



urban science

IMPACT
FACTOR
2.1

CITESCORE
3.7

İnceleme

Akıllı Şehirlerde Atık Yönetimi için Yenilikçi Hesaplama Araçlarına İlişkin Son Gelişmelerin Literatür Taraması

Sergio Nesmachnow , Diego Rossit ve Pedro Moreno-Bernal



<https://doi.org/10.3390/urbansci9010016>



İnceleme

Akıllı Şehirlerde Atık Yönetimi için Yenilikçi Hesaplama Araçlarına İlişkin Son Gelişmelerin Literatür Taraması

Sergio Nesmachnow ^{(1)*†} , Diego Rossit ^{(2)*†} ve Pedro Moreno-Bernal ^{(3)*†}

¹ Instituto de Computación, Universidad de la República, Montevideo 11200, Uruguay

² Mühendislik Bölümü, Instituto de Matemática, Universidad Nacional del Sur-CONICET, Bahía Blanca 8000, Arjantin

³ Facultad de Contaduría, Administración e Informática, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca 62209, Meksika

* Yazışma adresi: sergion@fing.edu.uy (S.N.); diego.rossit@uns.edu.ar (D.R.); pmoreno@uaem.mx (P.M.-B.)

† Bu yazarlar bu çalışmaya eşit katkıda bulunmuşlardır.

Özet: Bu makale, akıllı şehirlerde atık yönetimi için yenilikçi hesaplama araçlarını çevreleyen literatürü gözden geçirmektedir. Kentleşmenin yükselişi ve atık yönetiminin artan zorluklarıyla birlikte, yenilikçi teknolojiler atık toplama, ayırma, geri dönüşüm ve bertaraf süreçlerinin optimize edilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Yapay zeka, nesnelerin interneti ve büyük veri analitiği gibi hesaplama araçlarından yararlanan akıllı atık yönetim sistemleri, atıkla ilgili işlemlerin gerçek zamanlı olarak izlenmesini, tahmine dayalı modellemesini ve optimizasyonunu sağlar. Bu araçlar, kaynak verimliliğini artırmak, çevresel etkiyi en aza indirmek ve kentsel yaşamın genel kalitesini iyileştirmek için yetkilileri güçlendirmektedir. Bu makale, son araştırmalar ve pratik uygulamaların kapsamlı bir incelemesi yoluyla, atık yönetimi için en yeni hesaplama araçlarının geliştirilmesiyle ilgili temel özellikleri, faydaları ve zorlukları vurgulamaktadır. Hızla gelişen bu alanda araştırma ve geliştirme için ortaya çıkan eğilimler ve fırsatlar tespit edilerek, akıllı şehirlerde sürdürülebilir ve dirençli atık yönetimi oluşturmak için teknolojik yeniliklerin entegre edilmesinin önemi vurgulanmaktadır.



Akademik Editörler: Jianming Cai ve Luis Hernández-Callejo

Alındı: 2 Ağustos 2024

Revize: 17 Aralık 2024

Kabul Tarihi: 24 Aralık 2024

Yayınlanma tarihi: 10 Ocak 2025

Alıntı: Nesmachnow, S.; Rossit, D.; Moreno-Bernal, P. Akıllı Şehirlerde Atık Yönetimi için Yenilikçi Hesaplama Araçları Üzerine Son Gelişmelerin Literatür Taraması. *Urban Sci.* **2025**, *9*, 16. <https://doi.org/10.3390/urbansci9010016>

Telif hakkı: © 2025 yazarlar tarafından. Lisans sahibi MDPI, Basel, İsviçre. Bu makale Creative Commons Attribution (CC BY) lisansının hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Anahtar Kelimeler: akıllı şehirler; atık yönetimi; karar destek; hesaplama zeka

1. Giriş

Hızlı kentleşme, dünya çapındaki şehirlerde atık yönetimi için yeni zorluklar ortaya çıkarmıştır [1]. Üretilen atıklardaki artış, geleneksel atık yönetim sistemleri (WMS) için zorluklar oluşturmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için akıllı şehirler, atık yönetimi de dahil olmak üzere kentsel yaşamın çeşitli yönlerini iyileştirmek için teknolojik yenilikleri kullanmaktadır. Kentsel alanların genişlemesi ve tüketim alışkanlıklarındaki değişiklikler, dünya çapında şehirlerin gelişiminde önemli faktörlerdir. Nüfus artışı ve sosyo-ekonomik faktörler atık üretimi ile yakından ilişkilidir. Atık yönetimi kentsel alanlarda yaygın bir sorundur. Küresel olarak yılda iki milyar tondan fazla atık üretildiği ve bunun en az yüzde 33'ünün çevre açısından güvenli bir şekilde toplanmadığı ve açık çöplüklerde biriktirildiği tahmin edilmektedir [2]. Bununla birlikte, toplama oranı büyük ölçüde bölgeye, sosyoekonomik düzeye ve kentsel alanın türüne bağlıdır. Atık yönetimi, yasal, sosyal, politik, çevresel ve ekonomik faktörlerden etkilenen toplama ve bertaraf sürecinin karmaşık yapısı nedeniyle önemli bir zorluk teşkil etmektedir.

Bu makale, atık yönetimi için özel olarak uyarlanmış hesaplama araçlarındaki son gelişmeleri aşağıdaki bağlamlarda keşfetme ve değerlendirme konusundaki kritik ihtiyaçtan hareketle hazırlanmıştır

akıllı şehirler. Yapay zeka (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve büyük veri analitiği gibi en son teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte, atık yönetimi uygulamalarını yeniden düzenlemek için eşsiz bir fırsat ortaya çıkmıştır [3]. Bu hesaplama araçlarının gücünden yararlanmak, belediyelerin ve atık yönetimi karar vericilerinin atık toplama, ayırma, geri dönüşüm ve bertaraf süreçlerini optimize etmelerine, böylece kaynak verimliliğini artırmalarına, çevresel etkiyi en aza indirmelerine ve kentsel yaşamın genel kalitesini artırmalarına olanak tanır.

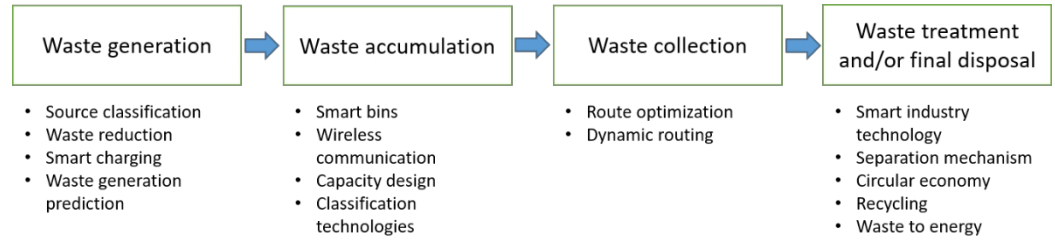
Bu makalenin ana katkısı, akıllı atık yönetimi alanında, özellikle de atık yönetimine hesaplamalı akıllı araçların uygulanmasında son zamanlarda yapılan araştırmaların ve pratik uygulamaların kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmesinde yatmaktadır. Bu makale, çok çeşitli çalışmaları ve vaka analizlerini sentezleyerek ve analiz ederek, akıllı şehirlerde atık yönetimi için yenilikçi hesaplama araçlarıyla ilişkili temel özellikleri, faydaları ve zorlukları aydınlatmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, hızla gelişen bu alanda daha fazla araştırma ve geliştirme için ortaya çıkan eğilimleri ve fırsatları tespit etmeyi amaçlamaktadır. Bu keşif sayesinde, teknolojik yeniliklerin modern WMS'nin dokusuna entegre edilmesinin kritik önemi araştırılmakta ve geleceğin şehirlerinde sürdürülebilir ve dirençli akıllı atık yönetimlerinin oluşturulması için zemin hazırlanmaktadır.

Makale aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2'de modern akıllı şehirlerde atık yönetimine genel bir bakış sunulmaktadır. Bölüm 3'te, alana katkıda bulunan ilgili makaleleri belirlemek için yapılan sistematik araştırmanın metodolojisi açıklanmaktadır. Konuyla ilgili mevcut incelemelerin gözden geçirilmesi Bölüm 4'te sunulmuştur. Bölüm 5'te WMS'de rotalama ve optimizasyon; hesaplamalı zeka, veri odaklı yaklaşımlar ve IoT sistemleri; ve atık yönetiminin sosyal yönlerine odaklanan gelişmiş inceleme sunulmaktadır. Bölüm 6'da, hızla gelişen bu alanda daha fazla araştırma ve geliştirme için ortaya çıkan eğilimler ve fırsatlar da dahil olmak üzere ana bulgular tartışılmakta ve akıllı şehirlerde sürdürülebilir ve dirençli WMS oluşturmak için teknolojik yeniliklerin entegrasyonunun önemi vurgulanmaktadır. Son olarak, Bölüm 7 gelecekteki çalışmalar için sonuçları ve ilginç hatları sunmaktadır.

2. Modern Akıllı Şehirlerde Atık Yönetimi

Atık yönetimi, atık malzemelerin çevresel açıdan sorumlu ve ekonomik açıdan verimli bir şekilde toplanması, taşınması, işlenmesi, geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi sürecidir [4]. İnsan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan malzemelerin önemli hacmi ve çeşitliliği göz önüne alındığında, eski zamanlardan beri kentsel yaşamın temel bir yönü olmuştur [5]. Uygun olmayan atık bertarafı genellikle hava, su ve toprak kirliliğine yol açarak hem insanlar hem de vahşi yaşam için önemli sağlık tehlikeleri oluşturmaktadır.

WMS birkaç aşamaya ayrılır [6]. İlk aşama atık üretimidir. Atıklar genellikle konutlarda, küçük işletmelerde ve kurumlarda üretilir. Bir sonraki aşama, uygulanan toplama türüne bağlı olarak farklı şekillerde gerçekleştirilen atık toplama türüdür. Kapıdan kapıya toplama türünde atıklar, her konutu düzenli olarak ziyaret eden toplama araçları tarafından kapıdan kapıya hizmet yoluyla toplanır. Topluluk kumbaraları türünde ise atıklar şehir genelinde dağıtılan belirlenmiş toplama noktalarında toplanmaktadır. Bu yöntem, vatandaşların atıklarını bu noktalara taşımasını gerektirse de, toplama araçlarının duraklama sayısını azalttığı için yoğun nüfuslu kentsel alanlarda tercih edilir. Toplama işleminden sonra atıklar, WMS'nin teknolojik ilerleme düzeyine bağlı olarak karmaşıklığı değişen arıtma aşamasına taşınır. Bazı şehirler lojistik masraflarını azaltmak için atıkları sadece transfer tesislerinde sıkıştırırken, diğerleri atıkları farklı fraksiyonlara ayırmak ve kimyasal ve biyolojik arıtmalar uygulamak gibi daha gelişmiş süreçler kullanmaktadır. Son olarak, atıklar nihai bertaraf için düzenli depolama alanlarına ya da faydalı malzemelerin geri kazanılması için geri dönüşüm tesislerine gönderilir. Sistemin ana aşamaları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Atık yönetiminin farklı aşamaları için yenilikçi hesaplama araçları.

Genel olarak, etkili atık yönetimi, atık üretimini azaltmayı, geri dönüşüm ve yeniden kullanımı teşvik etmeyi ve güvenli ve çevreye duyarlı bertaraf uygulamaları sağlamayı amaçlayan stratejilerin birleştirilmesini gerektirir. Bu, sürdürülebilir ve verimli bir sonuç elde etmek için hükümetler, işletmeler, topluluklar ve bireyler arasında işbirliği ve koordinasyon gerektiren karmaşık ve çok yönlü bir süreçtir. Bu bağlamda, modern akıllı teknolojiler atık yönetiminin çeşitli aşamalarının verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmaya katkıda bulunmaktadır.

Atık yönetiminin çeşitli aşamaları, yenilikçi hesaplama araçlarının geliştirilmesini teşvik etmiştir. Evlerde meydana gelen atık üretim aşamasında, araştırmacılar atık üretim modellerini tahmin etmeye [7], atık üretimini azaltmak için atık içindeki değerli kaynakları belirlemeye [8], evsel atık üretimine dayalı maliyetler atayan akıllı ücretlendirme sistemleri uygulamaya [9] ve sonraki geri dönüşüm aşamalarını kolaylaştırmak için akıllı kaynak sınıflandırması kullanmaya [10] odaklanmışlardır. Biriktirme aşaması için, atık biriktirme noktalarında, çalışmalar kutu konumlarını [12], atık biriktirme seviyelerini izlemek için donatılmış akıllı kutuları [13] ve kapasite tasarımı optimize etmek için akıllı teknolojileri araştırmıştır [4]. Atık toplamada, araştırmacılar hem statik [14] hem de dinamik rotalama senaryolarında [15,16], genellikle sezgisel veya metasezgisel yöntemler uygulayarak hesaplamalı yöntemler kullanarak atık toplama rotalama problemini ele almışlardır [17]. Son olarak, transfer tesislerini, arıtma tesislerini ve/veya nihai atık bertarafını kapsayan AYY's'nin son aşamasında, akıllı endüstri kavramlarını geri dönüşüm veya atık dönüştürme süreçlerine dahil etmek [18], atık sınıflandırması için gelişmiş ayırma mekanizmaları geliştirmek [19] ve Atıktan Enerjiye teknolojilerini keşfetmek [20] için hesaplamalı zeka araçları kullanılmıştır. Modern akıllı şehirlerde atık yönetimi, yenilikçi çözümler ve teknolojik entegrasyon gerektiren çok yönlü bir çabadır. Atık yönetimi yetkilileri, hesaplama araçlarının gücünden yararlanarak sürdürülebilir ve dirençli kentsel ortamlara giden yolu açmaktadır. Şekil 1, WMS'de hesaplamalı akıllı araçların uygulamalarını da özetlemektedir.

Bu çalışma doğrultusunda, bu derleme makalesi, atık yönetimi için yenilikçi hesaplama araçlarını uygulayan son önerilerin bir incelemesini sunmaya odaklanmaktadır. Makale, artan atık üretimi ile başa çıkmanın akıllı yolları, mevcut atık altyapısının sınırlamaları, özel ve tehlikeli atıkların işlenmesinin riskleri, geri dönüşüm ve döngüsel ekonomiyi teşvik etmenin yenilikçi yolları ve vatandaşların farkındalığı ve davranış değişiklikleri dahil olmak üzere atık yönetimindeki en acil konulara özel önem vermektedir.

Hesaplamalı zeka, atık üretimini azaltmak için yenilikçi çözümler sunarak, geri dönüşümü teşvik ederek, gelişmiş atık işleme ve atıktan enerjiye dönüşüm alternatifleri sunarak, atık toplama sistemlerinin sensör tabanlı izlenmesini sağlayarak ve atık yönetim sistemlerinde izlenebilirliği ve şeffaflığı geliştirerek atık yönetiminin çevresel etkilerini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Buna karşılık yeni teknolojiler, atık işleme ve muhafaza için geliştirilmiş teknikler, zehirli atıkların işlenmesi için güvenli protokoller, kirlilik kontrolü ve emisyonların azaltılması için teknolojik cihazlar, uzaktan izleme ve erken uyarı sistemleri için otomatik sistemler, kamu bilincini teşvik etmek için araçlar önererek atık yönetimiyle ilişkili sağlık tehlikelerinin azaltılmasına da yardımcı olmaktadır.

ve eğitim, sağlık risklerini değerlendirmek için gelişmiş veri analitiği ve sensör ağları ve yapay zeka kullanarak hastalık gözetimi ve salgın yönetimi.

Son olarak, yeni teknolojiler, daha az varlıklı mahallelere odaklanan iyileştirilmiş altyapı ve merkezi olmayan atık yönetimi çözümleri uygulayarak, bilgi yaymak ve toplulukları atık yönetimi uygulamalarına dahil etmek için mobil uygulamalara dayalı erişilebilir çözümler geliştirerek ve kapsayıcı geri dönüşüm programlarını teşvik ederek atık yönetimindeki sosyal eşitsizlikleri azaltma potansiyeline sahiptir. Daha az tercih edilen topluluklar için düşük maliyetli atıktan enerjiye çözümleri uygulamak, belirli atık üretim modellerini dikkate almak için gelişmiş karar destek sistemleri geliştirmek, yetersiz atık altyapısına sahip alanları belirlemek ve özellikle yetersiz hizmet alan topluluklarda gelecekteki ihtiyaçları tahmin etmek, mevcut kaynakları bir şehir içindeki zengin ve fakir bölgeler arasındaki eşitsizlikleri gidermek için adil bir şekilde dağıtmak. Yeni teknolojiler, farklı toplulukların özel ihtiyaçlarını ve zorluklarını ele almak için sosyal, kültürel ve ekonomik bağlamlar dikkate alınarak, herkes için eşit erişim ve faydalar sağlamak üzere kapsayıcı politikalar, yeterli finansman ve toplum katılımı ile birlikte uygulanmalıdır.

3. Araştırma Metodolojisi

Bu bölümde, akıllı şehirlerde atık yönetimi için yenilikçi hesaplama araçlarına ilişkin son gelişmelerin en alakalı makalelerini elde etmek için uygulanan sistematik literatür taramasının metodolojisi ve ilgili çalışmaların bibliyometrik analizi sunulmaktadır.

3.1. Sistematik Literatür Taraması

Sistematik bir literatür taramasının birincil amacı, okuyuculara belirli bir konu veya araştırma sorusuyla ilgili mevcut teknik durumun kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamak ve geçmişteki gelişmelerin mevcut veya gelecekteki senaryolarda nasıl uygulanabileceğini açıklamaktır [21]. Sağlam ve titiz bir metodoloji aracılığıyla mevcut bilginin titiz bir tasvirini, sentezini, eleştirisini ve tarafsız değerlendirmesini gerektirir [22]. Buna ek olarak, sınıflandırmalar ve kavramsal kategoriler, okuyucuların incelenen teklifler arasındaki temel benzerlikleri ve ayrımları anlamalarına yardımcı olmadıkça önemli bir rol oynamaktadır [23].

Uygulanan metodolojiyle ilgili olarak, sunulan çalışma sistematik araştırma ve inceleme kapsamına girmektedir [24]. Çalışma iki temel bileşeni kapsamaktadır:

(i) mevcut literatürün kapsamlı bir şekilde haritalandırılması, sınıflandırılması ve nicel/nitel analizi ve (ii) rapor edilen metodolojileri ve sonuçları açıklayan eleştirel bir değerlendirme. Bu sürecin ilk adımı, her bir incelemenin kapsamını ve odağını yönlendirmek için ilgili bir araştırma konusunun veya sorusunun belirlenmesini içerir.

Bu derlemenin ana konusu, akıllı WMS olarak bilinen ve son derece ilgili bir araştırma alanı olan akıllı şehirlerde atık yönetimi için yenilikçi hesaplama araçlarındaki son gelişmelerdir. Atık yönetimine yönelik son yenilikçi hesaplama yöntemlerini analiz etmek için son beş yıldaki mevcut çalışmalar gözden geçirilmiştir. İlgili literatürün dikkatli bir şekilde gözden geçirilmesinden sonra, ilgili makaleler üç ana başlık altında sınıflandırılmıştır:

(i) atık yönetiminde yönlendirme ve diğer optimizasyon problemleri de dahil olmak üzere hesaplamalı zeka ve veri odaklı yaklaşımlar; (ii) blok zinciri, atık tanımlama ve sınıflandırma, atık üretim karakterizasyonu ve tahmini, akıllı kutular ve IoT sistemleri de dahil olmak üzere WMS'de hesaplamalı zeka ve IoT; ve (iii) akıllı şehirlerde atık yönetiminin sosyal yönleri. Bu sosyal yönler arasında döngüsel ekonomi, verimlilik analizi, saha çalışmaları ve atık yönetiminin diğer sosyal yönleri yer almaktadır.

Daha sonra, alana önemli ölçüde katkıda bulunan ilgili makaleleri, raporları ve tezleri belirlemek için sistematik ve kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Bir derlemenin kalitesinin sağlanması, büyük ölçüde veri kaynaklarının güvenilirliğine ve erişilebilirliğine bağlıdır. Bu derlemede, öncelikle iki büyük bilimsel veri tabanı, yani Scopus ve Web of

Science (WoS), konuyla ilgili çok sayıda hakemli dergiyi kapsamaktadır. Konuyla ilgili en son gelişmeleri yakalamak için makalelerin alınma dönemi 2019-2023 olarak belirlenmiştir. TITLE-ABS-KEY şemasının 'atık yönetimi', 'akıllı şehirler', 'hesaplamalı zeka' ve ilgili terimler gibi belirli anahtar kelimelerle kullanılması, arama sürecinde yanlışlık riskini en aza indirmiştir. Scopus'tan toplam 267, WoS'tan ise 270 makale alınmış ve her iki veri tabanı arasında 161 örtüşen makale elde edilmiştir. Sonuç olarak, 376 benzersiz makale analize tabi tutulmuştur.

