet, M., 2018. Tarımsal gıda endüstrisi için çoklu atık toplama alanlarının tahmin edilmesi. J. Clean. Prod. 187, 932-939. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.127>.
- Monzambe, G.M., Mpofu, K., Danyani, I.A., 2019. Endüstri 4.0 bağlamında kentsel katı atık yönetim sistemlerinin optimum ve sürdürülebilir tasarımı için belirleyici faktörlerin istatistiksel analizi ve çerçeve geliştirme. Procedia CIRP 84, 245-250. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.182>.
- Mookkaiyah, S.S., Thangavelu, G., Hebbar, R., Haldar, N., Singh, H., 2022. Bilgisayar görüşü kullanarak akıllı Nesnelerin İnterneti tabanlı katı atık yönetim sisteminin tasarımı ve geliştirilmesi. Çevre. Sci. Pollut. Res. 29, 64871-64885. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20428-2>.
- Morison, F.D., Bittencourt, C., Ferraz, L., 2013. Elektronik atık toplamada duvar entropisi perturbasyonuna dayalı çöp kutusu seviyesi tespiti. İçinde: 23-25. Dünya Mühendislik ve Bilgisayar Bilimleri Kongresi Bildirileri.
- Mounadel, A., Ech-Cheikh, H., Lissane Elhaq, S., Rachid, A., Sadik, M., Abdellaoui, B., 2023. Kentsel katı atık yönetiminde yapay zeka tekniklerinin uygulanması: sistematik bir literatür taraması. Çevre. Technol. Rev. 12, 316-336. <https://doi.org/10.1080/21622515.2023.2205027>.
- Mousavi, S., Hosseinzadeh, A., Golzary, A., 2023. Akıllı atık toplamada zorlukları, son gelişmeler ve fırsatlar: Bir inceleme. Sci. Total Environ. 886, 163925 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163925>.
- Munir, M.T., Li, B., Naqvi, M., 2023. Temiz bir kaynak olarak makine öğrenimi ile kentsel katı atık yönetiminde (MSWM) devrim yaratmak: Fırsatlar, zorluklar ve çözümler. Fuel 348, 128548. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128548>.
- Murthy, V., Ramakrishna, S., 2022. Küresel E-atık yönetimi üzerine bir inceleme: Sürdürülebilir bir geleceğe ve dögüsel ekonomiye doğru kentsel madencilik. Sürdürülebilirlik 14, 647. <https://doi.org/10.3390/su14020647>.
- Nafiz, Md.S., Das, S.S., Morol, Md.K., Al Juabir, A., Nandi, D., 2023. ConvoWaste: Derin Öğrenme Kullanan Otomatik Bir Atık Ayırma Makinesi, in: 2023 3. Uluslararası Robotik, Elektrik ve Sinyal İşleme Teknikleri Konferansı (ICREST). 2023 3. Uluslararası Robotik, Elektrik ve Sinyal İşleme Teknikleri Konferansı (ICREST) sunuldu, s. 181-186. DOI: 10.1109/ICREST57604.2023.10070078.
- Nahaei, V.S., Naziri-Oskuei, F., 2021. Tebriz belediyesi atık yönetimi organizasyonunun geri dönüştürülmüş ürünlerinin pazarlanması için bulanık kümeleme yaklaşımı. Int. J. Innov. Pazar. Elem. 1, 25-36. <https://doi.org/10.59615/ijime.1.1.25>.
- Namoun, A., Tufail, A., Khan, M.Y., Alrehaili, A., Syed, T.A., BenRhouma, O., 2022. Makine öğrenimi yaklaşımları kullanılarak katı atık üretimi ve bertarafı: Çözümler ve zorluklar üzerine bir araştırma. Sürdürülebilirlik 14, 13578. <https://doi.org/10.3390/su142013578>.
- Narayan, Y., 2021. DeepWaste: iklim değişikliğiyle mücadele için yapay zeka kullanarak anlık ve her yerde bulunan atık sınıflandırması. CJSJ 1-20. <https://static1.squarespace.com/static/56243822e4b0007a000ea37e/t/6032b60c11599b67033aeb1/1613936140803/DeepWaste.pdf>.
- Naveenkumar, R., Iyyappan, J., Pravin, R., Kadry, S., Han, J., Sindhu, R., Awasthi, M.K., Rokhum, S.L., Baskar, G., 2023. Kentsel katı atık yönetimi ve enerji geri kazanımında sürdürülebilir yaklaşımlar üzerine stratejik bir inceleme: Yapay zekânın rolü, ekonomik istikrar ve yaşam dögüsü değerlendirilmesi. Bioresour. Technol. 379, 129044 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129044>.
- Neelakandan, S., Prakash, M., Geetha, B.T., Nanda, A.K., Metwally, A.M., Santhamoorthy, M., Gupta, M.S., 2022. Endüstriyel atık yönetimi için Derin Transfer Öğrenme Destekli Metasezgisel Algılama ve sınıflandırma modeli. Chemosphere 308, 136046. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136046>.