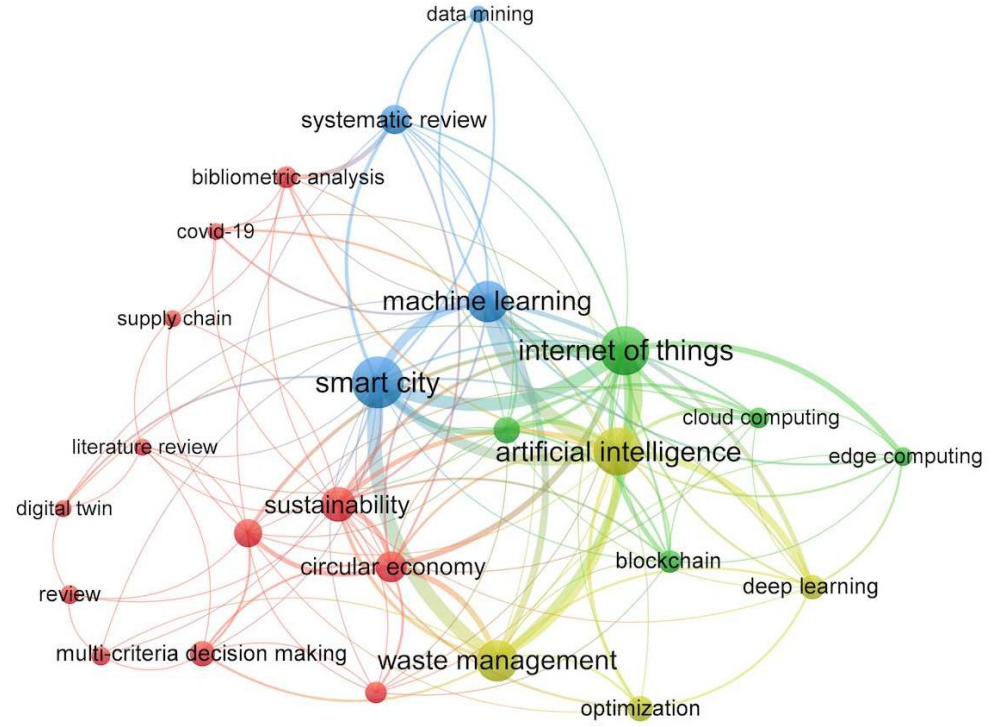
İlk inceleme başlıkların, anahtar kelimelerin, özetlerin ve kaynakların değerlendirilmesine odaklanmıştır. Daha sonra 81 makale, hesaplamalı zeka araçlarını uygulamadıkları, diğer atık türleriyle (katı atık değil) ilgilendikleri, başvuru alanı veri tabanlarında yanlışlıkla dergi makalesi olarak sınıflandırılmış konferans bildirileri oldukları veya zayıf araştırma metodolojileri ile düşük kalitede oldukları için uygun görülmemiştir. Bu uygun olmayan makaleler atılmıştır. Kalan 295 makale, içerik analizi yoluyla kapsamlı bir filtreleme aşamasından daha geçirilmiştir. Bu aşama, ilgili makaleleri filtrelemek için önceden belirlenmiş uygunluk kriterlerinin ve uzman kararının uygulanmasını içermektedir. Her makale titiz bir incelemeye tabi tutulmuş ve uygunluğunu tespit etmek için indeksleme bilgilerine özellikle dikkat edilmiştir. Akıllı şehirlerin WMS'indeki hesaplamalı zeka araçlarıyla ilgisi olmayan veya güncel olmayan, biçimlendirilmemiş veya gerçekçi olmayan çalışmalar sunan makaleler inceleme dışında bırakılmıştır. Bu titiz filtreleme süreci, inceleme dahil edilecek 180 makalenin belirlenmesiyle sonuçlanmıştır. Bunlardan 23'ü derleme makalesi olarak belirlenirken, kalan 157'si orijinal araştırma makalelerini oluşturmuştur. Son aşama, seçilen makalelerin mevcut araştırma konuları ve derlemenin hedefleriyle uyumlu kategoriler halinde düzenlenmesini gerektirmiştir. Problemlerin ve değişkenlerin belirli özelliklerine, metodolojik yaklaşımlara ve araştırma hedeflerine odaklanan üç ana kategori tanımlanmıştır.

3.2. Bibliyometri

Bibliyometrik analiz, bilimsel literatürü değerlendirmek için güçlü bir araç haline gelmiştir. Bibliyometrik çalışmalar, yayın eğilimlerini, atıf modellerini ve işbirliği ağlarını niceliksel olarak değerlendirerek araştırmanın büyümesi, etkisi ve dinamikleri hakkında fikir vermektedir. Bilimsel çıktının katlanarak artmasıyla birlikte, bu yaklaşım sistematik olarak önemli katkı sağlayanları, dönüm noktası niteliğindeki çalışmaları ve ortaya çıkan eğilimleri tanımlamaktadır. Bu çalışma, bibliyometrik göstergeler aracılığıyla akıllı şehirlerde atık yönetimi anlayışını derinleştirmeyi ve gelecekteki araştırma yönlerini ve stratejik karar alma süreçlerini bilgilendirmeyi amaçlamaktadır.

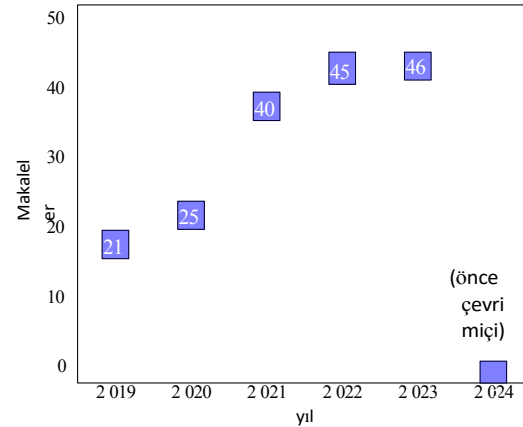
Şekil 2, VOSviewer kullanılarak yapılan analiz kümesindeki makalelerde bulunan anahtar kelimelerin şematik bir analizini sunmaktadır. Sadece en az beş tekrarı olan anahtar kelimeler çizilmiştir. Analiz öncesinde, temsili sonuçlar elde etmek amacıyla "akıllı şehir" ve "akıllı şehirler" ya da "atık yönetimi" ve "katı atık yönetimi" gibi çok benzer kelimeleri birleştirmek için titiz bir gözden geçirme yapılmıştır. Ardından, en sık rastlanan anahtar kelimeler "akıllı şehir" (48 kez), "nesnelerin interneti" (43), "yapay zeka" (40), "makine öğrenimi" (33), "atık yönetimi" (30), "sürdürülebilirlik" (21) olmuştur, "döngüsel ekonomi" (17), "sistematik inceleme" (15), "endüstri 4.0" (14), "büyük veri" (12), "optimizasyon" ve "çok kriterli karar" (her ikisi de 10) ve "derin öğrenme" (9).

Bu konuda makale yayınlayan başlıca dergiler, her ikisi de 14 makale ile *Sustainability* (MDPI) ve *Journal of Cleaner Production* (Elsevier); 9 makale ile *Sensors* (MDPI); 8 makale ile *IEEE Access*; 6 makale ile *Applied Sciences* (MDPI) ve *Sustainable Cities and Society* (Elsevier); ve 5 makale ile *Smart Cities* (MDPI)'dir. Dolayısıyla, bu dergiler genellikle akıllı WMS alanındaki en son gelişmeleri yayınlamıştır.



Şekil 2. Scopus'tan alınan makalelere dayalı anahtar kelime oluşum haritası.

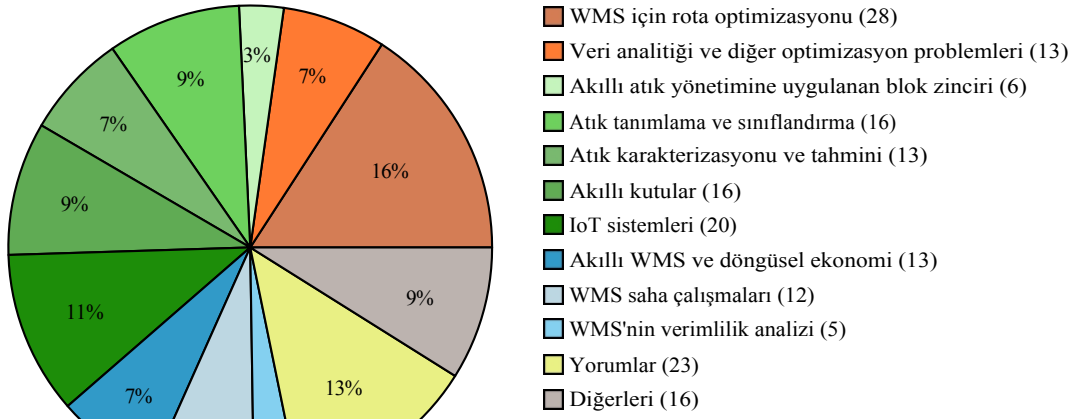
Şekil 3, her yıl yayınlanan makale sayısını göstermektedir. Makale sayısının 2019'da 21'den 2020'de 25'e, 2021'de 40'a, 2022'de 45'e yükseldiği ve 2023'te 46 ile zirveye ulaştığı açık bir artış eğilimi görülmektedir. 2024'teki yedi makale, ilk olarak 2023'te çevrimiçi olarak yayınlanan ve daha sonra dergilerin 2024 ciltlerine dahil edilen makaleleri içermektedir.



Şekil 3. Yıl başına yayınlanan makale sayısı.

Şekil 4, ana konu başına yayınlanan makale sayısını göstermektedir.

İncelenen toplam 180 makalenin %13'ünü incelemeler oluşturmaktadır. Uygulama makaleleri arasında çoğunluk WMS için rota optimizasyonu (%15), incelemeler (%13) ve IoT sistemlerine (%11) odaklanmıştır. Diğer ilgili konular arasında atık tanımlama ve sınıflandırma (%9), akıllı kutular (%9), atık karakterizasyonu ve tahmini (%7), akıllı WMS ve döngüsel ekonomi (%7) ve veri analitiği ve diğer optimizasyon problemleri (%7) yer almıştır.



Şekil 4. Ana konuya göre Ana konuya göre yayınlanmış makaleler (sarı: incelemeler, kırmızı: yönlendirme ve optimizasyon, yeşil: hesaplama zekası ve IoT, mavi: sosyal yönler).

Bu sınıflandırmaya dayanarak, tartışma için üç ana konu önerilmiştir: (i) WMS için rota optimizasyonu, veri analitiği ve diğer optimizasyon problemleri dahil olmak üzere atık yönetiminde iletişimsel optimizasyon yöntemleri (41 makale, %23); (ii) Akıllı atık yönetimine uygulanan blok zinciri, atık tanımlama ve sınıflandırma, atık karakterizasyonu ve tahmini, akıllı kutular, IoT sistemleri ve atık yönetimindeki diğer ilgili problemler için hesaplamalı zeka dahil olmak üzere WMS'de hesaplamalı zeka ve IoT (81 makale, %45); ve (iii) Akıllı şehirlerde AYY'nin sosyal yönleri (36 makale, %20), akıllı AYY ve döngüsel ekonomi, AYY'nin saha çalışmaları, AYY'nin verimlilik analizi ve AYY'nin diğer sosyal yönleri. WMS'de hesaplamalı zeka ve IoT kategorisi en fazla sayıda makaleye sahiptir.

4. Mevcut İncelemeler

Bu bölümde, akıllı atık yönetimi teknolojilerinin uygulanmasına odaklanan önceki incelemeler ele alınmaktadır.

Nizetic' ve diğerleri [25], akıllı atık yönetimi de dahil olmak üzere modern şehir sorunlarını ele alan akıllı teknolojiler üzerine bir makale derlemesi sunmuştur. Bu derleme kapsamlı bir inceleme değil, sürdürülebilirlik ve akıllı kaynak kullanımı ile ilgili konferans makalelerinin bir derlemesidir. WMS'nin geri dönüşüm, döngüsel ekonomi ve plastik kirliliği ile ilişkisi gibi çeşitli konular tartışılmıştır. Pardini ve diğerleri [26], IoT mimarisinin ve protokollerinin WMS'deki uygulamasını gözden geçirmiştir. Konuyla ilgili makalelerin gözden geçirilmesine dayanarak, ana bulgu, vatandaşların atık yönetimine katılımını artıran IoT tabanlı çözümlerin eksikliği idi. Vatandaşların katılımı, esas olarak toplama sürelerini azaltarak WMS masraflarının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Kısa bir çalışmada, Rasool ve diğerleri [27] küçük şehirlerde WMS'de IoT teknolojisi hakkında 18 makaleyi analiz etmiştir. Analiz, literatürdeki araştırma boşluklarını belirlemeden, incelenen makalelerin işleme için kullanılan altyapı ve yazılım açısından tanımlanmasıyla sınırlı kalmıştır.

Sodiq ve diğerleri [28] akıllı şehirlerde gıda atığı yönetimini incelemiştir. Gıda atığı öğütücülerinin kullanılması gibi bazı uygulamaların tartışmalı olduğu görülmüştür. Bu öğütücüler gıda atıklarının (gelişmekte olan ülkelerde katı atıkların %50-55'i) artırılmasına ve çöp sahası atıklarının azaltılmasına yardımcı olurken, kanalizasyon sistemlerine de zarar verebilmektedir. Sahu ve diğerleri [29] Hindistan'da atık sınıflandırmasını artırmak için ileri endüstriyel teknolojilerin uygulanmasını inceleyen 15 teknik rapor ve bilimsel makalenin kısa bir tartışmasını sunmuştur. İnceleme, Hindistan şehirlerinde geliştirilen çalışmalarla sınırlandırılmıştır. Ahmad ve diğerleri [30] blok zinciri teknolojisinin WMS'deki uygulamasını incelemiştir. Çalışma, blok zincirinin WMS'yi geliştirme kapasitesini vurgulamıştır.

gerçek zamanlı izleme, takip ve güvenilir kanalizasyon gibi süreçler. Derlemede ayrıca blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmelerin atık yönetimi uygulamalarına entegrasyonu tartışılmış ve atık işleme yönetmeliklerine uygunluğun sağlanmasındaki rolleri vurgulanmıştır. Akram ve diğerleri [31] atık yönetiminde Bilgi ve İletişim Teknolojilerini (BİT) uygulayan makaleleri gözden geçirmiştir. Çalışma, bataryaların enerji kullanımını optimize etmek ve böylece operasyonel verimliliği en üst düzeye çıkarmak için IoT tabanlı akıllı kutuların uygulanmasında uygun kablosuz iletişim protokolünün seçilmesinin önemini vurgulamıştır. Blok zinciri, konutları, yetkilileri, atık toplayıcıları ve yöneticileri içeren birbirine bağlı ağların kurulmasında bir köşe taşı teknolojisi olarak tanımlanmıştır. Böylesi bütünsel bir sistem, her bir varlığın atık yönetimi sürecindeki sorumluluğunu yerine getirmesini sağlayarak nihayetinde daha etkili ve sürdürülebilir WMS'ye katkıda bulunur. Shash ve diğerleri [13] 2015-2020 yılları arasında yayınlanan akıllı atık seviyesi izleme sistemleri ile ilgili 16 makaleyi incelemiştir. Çoğu çözümde akıllı çöp kutusu iletişimi için SMS metin mesajları kullanılmıştır. Sistem yazılımını çalıştırmak için kullanılan sensör ve mikro denetleyici türlerine ilişkin daha büyük bir çeşitlilik vardı. Akıllı şehirlerde IoT teknolojilerinin genel bir incelemesinde Ramirez ve diğerleri [32], akıllı şehirlerde IoT teknolojilerini tartışmaya adanmış 22 makaleyi incelemek için kısa bir bölüm ayırmıştır.

akıllı kutular.

Cheng ve diğerleri [33] Malezya'daki 13 atık yönetimi makalesini analiz etmiş ve üç Malezya belediyesinde akıllı atık yönetimini teşvik etmek için stratejileri tartışmıştır. Con- cari ve diğerleri [34], literatürdeki 2061 makaleyi metin madenciliği araçlarıyla gözden geçirdikten sonra vatandaşların geri dönüşüm davranışlarını incelemek için bibliyometrik bir analiz sunmuştur. İncelemenin ana konusu doğrudan akıllı şehirlerle ilgili olmasa da, yazarlar akıllı şehir politikalarının uygulanmasının vatandaşların geri dönüşüm davranışını artırmaya katkıda bulunduğunu sonucuna varmışlardır. D' Amico ve diğerleri [35], modern bir toplumda vatandaşlar tarafından kullanılacak ürünlerden atıklara kadar olan kaynak döngüsünü dijitalleştirmeyi amaçlayan makaleleri incelemiştir ("kentsel metabolizma döngüselligi" yaklaşımı). Döngüsel ekonomiyi teşvik eden modern şehirlerde atıkların işlenmesini dijitalleştirmek için BİT uygulaması tartışılmış ve bazı vaka çalışmaları sunulmuştur.

Mousavi ve diğerleri [36], veri toplama, iletmeye ve işlemeye odaklanarak atık yönetiminde IoT teknolojilerinin uygulanmasını gözden geçirmiştir. İnceleme, WMS için mekansal teknolojileri içermektedir: Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS), Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) ve Uzaktan Algılama. Namoun ve diğerleri [37] akıllı şehirlerde katı atık yönetiminin akış organizasyonunda makine öğrenimi uygulamasını incelemiştir. Çalışma, atık üretimi ve atık bertaraf davranışını tahmin etmek için yapay sinir ağlarının (YSA) kullanımını vurgulayan 23 makaleyi incelemiştir. Güncel atık veri setlerinin azlığı ve karşılaştırma için örnek vaka çalışmaları gibi belirli zorluklar tespit edilmiştir.

Sosunova ve Porras [38], akıllı şehirlerdeki atık yönetiminde IoT teknolojilerinin entegrasyonuna odaklanan, 2014'ten 2022'ye kadar uzanan 173 yayının kapsamlı bir incelemesini yapmıştır. Literatür, WMS'nin şehir genelindeki sorunlarını (rota planlama, sistem optimizasyonu ve çevresel etki analizi gibi) ele alan ve akıllı atık kutuları için veri toplama ve iletmeye odaklanan teknolojiler olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Ana katkılar, farklı sensör ve aktüatör teknolojilerini ve bunların çeşitli WMS'lerdeki uygulamalarını özetlemiş, toplanan bilgilerden yararlanan doğrudan ve dolaylı paydaşları belirlemiş ve WMS ile paydaşlar arasında paylaşılan veri türlerini tanımlamıştır. İnceleme ayrıca, atık toplamada karar verme süreçlerini geliştirmek, operasyonel maliyetleri azaltmak, hizmet kalitesini iyileştirmek ve çevresel etkileri azaltmak için IoT tarafından üretilen verilerden daha fazla yararlanma potansiyelini de kabul etmiştir.

Önceki makalemiz [4], WMS'nin genel verimliliğini artırmada önemli bir rol oynayan atık kutusu konumlandırma stratejilerine ilişkin kapsamlı bir inceleme sunmuştur. İncelemenin birincil amacı, bu alandaki karar vericilere değerli bir kaynak sağlamaktır.

Modern akıllı şehirlerde uygulanacak stratejiler için referans noktası. Analizin ana sonuçları, çok sayıda optimizasyon kriteri ve çözüm yaklaşımının kullanıldığını göstermiştir. Bununla birlikte, yalnızca sınırlı sayıda öneri hem atık kutularının konumunu hem de atık toplamayı aynı anda optimize etmiştir. Ayrıca, çok az sayıda çalışma model parametreleriyle ilişkili belirsizliği dikkate almış veya çoklu yaklaşımları entegre etmiştir.

Vishnu ve diğerleri [39], 2007 ve 2021 yılları arasında yayınlanan makalelerden Radyo Frekansı Tanımlama (RFID), Telsiz Sensör Ağları (WSN'ler) ve IoT özellikli sensörler dahil olmak üzere atık yönetiminde sensörler için kullanılan belirli teknolojiler hakkında kapsamlı bir tartışma sunmuştur. Ana sonuç, IoT tabanlı sensörlerin birlikte çalışabilirliği ve düğümlerin dinamik adaptasyonu nedeniyle atık yönetimi uygulamaları için diğer teknolojilerden daha üstün olduğuydu. Ayrıca, LoRaWAN tercih edilen iletişim protokolü olarak belirlenmiştir.

Fang ve diğerleri [40] akıllı şehirler için WMS'de hesaplamalı zeka uygulamasını gözden geçirmiştir. Makale, atık türleri, üretimi ve atık yönetimindeki ilgili konulara genel bir bakış sunmakta ve dokuz bölüme ayrılmaktadır. Pratik yapay zeka uygulamalarının atık yönetimini etkilediği vurgulanmıştır, örneğin akıllı çöp kutusu sistemleri, atık ayırma robotları ve tahmini atık izleme modelleri. Ayrıca, YZ tehlikeli atıkların yönetilmesine, yasadışı çöp boşaltımının azaltılmasına ve atık akışından değerli kaynakların geri kazanılmasına yardımcı olabilir. Makalede ayrıca, mesafe ve maliyetin azaltılması ve toplama verimliliğinin artırılması da dahil olmak üzere yapay zekanın atık lojistiği ve taşımacılığı üzerindeki etkisi tartışılmıştır. Son olarak makale, YZ'nin ekonomik, ekolojik ve akıllı WMS dahil olmak üzere sürdürülebilir bir gelecek aracılığıyla insanlar ve atıklar arasındaki etkileşimi değiştireceği sonucuna varmaktadır.

Salman ve Hasar [41] akıllı WMS ile ilgili 25 makaleyi analiz etmiştir. Çalışmaların çoğu pilot uygulamalarla sınırlı olduğundan, rota optimizasyonu için akıllı kutuları ve gerçek zamanlı bilgi kaynaklarını pratik, gerçek dünya uygulamalarına entegre etmenin zorluğuna dikkat çekilmiştir. Santibañez ve diğerleri [42], döngüsel ekonomi kavramının akıllı şehirlerde uygulanabilirliği ile ilgili 2013 ve 2022 yılları arasında yayınlanan 163 makaleyi analiz etmiştir. İnceleme, analiz edilen makaleler hakkında özel bir tartışma olmaksızın temel olarak bibliyometrik bir analiz sunmuştur. Makale, özellikle atık yönetimi bağlamında, döngüsel ekonomi politikalarının, ürünlerin yeniden kullanımını ve ömrünü tamamlamış ürünlerden değerli malzemelerin geri kazanımını teşvik ederek atık azaltımına nasıl önemli ölçüde katkıda bulunduğunu vurgulamıştır.

Soo ve diğerleri [43] organik atıkların kompostlaştırılmasının geliştirilmesinde makine öğrenimi tekniklerinin uygulanmasını tartışmıştır. Bu tekniklerin uygulanmasıyla lojistik yönetiminin iyileştirilmesi, atık hareketinin ve ayrıştırmanın izlenmesi, iş gücü yoğunluğunun azaltılması ve atık ayrıştırmadan kaynaklanan emisyon seviyelerinin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Bununla birlikte, makine öğrenimi tekniklerinin uygulanması, sınırlı veri kullanılabilirliği nedeniyle zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu engeli aşmak için, inceleme, uç ve sis bilişim yaklaşımlarını kullanarak veri eksikliklerine rağmen etkili bir şekilde eğitilecek sağlam makine öğrenimi modellerine duyulan ihtiyacı vurgulamıştır.

Szpilko ve diğerleri [44] akıllı şehirlerdeki atık yönetimi konularıyla ilgili mevcut ve gelecekteki araştırmaların bibliyometrik bir analizini yapmıştır. Endüstri 4.0'daki teknolojik gelişmeler, e-atık için özel atık zorlukları, dijitalleşme ve döngüsel ekonomi, enerji geri kazanımı ve sürdürülebilir çözümler, atık yönetiminde ulaşım, toplum katılımı ve çevre bilinci, politika geliştirme ve standardizasyon, güvenlik ve gizlilik hususları, yeni çerçeveler ve iş modelleri, atık önleme, ekonomik ve çevresel etki değerlendirmesi ve WMS'nin küresel etkileri dahil olmak üzere gelecekteki araştırmalar için çeşitli potansiyel yönler belirlenmiştir.

Kannan ve diğerleri [45], Dördüncü Sanayi Devrimi'nin bir parçası olarak kabul edilen teknolojileri ve stratejileri (sensörler, IoT, siber güvenlik veya blok zinciri, veri analitiği ve hesaplama zekası) atık yönetiminde uygulayan makalelerin bir incelemesini sunmuştur. Bu

çalışması, Endüstri 4.0 ve atık yönetimi kavramları arasında bir bağlantı kurulmasına öncülük etmiştir. Dört alt başlıktan oluşan akıllı WMS 4.0 paradigması tanıtılmıştır: akıllı insanlar, akıllı şehirler, akıllı işletmeler veya işletmeler ve akıllı fabrikalar. İnceleme, çoğu makalenin akıllı şehirler alt konusuna odaklandığını ve diğer üç alt konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur. İncelemenin sonuçları uzman görüşleri ile de doğrulanmış ve bulgular daha da güçlendirilmiştir.

Şekil 5, akıllı atık yönetimi teknolojileri üzerine yapılan incelemelere ilişkin bulguları özetlemektedir. İncelemeler, akıllı sözleşmelerin kullanımı yoluyla atık yönetiminde gerçek zamanlı izleme, takip ve uyumluluğun iyileştirilmesinde blok zinciri teknolojilerinin umut verici potansiyelini vurgulamıştır. Ayrıca, atık üretimi ve bertaraf davranışlarını tahmin etmek için makine öğrenimi teknikleri, özellikle de YSA uygulanmıştır. Ancak bu yöntemler, gerçek verilerin mevcudiyeti, mevcut veri setlerinin güncel olmaması ve doğruluk ve etkinliklerini değerlendirmek için kıyaslama çalışmalarının eksikliği gibi zorluklarla karşılaşmıştır. Ek A'ya bakınız.

IoT'nin atık yönetimine entegrasyonu iki kategoriye ayrılmıştır: şehir çapında WMS zorlukları ve akıllı çöp kutusu teknolojileri. IoT verileri, karar alma süreçlerini iyileştirmek, maliyetleri azaltmak ve hizmet kalitesini artırmak için önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak, IoT tabanlı akıllı kutularda enerji tüketimini optimize etmek için uygun kablosuz iletişim protokollerinin seçilmesi çok önemlidir.

Yapay zeka uygulamaları atık yönetiminde, özellikle akıllı çöp kutuları, atık ayırma robotları ve tahmine dayalı modellerde potansiyel göstermiştir. Buna ek olarak, atık kutularının konumlarının optimizasyonu kritik öneme sahiptir, ancak genellikle hem toplama hem de belirsizlik faktörlerini aynı anda dikkate almaz. Yerel stratejilerin uygulanması ve akıllı şehir politikalarının geri dönüşüm davranışları üzerindeki etkisi olumlu sonuçlar vermiştir. Genel olarak, gelişmiş teknolojiler (blockchain, IoT, AI) devrim niteliğinde bir potansiyel sunsa da, veri sınırlamaları ve entegre yaklaşımlara duyulan ihtiyaç gibi zorlukları da beraberinde getirmektedir. Akıllı WMS teknolojilerinin yeteneklerinden tam olarak yararlanmak için, gelecekteki araştırmalar bu boşlukları ele almaya ve ölçeklenebilir, kapsamlı çerçeveler geliştirmeye odaklanmalıdır.

Teknoloji	Fırsatlar	Zorluklar
 Akıllı WMS	akıllı kutular akıllı izleme, karar verme akıllı iletişim	enerji tüketimi IoT farklı protokoller bütünleşme
 YAPAY ZEKA	Üretim Tahmini rota oluşturma kutusu konumu	veri kullanılabilirliği belirsizlik bütünleşme
 blok zinciri	akıllı yönetim Uyumluluk ölçeklenebilirlik paydaşların katılımı birlikte çalışabilirlik	bütünleşme

Şekil 5. Mevcut incelemelerde tanımlanan ana kavramların ayrıştırılması.

5. Akıllı Şehirlerde Atık Yönetimi için Yenilikçi Hesaplama Yöntemlerinin İncelenmesi

Bu bölümde, akıllı şehirlerde atık yönetimi için optimizasyon, hesaplama zekası, veri odaklı ve IoT ile ilgili yöntemleri kapsayan hesaplama araçlarındaki son gelişmeler incelenmektedir.

5.1. Konu başlığı: Atık Yönetiminde Hesaplamalı Optimizasyon Yöntemleri

Hesaplamalı optimizasyon yöntemleri, atık toplama ve taşıma rotalarının optimize edilmesi, IoT tabanlı atık toplama ve bertaraf sistemlerinin uygulanması ve atık bilgilerinin önceliklendirilmesi için verimli protokoller ve tipolojiler oluşturulması da dahil olmak üzere verimli atık yönetimi için uygulanmıştır. Akıllı stratejiler ekonomik verimliliği artırmayı amaçlamaktadır.

verimliliğinin artırılması ve WMS'de çevresel etkinin azaltılması. Diğer ilgili optimizasyon problemleri arasında geri dönüşümden elde edilen gelirin en üst düzeye çıkarılması, kaynakların ayırma tesislerinden geri kazanım tesislerine tahsis edilmesi, gayri resmi geri dönüşüm sistemlerindeki kalıpları belirlemek için mekansal analiz yapılması, akıllı e-atık geri dönüşüm sistemlerinin uygulanması, atık kutularının konumlandırılması ve izlenmesi ve diğer uygulamaların yanı sıra atık ayırma ve depolamanın optimize edilmesi yer almaktadır. Ek A'ya bakınız.

5.1.1. Akıllı Atık Yönetimine Uygulanan Rota Optimizasyon Yöntemleri

Monishan ve diğerleri [46] atık toplama ve bertaraf maliyetlerini en aza indirmek için ev tipi çöp kutuları ve otomatik mobil atık toplayıcıları entegre eden IoT tabanlı bir sistem önermiştir. Ev çöp kutuları ve mobil atık toplayıcıları arasındaki en kısa yolu belirlemek için bir yönlendirme algoritması uygulanmıştır. Test yatağı kontrollü bir ortamda iki tür çöp kutusunu birleştiren sentetik bir senaryo üzerinde basit bir deneysel değerlendirme yapılmıştır. Sonuçlar, yaklaşımın IoT destekli atık toplama ve bertarafı için iyi organize edildiğini göstermiştir, ancak gerçek senaryolar üzerinde herhangi bir doğrulama veya dağıtım rapor edilmemiştir.

Idwan ve diğerleri [47], belediye kablosuz ağına bağlı kutulardaki atık seviyesi sensörleri aracılığıyla atık toplama kamyonlarının programını ve rotalarını optimize etmek için akıllı IoT tabanlı bir WMS önermiştir. GA'ya dayalı iki aşamalı bir metasezgisel, minimum sayıda kamyon kullanarak en verimli toplama rotalarını hesaplamıştır. Değerlendirme iki senaryo üzerinden gerçekleştirilmiştir: 115 eşit dağılımlı kutu ile simüle edilen IoT'siz geleneksel bir senaryo ve Islamabad, Pakistan'daki gerçek dünya coğrafi konumları kullanılarak farklı sektörlerden seçilen 64 kutu ile akıllı bir IoT senaryosu. Önerilen yaklaşım, değerlendirilen her iki senaryoda da kamyon toplama süresini ve kat edilen mesafeyi en aza indirerek geleneksel rotalara göre daha iyi sonuçlar elde etmiştir, ancak diğer yöntemlerle karşılaştırma yapılmamıştır. Akıllı kutuların geleneksel rotalarla karşılaştırıldığı gerçek bir doğrulama rapor edilmiştir.

Ahmad ve diğerleri [48] toplama rotası mesafesini ve yakıt tüketimini en aza indirmek ve toplanan atığı en üst düzeye çıkarmak için bir öneri sistemi önermiştir. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), Genetik Algoritma (GA) ve Yarasa Algoritması kullanılarak çözölen kutular dikkate alınarak izin verilen toplam mesafeyi ve zamanı sınırlamak için kısıtlı bir karma tamsayılı doğrusal optimizasyon modeli uygulanmıştır. Değerlendirme, Güney Kore'nin Jeju Adası'ndaki yerel bir bölgeden 2017-2018 yıllarına ait aylık, haftalık ve günlük atık verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PSO, araç yakıt tüketiminin toplam maliyeti ve atık toplama için gereken insan kaynağı sayısı açısından en iyi çözümü hesaplamıştır. Gerçek bir uygulama tarif edilmemiştir.

Hannan ve diğerleri [49] toplama verimliliğini artırmak, toplama maliyetlerini düşürmek ve emisyonları azaltmak için gerçek zamanlı çöp kutusu durumunu kullanan bir sistem önermiştir. Sabit ve değişken rotalama optimizasyon modelleri uygulanmıştır. Sistem, sadece bir depo, iki araç ve Öklid düzleminde rastgele yerleştirilmiş 20 çöp kutusu göz önünde bulundurularak çok küçük bir oyuncak senaryo üzerinde değerlendirilmiştir. Sistem hedeflenen amaçlara ulaşmış ve atık yönetimi sektörü için bir optimizasyon modelinin uygulanabilirliğini göstermiştir. Gerçek bir değerlendirme sunulmamıştır.

Nidhya ve diğerleri [50], veri iletişim gecikmelerini en aza indirmek için hizmet kalitesini (QoS) dikkate alan akıllı bir WMS için verimli bir yönlendirme tekniği önermiştir. Akıllı kutular %90 kapasiteye ulaştığında uzak bir sunucuyu bilgilendirmek üzere mesajların yönlendirilmesi için Geliştirilmiş Rota Seçimi algoritması uygulanmıştır. Daha sonra sistem, kamyonet sürücüsünü tüm dolu kutuları ziyaret ederek çöp sahasına giden en kısa yolu gösteren bir harita ile bilgilendirmiştir. Sistem ns-3 simülatörü aracılığıyla değerlendirilmiş ve çeşitli QoS parametreleri göz önünde bulundurularak mevcut metodolojilere kıyasla iyi performans göstermiştir. Gerçek bir doğrulama rapor edilmemiştir.

Nowakowski ve diğerleri [51], e-atık araçlarının yönlendirilmesi için Araç Yönlendirme Problemi (VRP) olarak modellenen bir metasezgisel yaklaşım önermiştir. Vatandaşlardan gelen talepler doğrultusunda, belirli zaman pencereleri içinde isteğe bağlı toplama noktalarından rotaları optimize etmek için bir Armoni Arama algoritması uygulanmıştır. Değerlendirme rastgele oluşturulan problemler üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Bir evden e-atık alınmasını talep eden gerçek yaşam koşullarını temsil eden örnekler. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın açgözlü, Tabu Arama (TS) ve Benzetilmiş Tavlama (SA) yöntemlerine göre iyileştirmeler gösterdiğini ortaya koymuştur. Gerçek senaryolar üzerinde herhangi bir doğrulama rapor edilmemiştir.

Wu ve diğerleri [52] karbon emisyon maliyetlerini, akıllı kutuları ve atık dolmuş ve güvenilirlik seviyelerini göz önünde bulundurarak ıslak atık toplama ve taşımayı optimize etmişlerdir. Toplam maliyeti en aza indirmek için PSO ve SA'yı birleştiren bir hibrit uygulanmış ve literatürden on veri kümesi içeren üç senaryo üzerinde değerlendirilmiştir. Atık aktarımı farklı güvenilirlik seviyeleri altında iyileşmiştir. Gerçek bir doğrulama sunulmamıştır.

Abdullah ve diğerleri [53] WMS'de kablosuz sensör ağları, mobil ad-hoc ağlar ve IoT cihazları için yol yönlendirmeyi optimize etmek için bir metasezgisel yaklaşım önermiştir. Çeşitli ağ altyapıları için hizmet gereksinimlerini karşılayan verimli bir yol belirlemek için GA ve kırık yolları bağlamak için bir Dijkstra algoritmasını birleştiren hibrit bir metasezgisel uygulanmıştır. Değerlendirme, dört ağ topolojisinin üç senaryosu üzerinden gerçekleştirilmiştir. Doğru sonuçlar, önerilen yaklaşımın en verimli yola ek olarak alternatif yolları da seçtiğini ve Dinamik Kaynak Yönlendirme temel algoritma karşılaştırmasından daha kısa bir mesafe sergilediğini göstermiştir. Gerçek bir doğrulama ya da uygulama rapor edilmemiştir.

Lu ve diğerleri [54], birden fazla atık bertaraf merkezi, transfer istasyonu ve atık kutusu için toplam maliyeti ve iş yükü dengesini optimize etmek için BİT tabanlı bir akıllı atık sınıflandırma ve toplama sistemi önermiştir. Balina optimizasyonu ve GA'yı geliştirilmiş yakınsama ve baskın olmayan sıralama ile birleştiren hibrit iki amaçlı bir metasezgisel uygulanmıştır. Değerlendirme, Pudong, Şangay, Çin'de gerçek dünya senaryosu üzerinden gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistem, çok amaçlı optimizasyon ölçütleri açısından Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması II (NSGA-II) ve Ayrıştırırmaya Dayalı Çok Amaçlı Evrimsel Algoritmadan daha iyi çözümler hesaplamıştır. Gerçek bir uygulama rapor edilmemiştir.

Kshirsagar ve diğerleri [55] IoT sensörleri tarafından toplanan gerçek zamanlı bilgileri kullanarak bir en kısa yol rotalama yöntemi önermiştir. Çalışmada iki temel parametre dikkate alınmıştır: kutuların doluluk seviyesi ve yakın kutular arasındaki mesafe. IoT tabanlı izleme sisteminin metrikleri (uçtan uca gecikme, paket boyutu) atık toplama süreci için gelir fonksiyonunu tanımlamak üzere analize dahil edilmiştir. En kısa yol yönlendirmesi, IoT bilgilerine göre art arda değiştirilen grafikler üzerinden kısıtlamaların tatminini yinelemeli olarak kontrol etmeye dayanıyordu. İlgili parametreleri ve gelir değerlerini analiz etmek için simülasyonlar aracılığıyla basit bir değerlendirme rapor edilmiştir. Gerçek bir doğrulama veya uygulama rapor edilmemiştir.

Ali ve diğerleri [56] atık yönetiminin ekonomik performansını ve çevresel etkisini optimize etmek için bir çerçeve önermiştir. Veri analitiği ve makine öğrenimi modelleri (doğrusal regresyon, çok katmanlı perceptron ve sıralı minimal optimizasyon regresyonu) kullanılmıştır. Sistem, Malaya'nın yerel bir bölgesindeki bir vaka çalışması için toplam hammadde miktarı (gıda, plastik, kağıt ve tarımsal atık), atık dönüştürme teknolojileri türleri ve beklenen nihai ürünler hakkındaki verileri içeren sentetik bir veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Çok katmanlı algılayıcı, 0.7169 korelasyon katsayısı ile test verilerinde en iyi sonuçları hesaplamıştır. Çerçevenin geliştirilmesi üzerinde çalışılmamıştır.

Akbarpour ve diğerleri [57], WMS için taşıma maliyetini en aza indirmek ve geri dönüştürülmüş geliri en üst düzeye çıkarmak amacıyla iki alt modeli çözmek için bir metasezgisel yaklaşım önermiştir. İlk alt model atık toplama rotalarını bulmak için VRP'yi kullanmış, ikinci alt model ise kaynakları ayırma tesislerinden bir dizi geri kazanım tesisine veya düzenli depolama sahasına tahsis etmiştir. Dört metasezgisel algoritma kullanılmıştır: SA, GA, hibrit GA-SA ve hibrit GA-PSO. Problem örnekleri, küçük, orta ve büyük boyutlar dahil olmak üzere on gerçek dünya test senaryosunu tanımlamak için temel bir endüstriyel örnek üzerine inşa edilmiştir. Sonuçlar, GA- PSO yönteminin değerlendirilen senaryolar için uygulanan diğer yöntemlerden daha iyi sonuçlar bulduğunu göstermiştir. Hassasiyet analizi yoluyla kritik parametrelerin doğrulanması rapor edilmiştir.

Bin ve diğerleri [58] çöp kutusu atıklarının toplanması için araç programını ve rotalarını optimize etmek amacıyla metasezgisel yöntemler uygulamıştır. Gerçek zamanlı atık hacmine göre aynı toplama noktası için birden fazla temizlik hizmetine dayanan bölünmüş teslimat VRP için baskın olmayan bir sıralama mekanizması kullanan değiştirilmiş bir Karınca Kolonisi Optimizasyonu (ACO) uygulanmıştır. Sistem, Çin'in Tianjin Wudadao kentinde 23 cadde, 32 toplama noktası, dört tip araç ve dört sınıflandırılmış atık bertaraf istasyonu içeren bir vaka çalışmasında değerlendirilmiştir. Önerilen yaklaşım, geleneksel ACO ve yapay arı kolonisi algoritmasına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışılan alanda sınıflandırılmış atık bertarafı süreci ile gerçek bir doğrulama rapor edilmiştir.

Manoharam ve diğerleri [59] katı atık yönetimi için mesafe ve taşıma maliyetini optimize etmek amacıyla CBS tabanlı bir yaklaşım önermiştir. ArcMap/ESRI Network Analyst yazılımı aracılığıyla TS ve Dijkstra algoritmaları uygulanmıştır. Değerlendirme, Malezya'daki bir sanayi parkında 24 şirketten oluşan gerçek bir örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yaklaşım daha iyi atık toplama rotaları hesaplayarak işletme maliyetini, karbon emisyonunu ve yakıt tüketimini olumlu yönde etkilemiştir. CBS yazılımı kullanılarak yapılan gerçek doğrulama rapor edilmesine rağmen, son teknoloji yöntemlerle karşılaştırma yapılmamıştır.

Mekamcha ve diğerleri [60] atık toplama için kamyon rotalarını optimize etmek için bir metasezgisel yaklaşım önermiştir. TS ve SA, her araç için kısa sürelerde düşük maliyetlerle en iyi yolları bulmak için uygulanmıştır. Değerlendirme, Cezayir'in Tlemcen Şehrinden alınan bilgiler dikkate alınarak 21 atık toplama devresinin gerçek örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, SA yönteminin 21 devrede kat edilen toplam mesafeyi TS'ye göre iyileştirdiğini göstermiştir. Gerçek bir uygulama tarif edilmemiştir.