- Negreiros Gomes, M.J., Palhano, A.W. de C., Reis, E.C.R., 2023. Brezilya'da atık toplama için sektör yayı rotalama tabanlı mekansal karar destek sistemi. Waste Manag Res 41, 214-221. DOI: 10.1177/0734242X221104366.
- Nguyen, X.C., Nguyen, T.T.H., La, D.D., Kumar, G., Rene, E.R., Nguyen, D.D., Chang, S. W., Chung, W.J., Nguyen, X.H., Nguyen, V.K., 2021. Yerleşim alanlarında katı atık üretimini tahmin etmek için makine öğrenimi tabanlı modellerin geliştirilmesi: Bir örnek olay

- Vietnam'dan bir çalışma. Kaynak. Conserv. Recycl. 167, 105381 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105381>.
- Nguyen, V.T., Ta, Q.T.H., Nguyen, P.K.T., 2022. Alkali ile arıtılmış atık-aktif çamur ile beslenen mikrobiyal elektroliz hücresi destekli anaerobik çürütmenin yapay zeka tabanlı modellenmesi ve optimizasyonu. Biyokimya Müh. Eng. J. 187, 108670 <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108670>.
- Niska, H., Serkkola, A., 2018. Atık yönetimi ve toplama için atık üretim profilleri oluşturmaya yönelik veri analitiği yaklaşımı. Waste Manag. 77, 477-485. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.033>.
- Ni'zetti, c, S., Djilali, N., Papadopoulos, A., Rodrigues, J.J.P.C., 2019. Enerji verimliliğinin teşviki, sürdürülebilir kaynakların kullanımı ve atık yönetimi için akıllı teknolojiler. J. Clean. Prod. 231, 565-591. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.397>.
- Nkwo, M., Suruliraj, B., Orji, R., 2021. Sürdürülebilir Atık Yönetimi için İkna Edici Uygulamalar: Davranış Değişikliği Stratejilerinin Karşılaştırmalı Sistematik Değerlendirmesi ve Son Teknoloji. Frontiers in Artificial Intelligence 4.
- Nowakowski, P., Pamula, T., 2020. E-atık toplama planlamasını iyileştirmek için derin öğrenme nesne sınıflandırıcısının uygulanması. Atık Yönetimi. 109, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.041>.
- Nowakowski, P., Szwarc, K., Boryczka, U., 2020. Sürdürülebilir e-atık toplama için yapay zeka algoritması ve yeni bir aracı birleştirilmesi. Sci. Total Environ. 730, 138726 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138726>.
- Nwokediegwu, Z.Q.S., Ugwuanyi, E.D., 2024. ai-güdümlü atık uygulanması. ABD'de yetersiz hizmet alan topluluklarda yönetim sistemlerinin Mühendis. Sci. Technol. J. 5 (3), 794-802.
- Nwokediegwu, Z.Q.S., Ugwuanyi, E.D., Dada, M.A., Majemite, M.T., Obaigbena, A., 2024. Yapay zeka güdümlü atık yönetim sistemleri: daki yeniliklerin karşılaştırmalı bir incelemesi ABD ve Afrika. Mühendis. Sci. Technol. J. 5 (2), 507-516'.
- Oguz-Ekim, P., 2021. Kentsel katı atık üretim tahmini için makine öğrenimi yaklaşımları. Çevre Mühendisliği. Eng. Sci. 38, 489-499. <https://doi.org/10.1089/ees.2020.0232>.
- Olawade, D.B., Wada, O.Z., Ore, O.T., David-Olawade, A.C., Esan, D.T., Egbewale, B.I., Ling, J., 2023a. COVID-19 pandemisi sırasında katı atık üretim eğilimleri: Bir inceleme. Atık Yönetimi. Bull.
- Olawade, D.B., Wada, O.J., David-Olawade, A.C., Kunonga, E., Abaire, O., Ling, J., 2023b. Halk sağlığını iyileştirmek için yapay zeka kullanımı: Bir anlatı inceleme. Front. Halk Sağlığı 11, 1196397.
- Olawade, D.B., David-Olawade, A.C., Wada, O.Z., Asaolu, A.J., Adereni, T., Ling, J., 2024a. Sağlık hizmeti sunumunda yapay zeka: Beklentiler ve tuzaklar. J. Med. Surg. Halk Sağlığı, 100108.
- Olawade, D.B., Wada, O.Z., Odetayo, A., David-Olawade, A.C., Asaolu, F., Eberhardt, J., 2024b. Yapay zeka ile ruh sağlığının iyileştirilmesi: Güncel eğilimler ve gelecek beklentileri. J. Med. Surg. Halk Sağlığı, 100099.
- Onoda, H., 2020. Japonya'da COVID-19 sonrası akıllı şehirler için atık yönetimine akıllı yaklaşımlar. IET Akıllı Şehirler 2, 89-94. <https://doi.org/10.1049/iet-smc.2020.0051>.