Shevchenko ve diğerleri [61] akıllı yerel teslimat hizmetlerini kullanan akıllı bir e-atık tersine çevirme sistemi önermiştir. E-atıkların toplanmasını talep etmek için etkileşimli çevrimiçi haritalar kullanılmış ve potansiyel mobil toplama noktaları, taşıma rotalarını optimize etmek için araçlar için aktif konumlara dönüştürülmüştür. Sistem, Sumy, Ukrayna'daki yerel taleplere ve özel taşımalara göre toplama noktalarından oluşan bir veri kümesi üzerinden değerlendirilmiştir. Fayda-maliyet analizinde, toplama araçlarının taşıma rotalarını optimize ederek kullanım ömrünün sonunda tüm elektronik ekipman sahiplerine değer sağladığı rapor edilmiştir. Önerilen sistem, uzmanlaşmış işletmelerin yerel e-atık geri dönüşüm operatörleri için en verimli toplama rotasını seçmiştir. Bununla birlikte, gerçek hayattaki uygulamaya ilişkin spesifik ayrıntılar rapor edilmemiştir.

Saeidi ve diğerleri [62], tehlikeli atık yönetiminin toplam kârını en üst düzeye çıkarmak ve hem CO₂ emisyonlarını hem de görsel kirliliği en aza indirmek için çok amaçlı bir model sunmuştur. Problem kapasitif VRP olarak modellenmiş ve NSGA-III yöntemi uygulanmış ve Taguchi yöntemi ile ayarlanmıştır. Deneysel değerlendirme, Tahran, İran'ın 22 ilçesi için nakliye maliyetini belirlemek üzere bir vaka çalışması üzerinden GAMs yazılımı kullanılarak, farklı boyutlarda rastgele oluşturulmuş 20 örnek için gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın toplam maliyetleri azalttığını ve tehlikeli atık yönetim sistemlerinin karlılığını artırdığını göstermiştir. Gerçek bir doğrulama veya uygulama tanımlanmamıştır.

Salehi ve diğerleri [63] atık toplama yönlendirmesi için IoT kullanan iki aşamalı çok amaçlı bir model üzerinde çalışmıştır. İlk aşamada, çöp kutularının doluluk seviyesi ve toplama araçlarının konumu hakkında gerçek zamanlı IoT bilgileri kullanılarak belirli bir zamanda hangi çöp kutularının boşaltılması gerektiğine karar verilmiştir. Islak ve kuru atıklar, bir ayrıştırma tesisine taşınmak üzere değerlendirildi. Her alanda üretilen atığı belirlemek için sensörler kullanıldı. Rota çizelgesini optimize etmek, rota mesafesini en aza indirmek ve gerekli araç sayısını azaltmak için yeşil kapasiteli VRP çözülmüştür. Optimizasyon süreci, seyahat süresini, yükleme/boşaltma duraklarını, hava ve gürültü kirliliğini ve trafik sıkışıklığını azaltan verimli atık toplama rotaları tasarlamak için ziyaret edilmeyen kutuların sayısını dikkate almıştır. İkinci aşamada, değer geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak, mesafeyi, hava ve görüntü kirliliğini en aza indirmek ve nakliye sırasında uygun bir yük dengelemesini garanti etmek için çok amaçlı yeşil bölünmüş toplama VRP kullanılarak atıklar altı kategoriye (kağıt, plastik, metal, cam, elektronik ve ıslak) ayrılmıştır.

İlk alt model için çeşitli metasezgisel algoritmalar uygulanmış ve CPLEX çözücüsü kullanılarak ikinci alt model için ϵ -kısıtlama yöntemi uygulanmıştır. Deneysel değerlendirme, gerçek IoT verileri kullanılmadan sentetik senaryolar üzerinden gerçekleştirilmiştir. İncelenen algoritmalar doğru sonuçlar elde etmiştir, ancak analiz, en son teknoloji optimizasyon yöntemleriyle bir karşılaştırma yapmamıştır. Buna karşılık, gerçek senaryolar üzerinde herhangi bir doğrulama rapor edilmemiştir.

Burduk ve diğerleri [64] gerçek verileri kullanarak atık toplama rotalama için bir yaklaşım önermiştir. Problemden araçların atık kutuları arasındaki seyahat süreleri ve farklı doluluk oranları dikkate alınmıştır. Problemi çözmek için bir TS ve bir GA önerilmiştir, ancak makalede optimizasyon yöntemlerinin resmi bir açıklaması bulunmamaktadır. Değerlendirme, simülasyonlar ve açıklanmayan şirket verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. IoT sensörleri kullanan bir akıllı çöp kutusu prototip tasarımı tanıtılmış, ancak uygulamanın belirli ayrıntıları sunulmamıştır. Geliştirilen algoritmaların çeşitli varyantları incelenmiş, ancak diğer yöntemlerle karşılaştırma yapılmamıştır. Gerçek bir doğrulama veya uygulama tarif edilmemiştir.

Ghahramani ve diğerleri [65] akıllı araç rotalama stratejileri ile mekânsal kısıtlamaları içeren akıllı çöp toplama için IoT tabanlı bir model önermiştir. Problem, ayrık ve sürekli optimizasyon problemleri olarak modellenmiştir. Problem çözme yaklaşımı, GA'nın her iterasyonunda ilgili maliyeti hesaplamak için GA ve YSA'yı kullanmıştır. Değerlendirme, Docklands, Dublin'deki çöp kutularının gerçek dünya örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrık model, uzamsal optimizasyon ve hesaplama süresi açısından sürekli modelden daha üstündür, ancak analiz, son teknoloji ürünü sürekli yöntemlerle karşılaştırılmamıştır. Bir vaka çalışmasının görsel doğrulaması rapor edilmiştir.

Abdullah ve diğerleri [66] organik ve tıbbi atık toplama ve taşımayı optimize etmek için IoT tabanlı bir sistem önermiştir. Sistem, bir akıllı çöp kutusu artık boş alan oranının eşik değerini aştığında mesaj almıştır. Problem, hedefe giden rota boyunca tüm akıllı kutuları dikkate alan bir kısıt tatmin modeli olarak formüle edilmiştir. Problemi çözmek için bir GA önerilmiştir. Değerlendirme, Suudi Arabistan'ın Khalidiyah bölgesinde 1000 m² alan üzerinde 50 lokasyonda tek bir atık türünü taşıyan tek bir kamyonu içeren bir vaka çalışması üzerinden gerçekleştirilmiştir. Problem örneği, kaynak atık konumlarına ve kamu hizmet alanlarına odaklanarak akıllı çöp kutusu durumu ve türü gibi atık bilgilerini içeriyordu. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın operasyonel verimliliği artırdığını ve her iki atık türü için ziyaret edilmesi gereken konum ve akıllı kutu sayısını %46 oranında azalttığını göstermiştir. Tüm konumlara günlük ziyaretler gerektiren geleneksel ve mevcut sistemlerin karşılaştırıldığı gerçek bir doğrulama rapor edilmiş, ancak diğer yöntemlerle karşılaştırma yapılmamıştır. Hu ve diğerleri [67] sürdürülebilir atık toplama rotalarını belirlemek için bir çerçeve önermiştir.

PSO ve GA'yı birleştiren hibrit bir çok amaçlı metasezgisel, sınıflandırma altındaki farklı atık toplama modları için uygulanmıştır. Değerlendirme, Çin'in Jiangsu Eyaleti, Zhangjiagang Şehrinden alınan gerçek örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Önerilen çerçeve, hiper hacim, hata oranı ve yürütme süresinde NSGA-II'ye göre daha iyi çözüm verimliliği ve kalitesi elde etmiştir. Çin'de atık sınıflandırmada öncü olan Zhangjiagang Şehri vaka çalışmasının bir doğrulaması rapor edilmiştir.

Barth ve diğerleri [68] atık kutusu sensör modüllerini kullanarak maliyet tasarrufu ve hizmet kalitesi arasında bir değiş tokuş WMS modeli önermiştir. Atık toplama sıklığını ve toplama rotasına dahil edilen atık kutularının sayısını doluluk seviyelerine göre ayarlayarak maliyetleri düşürmek için ayrık olay simülasyon unsurlarına sahip ajan tabanlı bir simülasyon modeli uygulanmıştır. Değerlendirme, Anylogic yazılımı kullanılarak 98 atık kutusu içeren bir İsviçre belediyesinden alınan veri kümesi üzerinde simülasyonlar yoluyla gerçekleştirilmiştir. Önerilen model, hizmet kalitesinden ödün vermeden maksimum çöp kutusu doluluk seviyesinin %50'sinin altındaki değerlerde bile önemli maliyet tasarrufları sağlamıştır. Gizlilik nedeniyle herhangi bir doğrulama rapor edilmemiştir.

Saha ve Chaki [69], COVID'den etkilenen hanelerden atık toplamak için IoT tabanlı akıllı WMS için bir çerçeve önermiştir. Çerçeve üç adımda çalışmaktadır: akıllı çöp kutusu dağıtımı, QoS'ye dayalı uygun maliyetli atık seviyesi izleme için hibrit bir ağ mimarisi ve akıllı çöp kutuları ile atık toplayıcılar arasında en kısa yol hesaplaması. Değerlendirmede, iki kamu bölgesi ve iki yerleşim alanında COVID'den etkilenen sakinlere ilişkin kamusal ve biyolojik olarak parçalanamayan atık kutularından elde edilen veriler kullanılmıştır. Çerçeve, dinamik atık toplama planlaması ve rota optimizasyonu sunarak kentsel alanlarda üretilen atıkların işlenmesi için verimli bir çözüm sağlamıştır. Kamu ve yerleşim bölgelerindeki çöp kutularını verimli bir şekilde yönetmek için hibrit ağ mimarisi stratejisinin bir doğrulaması rapor edilmiştir. Önerilen çerçevenin genelleştirilmesi çalışmamıştır.

Bouleft ve Elhilali [70] atık toplamada çöp kutusu kapasitesinin aşılması durumunda ceza maliyetlerini de dahil ederek toplam taşıma maliyetlerini minimize etmek için bir metasezgisel yaklaşım önermiştir. Her bir bölmede bir sensör ile donatılmış her bir akıllı çöp kutusu için ayrı atık toplamada dinamik çok bölmeli VRP için hibrit bir GA uygulanmıştır. Değerlendirme, Valorsul Com-pany'den bir çöp kutusuna karşılık gelen her istasyondaki farklı atık türlerinin atık miktarlarının gerçek zamanlı verileriyle oluşturulan gerçek dünya örnekleri üzerinde CPLEX kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Önerilen yaklaşım, çok bölmeli problem için en verimli rotayı seçerek en az bir konteynerin %70 kapasiteye eşit veya daha yüksek bir doluluk seviyesine sahip olmasını sağlamıştır. Son teknoloji optimizasyon yöntemleriyle karşılaştırma yapılmamıştır.

Boudanga ve diğerleri [71] atık ayrıştırma, depolama ve arıtma işlemlerini optimize etmek için işbirliği ve teknolojik gelişmeleri entegre eden yeni bir tıbbi atık yönetimi yaklaşımı önermiştir. Tıbbi atıkların toplanması ve dağıtımı için önerilen araç rotalama optimizasyon yaklaşımında sensör tabanlı sistemler, GPS özellikli araçlar ve açıklanabilir yapay zeka kullanılmıştır. Deneysel değerlendirme, Kazablanka, Fas'taki bir vaka çalışmasına dayanarak, on arıtma merkezi ve 250 birim kapasiteli dört atık taşıma aracı ile gerçek dünya örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama, tıbbi atıkların dolum seviyesini tahmin etmek için scikit-Learn çerçevesinden karar ağaçları ve Random Forest (RF) modellerini kullandı ve atık yönetimi için şeffaf ve güvenilir bilgiler sağladı. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın operasyonel verimliliği artırdığını, maliyetleri düşürdüğünü ve daha iyi kaynak kullanımını teşvik ettiğini göstermiştir. Sentetik bir veri kümesi ve gerçek dünya veri kümesi üzerinde bir doğrulama gerçekleştirilmiş, ancak diğer yöntemlerle karşılaştırma yapılmamıştır.

Rahmanifar ve diğerleri [16] atık toplama yönetimini optimize etmek için metasezgisel bir yaklaşım önermiştir. Atık seviyelerini izlemek için çöp kutularına yerleştirilmiş IoT cihazlarından alınan gerçek zamanlı veriler kullanılmıştır. Optimizasyon süreci, atıkların toplanması, ayrıştırma merkezlerine taşınması ve geri dönüşüm merkezlerine aktarılması için iki aşamalı bir VRP'yi içeriyordu. İlk adımda taşıma maliyetleri ve CO₂ emisyonları en aza indirilmiştir. İkinci adımda ise yüksek kapasiteli araçların taşıma maliyeti en aza indirilmiştir. Deneysel değerlendirme, farklı boyutlarda (kutu sayısı ve düşük kapasiteli araçlar) on beşten fazla sentetik örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Başlangıç çözümünü ve her turun ilk kutusunu bulmak için dokuz sezgisel yöntem kullanılmıştır. Rotaların diğer düğümleri en yakın komşu stratejisine göre belirlenmiştir. Meta sezgisel optimizasyon SA ve Sosyal Mühendislik Optimizer'ı uygulamıştır. Deneysel sonuçlar SEOH5 ve SAH4'ün en uygun maliyetli rotaları hesapladığını göstermiştir. Gerçek bir doğrulama veya uygulama rapor edilmemiştir.

Pollak ve diğerleri [72] otonom boşaltma sürecini verimli bir şekilde yönetmek ve çöp kutusu dolum seviyelerini tahmin etmek için bir yaklaşım önermiştir. Otonom robotlar, rota planlaması boyunca farklı dolum oranları varsayarak atık toplamak için kullanılmıştır; bu nedenle, enerji tüketimini en aza indirmek çok önemlidir. Problem, rota planlaması için ağgözlü bir algoritma ve kutuların doluluk seviyelerini tahmin etmek için XGBoost ikili sınıflandırıcı kullanılarak çözülmüştür. Deneysel değerlendirme, James-Simon ve Monbijoupark, Berlin'deki gerçek dünya operasyonel hizmet alanından 49 kutu ile oluşturulan sentetik veri kümeleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar

XGBoost ikili sınıflandırıcısının dolum seviyelerini tahmin etmede %59'luk bir taban çizgisine kıyasla %82'lik bir doğruluk elde ettiğini göstermiştir. Tahmin edilen dolum seviyesi verilerinin rota planlamasına dahil edilmesi operasyon süresini %26, enerji tüketimini ise %31 oranında azaltmıştır. Robotlara verimli enerji ve zaman sağlamak için herhangi bir rota optimizasyon yöntemi üzerinde çalışılmamıştır.

5.1.2. Atık Yönetiminde Veri Analitiği ve Diğer Optimizasyon Problemleri

Ali ve diğerleri [73] kentsel alanlarda atık kutularının izlenmesi ve katı atıkların toplanması için IoT tabanlı akıllı bir WMS önermiştir. Önerilen sistemde elektrikli atık kutularını kablosuz olarak izlemek ve kontrol etmek için IoT cihazları kullanılmış ve kutuların boyut ve mesafeye göre optimum dağılımını belirlemek için istatistiksel bir model kullanılmıştır. Sistem, doluluk seviyelerini tahmin etmek ve Suudi Arabistan'ın Najran Şehrinden aylık ve yıllık atık hacmini tahmin etmek için toplanan verilerden oluşan bir veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. İyi bilinen mevcut sistemlerle bir karşılaştırma rapor edilmiştir. IoT cihazlarının kullanılması, önerilen sistemin IoT olmayan yöntemlere kıyasla atık toplamada daha iyi verimlilik elde etmesini sağlamıştır.

Lee ve diğerleri [74], özellikle nüfus demografisi, atık seviyeleri ve kentsel planlama ile ilgili olarak ve hurdacıların yaygınlığına odaklanarak, kayıt dışı geri dönüşüm sistemi içindeki kalıpları belirlemek için bir CBS mekansal analiz yaklaşımı önermiştir. Güney Kore'nin Seul ve Dae- jeon kentlerindeki belirli bölgelerdeki hurdacı sayısını tahmin etmek için doğrusal bir regresyon modeli uygulanmıştır. Değerlendirme, Kore web portalından toplanan hurdacıların yeri hakkındaki bilgiler ile hurdacı sahipleri, şehir planlama araştırmacıları ve hükümet yetkilileriyle yapılan görüşmeleri birleştiren bir veri seti üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, politika değişikliklerine rağmen, kayıt dışı atık toplamanın neredeyse her nüfuslu bölgede var olmaya devam ettiğini ve bu hurdacıların mekansal yerleşiminin nüfus de- mografisi, incelenen alanın mekansal özellikleri ve baskın endüstrilerle ilişkili olduğunu göstermiştir. Mekansal analiz, resmi ve gayri resmi sektörlerin mekansal örüntülerini ayırmada zorluklar ortaya koymuştur.

Chen ve diğerleri [75] atık üretimini ve aktarma maliyetlerini en aza indirmek için IoT'ye dayalı bir optimizasyon yaklaşımı önermiştir. NSGA- temelli çok amaçlı bir model uygulanmıştır.

II. Ward kümeleme yöntemi, atık üretim noktalarını transfer istasyonları ile gruplamak için uygulanmıştır. Değerlendirme, Çin'in Huangshi kentinin üç idari bölgesinden alınan bilgileri içeren bir örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Önerilen yaklaşım doğru sonuçlara ulaşmış ve Huangshigang bölgesinde beş, Xisaishan bölgesinde dört ve Xialu bölgesinde dört olmak üzere Huangshi'de on üç atık transfer istasyonu inşa edilmesini önermiştir. Ancak analiz, son teknoloji optimizasyon yöntemleriyle bir karşılaştırma yapmamıştır. Çin'de pratik bir uygulama ile bir doğrulama rapor edilmiştir.

Kaya ve diğerleri [76], kentsel katı atıklardan termal dönüşüm yoluyla elde edilen enerjiyi tahmin etmek için atıktan enerjiye bir çerçeve önermiştir. Tahmin edilen günlük atık verileri ve atık karakterizasyon bilgileri kullanılarak bir transfer istasyonunda üretilen enerjiyi tahmin etmek için bir Gradyan artırma makine öğrenimi modeli uygulanmıştır. Çerçeve, meteorolojik ve sosyo-ekonomik özellikler dikkate alınarak İstanbul Atık Yönetimi ve Şehir Temizliği Merkezi'nden alınan gerçek bir veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Doğruluk sonuçları, önerilen çerçevenin literatürde halihazırda kullanılan makine öğrenimi modellerine kıyasla %2'den %19'a kadar iyileştirdiğini göstermiştir. Gerçek bir atıktan enerjiye doğrulama rapor edilmemiştir.

Ahire ve diğerleri [77], uygun potansiyel düzenli depolama sahalarını belirlemek için CBS tabanlı bir çok kriterli karar analizi (MCDA) önermiştir. Çalışma, ArcGIS yazılımı ve uydu görüntüsü mozaïği ve keskinleştirme için ERDAS Imagine 2018 yazılımını kullanarak mekansal analizi birleştirmiştir. Analiz, birincil uydudan alınan multispektral görüntüler ve Maharashtra, Hindistan'daki Nashik ve Çevresi belediyelerinden 30 m mekansal çözünürlüğe sahip Dijital Yükseklik Modeli ile değerlendirilmiştir. Önerilen analiz, tutarlılık oranının kesinliğine ulaşarak belediye şirketinin yakınındaki boş arazide ve nüfuslu alanlardan uzakta bulunan 15 potansiyel düzenli depolama sahasını göstermiştir. Gerçek bir uygulama tarif edilmemiştir.

Shahab ve Anjum [78], görüntülerde sokaklardaki ve yol kenarlarındaki atık çöplüklerini tanımlamak ve bulmak için çok yollu bir Evrişimsel Sinir Ağı (CNN) uygulayan bir yaklaşım önermiştir. Yaklaşım iki adım gerçekleştirmiştir: atık ve atık olmayanları kategorize etmek için ikili bir sınıflandırma ve atık olarak sınıflandırılan görüntülerde bir maske oluşturarak atık bölgelerini bulmak için bir sınıflandırma. Değerlendirme, internetteki çeşitli kaynaklardan derlenen ve bir kamera aracılığıyla çekilen atık ve atık olmayan türleri içeren 12.000 görüntüden oluşan bir veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Önerilen yaklaşım %98,33'lük bir sınıflandırma doğruluğuna ulaşarak atık bölgelerinin yerinin tespit edilmesi için uygun olduğunu göstermiştir. Gerçek bir uygulama rapor edilmemiştir. Roshan ve Rishi [79], akıllı bir WMS'de IoT'ye dayalı olarak sürekli atık izleme ve bertarafı için bir yol seçimi yönlendirme protokolünü optimize etmiştir. Seline Trustworthy tabanlı TSP algoritması olarak adlandırılan yaklaşım, kutulardaki atık seviyesi hakkında daha hızlı veri iletişimi sağlamak için bir IoT ağı üzerinde çalışarak zamanında bertaraf edilmesini sağlamıştır. Yaklaşım, 50, 100, 150 ve 200 düğümlü problem örnekleri için MATLAB kullanılarak simüle edilmiştir. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın Yapay Arı Kolonisi, ACO ve PSO gibi geleneksel yöntemlere göre gecikme, verim, enerji ve paket teslim oranı gibi ölçütlere dayalı olarak iyileştirdiğini göstermiştir. Kesin sonuçlar, önerilen yaklaşımın %99'luk bir maksimum paket teslim oranı, 0,11 sn'lik bir minimum gecikme ve maksimum 38.400 kbps'lik verim. Gerçek bir doğrulama ya da uygulama rapor edilmemiştir.

Ijmaru ve diğerleri [80] akıllı şehirlerde atık yönetimi için Araçların İnternetini (IoV) kullanmıştır. Araçlar, enerji verimliliğini optimize etmek için fırsatçı mobil veri toplayıcıları olarak kullanılmıştır. IoV ve büyük veri altyapısı, otonom operasyon için gömülü zeka, siber-fiziksel sistemler ve veri iletişim sistemlerinden yararlanmak için kullanılmıştır. Ağ topolojisi statik kaynak düğümleri (sensörlerle gömülü akıllı atık kutuları), mobil düğümler (toplama araçları) ve alıcı düğümlerden (büyük veri toplama merkezleri) oluşmuştur. Akıllı kutulardan toplanan veriler büyük veri merkezlerine iletilmiştir. Daha kısa rota seçimine dayalı bilinen dört iletişim yönlendirme protokolü simülasyonlar aracılığıyla değerlendirilmiştir. Sonuçlar, yaklaşımın enerji açısından verimli olduğunu, ancak uygulama ölçeklenebilirliği ve esnekliği, gecikme kısıtlamaları, güvenlik kimlik doğrulaması, karmaşıklık, cihazlar arasında uyumsuzluk, kritik uygulamalarda güvenilirlik ve hareketlilik zorluklarına bağlı olduğunu göstermiştir. Daha sonra yazarlar, WMS'de fırsatçı IoV veri toplama için bir sürü zekası yaklaşımı önermişlerdir [81]. Gecikme sürelerini en aza indirmek ve veri toplama için enerji tüketimini optimize etmek için dört sürü zekası tabanlı yönlendirme protokolü incelenmiştir. Değerlendirme, paket teslim oranı, verim, ağ ömrü, enerji tüketimi, enerji verimliliği ve gecikme gibi farklı ölçütler kullanılarak her bir yönlendirme protokolü üzerinde on simülasyon aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, Geliştirilmiş Enerji Verimli Karınca tabanlı yaklaşımın test edilen diğer yöntemlere göre üstün olduğunu göstermiştir. Son teknoloji optimizasyon yöntemleriyle karşılaştırma yapılmamıştır. Gerçek bir doğrulama veya uygulama rapor edilmemiştir.

Demircan ve diğerleri [82] akıllı şehirlerde sürdürülebilir WMS için bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımı önermiştir. Yaklaşım, bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak ideal çözümü elde etmek için bulanık analitik hiyerarşi sürecini ve benzerliğe göre tercih sıralaması için bulanık tekniği birleştirmiştir. Değerlendirme, akademi, özel sektör ve kamu sektöründen on uzmanla yapılan görüşmelerden elde edilen sentetik bir veri seti üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, yetkililerin sürdürülebilir atık yönetimi stratejilerini uygulamadan önce operasyonel fizibilite ve ilk yatırım maliyetlerini göz önünde bulundurmaları gerektiğini ortaya koymuştur. Gerçek bir doğrulama veya uygulama rapor edilmemiştir. Pellatt ve Palfreman [83] katı atık yönetimi hizmet performansını artırmak için akıllı bir teknoloji çözümü önermiştir. Verileri analiz etmek ve önerilen sistemin uygulanmasından etkilenen çeşitli parametrelerde hizmet sağlayıcı ve yerel otorite üzerindeki etkiyi gözlemlemek için tanımlayıcı bir istatistik yöntemi uygulanmıştır. Değerlendirme, Dar-es-Salaam, Tanzania'dan 421 vatandaş anketinden oluşan bir veri seti üzerinden gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistem toplam gelir tahsilatını artırmıştır.

Uygulama sonrası, önerilen sistemin doğrulanması. Ancak, çöp toplama ücretleri oranlarındaki artış ile işlem kapsamı arasında bir uyumsuzluk vardı.

Aloui ve diğerleri [84] genel ve kapsamlı bir bağlam ontolojisine ve akıllı konteynerlere dayalı bir WMS önermiştir. Önerilen WMS, çeşitli atık bağlamlarını, hedeflerini ve faaliyetlerini göz önünde bulundurarak akıllı ve uyarlanabilir bir IoT sistemi kullanmıştır. Sistem, Suudi Arabistan'ın Cidde Belediyesi'nden atık üretimi, toplanması, dönüştürülmesi ve ayrıştırılmasına odaklanan günlük ve aylık atık toplama raporları aracılığıyla oluşturulan sentetik bir veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Akıllı sensörler ve IoT teknolojileri, gerçek zamanlı verileri toplayıp izleyerek yöneticilerin atık toplama yoğunluklarını bertaraf etmesine, azaltmasına, yeniden kullanmasına ve önlemesine olanak sağlamıştır. Önerilen sistem, kullanıcı etkileşimi yoluyla optimum yollar ve iyileştirilmiş toplama noktaları oluşturmuştur. Gerçek bir doğrulama rapor edilmemiştir.

5.2. Konu başlığı: WMS'de Hesaplamalı Zeka ve IoT

Bu alt bölümde, akıllı şehirlerde atık yönetimi için hesaplamalı zeka yöntemlerini ve IoT teknolojilerini uygulayan makaleler incelenmektedir. Ek A'ya bakınız.

5.2.1. Akıllı Atık Yönetimine Uygulanan Blockchain

Sen Gupta ve diğerleri [85] geleneksel WMS ile bağlantılı zorlukları ele almış ve akıllı atık kutuları kullanarak akıllı planlama için blok zinciri ve İş Süreci Modeli ve Notasyonu kavramlarını uygulayan bir yaklaşım önermiştir. Sürece dahil olan varlıkların işlevselliğini ifade etmek için farklı aşamalar ve algoritmalar önerilmiştir: atık boşaltma, kutuların durumunu algılama ve güncelleme, yakındaki araçları bulma, bildirim gönderme, araçların durumunu güncelleme ve yanıt gönderme, toplama bildirimleri oluşturma, atık toplama, ayrıştırma durumunu ayarlama, kullanıcıya teşvik aktarma ve bertaraf için en iyi rotayı bulma. Varlıkların birlikte çalışabilirliği de açıklanmıştır. Önerilen akıllı WMS'yi geleneksel bir strateji ile karşılaştıran ve geleneksel WMS'nin sınırlamalarını ele almak için blok zinciri teknolojisini kullanmanın faydalarını vurgulayan bir vaka çalışması sunulmuştur.

Kuok ve Promentilla [86] akıllı şehirlerde atık yönetimi için blok zinciri teknolojilerinin benimsenmesini incelemiştir. Literatür taramasına ve uzmanların görüşlerine göre blok zincirinin benimsenmesi için belirlenen engeller arasındaki ilişkileri analiz etmek üzere analitik bir ağ süreci geliştirmek için T-Spherical Neutrosophic Fuzzy Decision Making Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı uygulanmıştır. Phnom Penh, Kamboçya'da bir vaka çalışması sunulmuştur. Sayısal sonuçlar, belirlenen engeller için akor diyagramları ve ana sorunlar için nedensel bir harita uygulanarak niceliksel olarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, blok zinciri çözümleri için fiziksel altyapıyı geliştirmeye yönelik yatırımları teşvik etmek ve sağlam bir yasal veri gizliliği çerçevesi uygulamak için politika müdahalesinin önemini göstermiştir. Liu ve diğerleri [87] blok zinciri uygulayarak inşaat atık bilgilerini yönetmek için bir çerçeve önermiştir. Ana hedef, paydaşlar için bir kredi sistemi aracılığıyla inşaat atıklarının geri dönüşüm sürecini optimize etmek için blok zinciri uygulamaktır. İlgili paydaşların sorumluluk ve sahipliklerini belirlemek ve değer katkılarını hesaplamak için akıllı sözleşmeler uygulanmıştır. Bilgi alışverişi farklı seviyelerde (kullanıcı, uygulama, hizmet ve altyapı) incelenmiştir. Tartışmada, paydaşların bilgi ve değer katkısının şeffaflığı ve izlenebilirliği, inşaat sektöründe blok zinciri teknolojilerinin uygulanmasının zorlukları ve teorik ve pratik yaklaşımlar incelenmiştir.

Geliştirilen yaklaşımın pratik katkıları. Gerçek bir değerlendirme rapor edilmemiştir.

Santhuja ve Anbarasu [88] e-atık yönetimi için blok zinciri, akıllı sözleşmeler, döngüsel ekonomi, IoT ve LoRa uygulamıştır. Toplama planlama politikalarını tanımlamak için ilgili verileri merkezi bir sunucuya iletmek üzere sensörler kullanılarak bir izleme altyapısı önerilmiştir. E-atık toplama ve taşıma süreçleri için akıllı sözleşmeler uygulanmıştır.

ve sürdürülebilirlik için blok zinciri tabanlı bir yaklaşım uygulanmıştır. İlgili göstergelerin hesaplanması açıklanmış, ancak önerilen sistemin değerlendirmesi yapılmamıştır. Hui ve diğerleri [89], blok zinciri teknolojisinin sistem şeffaflığını artırarak ve p a y d a ş l a r arasında güveni teşvik ederek atık yönetimini nasıl geliştirebileceğine dair kısa bir tartışma sunmuştur. Ancak yazarlar, sürecin geçerliliğini sağlamak için verilerin sisteme tanıtılması için yerleşik bir protokolün gerekliliğini vurgulamışlardır. Makale, dolandırıcılığı tespit etmek, atık üretimini tahmin etmek ve atık toplamayı optimize etmek için atık yönetiminde yapay zeka ve derin öğrenme uygulamalarını kısaca tartışmıştır. Sadece tanımlayıcı analizler yapılmıştır. teklif edildi. Gerçek bir doğrulama veya uygulama tartışılmamıştır.

5.2.2. Atık Tanımlama ve Sınıflandırma

Mittal ve Mittal [90] bulut bilişim kullanarak atık ayrıştırma için genel bir yaklaşım önermiştir. Atıkları analiz etmek için taşınabilir bir nem sensörü kullanılması önerilmiştir. Bir ESP8266 çip üzerinde sistem kullanarak Raspberry Pi üzerinden veri analizi için Hadoop kullanarak Map-Reduce uygulayan bulut tabanlı bir işleme yöntemi önerilmiştir. Belirli bir gösterge veya metrik tanımlanmamıştır. Hiçbir deneysel doğrulama rapor edilmemiş ve hiçbir sonuç bildirilmemiştir.

Kumar ve diğerleri [91], darknet-53 çerçevesinde YOLOv3 YSA kullanarak farklı atık türlerini tanımlamak ve ayırmak için derin öğrenme uygulamasıdır. Eğitim ve doğrulama deneylerinde atıkların altı sınıfa ayrılması dikkate alınmıştır: organik, cam, kağıt, metal, plastik ve karton. Önerilen derin öğrenme modeli, tüm sınıflar için ortalama %85'in üzerinde ve kağıt hariç tüm sınıflar için %90'ın üzerinde hassasiyetle doğru sonuçlar hesaplamıştır. Sonuçlar, dokuz test görüntüsünden altısında atıkları doğru tespit edemeyen YOLOv3-tiny'ye göre önemli ölçüde iyileşmiştir. Buna karşılık, YOLOv3 modelinin Birlik üzerinde en iyi Kesişim değeri %67'dir, bu da bu metrikle ilgili olarak iyileştirilecek alan olduğunu göstermektedir. Önerilen yaklaşım, akıllı şehirler bağlamında geri dönüşüm ve bertarafa katkıda bulunmuştur. Bununla birlikte, deneyler geçici bir veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiş ve son teknoloji sınıflandırma yöntemleriyle karşılaştırmalar rapor edilmemiştir.

Alqahtani ve diğerleri [92] insan faaliyetlerinin tespiti ve atık yönetimi sınıflandırması için IoT tabanlı bir sistem önermiştir. Özellik çıkarımı, ölçek değişmez dönüşüm ile gerçekleştirilmiştir. Özellikler arasındaki uzun vadeli bağımlılıkları öğrenmek için atık tanımlama için tekrarlayan bir YSA uygulanmıştır. Ağırlıkları optimize etmek için guguk kuşu araması uygulanmıştır. Değerlendirme, TrashNet görüntü veritabanından alınan ve plastik, cam, karton, kağıt, çöp ve metal olmak üzere altı sınıf içeren sentetik bir veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistem, sınıflandırma için diğer hesaplamalı zeka yöntemlerine göre gelişme göstererek yüksek doğruluk sonuçları elde etmiştir. Bununla birlikte, karşılaştırmaya son teknoloji ürünü atık sınıflandırıcıları dahil edilmemiştir. Gerçek bir doğrulama veya uygulama rapor edilmemiştir.

Gondal ve diğerleri [93] atık sınıflandırması için iki makine öğrenme modelini birleştiren gerçek zamanlı bir sistem önermiştir. İkili sınıflandırma için çok katmanlı bir algılayıcı ve sınıflandırma için bir CNN uygulanmıştır. Sistem, atıkları kategorize etmek için bir montaj hattında gerçek zamanlı olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Görüntüler entegre bir kamera tarafından alınmış ve iş akışını kontrol etmek ve izlemek için sensörler kullanılmıştır. Geçici bir görüntü seti için doğru sonuçlar rapor edilmiştir, ancak karşılaştırmalı analiz yalnızca önceki bir ilgili çalışmayı içermiştir. Açıklamadan, ikili sınıflandırma için neden çok katmanlı bir algılayıcıya ihtiyaç duyulduğu açık değildir. Gerçek bir uygulama veya vaka çalışması sunulmamıştır.

Adeleke ve diğerleri [94] organik, kağıt, plastik ve tekstil atıklarının kış ve yaz değişkenliğini tahmin e t m e k için bir YSA önermiştir. Değerlendirme, Güney Afrika'nın Johannesburg kentinde 2015 yazından 2016 kışına kadar organik, kağıt, plastik ve tekstil atık akışlarını içeren atık karakterizasyonunun sin- tik bir veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

On eğitim algoritması, dört etkinleştirme fonksiyonu ve farklı YSA mimarileri için doğru sonuçlar rapor edilmiştir. Levenberg-Marquardt algoritması, ölçeklendirilmiş eşlenik gradyan geri yayılımı ve esnek geri yayılım en iyi sonuçları hesaplamıştır.

Al Duhayyim ve diğerleri [95] atık tespiti ve sınıflandırması için derin öğrenme uygulayan bir sistem önermiştir. Önerilen yaklaşım iki aşamada çalışmıştır: algılama için DenseNet tabanlı bir Maske Bölgesel CNN uygulanmış ve sınıflandırma için takviye kullanan derin bir Q-öğrenme YSA uygulanmıştır. Hiperparametrelerin ayarı bir yusufçuk optimizasyon algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistem, Kaggle havuzundan (karton, cam, plastik, kağıt, metal ve genel çöp sınıfları) bir kıyaslama sınıflandırma veri kümesi üzerinde simülasyonlar yoluyla değerlendirilmiştir. Doğruluk sonuçları, önerilen sistemin diğer YSA tabanlı yöntemlere göre daha iyi olduğunu göstermiştir. Gerçek bir değerlendirme sunulmamıştır.

Mohammed ve diğerleri [96], YSA ve özellik füzyon tekniklerine dayalı olarak atıkların sınıflandırılmasını ve sınıflandırılmasını önermiştir. Özellik çıkarımı füzyon skorları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan YSA hakkında hiçbir ayrıntı verilmemiştir. Doğrulama deneyleri, altı atık kategorisini kapsayan Google Görseller ve Flickr'dan manuel olarak elde edilen bir veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Diğer yöntemlerle bir karşılaştırma rapor edilmiştir, ancak son teknoloji derin öğrenme modeli dikkate alınmamıştır. Gerçek bir uygulama tarif edilmemiştir.

Zhang ve arkadaşları [97] veri yeniden işleme, AlexNet CNN mimarisini kullanarak özellik çıkarma, Derin İnanç Ağı kullanarak atık üretimi tahmini ve Optuna çerçevesini kullanarak otomatik hiperparametre optimizasyonunu birleştirerek atık sınıflandırması için hibrit bir derin öğrenme modeli tasarlamıştır. Model, yalnızca iki kategoride (geri dönüştürülebilir ve diğerleri) sınıflandırma için Kaggle'da bulunan ImageNet'ten bir görüntü veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Değerlendirme, önerilen yaklaşımın diğer beş son teknoloji öğrenme yöntemiyle karşılaştırıldığında rekabetçi sonuçlar elde ettiğini doğrulamıştır. Gerçek bir uygulama değerlendirmesi önerilmemiştir.

Akıllı şehirlerdeki otomatik problemlerin basit bir uygulaması olarak Malik ve diğerleri [98] atık sınıflandırması için bir CNN sunmuştur. Biyolojik olarak parçalanabilen ve biyolojik olarak parçalanamayan katı atıkların birden fazla kategorisi dikkate alınmış ve Google'dan ImageNet üzerinden eğitilen EfficientNet-B0 [99] kullanılarak bir transfer öğrenme yaklaşımı uygulanmıştır. Kaggle'dan alınan görüntülerden oluşan bir veri kümesi üzerinde değerlendirilen EfficientNet-B0 kullanan transfer öğrenme yaklaşımı, düşük çözünürlüklü bir kamera kullanılarak çekilen ev eşyalarının görüntülerini sınıflandırmada yüksek doğruluk elde etmiştir. Makale, sınırlı kaynaklar kullanarak akıllı atık sınıflandırmasının dağıtımının basit bir örneğini sunmuştur, ancak resmi bir analiz veya gerçek uygulama açıklanmamıştır.

Udayakumar ve diğerleri [100] atık sınıflandırması için bir derin öğrenme yaklaşımı önermiştir. Sınıflandırıcı, nesne algılama için Tek Atış Algılama (SSD) ve özellik çıkarma için bir MobileNetV2 CNN uygulamıştır. Hiperparametre ayarı için GA ve PSO'yu birleştiren hibrit bir metasezgisel uygulanmıştır. Son olarak, kategorizasyon için çok sınıflı bir SVM uygulanmıştır. Sistem, altı kategori dikkate alınarak TrashNet veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Atık sınıflandırması için diğer derin öğrenme modelleriyle karşılaştırmada doğruluk oranı sonuçları rapor edilmiştir. Gerçek bir doğrulama ya da uygulama rapor edilmemiştir.

Vijayalakshmi ve diğerleri [101] IoT tabanlı WMS'de sınıflandırma için Elitist Barnacles Mating Optimizer ve derin öğrenmeyi birleştirmiştir. Özellik çıkarma işleminde MobileNetV2 CNN kullanılmış ve hiperparametre ayarı için metasezgisel uygulanmıştır. Atık sınıflandırması CNN ve LSTM kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme, altı kategori (karton, cam, metal, kağıt, plastik ve çöp) dikkate alınarak Kaggle'dan alınan standart kıyaslama veri kümesi üzerinden gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntem sınıflandırmada yüksek doğruluk değerleri hesaplamıştır. Gerçek bir uygulama veya doğrulama sunulmamıştır. Makale, IoT altyapısı ve veri toplama için kullanılan mekanizmalar hakkında çok sınırlı bir açıklama sunmuştur.

Rajalakshmi ve arkadaşları [102] akıllı bir atık tespit ve sınıflandırma yaklaşımı geliştirmiştir. Algılama modülü RetinaNet'e ve hiperparametrelerin ayarlanması için Adagrad optimizerine dayanıyordu. Sınıflandırıcı, eğitim için denetimli ince ayar öğrenme ve denetimsiz öğrenmeyi birleştiren yığılmış bir otoenkoder uygulamasıdır. Parametre ayarı için Earthworm optimizasyonu kullanılmıştır. Değerlendirmede, örnekleri altı kategoriye (karton, cam, metal, kağıt, plastik ve çöp) ayırmak için Kaggle'dan standart bir kıyaslama veri kümesi kullanılmıştır. Yaklaşım, akıllı bir derin takviye öğrenme modeli ve bir CNN dahil olmak üzere diğer tekniklerle karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler için %99'luk bir genel doğruluk oranı rapor edilmiştir. Gerçek bir uygulama ya da vaka çalışması rapor edilmemiştir.