- Oruganti, R.K., Biji, A.P., Lanuyanger, T., Show, P.L., Sriariyanun, M., Upadhyayula, V.K. K., Gadhamshetty, V., Bhattacharyya, D., 2023. Yüksek performanslı mikroalgal atık su arıtımı ve algal biyofafori için yapay zeka ve makine öğrenimi araçları: Eleştiriler bir inceleme. Sci. Total Environ. 876, 162797 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162797>.
- Oyedotun, T.D.T., Moonsammy, S., 2021. Ulusal politikaların faydalanıcılarla ilişkilendirilmesi: Atık ve sanitasyon planlamasına jeo-uzamsal ve istatistiksel odaklanma. Çevre. Challenges 4, 100142. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100142>.
- Pallathadka, H., Mustafa, M., Sanchez, D.T., Sekhar Sajja, G., Gour, S., Naved, M., 2023. MAKİNE ÖĞRENMESİNİN YÖNETİM, SAĞLIK VE TARIM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ. G ü n ü m ü z d e M a l z e m e l e r : P r o c e e d i n g s , S I : 5 N A N O 2 0 2 1 8 0 , 2 8 0 3 - 2 8 0 6 . D O I : 1 0 . 1 0 1 6 / j . m a t p r . 2 0 2 1 . 0 7 . 0 4 2 .
- Pamintuan, M., Mantiquilla, S.M., Reyes, H., Samonte, M.J., 2019. i-BIN: Otomatik Atık Ayırıştırma ve İzleme Sistemi için Akıllı Çöp Kutusu, in: 2019 IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM). 2019 IEEE 11. Uluslararası İnsansı, Nanoteknoloji, Bilgi Teknolojisi, İletişim ve Kontrol, Çevre ve Yönetim Konferansı'nda (HNICEM) sunulmuştur, s. 1-5. DOI: 10.1109/HNICEM48295.2019.9072787.
- Papagiannis, F., Gazzola, P., Burak, O., Pokutsa, I., 2021. Avrupalı bir evsel atık yönetimi yaklaşımı: Akıllıca temiz Ukrayna. J. Environ. Manage. 294, 113015 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113015>.
- Pardini, K., Rodrigues, J.J.P.C., Kozlov, S.A., Kumar, N., Furtado, V., 2019. IoT tabanlı katı atık yönetimi çözümleri: Bir araştırma. J. Sens. Actuator Netw. 8, 5. <https://doi.org/10.3390/jsan8010005>.
- Pardini, K., Rodrigues, J.J.P.C., Diallo, O., Das, A.K., de Albuquerque, V.H.C., Kozlov, S. A., 2020. Vatandaşlara yönelik akıllı bir atık yönetimi çözümü. Sensors 20, 2380. <https://doi.org/10.3390/s20082380>.
- Paul, M., Bussemaker, M.J., 2020. İngiltere'de belediye katı atık yönetimi için karar vermeyi destekleyen web tabanlı bir coğrafi arayüz sistemi. J. Clean. Prod. 263, 121461 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121461>.
- Pluskal, J., S'ompla'k, R., Nevrlý, V., Smejkalov' a, V., Pavlas, M., 2021. Stratejik kararlar sürdürülebilir atık yönetimine yol açar: Ayırıştırma, sınıflandırma ve geri dönüşüm olanakları. J. Clean. Prod. 278, 123359.
- Rafew, S.M., Rafizul, I.M., 2021. Bangladeş'in Khulna şehrinde kentsel katı atık yönetimi için sistem dinamikleri modelinin uygulanması. Waste Manag. 129, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.059>.
- Rahman, M.W., Islam, R., Hasan, A., Bithi, N.I., Hasan, M.M., Rahman, M.M., 2022. IoT ile derin öğrenme kullanan akıllı atık yönetim sistemi. J. King Saud Üniversitesi - Bilgisayar. Inform. Sci. 34, 2072-2087. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.08.016>.
- Rakhio, A., 2024. Geri dönüşümde araştırma gelişmeleri: YOLOV4 ve darknet destekli tehlikeli maddelerin nesne tespiti. ParadigmPlus 5 (1), 1-11.
- Ramya, P., Ramya, V., Babu Rao, M., 2023. Enerji farkındalı yönlendirme yoluyla IoT uygulamasında optimize edilmiş derin öğrenme tabanlı E-atık yönetimi. Siber. Syst. 1-30. <https://doi.org/10.1080/01969722.2023.2175119>.
- Rapati, R.C., Victor, A., Raharjo, A.R., Nuraisyah, A., 2023. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinde döngüsel ekonomiyi desteklemek için plastik atık yönetimi. Otobüs. Rev. Case Stud. 4, 1. <https://doi.org/10.17358/bres.4.1.1>.
- Reza, M., 2023. gelişmiş atık yönetimi ve geri dönüşüm için yapay zeka odaklı çözümler Kentsel alanlarda. Int. J. Sürdürülebilirlik. Infrastruct. Cities Soc. 8 (2), 1-13.