Liu ve diğerleri [103], otomatik bir görsel tanımlama ve uyarı sistemine dayalı olarak akıllı şehirlerde yasadışı atık bertarafı konusunu ele almıştır. Kentsel alanlara yerleştirilen kameralar tarafından çekilen videoları analiz etmek için bilişsel bilişim teknolojileri uygulanmış ve sistemin uygun olmayan yerlerde büyük ölçekli atıkların varlığını tespit etmesini ve belediyeyi uyarmasını sağlamıştır. Hacimli atıkları tespit etmek için MultiBox SSD yöntemi kullanılmış ve sınıflandırma için bir CNN uygulanmıştır. Dökülen atığın derhal kaldırılmasını sağlamak için bir uyarı verilmiştir. Yaklaşım, özellikli bir piramit ağa sahip SSD MobileNet v2 mimarisi kullanılarak uygulanmış ve simülasyonlarla doğrulanmıştır. Diğer oldukça basit YSA'lardan (R-CNN, WasteNet, AlexNet) daha iyi performans göstererek yüksek doğruluk, hassasiyet ve geri çağırma elde etmiştir. Ancak, doğrulama 13 atık türü içeren minimal bir veri kümesi ile gerçekleştirilmiştir. Yaklaşımın gerçek bir uygulaması sunulmamıştır.

Alsubaei ve arkadaşları [104] atık yönetimi için küçük nesneleri tespit etmek ve sınıflandırmak amacıyla nesne tespiti için RefineDet (VGG16 omurgası) ve sınıflandırma için Fonksiyonel Bağlantı YSA kullanan bir derin öğrenme yöntemi önermiştir. Sistem altı atık sınıfı (cam, karton, kağıt, plastik, metal ve jenerik) üzerinde, Kaggle'dan bir kıyaslama atık veri kümesi kullanılarak değerlendirilmiştir. Diğer YSA tabanlı yöntemlerle (AlexNet, VGG16, ResNet50 ve çok katmanlı hibrit CNN) yapılan karşılaştırmada doğru sonuçlar rapor edilmiştir. Bununla birlikte, karşılaştırmadaki bazı temel yöntemler, adil bir karşılaştırma için uygun şekilde optimize edilmediklerini düşündüren kötü sonuçlar elde etmiştir. Gerçek bir değerlendirme rapor edilmemiştir.

Cheema ve arkadaşları [105] IoT, derin öğrenme ve uç/bulut bilişim kullanarak atık sınıflandırması için gerçek zamanlı bir WMS önermiştir. Bir uç düğüm, sınıflandırma için gereken tüm görevler olan görüntü yakalama, nesne algılama ve ızgara segmentasyonunu gerçekleştirmiştir. Sınıflandırma VGG16 CNN mimarisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Altı sınıfta sınıflandırma için TrashNet veri kümesi üzerinde sentetik bir doğrulama gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma doğruluğu, gecikme ek yükü ve kaynak/enerji kullanımı dahil olmak üzere çeşitli ölçütler rapor edilmiştir. Diğer iki YSA tabanlı sınıflandırıcı (MobileNetV2 ve Fast R-CNN) ile bir karşılaştırma rapor edilmiştir. Gerçek bir doğrulama veya uygulama rapor edilmemiştir.

Sankar ve diğerleri [106] IoT ve derin öğrenme kullanarak bir atık sınıflandırma sistemi önermiştir. Spektral bantları izole etmek ve fazlalığı azaltmak için Rotasyonla Değişmeyen Dikkat Ağı kullanılarak toplama sahalarında atık sınıflandırması için CNN tabanlı bir yaklaşım uygulanmıştır. Sistem, Kaggle havuzundan alınan altı kategorili standart bir veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Çeşitli sınıflandırma metrikleri rapor edilmiştir, ancak karşılaştırma son teknoloji yöntemleri içermemektedir. Gerçek bir doğrulama veya uygulama tarif edilmemiştir.

Hamza ve diğerleri [107], akıllı şehirlerdeki atıkları geri dönüştürülebilir ve geri dönüştürülemez kategorilere ayırmak ve nesne tespiti için Derin Mutabakat Ağı, Balina Optimizasyonu ve Naive Bayes'i birleştiren hibrit bir yaklaşım sunmuştur. Yaklaşım, RetinaNet mimarisini ve özellik çıkarımı için bir Özellik Piramidi Ağı uygulamasıdır. Görüntü çözünürlüğünü artırmak için ek bir upsampling katmanı dahil edilmiştir. Elde edilen özellik haritasını tüm ölçeklerde iletmek için bir Centroid Öneri Ağı uygulanmış ve nesnelerin sınırlayıcı kutularını tahmin etmek için bir Bölge Öneri Ağı kullanılmıştır. Hiperparametrelerin ayarlanması için Balina Optimizasyonu algoritması uygulanmıştır. Sistem karşılaştırma ölçütü üzerinden değerlendirilmiştir.

Kaggle havuzundan altı sınıflı (cam, karton, kağıt, plastik, metal ve jenerik) atık veri kümesi. Doğru sonuçlar bildirilmiştir, ancak mevcut yöntemlerle karşılaştırma yalnızca basit yaklaşımları dikkate almıştır. Gerçek bir değerlendirme rapor edilmemiştir.

5.2.3. Atık Üretimini Karakterizasyonu ve Tahmini

WMS'ye odaklanan mevcut çalışmalar, atık üretiminin karakterizasyonu ve tahmini için çeşitli faktörleri ve değişkenleri dikkate almıştır. En sık kullanılan değişkenler arasında, nüfus büyüklüğü ve sosyoekonomik durum, yerel iş piyasası dinamikleri ve çalışılan bölge veya konumdaki işletmelerin varlığı en ilgili faktörler olmuştur. Genel topluluk ölçeği (mahalle, belediye, şehir) bağlamında, nüfus büyüklüğü, gelir düzeyleri, harcama kalıpları, demografik özellikler, atık toplama uygulamaları türleri ve atık yönetimi programlarının uygulanması dahil olmak üzere çeşitli özellikler yaygın olarak seçilmiştir. Bu değişkenler, kolay ulaşılabilir olmaları ve atık üretimi ile güçlü korelasyonları nedeniyle sıklıkla seçilmiştir.

Abbasi ve diğerleri [108], Radyal Taban Fonksiyonu (RBF) YSA'ya dayalı aylık ve mevsimsel atık üretimini tahmin etmek için bir model önermiştir. Aylık ve mevsimsel atık üretimini tahmin etmek için 1991-2013 dönemini kapsayan Tahran, İran'dan alınan verilerle şehir ölçeğinde özel bir vaka çalışması analiz edilmiştir. Meteorolojik, sosyoekonomik ve demografik faktörlerin bir kombinasyonunun atık üretimi üzerindeki etkisini araştırmak için istatistiksel analiz kullanılmıştır. Ayrıca, eğitilmiş bireylerin cinsiyeti de analizde önemli bir özellik olarak dikkate alınmıştır. Nüfus, hane halkı büyüklüğü, eğitilmiş kadın ve eğitilmiş erkek sayısı (demografik göstergeler), GSYİH, işsizlik oranı ve gelir (sosyoekonomik göstergeler) ile maksimum sıcaklık ve yağmur (meteorolojik göstergeler) dahil olmak üzere dokuz özellik dikkate alınmıştır. Uygulanan istatistiksel araçlar doğrusal ve doğrusal olmayan korelasyon testlerini içermektedir. Girdi değişkenleri ile atık üretimi arasındaki doğrusal olmayan bağımlılığı değerlendirmek için mesafe korelasyonu uygulanmış ve girdi değişkenleri ile atık üretimi arasındaki doğrusal bağımlılığı değerlendirmek için Pearson korelasyonu kullanılmıştır. Özellik korelasyon analizi, aylık ölçeğe kıyasla mevsimsel ölçekte daha güçlü bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, mevsimsel modellerin bir şehirdeki atık üretim hacminin tahmin edilmesinde önemli bir rol oynamasına bağlanmaktadır. Eğitilmiş kadınların varlığının atık ile güçlü bir ilişkisi olduğu tespit edilirken, eğitilmiş erkek sayısı bu konuda önemli bir faktör olarak belirlenmemiştir. Uzun vadeli analizde, kısa vadeli analize kıyasla sosyoekonomik, demografik ve meteorolojik değişkenler ile atık üretimi arasında daha sağlam ilişkiler gözlemlenmiştir. Ancak, işsizlik oranı gibi bazı faktörler belirgin bir eğilim göstermemiştir. Özellikle, GSYİH, gelir, hane halkı büyüklüğü ve eğitilmiş kadınların varlığı gibi değişkenler hem aylık hem de mevsimsel atık üretimi ile önemli korelasyonlar göstermiş, bunların gücü ise dikkate alınan zaman ölçeğine göre değişmiştir. Atık üretimi tahminine ilişkin olarak, RBF modeli sekiz kat çapraz doğrulama tekniği kullanılarak değerlendirilmiş ve geçici uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve YSA modellerinden daha iyi performans göstermiştir. Bununla birlikte, aylık tahmin için R^2 metriğinin değerleri düşüktü (RBF için 0,678, ANFIS için 0,53 ve ANN için 0,43). Mevsimsel tahmin için daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (sırasıyla 0.85, 0.62 ve 0.56).

Soni ve diğerleri [109] atık üretimi için YSA, ANFIS, ayrık dalgacık teorisi YSA, ayrık dalgacık teorisi uyarlamalı nöro-bulanık çıkarım sistemi, GA-ANN ve GA uyarlamalı nöro-bulanık çıkarım sistemi dahil olmak üzere çeşitli modeller üzerinde çalışmıştır. Yaklaşımlar, önceki bir çalışmadan elde edilen kentte üretilen yıllık atıkların zaman serisi verileri kullanılarak Hindistan'ın Yeni Delhi kentindeki bir vaka çalışması için değerlendirilmiştir. GA ve YSA'yı birleştiren hibrit model en iyi sonuçları (yani en düşük RMSE ve en yüksek IA ve R^2 değerleri) hesaplamıştır.

Wu ve diğerleri [110] atık üretimini tahmin etmek için YSA'ya dayalı modellerin ölçeklenebilirliğini incelemiştir. Çalışmanın temel amacı, belirli şehirlerde elde edilen başarılı doğruluk değerlerinin büyük ülkelerde daha büyük (bölgesel veya ülke) ölçekler için tekrarlanıp tekrarlanamayacağını belirlemektir. Çin anakarası için, bölgeler halinde gruplandırılmış birçok şehir için büyük ölçekli atık üretimi tahminine yönelik YSA modelleri geliştirilmiştir. Tahmin modelinde girdi değişkenleri olarak yedi ilgili sosyo-ekonomik özellik dikkate alınmıştır: nüfus ve yaşam standartları (daimi ikamet eden nüfus ve kişi başına düşen harcanabilir gelir), üretim ve ekonomi (gayri safi yurtiçi hasıla ve birincil, ikincil ve üçüncül endüstrilerin payları) ve atık bertarafı ve yönetimi için kamu altyapısının durumu (genel kamu bütçe harcamaları). Model, Ulusal İstatistik Bürosundan alınan veriler kullanılarak Çin'de coğrafi olarak üç bölgeye ayrılmış 25 şehir için değerlendirilmiştir. Verilerin kalitesini sağlamak için çeyrekler arası aralık filtreleme ve Min-Max normalleştirme teknikleri uygulanarak bir veri tarama prosedürü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, her bir özelliğin atık üretimi üzerindeki etkisini değerlendirmek ve birbirleriyle yüksek korelasyon sergileyen veya atık üretimi ile anlamlı bir ilişki göstermeyen özellikleri elemek için bir korelasyon analizi yapılmıştır. İstatistiksel analiz için Pearson korelasyon katsayısı uygulanmıştır. Bölgesel farklılıkları analiz etmek için modelin her bir öngörücüye bağımlılığı incelenmiş ve karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Sonuçlar, Çin'de incelenen bölgeler arasındaki farklılıkları göstermiştir. Önerilen YSA tahmin modellerinin doğruluğu yüksekti ve bölgesel farklılıklar ve farklı özelliklerin etkisi dikkate alındığında önemli ölçüde iyileşti. Ancak, diğer tahmin modelleriyle bir karşılaştırma sunulmamıştır. Değerlendirme, farklı tahmincilerin farklı bölgelerdeki atık tahmini üzerindeki değişen etkilerinin anlaşılmasına yardımcı olmuştur. Geliştirilen büyük ölçekli modeller, az sayıda tarihsel verinin mevcut olduğu şehirlerde, bölgelerde ve ülkelerde atık üretimini tahmin etmek için kullanışlıdır.

Sengupta ve Chinnasamy [111], akıllı atık kutularına yerleştirilen radyo dalgası sensörlerinden toplanan bulut verilerini işlemek için tahmine dayalı analitik kullanmıştır. Verimli veri iletimi için aktif bir RFID etiketi ve IoT özellikli bir alıcı kullanılmıştır. WMS'deki kalıpların ve eğilimlerin belirlenmesi için K-ortalama kümelemesi uygulanmıştır. Bilgiler, toplama araçlarının rotalarını planlamak için kullanılmıştır. Değerlendirme, rastgele oluşturulmuş veriler kullanılarak sentetik bir senaryo üzerinde gerçekleştirilmiş ve ilgili birkaç metrik rapor edilmiştir. Gerçek bir değerlendirme veya dağıtım rapor edilmemiştir.

Tsai ve diğerleri [112] atık yönetimi için hiyerarşik bir çerçeve geliştirmiş, nitelikler arasındaki potansiyel doğrudan veya dolaylı bağlantıları incelemek için keşfedici faktör analizi uygulamış ve bunların karşılıklı ilişkilerinin kapsamlı bir şekilde araştırılmasını sağlamıştır. Ardından, bulanık karar verme deneme ve değerlendirme laboratuvarı ile dilbilimsel referanslar kullanan teknik entegrasyonun bir kombinasyonu, alanda 8 yıldan fazla deneyime sahip 36 akademik ve kurumsal uzmanın görüşleri dikkate alınarak uygun stratejilerin belirlenmesi için kullanılmıştır. Yaklaşım, farklı nitelikler arasındaki karşılıklı bağımlılıkları dikkate almış ve en uygun hareket tarzını belirlemeyi amaçlamıştır. Analiz için ilgili literatürden toplam 14 nitelik seçilmiştir: toplumsal kaygılar, mevzuat ve politikalar, paydaşların katılımı, kurumsal ve organizasyonel yönetim çerçevesi, iş güvenliği ve sağlığı, kaynakların verimliliği, kirlilik standardizasyonu, çevresel azaltım, finansal ve operasyonel gereklilikler, şehir parametreleri, ekonomik faydalar, tesisler ve altyapı gereklilikleri, atık arıtmanın yenilikçi kapasitesi ve teknolojinin işlevselliği ve uygunluğu. Bu özellikler, Vietnam için özel olarak uyarlanmış nedensel bir atık yönetimi modelini değerlendirmek için sosyallik, çevre, ekonomi ve teknik olmak üzere dört temel yönü kapsamaktadır. Çalışmalar, halk sağlığı, çevre ve atık yönetimi açısından WMS'nin ana hedeflerine ulaşmak için yeterli ve etkili stratejilerden yoksun üç şehir olan Hanoi, Danang ve Ho Chi Minh'de geliştirilmiştir.

iyileştirme ve toplumsal memnuniyet. Bulgular, teknik entegrasyon ve sosyal kabul edilebilirliğin atık yönetiminde önemli rol oynadığını ortaya koymuştur. Arıtma yenilikleri, güvenlik ve sağlık hususları, ekonomik faydalar ve teknolojinin işlevselliği ve uygunluğu bu hususları etkileyen temel kriterler olarak belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen üç şehir arasında atık yönetimi yaklaşımları ve sonuçları açısından kayda değer farklılıklar tespit edilmiştir.

Cubillos [113], haftalık evsel atık üretimini tahmin etmek için çok bölgeli bir Uzun Kısa Dönem Hafızalı (LSTM) YSA uygulamasıdır. Bu görev, özellikle hızlı kısa vadeli dalgalanmalar ve oldukça doğrusal olmayan dinamiklerle karakterize edilen hane halkı düzeyindeki verilerle uğraşırken önemli zorluklar ortaya çıkarmıştır. Tahmin yaklaşımı, 2011'den 2018'e kadar Danimarka'nın Herning şehrinde uygulanmıştır. Çalışmanın ana odak noktası, iklim değişkenlerinin korelasyonlarını ve etkilerini araştırmaktır. Dikkate alınan girdi verileri sekiz tahmin değişkenini içermektedir: hava sıcaklığı (minimum, ortalama ve maksimum), rüzgar (düşük, orta ve yüksek), birikmiş yağış, nem, atmosferik basınç ve güneşlenme süresi. Tüm veriler Danimarka Meteoroloji Enstitüsü'nden elde edilmiştir. LSTM eğitimi için girdi değişkenleri olarak geçmiş gözlemleri kullanmak üzere kayan pencere tekniğini kullanan standart bir yaklaşım uygulanmıştır. LSTM için geçmiş bilgi olarak kullanılan pencere boyutu sekiz haftaydı. Model, geleneksel bir Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama Modeli (ARIMA) ve basit bir çok katmanlı algılayıcı YSA ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın temel bulguları, uygulanan LSTM yaklaşımının ARIMA modelinin doğruluğunu %85 gibi etkileyici bir farkla ve çok katmanlı algılayıcının doğruluğunu %78 gibi etkileyici bir farkla geride bırakabildiğini ortaya koymuştur. Ayrıca sonuçlar, her bir hane için ayrı model geliştirmek yerine çoklu saha yaklaşımının benimsenmesinin LSTM modelinin tahmin doğruluğunu ortalama %28 oranında artırdığını göstermiştir.

Nguyen ve diğerleri [114] yerleşim alanlarındaki katı atık üretim oranını tahmin etmek için veri odaklı bir yaklaşım ve hesaplamalı zeka yöntemleri uygulamıştır. Yaklaşım, Vietnam'da seçilen yerleşim alanlarını içeren bir vaka çalışması için doğrulanmıştır. Ele alınan girdi veri seti, farklı sosyo-ekonomik yönleri, demografiyi, tüketim alışkanlıklarını ve çalışılan bölgeye özgü atık üretim özelliklerini kapsayan sekiz değişkenden oluşmuştur. Tüm veriler Vietnam Ulusal İstatistik Bürosundan elde edilmiştir. Veri analizi aşamasında, aşırı uyumu önlemek için bağımsız değişkenlere korelasyon analizi uygulanmış ve genelleştirilmiş doğrusal model ve çoklu doğrusal model uygulanarak özellik sıralaması yapılmıştır. Değişen varyanslılığı ve bunun hata tahmini üzerindeki etkisini analiz etmek için Breusch-Pagan testi uygulanmıştır. Analiz iki veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir: kapsamlı bir veri kümesi ve yoğunlaştırılmış bir veri kümesi. Kapsamlı veri seti on değişkenden oluşmaktadır: il bilgileri, kentsel nüfus, toplam perakende tüketim malları satışı, kişi başına ortalama aylık gelir, kişi başına ortalama konut büyüklüğü, nüfus yoğunluğu, kişi başına ortalama aylık tüketim harcaması, toplam hastane yatağı, il başına toplam konut arazisi ve günlük toplanan toplam katı atık. Buna karşılık, yoğunlaştırılmış veri seti sadece günlük toplanan toplam katı atık ve kentsel nüfusu içermiştir. Kapsamlı veri seti, 2016 yılında Vietnam'ın il idari birimlerini temsil eden 63 girdiyi kapsarken, yoğunlaştırılmış veri seti 2015'ten 2017'ye kadar olan geçmiş verileri kullanarak 189 girdiyi içeriyordu. İstatistiksel modeller ve simülasyonlar aracılığıyla, kentsel nüfus, ortalama aylık tüketim harcaması ve toplam perakende satışların atık üretimi üzerinde en önemli etkiye sahip olduğu bulunmuştur. İncelenen makine öğrenimi modellerine ilişkin olarak, RF ve k-en yakın komşu (KNN), eğitim verileri (veri setinin %80'i) üzerinde eğitildiğinde, 0,96'yı aşan bir R^2 değeri ve test verileri (veri setinin %20'i) için 121,5 ila 125,0 arasında değişen bir ortalama mutlak hata sağlayarak güçlü tahmin yetenekleri göstermiştir. Geliştirilen modeller, atık üretim verilerinin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesini sağlamış ve böylece entegre katı atık yönetimi eylem planının planlanmasını, tasarlanmasını ve uygulanmasını kolaylaştırmıştır.

Vietnam. Çalışmanın kabul edilen bazı kısıtlamaları arasında veri setinin heterojenliği, özellikle de ülkedeki daha alt idari birimlerden veri bulunmaması yer almaktadır.

Namoun ve diğerleri [115] kentsel ortamlarda üretilen evsel atıkların tahmin edilmesi için bir topluluk öğrenme yaklaşımı önermiştir. İlk aşamada, incelenen yedi makine öğrenimi yönteminin çok sayıda hiper parametresi için uygun değerleri belirlemek üzere makine öğrenimi için Optuna çerçevesi uygulanmıştır: SVR, XGboost, LightGBM, RF, ANN, KNN ve Extreme Trees. İkinci aşamada, uygulanan yöntemler, önceki modellerden elde edilen sonuçlar kullanılarak eğitilen bir karma doğrusal meta regresörde birleştirilmiştir. Önerilen yaklaşım, Birleşik Krallık'ın güneydoğu bölgesinde 2011-2021 yılları arasında ortalama haftalık evsel atık üretimine ilişkin gerçek verileri dikkate alan bir vaka çalışması üzerinde doğrulanmıştır. Meta regresör, en gelişmiş yöntemlerden ve ilk aşamada incelenen modellerin ortalama topluluk sonuçlarından daha iyi performans göstermiştir. Önerilen yaklaşımın, az sayıda özelliğe sahip veri kümeleri için bile mevcut modellerin tahmin kalitesini artırmak için yararlı olduğu bildirilmiştir. İyileştirme, incelenen çeşitli hassasiyet ölçütlerinde tutarlıydı.

Lakhouit ve diğerleri [116] evsel atık üretimini tahmin etmek için makine öğrenimini uygulamıştır. Doğrusal regresyon, regresyon ağaçları, Gauss süreci regresyonu, destek vektör makinesi ve otoregresif entegre hareketli ortalama yöntemleri, iki vaka çalışması üzerinden zaman serisi analizi için karşılaştırılmıştır: (i) Suudi Arabistan (2010-2021) ve Bahreyn (1997-2021) yetkililerinden alınan küresel veriler ve (ii) bir ay boyunca tek bir büyük aile (on bir kişi). İncelenen tahmin yöntemleri için doğru sonuçlar rapor edilmiştir. Geri dönüşümün ekonomik, sosyal ve çevresel faydalarına ilişkin uygulamalar tartışılmıştır.

Chen [117], karışık bir geri dönüşüm senaryosunda karmaşık atık malzemeleri ayırmak için otomatik bir atık geri dönüşüm çerçevesi önermiştir. Bir dizi sensör tanımlanmış (sıcaklık, ağırlık, metal sensörleri), ancak bunların akıllı bir çöp kutusuna entegrasyonuna ilişkin bir açıklama sunulmamıştır. Her bir atık kutusunun durumunu tahmin etmek için lojistik regresyon uygulanmıştır. İzleme prosedürü net bir şekilde sunulmamıştır. Toplama araçlarından atık kutularına giden en hızlı rotayı hesaplamaktan sorumlu bir modül de açıklanmıştır. Model, simülasyonlar ve açıklanmayan veriler kullanılarak doğrulanmıştır. Gerçek bir doğrulama veya uygulama sunulmamıştır.

Mohammed ve diğerleri [96] atıkların biyolojik olarak parçalanabilen ve biyolojik olarak parçalanamayan kategorilere ayrılması için IoT ve makine öğrenimi kullanan bir akıllı çöp kutusu sunmuştur. Akıllı çöp kutusu, atılan atıkların görüntülerini yakalamak için bir kamera, dolum seviyesini izlemek için yük ve ultrasonik sensörler, sınıflandırma algoritmasını yürütmek için bir Raspberry Pi, bir konsol, iki kapı ve atıkları ilgili odaya bırakmak için bir toplama plakasını döndürmek için bir servomotor içeriyordu. Atık sınıflandırması için bir CNN SqueezeNet modeli kullanılmıştır. Doğrulama, yedi kategori (karton, e-atık, cam, metal, kağıt, plastik ve çöp) dikkate alınarak iyi bilinen atık depolarından alınan sentetik görüntüler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Veri artırımı için bir Üretken Çekişmeli Ağ uygulanmıştır. Sistem atıkları tanımlayıp ayırabilmiş, gerçek zamanlı olarak çalışabilmiş ve atık ayrımı için önceden eğitilmiş diğer modellerle yapılan karşılaştırmada yüksek kaliteli sonuçlar rapor edilmiştir. Akıllı çöp kutusu için bir prototip gösterilmiş, ancak gerçek senaryolarda gerçek bir uygulama veya doğrulama rapor edilmemiştir. AlDuhayyim [118] atık kategorizasyonu için hesaplamalı zeka uygulayan bir yaklaşım önermiştir. Yaklaşım, VGG16 CNN mimarisini kullanarak nesne tespiti için tek atışlı bir modeli, özellik çıkarımı için bir MixNet CNN'i ve sınıflandırma için DVM'yi entegre etmiştir. Özellik çıkarma modelinin hiperparametreleri, modifiye edilmiş mükrekkep balığı sürüsü optimizasyon yöntemi uygulanarak ayarlanmıştır. Yaklaşım, altı kategori (karton, cam, metal, kağıt, plastik ve çöp) dikkate alınarak TrashNet standart veri seti üzerinde simülasyonlar yoluyla doğrulanmıştır. En son teknoloji ile yapılan karşılaştırmada doğru sonuçlar rapor edilmiştir.

yöntemler. Gerçek bir doğrulama veya uygulama tarif edilmemiştir.

Oguz ve Ertugrul [119], kamera görüntülerinden elde edilen bilgileri kullanarak atık kutularının doluluk durumunu belirlemek için bir derin öğrenme yaklaşımı önermiştir. Problemin ana hedefi

atık kutularını dolu (kirli) ve dolu olmayan (temiz) olarak sınıflandırmaktı. Dört derin YSA modeli (DenseNet-169, EfficientNet-B3, MobileNetV3-Large ve VGG19-Bn), Kaggle deposundaki standart CDCM veri seti üzerinde gerçekleştirilen karşılaştırmalı bir analizde değerlendirilmiştir. Doğru sonuçlar rapor edilmiş, ancak en son teknoloji yöntemlerle karşılaştırma yapılmamış, sadece CDCM veri setinin yaratıcılarının sonuçlarına değinilmiştir. Önerilen sistemin gerçek bir vaka çalışması veya geliştirme/entegrasyonu açıklanmamıştır.

Lingaraju ve arkadaşları [120] atık ayrıştırma, GPS tabanlı konum takibi ve kutuların etrafındaki ağırlık, doluluk seviyesi ve hava kalitesinin gerçek zamanlı izlenmesi için sensörler ve IoT kullanan akıllı bir WMS önermiştir. Akıllı kutuların doluluk seviyesini kontrol etmek ve ESP8266 çip üzerinde sistem kullanılarak oluşturulan açık kaynaklı bir mikrodenetleyici birimine uyarılar vermek için bir ultrasonik sensör kullanılmıştır. Metalik atıkları tespit etmek ve ayırmak için endüktif bir yakınlık sensörü ve ıslak atıkları tespit etmek ve ayırmak için bir yağmur damlası sensörü kullanılmıştır. Bir kullanıcının çöp kutusunun yakınında olduğunu tespit etmek için bir Kızılötesi Radyasyon sensörü kullanıldı ve bir kamera, herhangi bir yasadışı faaliyet durumunda kanıt olarak kullanılmak üzere atığı atan kişinin görüntüsünü yakaladı. GPS modülü çöp kutularının konumunu takip etmek için kullanıldı, böylece çöp kutusu maksimum kapasiteye ulaştığında atıklar hızlı bir şekilde bertaraf edildi. Vatandaşların sağlığını korumak amacıyla atık kutularının yakınındaki hava kalitesini izlemek için bir MQ135 hava kalitesi sensörü kullanıldı. Bir yük hücresi sensörü, atık bertarafı için ideal zamanı belirlemek üzere her bir çöp kutusundaki atığın ağırlığını ölçtü. Bir servo motor, birkaç çöp kutusu içeren dairesel bir diski döndürdü. Kontrol yazılımı Blynk IoT kullanılarak geliştirildi. Hava kalitesi ve ağırlık canlı veri akışlarını analiz etmek için ThingSpeak IoT platform hizmeti kullanıldı. Hava kalitesi seviyelerinin ve atık ağırlıklarının sınıflandırılması için makine öğrenimi uygulandı. Çöp kutuları dolduğunda veya dolmak üzere olduğunda, hızlı bertarafı kolaylaştırmak için tam konumlarıyla birlikte bildirimler gönderildi. Etkin atık yönetimi için kapsamlı ve entegre bir çözüm olmasına rağmen, önerilen sistem uygun bir değerlendirmeden yoksundu. Makalede yalnızca ThingSpeak IoT platformundan alınan raporların ve grafiklerin ekran görüntüleri yer almıştır. Gerçek bir değerlendirme ya da uygulama rapor edilmemiştir.

5.2.4. Akıllı Kutular

Fataniya ve diğerleri [121] ıslak ve kuru atıklar için ayrı raflar, nem sensörü, servo motorlar, ultrasonik sensör, gaz sensörü ve GPS modülü içeren bir akıllı çöp kutusu prototipi sunmuştur. Nem sensörü, atıktaki suyun hacimsel içeriğini algılayarak atık ayrımı (kuru veya atık) için uygulanmıştır. Ultrasonik sensör doluluk seviyesini izlemek için kullanılmıştır. Toplanan tüm veriler düzenli aralıklarla Adafruit bulut platformuna gönderilmiş, yöneticilere ve toplama araçlarına bildirimler gönderilmiştir. Sistem, Hindistan'ın batısındaki Ahmedabad'da yapılan bir vaka çalışmasında değerlendirilmiştir. Maliyet analizi ve toplama araçlarının kat ettiği mesafeler, beşi toplama noktası olarak belirlenen sadece altı düğümden oluşan basit bir grafik üzerinde raporlanmıştır. Gerçekçi bir değerlendirme rapor edilmemiştir.

Kang ve arkadaşları [122] elektronik atıkların toplanması için evlerde kullanılmak üzere bir akıllı çöp kutusu önermiştir. Akıllı kutu, doluluk seviyesini belirlemek için sensörler içermekte ve toplama araçlarını bilgilendirmek için bir bildirim sistemi ile entegre edilmiş bir arka uç sunucusuyla iletişim kurmaktadır. Çalışma, akıllı e-atık toplama sisteminin kavram kanıtı için temel bir doğrulama sağlamış ve Sunway City, Malezya'da daha büyük ölçekte potansiyel uygulamayı tartışmıştır. Ancak, gerçek bir uygulama veya doğrulama sunulmamıştır.

Vishnu ve diğerleri [123], IoT ve kamu ve evsel kullanım için iki tür atık kutusu kullanan katı WMS için bir sistem sunmuştur. Kamusal atık kutularının izlenmesi bir LoRaWAN ağ mimarisi aracılığıyla gerçekleştirilirken, evsel atık kutuları için Wi-Fi tabanlı iletişim kullanılmaktadır. Doluluk seviyesi ultrasonik bir sensör tarafından izlenmektedir. Akıllı çöp kutularının coğrafi konumunu belirlemek için bir GPS modülü kullanılmaktadır. Diğer sistem bileşenleri arasında bir LoRa/WiFi modülü, gömülü bir anten ve bir ana mikrodenetleyici bulunmaktadır. Sınırlı doğrulama deneyleri

bir laboratuvarında gerçekleştirilmiş, işlevler, enerji tüketimi ve ömür beklentisi incelenmiştir. Gerçek bir doğrulama veya uygulama rapor edilmemiştir.

Anagnostopoulos ve diğerleri [124] toplama ve aktarma noktalarının dinamik olarak tahsis edilmesini ve ardından atıkların işleme tesislerine taşınmasını içeren bir WMS önermiştir. Atıkların daha büyük konteynirlara boşaltılması şeklindeki geleneksel yöntemden, dolu atık kutularının boş olanlarla değiştirilmesini içeren bir sisteme geçişi desteklemek için çeşitli modeller sunulmuştur. Teklifte yer alan bir diğer ilgili konsept ise ara toplama ve transfer noktaları olarak kullanılan mobil depolardır. Petersburg, Rusya'dan alınan verilerle üç vaka çalışması üzerinden nicel (toplama ve taşıma süresi, yük, mesafe, yakıt) ve nitel ölçütler (memnuniyet) aracılığıyla değerlendirilmiştir. WMS iş akışı da incelenmiştir. Sonuçlar, incelenen vakalar için farklı verimlilik ve memnuniyet seviyeleri göstermiştir.

Cruz ve diğerleri [125] Lizbon Şehri'nin atık yönetimi için mevcut GSM iletişimi yerine düşük güçlü WAN teknolojisini uygulama deneyimini rapor etmiştir. LoRa ve LoRaWAN teknolojileri, şehirde tanımlanan çeşitli vaka çalışmaları için değerlendirilmiştir. İncelenen diğer ilgili özellikler arasında geri dönüşüm atık kutularının türleri, yerleşimleri (yüzey veya yeraltı) ve sensör türleri yer aldı. Yeraltı atık konteynerleri, konteynerin kendisinin LoRa bağlantısında önemli bir zayıflamaya neden olması nedeniyle daha zordu. Sallang ve diğerleri [126], farklı bölmelerde depolanacak atıkları tespit etmek ve kategorize etmek için yazılımla geliştirilmiş akıllı bir çöp kutusu önermiştir.

Önerilen sistem, toplama verimliliğini artırmak ve maliyetleri düşürmek için derin öğrenme ve IoT'yi birleştirmiştir. SSD MobileNet Quantized ANN, atık tespiti ve beş kategoriye (karton, kağıt, metal, cam ve plastik) sınıflandırılması için uygulanmıştır. Model, Raspberry Pi 4 tek kartlı bilgisayar üzerinden TensorFlow Lite'da uygulanmıştır. IoT modülü atık tespiti için kamera ve atıkları farklı bölümlere ayırmak için bir servo motor kullanmıştır. Diğer bileşenler arasında çöp kutusunun kalan boş kapasitesini izlemek için bir ultrasonik sensör, coğrafi konum için bir GPS modülü ve iletişim için bir RFID dolabı ile korunan bir LoRa modülü yer alıyordu. Sistem bir çöp kutusu prototipi üzerinde değerlendirilmiş, atık sınıflandırma sürecinin doğru ve verimli olduğu, ultrasonik sensörlerin çöp kutusunun doluluğunu doğru bir şekilde izlediği, konumun doğru bir şekilde belirlendiği ve tüm bilgilerin LoRa kullanılarak 5 km'ye kadar bir alıcıya gönderildiği gösterilmiştir. Bununla birlikte, sınıflandırma için öğrenme sürecinde az sayıda veri toplanmış ve nesne algılama modülü bir

GPU. Sisteme güç sağlayan pillerin kullanım ömrü de bir başka endişe konusuydu.

Ashwin ve arkadaşları [127] otomatik atık bertarafı için bir güneş paneli, insan algılama için bir ultrasonik sensör, kapağı otomatik olarak açıp kapatmak için bir servo motor ve kuru ve ıslak atıklar için bir ayırıcı içeren bir akıllı çöp kutusu önermiştir. Tüm bileşenler, akıllı çöp kutusu dolmak üzereyken bir uyarı mesajı veren bir Arduino Uno mikrodenetleyici kullanılarak kontrol edildi. Bir grup kurulu çöp kutusu için bilgi içeren veri paketlerinin yönlendirilmesi için bir seçim algoritması sunulmuştur. Sistem, rastgele konumlara yerleştirilen akıllı çöp kutularının bir konfigürasyonu üzerinde simülasyonlar yoluyla değerlendirilmiştir. Analiz basitti ve basit sonuçlar hesaplandı. Gerçek bir dağıtım ya da değerlendirme sunulmamıştır. John ve arkadaşları [128], izleme ve atık bertaraf tahmini için IoT kullanan bir akıllı çöp kutusu önermiştir. Kızılötesi, ultraviyole ve ağırlık sensörleri ve bir GPS modülü dahil olmak üzere çeşitli sensörler kullanılmıştır. Sistem bir Arduino mikrodenetleyici tarafından kontrol edilmiş ve veri iletimi için Wi-Fi kullanılmıştır. Atık üretimi/bertarafı modellerini öğrenmek için bir LSTM YSA kullanılmıştır. Yakınlarda bir kişi durduğunda kapağın otomatik olarak açılıp kapanması ve çöp kutusu dolduğunda mühürlenmesi için donanım algoritmaları dahil edildi. Akıllı kutuların doluluk seviyesini operatörlere bildirmek için Firebase Cloud mesajları yayınlandı. Sistemin doğrulaması, üç gün boyunca toplanan 160 veri örneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mevcut seviyeden elde edilen bilgileri kullanarak önümüzdeki 15 dakika içindeki atık seviyesini tahmin etmek için dört LSTM varyantı uygulanmıştır. Yığılmış bir LSTM en iyi tahmini hesaplamıştır

Ancak değerlendirmede sadece az sayıda vaka ve veri noktası dikkate alınmıştır. Diğer yöntemlerle karşılaştırma yapılmamıştır. Gerçek bir uygulama rapor edilmemiştir.

Baldo ve diğerleri [129] birkaç LoRaWAN sınıfını dikkate alan akıllı bir atık yönetim sistemi tanıtmıştır: (i) atık bertaraf verilerini toplamak için akıllı kutular, (ii) RFID okuyucu ve GPS modülüne sahip akıllı bırakma kapları ve (iii) yakındaki kutularda veya bırakma kaplarında yangın tespiti için makine öğrenimi uygulayan ve YOLO kullanarak görüntü tanıma uygulayan video gözetim birimleri. Önerilen sistem edge computing paradigması uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Sistem bir laboratuvar ve gerçek bir şehir konumunda değerlendirilmiştir. Uç bilişim üzerinden uygulanan LoRaWAN yaklaşımı ve görüntü tanıma için YSA kullanımı maliyetleri ve gerekli yönetim altyapısını azaltmıştır. Sistemin modülleri konumları doğru bir şekilde belirleyebilmiş, kutuların ve konteynerlerin doluluk seviyesini değerlendirebilmiş, sıcaklığı kontrol edebilmiş ve yangın kullanarak vandalizmi tespit edebilmiş ve video gözetimi gerçekleştirebilmiştir. Sistemin sınırlamaları, dolum ölçümlerindeki küçük yanlışlıklar ve dalgalanmalar ve düşük maliyetli bilgisayarların bu görevlerde doğru sonuçlar üretmediği kanıtlandığından, makine öğrenimi ve görüntü işleme için özel bir bilgisayara ihtiyaç duyulmasıyla ilgiliydi.

Sidhu ve diğerleri [130] evsel kullanım için basit bir akıllı çöp kutusu tasarımı önermiş, bir ağırlık ölçeği ve atık üretimini tahmin etmek için kullanılan bir web uygulaması kullanmıştır. Tahmin edilen veriler, toplayıcının konumu ve toplama için kullanılan taşıma aracı dikkate alınarak bir toplama rotası hesaplanmıştır. İlgili zaman pencereli VRP, ILOG çözücüsü kullanılarak kısıtlı programlama uygulanarak çözülmüştür. Önerilen sistem, Quezon, Filipinler'den veri toplamak için farklı kullanıcı davranışları dikkate alınarak 176 deney kullanılarak oluşturulan sentetik (simüle edilmiş) bir senaryo üzerinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar, gerçekleştirilen simülasyonlarda atık kutularının %80'inden fazlasının toplandığını göstermiştir. Bununla birlikte, sadece sekiz atık kutusu ve iki toplayıcıdan oluşan çok küçük bir problem senaryosu dikkate alınmış ve diğer planlama algoritmalarıyla bir karşılaştırma sunulmamıştır.

Jim ve diğerleri [131], birbirinden 90° uzakta konumlandırılmış ve zemin seviyesinin altına monte edilmiş dört adede kadar döner konteyner barındıran akıllı kutulara dayalı bir akıllı WMS önermiştir. Bir seferde sadece bir konteyner yer üstünde görünmekte ve bu da caddedeki mevcut alanın daha iyi kullanılmasını sağlamaktadır. Doldurulduktan sonra konteynerler döner ve tüm konteynerler dolduğunda çöp kutusu, önceden tanımlanmış bir rotayı izleyerek atıkları toplamak için otonom bir araçla iletişim kuran merkezi bir sunucuya mesaj gönderir. Tüm iletişimler IoT paradigmasına dayanmaktadır. Dört konteynerli küçük bir prototip akıllı çöp kutusu için çok basit bir değerlendirme geliştirilmiştir (boyut: 15×15×20 cm³). Gerçek bir tasarım veya doğrulama rapor edilmemiştir. Majidi [132], atık toplama ve ayrıştırma için, çeşitli malzeme, tasarım ve şekillerde atık toplama tankları ile yeraltına kurulacak akıllı bir depolama yapısından oluşan akıllı bir çöp kutusu önermiştir. Akıllı bir kontrol odası, sistem ile insan operatörler arasında komutların verilmesi için iletişim sağlayan uzak bir sistem kullanarak tüm atık mekanizmalarını denetlemek üzere tasarlanmıştır. Atık kutularını zemine taşımak için bir asansör üzerinde bulunan mobil bir çerçeve dahil edilmiştir. Dolum bilgilerini toplayıp kontrol odasına iletmek ve tankların boşaltılması gerektiğinde insan operatörü uyarmak için bir tartım sistemi de dahil edilmiştir. Üst kısım, her tankta istenen kuru atık alınacak şekilde zemine yerleştirilmiştir. Atık gazların yüzdesi standart seviyeyi aştığında otomatik olarak devreye girmesi için akıllı bir iklimlendirme sistemi dahil edilmiştir. Son olarak, sistem yangın söndürme sistemi ile donatılmıştır.

herhangi bir potansiyel yangın. Önerilen sisteme ilişkin gerçek bir değerlendirme rapor edilmemiştir.