- Ribic, B., Pezo, L., Sincic, D., Loncar, B., Voca, N., 2019. Yapay sinir ağları kullanarak belediye atık üretimi için tahmin modeli-Vaka çalışması Zagreb Şehri, Hırvatistan. Int. J. Energy Res. 43, 5701-5713. <https://doi.org/10.1002/er.4632>.
- Rosecký, M., S'ompla'k, R., Slavik, J., Kalina, J., Bulkov' a, G., Bedna' r, J., 2021. Tahmine dayalı Farklı bölgesel düzeylerde etkili belediye atık yönetimi politikası için bir araç olarak modelleme. J. Environ. Manage. 291, 112584 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112584>.
- Rutqvist, D., Kleyko, D., Blomstedt, F., 2020. Akıllı atık yönetim sistemleri için otomatik bir makine öğrenimi yaklaşımı. IEEE Trans. Ind. Inf. 16, 384-392. <https://doi.org/10.1109/TII.2019.2915572>.
- Said, Z., Sharma, P., Thi Bich Nhung, Q., Bora, B.J., Lichtfouse, E., Khalid, H.M., Luque, R., Nguyen, X.P., Hoang, A.T., 2023. Gıda atıklarının sürdürülebilir yönetimi ve değerlendirilmesi için akıllı yaklaşımlar. Bioresource Technology 377, 128952. DOI: 10.1016/j.biortech.2023.128952.
- Salem, K.S., Clayton, K., Salas, M., Haque, N., Rao, R., Agate, S., Singh, A., LevisJ.W., Mittal, A., Yarbrough, J.M., Venditti, R., 2023. mevcut ve eleştiriler bir incelemeHammed ve enerji dönüşümü. Matter 6, p3113-p3684 için katı atık yönetimini optimize etmeye yönelik gelişmekte olan teknolojilerin ve sistemlerin .
- Sallam, K., Mohamed, M., Mohamed, A.W., 2023. Tedarik zinciri Nesnelerin İnterneti (IoT) yönetiminde Zorluklar, fırsatlar ve en iyi uygulamalar. Sürdürülebilirlik. Mach. Intell. J. 2, 3.
- Salman, M.Y., Hasar, H., 2023. Akıllı şehir konseptinde çevresel yönler üzerine bir inceleme: IoT teknikleri kullanılarak su, atık, hava kirliliği ve ulaşım akıllı uygulamaları. Sürdürülebilirlik. Cities Soc. 94, 104567 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104567>.
- Sarc, R., Curtis, A., Kandlbauer, L., Khodier, K., Lorber, K.E., Pomberger, R., 2019. Döngüsel ekonomi odaklı atık yönetiminin değer zincirinde dijitalleşme ve akıllı robotik - Bir inceleme. Waste Manag. 95, 476-492. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.035>.
- Shahidzadeh, M.H., Shokouhyar, S., Javadi, F., Shokoohyar, S., 2022. Atık yönetimi için sosyal medya gücünün şifresini çözme: Çok katmanlı bir derin öğrenme yaklaşımı. J. Clean. Prod. 377, 134350 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134350>.
- Sharma, H., Haque, A., Blaabjerg, F., 2021. Akıllı şehirler için kablosuz sensör ağlarında makine öğrenimi: Bir araştırma. Electronics 10, 1012. <https://doi.org/10.3390/electronics10091012>.
- Sharma, P., Vaid, U., 2021. Atık yönetimi uygulamalarında yapay zekanın gelişen rolü. IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci. 889, 012047 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/889/1/012047>.
- Sharma, P., Vimal, A., Vishvakarma, R., Kumar, P., De Souza Vandenbergh, L.P., Kumar Gaur, V., Varjani, S., 2022. Gıda atıklarının dönüşürmesi ve azaltılması omik yaklaşımların ve yapay zekanın kara kutusunun deşifre edilmesi. Int. J. Food Microbiol. 372, 109691 <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109691>.
- Sheng, T.J., Islam, M.S., Misran, N., Baharuddin, M.H., Arshad, H., Islam, M.R., Chowdhury, M.E.H., Rmili, H., Islam, M.T., 2020. LoRa ve tensorflow derin öğrenme modeli kullanan Nesnelerin İnterneti tabanlı bir akıllı atık yönetim sistemi. IEEE Access 8, 148793-148811. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016255>.
- Shreyas Madhav, A., Rajaraman, R., Harini, S., Kiliroor, C.C., 2022. E-atıkların toplanmasını geliştirmek için yapay zeka uygulaması: Hindistan'da evsel AEEE toplama ve ayırıştırma için potansiyel bir çözüm. Atık Yönetimi. Res. 40, 1047-1053. <https://doi.org/10.1177/0734242X211052846>.
- Shukla, S., Hait, S., 2022. Akıllı şehirlerde akıllı atık yönetimi uygulamaları: Güncel eğilimler ve gelecek perspektifleri, içinde: İleri Organik Atık Yönetimi. Elsevier, s. 407-424. DOI: 10.1016/B978-0-323-85792-5.00011-3.
- Singh, A., 2019. Matematiksel model uygulamaları yoluyla katı atık yönetimi. Kaynak. Conserv. Recycl. 151, 104503 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104503>.
- Singh, T., Uppaluri, R.V.S., 2022. Kentsel katı atık üretim oranının makine öğrenimi aracı tabanlı tahmini ve öngörüsü: Guwahati, Assam, Hindistan'da bir vaka çalışması. Int. J. Environ. Sci. Technol. DOI: 10.1007/s13762-022-04644-4.
- Singh, E., Kumar, A., Mishra, R., Kumar, S., 2022. COVID-19 pandemisi sırasında katı atık yönetimi: Kurtarma teknikleri ve müdahaleler. Chemosphere 288, 132451. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132451>.
- Singh, D., Satija, A., 2018. Yapay sinir ağları ile optimum planlama ve yönetim için kentsel katı atık üretiminin tahmini-örnek olay çalışması: Haryana Eyaletindeki Faridabad Şehri (Hindistan). Int. J. Syst. Assur. Müh. Manag. 9, 91-97. <https://doi.org/10.1007/s13198-016-0484-5>.
- Solano Meza, J.K., Orjuela Yepes, D., Rodrigo-Ilarri, J., Cassiraga, E., 2019. Karar ağaçları tabanlı makine öğrenimi, destek vektör makineleri ve yapay sinir ağlarının uygulanması yoluyla Bogot' a, Kolombiya şehri için kentsel atık üretiminin tahmini analizi. Heliyon heliyon.2019.e028105, e02810. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e028105>.
- Solano Meza, J.K., Orjuela Yepes, D., Rodrigo-Ilarri, J., Rodrigo-Clavero, M.-E., 2023. Belediye katı atık yönetiminde destek vektör makineleri ve uzun kısa süreli bellekli yapay sinir ağlarının uygulanmasının karşılaştırmalı analizi

- megakentlerde modeller. Int. J. Environ. Res. Public Health 20, 4256. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054256>.
- Soni, U., Roy, A., Verma, A., Jain, V., 2019b. Yapay zeka modelleri kullanılarak kentsel katı atık üretiminin tahmin edilmesi-Hindistan'da bir vaka çalışması. SN Appl. Sci. 1, 162. DOI: 10.1007/s42452-018-0157-x.
- Soni, U., Roy, A., Verma, A., Jain, V., 2019a. Yapay zeka modelleri kullanılarak kentsel katı atık üretiminin tahmin edilmesi-Hindistan'da bir vaka çalışması. SN Appl. Sci. 1, 162. <https://doi.org/10.1007/s42452-018-0157-x>.
- Sousa, V., Meireles, I., Oliveira, V., Dias-Ferreira, C., 2019. Genetik algoritma optimize edilmiş destek vektör makineleri kullanılarak ambalaj atığı verimlerinin ayrı toplanmasının tahmin performansı. Atık Biyokütle Değeri. 10, 3603-3612. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00656-3>.
- Srinilata, C., Kanharattanachai, S., 2019. CNN ile Belediye Katı Atık Ayırıştırma, in: 2019 5. Uluslararası Mühendislik, Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Konferansı (ICEAST). 2019 5. Uluslararası Mühendislik, Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Konferansı'nda (ICEAST) sunulmuştur, s. 1-4. DOI: 10.1109/ICEAST.2019.8802522.
- Srinivas, T., Mahalaxmi, G., Varaprasad, R., Donald, A.D., Thippanna, G., 2022. yapay zekaUlaşımında: Mevcut ve gelecek vaat eden uygulamalar. IUP J. Telecommun. 14 (4).
- Subramanian, A.K., Thayalan, D., Edwards, A.I., Almaliki, A., Venugopal, A., 2021. Diş hekimliği uygulamalarında biyomedikal atık yönetimi ve bunun önemli çevresel etkileri: Bir bakış açısı. Çevre. Teknol. Innov. 24, 101807 <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101807>.
- Sunayana, Kumar, S., Kumar, R., 2021. Doğrusal olmayan otoregresif (NAR) nöral modeller kullanılarak evsel katı atık üretiminin tahmini. Atık Yönetimi 121, 206-214. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.12.011.
- Sundaralingam, S., Ramanathan, N., 2023. Yerleşim alanlarında üretilen katı atıkları ayırıştırmak için derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım. Mühendislik. Technol. Appl. Sci. Res. 13, 10439-10446. <https://doi.org/10.48084/etasr.5716>.
- Thalluri, L.N., Venkat, S.N., Prasad, C.V.V.D., Kumar, D.V., Kumar, K.P., Sarma, A.V.S.Y. N., Adapa, S.D., 2021. Edge Computing kullanan Yapay Zeka Destekli Akıllı Şehir IoT Sistemi, in: 2021 2. Uluslararası Akıllı Elektronik ve İletişim Konferansı (ICOSEC). 2021 2. Uluslararası Akıllı Elektronik ve İletişim Konferansı'nda (ICOSEC) sunulmuştur, s. 12-20. DOI: 10.1109/ICOSEC51865.2021.9591732.
- Thanawala, D., Sarin, A., Verma, P., 2020. Evrimsel Sinir Ağları Kullanarak Atık Ayırıştırma ve Yönetimine Bir Yaklaşım, in: Singh, M., Gupta, P.K., Tyagi, V., Flusser, J., Ören, T., Valentino, G. (Eds.), Advances in Computing and Data Sciences, Communications in Computer and Information Science. Springer, Singapur, s. 139-150. DOI: 10.1007/978-981-15-6634-9_14.
- Thaseen Ikram, S., Mohanraj, V., Ramachandran, S., Balakrishnan, A., 2023. IoT ve genetik algoritma-bulanık çıkarım sistemi kullanan akıllı bir atık yönetimi uygulaması. Appl. Sci. 13, 3943. <https://doi.org/10.3390/app13063943>.
- Tog' açar, M., Ergen, B., Co' mert, Z., 2020. Konvülsiyonel sinir ağı modellerinde entegre özellik seçimi yöntemi ile AutoEncoder ağı kullanılarak atık sınıflandırması. Ölçüm 153, 107459. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107459>.
- Toutouh, J., Rossit, D., Nesmachnow, S., 2019. Kentsel Senaryolarda Çöp Birikim Noktalarının Yerinin Belirlenmesi için Hesaplamalı Zeka, in: Battisti, R., Brunato, M., Kotsireas, I., Pardalos, P.M. (Eds.), Learning and Intelligent Optimization, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, Cham, s. 411-426. DOI: 10.1007/978-3-030-05348-2_34.
- Tsui, T.-H., Van Loosdrecht, M.C.M., Dai, Y., Tong, Y.W., 2023. Makine öğrenimi ve döngüsel biyoekonomi: Çeşitli atık akışlarından yeni kaynak verimliliği oluşturmak. Bioresour. Technol. 369, 128445 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128445>.
- Venigandla, K., Vemuri, N., Aneke, E.N., 2024. Akıllı şehirlerin yapay zeka ve ile güçlendirilmesiRPA : Akıllı kentsel yönetim ve sürdürülebilir kalkınma için stratejiler. Valley Int. J. Dijital Kütüphane 1117-1125.
- Verma, J., 2023. Büyük Veri Kullanan Derin Teknolojiler: Enerji ve Atık Yönetimi, içinde: Kadyan, V., Singh, T.P., Ugwu, C. (Eds.), Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri için Derin Öğrenme Teknolojileri: Issues and Solutions in the Post-COVID Era, Advanced Technologies and Societal Change. Springer Nature, Singapur, s. 21-39. DOI: 10.1007/978-981-19-5723-9_2.
- Vishnu, S., Ramson, S.R.J., Senith, S., Anagnostopoulos, T., Abu-Mahfouz, A.M., Fan, X., Srinivasan, S., Kirubaraaj, A.A., 2021. Akıllı şehirlerde IoT destekli katı atık yönetimi. Smart Cities 4, 1004-1017. <https://doi.org/10.3390/smartcities4030053>.
- Vu, H.L., Bolingbroke, D., Ng, K.T.W., Fallah, B., 2019a. Atık özelliklerinin değerlendirilmesi ve Y S A atık tahminleri kullanılarak CBS araç toplama rotası optimizasyonu üzerindeki etkileri. Atık Yönetimi. 88, 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.037>.
- Vu, H.L., Ng, K.T.W., Bolingbroke, D., 2019b. Haftalık iklimsel ve sosyo-ekonomik faktörlerin YSA belediye bache atığı tahmin modelleri üzerindeki zaman gecikmeli etkileri. Atık Yönetimi. 84, 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.038>.
- Vyas, S., Dhakar, K., Varjani, S., Singhania, R.R., Bhargava, P.C., Sindhu, R., Binod, P., Wong, J.W. ve Bui, X.T., 2023. Kentsel katı atık yönetimine özel bir odaklanma ile in-silico yaklaşımlarla güçlendirilmiş katı atık yönetimi teknikleri: Araştırma eğilimleri ve zorluklar. Toplam Çevre Bilimi, s.164344.
- Wan, J., Li, X., Dai, H.N., Kusiak, A., Martinez-Garcia, M., Li, D., 2020. Yapay zeka güdümlü özelleştirilmiş üretim fabrikası: Temel teknolojiler, uygulamalar ve zorluklar. Proc. IEEE 109 (4), 377-398.
- Wang, X., Li, C., Lam, C.H., Subramanian, K., Qin, Z.H., Mou, J.H., Jin, M., Chopra, S.S., Singh, V., Ok, Y.S., Yan, J., 2022. Çin yeni atık değerlendirme teknikleri Tehlikeli etkileri hafifletmek ve bunların sürdürülebilirliğe giden yolu. J. Hazard. Mater. 423, 127023.
- Wang, J., Li, S., Deng, S., Cheng, Z., Hu, X., Wan Mahari, W.A., Lam, S.S., Yuan, X., 2023. Tıbbi plastik atıkların çevre güvenliğine yönelik aktif karbonlara dönüştürülmesi ve sürdürülebilirlik. Curr. Opin. Environ. Sci. Health 33, 100470. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100470>.
- Wang, C., Qin, J., Qu, C., Ran, X., Liu, C., Chen, B., 2021. Derin öğrenme ve nesnelerin internetine dayalı akıllı bir belediye atık yönetim sistemi. Waste Manag. 135, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.028>.
- Wang, K., Zhao, Y., Gangadhari, R.K., Li, Z., 2021. Çin'deki akıllı şehirler için Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Yapay Zekanın (AI) benimsenme zorluklarının analizi. Sustainability 13, 10983. <https://doi.org/10.3390/su131910983>.
- Wei, Y., Xue, Y., Yin, J., Ni, W., 2013. Çin'de Belediye Katı Atık Üretiminin Çoklu Doğrusal Regresyon Yöntemi ile Tahmini, in: Güç ve Enerji / 807: Akıllı Sistemler ve Kontrol / 808: Eğitim ve Öğrenme için Teknoloji. Güç ve Enerji, ACTAPRESS, Marina del Rey, ABD'de sunulmuştur. DOI: 10.2316/P.2013.806-009.
- Wilson, M., Paschen, J., Pitt, L., 2021. Döngüsel ekonomi yapay zeka (AI) ile buluyor: Tersine lojistik için yapay zeka fırsatlarını anlamak. Manag. Environ. Qual: Int. J. 33, 9-25. <https://doi.org/10.1108/MEQ-10-2020-0222>.
- Wilts, H., Garcia, B.R., Garlito, R.G., Go' mez, L.S., Prieto, E.G., 2021. Döngüsel ekonominin etkinleştiricisi olarak belediye atıklarının ayrıştırılmasında yapay zeka. Resources 10, 28. <https://doi.org/10.3390/resources10040028>.
- Wu, T.-W., Zhang, H., Peng, W., Lü, F., He, P.-J., 2023. Akıllı atık tanımlama ve geri dönüşüm için evrimsel sinir ağları uygulamaları: Bir inceleme. Kaynak. Conserv. Recycl. 190, 106813 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106813>.
- Xiang, X., Li, Q., Khan, S., Khalaf, O.I., 2021. Yapay zeka teknikleri kullanılarak sürdürülebilir çevre planlaması için kentsel su kaynakları yönetimi. Environ. Etki Değerlendirmesi. Rev. 86, 106515 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106515>.
- Xu, A., Chang, H., Xu, Y., Li, R., Li, X., Zhao, Y., 2021. Katı atıkla ilgili sorunları çözmek için yapay sinir ağlarının (YSA) uygulanması: Eleştirel bir inceleme. Waste Manag. 124, 385-402. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.029>.
- Yadav, V., Karmakar, S., 2020. Kentsel merkezlerde evsel katı atıkların sürdürülebilir şekilde toplanması ve taşınması. Sürdürülebilirlik. Cities Soc. 53, 101937 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101937>.
- Yan, B., Liang, R., Li, B., Tao, J., Chen, G., Cheng, Z., Zhu, Z., Li, X., 2021. Lazerle indüklenen parçalanma spektroskopisi ve makine öğrenimi yoluyla atık atıkların hızlı tanımlanması ve karakterizasyonu. Kaynak. Conserv. Recycl. 174, 105851 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105851>.
- Yang, Z., Xue, F., Lu, W., 2021. İnşaat atığı yönetimi için eksik verilerin işlenmesi: toplu atık üretim davranışlarına dayalı makine öğrenimi. Kaynak. Conserv. Recycl. 175, 105809 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105809>.
- Ye, Z., Yang, J., Zhong, N., Tu, X., Jia, J., Wang, J., 2020. Yapay zeka kullanarak kirlilik kontrollerinde çevresel zorlukların üstesinden gelmek: Bir inceleme. Sci. Total Environ. 699, 134279 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134279>.
- Yığıtcanlar, T., Cugurullo, F., 2020. Yapay zekanın sürdürülebilirliği: Akıllı ve sürdürülebilir kentler merceğinden kentsel bilimsel bir bakış açısı. Sürdürülebilirlik 12, 8548. <https://doi.org/10.3390/su12208548>.
- Yığıtcanlar, T., Kankanamge, N., Regona, M., Ruiz Maldonado, A., Rowan, B., Ryu, A., Desouza, K.C., Corchado, J.M., Mehmood, R., Li, R.Y.M., 2020. Yapay zeka teknolojileri ve ilgili kentsel planlama ve kalkınma kavramları: Avustralya'da nasıl algılanıyor ve kullanılıyor? J. Open Innov: Teknoloji. Pazar Karmaşıklığı 6, 187. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040187>.
- Yu, V.F., Aloina, G., Susanto, H., Effendi, M.K., Lin, S.-W., 2022. Hibrit genetik algoritma-simüle tavlama kullanarak atık toplama için bölgesel konum rotalama problemi. Mathematics 10, 2131. <https://doi.org/10.3390/math10122131>.
- Yu, K.H., Zhang, Y., Li, D., Montenegro-Marin, C.E., Kumar, P.M., 2021. Yapay zeka kullanarak azalt, yeniden kullan, geri dönüştür ve geri kazan temelli çevresel planlama. Çevre. Etki Değerlendirmesi. Rev. 86, 106492 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106492>.
- Zarei, M., Bayati, M.R., Ebrahimi-Nik, M., Rohani, A., Hejazi, B., 2023. Çoklu doğrusal regresyon ve destek vektör makineleri kullanılarak bir biyofiltrede biyogazdan hidrojen sülfür giderim verimliliğinin modellenmesi. J. Clean. Prod. 404, 136965 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136965>.
- Zhang, C., Dong, H., Geng, Y., Liang, H., Liu, X., 2022. Ortak sosyoekonomik yollar altında Çin'in kentsel katı atıkları için makine öğrenimi tabanlı tahmin. J. Environ. Manage. 312, 114918 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114918>.
- Zhang, Q., Li, H., Wan, X., Skitmore, M., Sun, H., 2020. Daha akıllı toplumlar için akıllı bir atık giderme sistemi. Sustainability 12, 6829. <https://doi.org/10.3390/su12176829>.
- Zhang, X., Liu, C., Chen, Y., Zheng, G., Chen, Y., 2022. Kentsel katı atıkların kaynağa ayrıştırılması, taşınması, ön artımı ve değerlendirilmesi: Eleştirel bir inceleme. Çevre. Gelişim. Sustain. 24, 11471-11513. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01932-w>.
- Zhang, Y., Luo, X., Han, X., Lu, Y., Wei, J., Yu, C., 2022. Genetik algoritmaya dayalı kentsel atık taşıma rotasının optimizasyonu. Güvenlik İletişim. Netw. 2022, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/8337653>.
- Zhang, A., Venkatesh, V.G., Liu, Y., Wan, M., Qu, T., Huisingsh, D., 2019. Çin'de döngüsel bir ekonomi için akıllı atık yönetiminin önündeki engeller. J. Clean. Prod. 240, 118198 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118198>.
- Zhang, M., Yan, J., 2021. Endüstriyel robotların enerji tüketimini optimize etmek için veri odaklı bir yöntem. J. Clean. Prod. 285, 124862 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124862>.
- Zhang, Q., Yang, Q., Zhang, X., Bao, Q., Su, J., Liu, X., 2021. Transfer öğrenme ve konvolüsyonel sinir ağına dayalı atık görüntü sınıflandırması. Atık Yönetimi. 135, 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.038>.
- Zhao, Y., Li, J., 2022. Etkili katı atık ayırıştırmada sensör tabanlı teknolojiler: başarılı uygulamalar, sensör kombinasyonu ve gelecekteki yönler. Çevre Bil. Sci. Technol. 56 (24), 17531-17544.

- Zhou, X., Wang, M., Deng, D., Li, X., 2020. Kentsel atık akıllı arıtma sisteminin tasarımı ve inşası. E3S Web Konf. 199, 00011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019900011>.
- Zhu, S., Chen, H., Wang, M., Guo, X., Lei, Y., Jin, G., 2019. Destek vektör makinesi ile birlikte yakın kızılötesi spektroskopisine dayalı plastik katı atık tanımlama sistemi. Adv. Indus. Mühendislik. Polym. Res. 2, 77-81. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2019.04.001>.
- Zhu, J., Jiang, Z., Feng, L., 2022. Atık su arıtma işlemi için en küçük kare destek vektör makinesi ile geliştirilmiş sinir ağı. Chemosphere 308, 136116. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136116>.
- Zhu, L., Tian, Z., Du, J., 2023. Kentsel katı atık yakma arıtma kapasitesinin mekansal-zamansal fazlalık değerlendirilmesi: Çin örneği. Çevre Bil. Sci. Pollut. Res. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26989-0>.
- Zhu, X., Wang, X., Ok, Y.S., 2019. Biyokarlara metal sorpsiyonunun tahmini için makine öğrenimi yöntemlerinin uygulanması. J. Hazard. Mater. 378, 120727 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.06.004>.
- Zingg, R., Andermatt, P., Mazlounian, A., Rosenthal, M., 2021. Akıllı gıda atığı yönetimi: gömülü makine öğrenimi ve bulut tabanlı çözümler. FTAL Konferansı 2021'de sunulmuştur - Sürdürülebilir akıllı şehirler ve bölgeler, Lugano, İsviçre, 28-29 Ekim 2021, CEUR Çalıştay Bildirileri. DOI: 10.21256/zhaw-23847.
- Ziraba, A.K., Haregu, T.N., Mberu, B., 2016. anlamak için bir inceleme ve çerçeveGelişmekte olan kötü katı atık yönetiminin sağlık üzerindeki potansiyel etkisini ülkelerde Arch. Halk Sağlığı 74, 1-11. .