Bourougaa ve diğerleri [133] farklı atık türlerini depolamak için altı ayrı kutudan oluşan düşük bütçeli bir akıllı çöp kutusu önermiştir. Diğer fiziksel bileşenler arasında bir Arduino UNO mikrodeneleyici, bir bluetooth modülü, bir mikro servo motor ve sıcaklık, nem ve ultrasonik sensörler yer almıştır. Atıklar, üç model uygulanarak bir CNN kullanılarak sınıflandırılmıştır: VGG16,

Dense201 ve Resnet50, bir Raspberry Pi üzerinde çalıştırıldı. Değerlendirme, altı atık türü (cam, kağıt, karton, plastik, metal ve jenerik) dikkate alınarak standart TrashNet veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. DenseNet201 en iyi doğruluk sonuçlarını hesapladı ve literatürdeki diğer sınıflandırıcılarla bir karşılaştırma rapor edildi. Akıllı çöp kutusunu yönetmek için bir mobil uygulama da önerilmiştir. Gerçek bir değerlendirme rapor edilmemiştir.

An ve arkadaşları [134], Avustralya'daki Wyndham City için karar vericiler için entegre bir gösterge paneli sistemi ile birlikte IoT aracılığıyla bağlanan akıllı kutuları kullanan akıllı bir WMS'nin pratik bir gösterimini vurgulayan bir vaka çalışması yürütmüştür. Araştırma, akıllı bidonların doluluk seviyeleri ile belirli tarihler veya aylar arasında bir korelasyon olup olmadığını belirlemeye odaklanmıştır. Önerilen akıllı çöp kutusu güneş enerjisiyle çalışan sıkıştırma teknolojisini kullanmış ve geçmiş verileri depolamak için bir yazılım platformuna bağlanmıştır. Dolum veya doluma yakın seviyeler için bildirimler kullanıldı. Çok az sonuç rapor edilmiş ve önerilen sistemin etkisi açıkça kanıtlanmamıştır. Gerçek bir doğrulama rapor edilmemiştir.

Ahmed ve diğerleri [135] IoT'ye dayalı akıllı bir WMS önermiş, çalışma ömrünü uzatmak için enerji tüketimini azaltmak amacıyla akıllı kutuları kümelemiş, akıllı kutulardan gelen eksik verilerle ilgilenmiş ve zamanı azaltmak ve yakıt verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için atık toplama rotaları tanımlamıştır. Kümeleme LEACH [136] ve yapay uğultu algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. k- en yakın komşular veri imputasyonu için uygulanmış ve çok amaçlı yapay uğultu yönlendirme için uygulanmıştır. Sistem açıklanmayan sentetik senaryolar üzerinde değerlendirilmiştir. Sonuçların kapsamı sınırlıydı. Gerçek bir değerlendirme ya da uygulama rapor edilmemiştir.

Thamarai ve diğerleri [137] akıllı şehirler için bir ayırma modülü, bir güç jeneratörü ünitesi, IoT sensörleri kullanan bir akıllı çöp kutusu ve bir elektronik kontrol ünitesini entegre eden kendi kendine çalışan bir WMS önermiştir. Atıkların organik ve inorganik olarak ayrıştırılması için bir CNN uygulanmıştır. Organik atıklar enerji üretimi için kullanılmış ve kalıntılar gübre olarak geri dönüştürülmüştür. Güç jeneratörü ünitesi, elektrik enerjisi üretimi için yanma yoluyla biyogaz üretmiştir. Bileşenler, bir akıllı çöp kutusu dolduğunda toplama araçlarına uyarılar gönderen Raspberry Pi üzerindeki bir kontrol ünitesi tarafından izlenmiş ve kontrol edilmiştir. Sistem, Kaggle'dan alınan sekiz kategorili sentetik bir veri seti üzerinde değerlendirilmiş ve diğer YSA'larla (VGG16, InceptionV3, ResNet50 ve Inception ResNet) karşılaştırılmıştır. Gerçek bir uygulama sunulmamıştır.

5.2.5. IoT Sistemleri

Zeb ve diğerleri [138] akıllı atık kutularını yönetmek için IoT tabanlı bir iletişim mimarisi önermiştir. Dağıtılan kablosuz sensör ağı için uçtan uca gecikmeyi en aza indirmek ve aşırı doldurma ve doldurulmamış kutuları toplamaktan kaçınmak için zamanında atık toplama sağlamak için özel bir teknik uygulanmıştır. Önerilen iletişim mimarisi simülasyonlar aracılığıyla değerlendirilmiş ve sonuçlar diğer iletişim yaklaşımlarına göre daha iyi olduğunu göstermiştir. Gerçek bir değerlendirme ya da prototip geliştirme rapor edilmemiştir.

Srikanth ve diğerleri [139] dolum seviyeleri hakkında bildirimler yayınlamak için IoT tabanlı bir sistem önermiştir. Duman ve alev sensörleri, gerinim ölçer sürücüler, bir Bluetooth modülü, bilgi alışverişi için bir MCU düğümü dahil olmak üzere, hepsi bir Arduino Uno mikrodenetleyici tarafından koordine edilen çeşitli IoT cihazları kullanılmıştır. Herhangi bir doğrulama veya sonuç rapor edilmemiştir.

Sharma ve diğerleri [140], atık taşıması ve etkisiz atık bertarafı sorunlarını ele almak için bir çözüm sunmuştur. Atıkları metalik ve metalik olmayan kategorilere ayırmak için IoT kullanan akıllı bir çöp kutusu önerilmiştir. Dolum seviyesini ölçmek için ultrasonik bir sensör kullanılmıştır. Diğer IoT bileşenleri arasında bir GPS modülü, bir RFID kayıt sistemi, sıcaklık ve nem sensörleri ve veri iletişimi (Wi-Fi/Bluetooth/GSM (2G)/GPS/GLONASS) için bir anten içeren bir LinkIt ONE kiti yer almıştır. Sistemin atık toplama rotalarını optimize etmeyi amaçladığı belirtilmesine rağmen, herhangi bir rotalama deneyi rapor edilmemiştir. Ayrıştırma için hiçbir sonuç rapor edilmemiştir. Gerçek bir uygulama sunulmamıştır.

Bano ve diğerleri [141], IoT ve yapay zeka uygulayarak akıllı çöp kutularının gerçek zamanlı izlenmesi için bir çerçeve önermiştir. Akıllı çöp kutuları, bir toplama aracı ve depolama için merkezi bir veritabanı içeren standart bir sistem tasarımı önerilmiştir. Akıllı çöp kutuları, atık seviyesi önceden tanımlanmış bir eşiğe ulaştıktan sonra toplama talebi gönderdiğinden, çöp kutularının aşırı yüklenmesini önlemek için gerçek zamanlı bilgiler kullanılmıştır. Çöp kutularının yerleştirileceği yerleri seçmek için bulanık mantık uygulanmıştır. Önerilen çerçeve çok etmenli bir modelleme ortamında uygulanmış ve açıklanmayan gerçek bir ortamda değerlendirilmiştir, ancak ilgili birkaç sonuç rapor edilmiştir. Catarinucci ve diğerleri [142], vatandaş tanıma ve kayıt, atık ağırlıklandırma ve zaman damgası ve bertaraf ve toplamının konum haritalaması dahil olmak üzere hizmetler sağlamak için sensörler ve RFID teknolojisini kullanan bir WMS sunmuştur. Sistem, ağırlık algılama özelliklerine sahip bir RFID etiketi ve bir anten ile donatılmış, çeşitli özelliklere sahip bulut yazılımı aracılığıyla koordine edilen akıllı kutular içeriyordu: giyilebilir RFID okuyuculardan ve bir web uygulamasından gelen verilerin depolanması ve işlenmesi, ayrıca veri akışlarını işlemek için entegre iş mantığı (üçüncü taraf API'lerden gelen istekler ve bunlara verilen yanıtlar). Web uygulaması kullanıcılara ilgili bilgileri sağladı. Değerlendirme, RFID bileşenlerinin performansını incelemek için deneysel bir kurulum ve bir hafta boyunca laboratuvarında simülasyonlar yoluyla işlevsel bir kavram kanıtı doğrulaması üzerinde gerçekleştirildi. Tüm bileşenler doğru işlevsellik göstermiştir. Gerçek üzerinde değerlendirme yapılmadı senaryoları rapor edilmiştir.

Pardini ve diğerleri [143] IoT kullanarak, süreçteki vatandaşları da dikkate alan kapsayıcı bir WMS önermiştir. Akıllı kutuların doluluk seviyelerini izlemek için sensörler kullanılmıştır. Gerçek zamanlı veri işleme, toplama rotalarını ve istatistiksel analizi optimize etmek için kullanılmıştır. Üretilen bilgiler web veya mobil uygulamalar aracılığıyla vatandaşların kullanımına sunulmuştur. Sistemin bir prototipi, Brezilya'da adı açıklanmayan bir şehirde gerçek ölçekli bir deneyde değerlendirilmiştir. Herhangi bir sonuç rapor edilmemiştir. Genel olarak, sistem vatandaşların atık bertarafına yaklaşımında bir dönüşüm yaratma konusunda makul bir potansiyel göstermiştir. Ayrıca sistem, ekonomik ve maddi kaynakları optimize etme kabiliyetini göstererek değerini daha da arttırmıştır.

Aktay ve Yalçın [144] sürdürülebilirlik odaklı IoT kullanan bir WMS önermiştir. Öneride uzun menzilli düşük güçlü bir alıcı-verici, açık kaynaklı tek kanallı bir LoRa ağ geçidi, bir Arduino Uno mikrodenetleyici, bir ultrasonik mesafe ölçüm modülü, çevre birimleri için bir adaptör ve diğer bileşenler (anten, pil vb.) dahil olmak üzere yedi sensör kullanılmıştır. Çöp kutusu dolduğunda sistem bir uyarı veriyor ve bu bilgi toplama hizmetini yeniden planlamak için kullanılıyordu. Doğrulama deneyleri laboratuvarında ve İstanbul, Türkiye'deki gerçek senaryolarda rapor edilmiştir. Gerçek bir dağıtım rapor edilmemiştir.

Jhaveri ve diğerleri [145], atık kutularına entegre edilmek üzere mikro kontrolör, ultrasonik sensörler ve kablosuz iletişim için GSM modülü gibi düşük maliyetli bileşenler kullanan akıllı bir WMS önermiştir. İki yazılım bileşeni de dahil edilmiştir: verileri ve bildirimleri kaydetmek için bir bulut bilişim arka uç depolama sistemi ve yetkililer tarafından çalıştırılmak üzere bir web uygulaması. Veri tabanı, belirli bir çöp kutusunun bir sonraki gün dolu olma olasılığını belirlemek için doğrusal regresyon ve Naive Bayes sınıflandırıcı kullanan bir akış tahmin modülü içeriyordu. Web uygulaması veri analizi, görselleştirme ve rapor oluşturma için çeşitli araçlar içeriyordu. İstatistikler ve raporlar, Hindistan'ın batısındaki Bharuch'ta yapılan bir vaka çalışması için sergilenmiştir. Sistem, yenilikçi, enerji tasarruflu ve kurulumu kolay bir çözüm olarak sürdürülebilir kalkınmaya bir katkı olarak sunuldu.

Senthilkumar [146], Hindistan'ın Tamil Nadu eyaletinin Cuddalore Bölgesi'ndeki Annamalai Nagar Panchayat'ta (kırsaldan kente geçiş sürecinde olan bir yerleşim yeri) bulunan yarı kentsel bir yer için mevcut atık yönetimi senaryosunu değerlendirmiştir. Mevcut atık yönetimi uygulamaları değerlendirilmiş ve bunların dezavantajları vurgulanmıştır. Ayrıca, çalışma IoT tabanlı bir WMS önermiş ve bu teknoloji destekli yaklaşımın uygulanmasının potansiyel faydalarını gerçek zamanlı senaryolarda mevcut atık yönetimi uygulamalarıyla karşılaştırmıştır. Önerilen WMS'nin maliyeti dışında herhangi bir sonuç rapor edilmemiştir.

Marques ve diğerleri [147], akıllı şehirlerde yönetim için IoT uygulayan çok düzeyli bir mimarinin uygulama örneği olarak atık yönetimine ilişkin bir vaka çalışması sunmuştur. Mimari, fiziksel nesneler (IoT sensörleri), iletişim (RFID, Bluetooth veya Zigbee protokollerini kullanarak), veri depolama ve işleme için bir bulut platformu ve akıllı şehir uygulamaları geliştirmek için hizmetler için dört katman tanımlayarak Siber Fiziksel Sistemleri, gömülü zekayı ve iletişimlerini birleştirdi. Sistem, sadece iki tür atık kutusunun (organik ve geri dönüştürülebilir atıklar için) bulunduğu kapalı bir ortamda ve dört tür atık kutusunun (organik atık, kağıt, cam ve plastik için) bulunduğu halka açık bir parkta değerlendirilmiştir. Değerlendirmede üç iletişim protokolü (CoAP, HTTPS ve MQTT) enerji tüketimi ve iletişime duyarlı metrikler (gecikme, titreşim ve verim) açısından karşılaştırılmıştır. Ölçeklenebilirlik analizi, 3902 kutuya kadar işlem yaparken düşük yanıt süreleri göstermiştir.

Ramson ve arkadaşları [148], bir merkez istasyondan atık kutularını izlemek için bir IoT sistemi önermiştir. Dolum seviyesini izlemek için çöp kutularına ultrasonik sensörler yerleştirilmiş ve bilgiler yakındaki birkaç çöp kutusundan gelen bilgileri toplayan bir kablosuz erişim noktasına iletilmiştir. Veriler, operatörlerin ve yetkililerin analiz ve görselleştirme yapabilmesi için merkezi bir sunucuya yüklenmiştir. Veri iletişimi, güvenliği garanti altına almak için Taşıma Katmanı Güvenliği ve Güvenli Soket Katmanı protokolleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistem, dolum seviyesinin doğru izlenmesini, izleme donanımının ömrünü, akıllı kutular ve yoğunlaştırıcı arasındaki iletişim için maksimum mesafeyi ve tüm maliyeti belirlemek için bir laboratuvarında değerlendirilmiştir. Gerçek lokasyonlarda herhangi bir değerlendirme rapor edilmemiştir.

Zhang ve diğerleri [149] akıllı çöp kutuları, bir atık toplama aracı, bir Rota İşletim Sistemi robotu ve Rastgele Ağaçların Hızlı Keşfine dayalı bir planlama algoritmasını entegre eden akıllı bir atık giderme sistemi önermiştir. Akıllı kutularda atık taşınması tespiti için ultrasonik bir sensör kullanılmış ve bir eşik değerine ulaştıktan sonra toplama araçlarına sinyaller gönderilmiştir. Toplama aracının yazılım kontrolüne konum, planlama/karar verme, engel algılama ve kaçınma, yol takibi ve hareket kontrolü dahil olmak üzere çeşitli görevler dahil edilmiştir. Tüm iletişimlerde LoRa düşük güçlü WAN kablosuz IoT teknolojisi kullanılmıştır. Sistem, Gazebo simülatörü kullanılarak Guangzhou, Çin'deki kapalı bir parkta küçük bir vaka çalışması üzerinde doğrulanmıştır. Doğru sonuçlar rapor edilmiştir: önerilen sistem, geleneksel bir WMS'ye göre işçilik maliyetini %20 oranında azaltabilmiştir.

Yuvaraj ve diğerleri [150], bilgi güvenliği için araçlar, trafik ve blok zinciri teknolojilerini göz önünde bulundurarak elektrikli atık yönetimini içeren akıllı şehirler için entegre bir sistem önermiştir. Çöp kutuları hakkındaki bilgiler IoT cihazları kullanılarak toplanmıştır. Trafik tahmini için çeşitli özellikler (atık yükü, hava koşulları, çöp kutuları ve araçların konumu, vb) dikkate alınarak derin YSA'lar kullanılmıştır. Akıllı çöp kutuları ve toplama araçları arasındaki tüm iletişim verileri, siber saldırılara karşı koruma sağlamak için blok zinciri uygulanarak güvence altına alınmıştır. Sistem, küçük bir coğrafi senaryo göz önünde bulundurularak simülasyonlar aracılığıyla değerlendirilmiştir. Karar verme, elektrikli araçların yönlendirilmesi, enerji verimliliği ve güvenlik ile ilgili çeşitli metrikler incelenmiştir. Ölçeklenebilirlik de incelenmiştir, ancak sadece araç ve atık kutularının sayısı artırılarak. Gerçek senaryolar üzerinde herhangi bir değerlendirme rapor edilmemiştir.

Azyze ve diğerleri [151], yöneticilere akıllı kutuların doluluk seviyesi ve kutu içindeki sıcaklık, nem ve hava kalitesi gibi diğer ilgili göstergeler hakkında gerçek zamanlı durum güncellemeleri sağlamak için tasarlanmış ortak bir WMS önermiştir. IoT sensörleri bir Arduino denetleyici tarafından koordine edilmiş ve ThingSpeak uygulaması aracılığıyla WiFi üzerinden bir bulut sunucusuna iletilmiştir. Laboratuvarında değerlendirme için bir prototip tasarlanmıştır.

Ultrasonik sensörün doğruluğuna ilişkin sonuçlar gıda, kağıt, plastik ve metal atıklar için rapor edilmiştir. Başka hiçbir ilgili gösterge üzerinde çalışılmamıştır. Gerçek bir değerlendirme veya dağıtım rapor edilmemiştir. Joshi ve diğerleri [152] katı atıkların gerçek zamanlı izlenmesi için Kablosuz Kişisel Alan Ağı ve bulut destekli teknolojileri birleştiren bir IoT mimarisi önermiştir. Bu mimari

Akıllı kutular, dolum seviyesini izlemek için IoT cihazlarını kullandı ve Xbee protokolünü kullanarak bir uç düğüme iletişim kurdu. Uç düğümler gecikmeyi azaltmak için karar verme yeteneklerine sahipti. Bir sis ağ geçidi, verileri bir bulut sunucusuna verimli bir şekilde iletmek için sis bilişim yeteneklerinden yararlanarak merkezi bir hub görevi gördü. Veri işleme bulut sunucusunda gerçekleştirilmiş ve sonuçlar sorgular ve görselleştirme için kullanılabilir durumda bırakılmıştır. Sistem sadece LabVIEW aracı kullanılarak simülasyon yoluyla değerlendirilmiştir. Gerçek bir değerlendirme veya dağıtım sunulmamıştır.

Wong ve diğerleri [153] toplama ve atık sınıflandırması için bir Raspberry mikrodenetleyici, ultrasonik taşma alarmı ve atık toplamayı tetiklemek için izleyici sensörleri entegre eden bir IoT WMS tanımlamıştır. Kızılötesi emisyon ve mesafe ölçümü kullanılarak kutuların doluluk seviyesini hesaplamak için basit bir iş akışı uygulanmıştır. Atık sınıflandırması için makine öğrenimi (RF ve CNN) uygulanmıştır. Taşma alarmının çok basit bir değerlendirmesi, üst sınırın 7 ve 3 cm altındaki dolum seviyeleri için rapor edilmiştir. Sınıflandırma yöntemleri, atıkları dört kategoriden birine sınıflandırmak için yazarların kendi veri kümesi üzerinde doğrulanmıştır: geri dönüştürülebilir, mutfak atığı, tehlikeli atık ve diğer. CNN, RF'den daha iyi doğruluk sonuçları elde etmiştir. Başka hiçbir sınıflandırma veya öğrenme ölçütü değerlendirilmemiştir. Taşma alarm mekanizmasını incelemek için prototip dışında gerçek bir değerlendirme sunulmamıştır.

Chauhan ve Gargish [154], akıllı çöp kutularını GPS, toplama kamyonları ve merkezi bir veri tabanı ile birleştiren bir sistem tasarlamak için Nesnelerin Yapay Zekasını (AIoT) uygulamıştır. çöp kutularının gerçek zamanlı izlenmesi için. Tasarım oldukça basitti ve yazarlar yapay zekanın çöp kutuları için uygun konumların seçilmesinde önemli bir rol oynadığını iddia etseler de, bu hedefe yönelik hiçbir ayrıntı veya algoritma sunulmamıştır. Yaklaşım geneldi ve herhangi bir doğrulama sunulmamıştı. Daha sonra, Chauhan ve diğerleri [155] WMS'de karar verme sürecini iyileştirmek amacıyla nesne tanıma ve atık kategorizasyonu için standart bir CNN uygulamıştır. Değerlendirme, rastgele yeniden boyutlandırılmış kırpma ve yatay çevirme kullanılarak artırılmış Kaggle'dan standart atık sınıflandırma veri seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntem AlexNet, VGG16 ve ResNet34'e göre doğrulukta iyileşmeler göstermiştir. Gerçek bir geliştirme veya değerlendirme rapor edilmemiştir.

Thaseen ve diğerleri [156] GA ve akıllı atık yönetimini birleştiren bir hibrit sunmuştur. Sensörlerden toplanan veriler kullanılarak, her bir akıllı çöp kutusunun tam kapasiteye yaklaşma olasılığını değerlendirmek için bir Mamdani bulanık çıkarım sistemi kullanılmıştır. Görüntü sınıflandırma yoluyla atık ayrıştırma da uygulanmıştır. GA, önerilen bulanık çıkarım sistemi için optimuma yakın bir kural kümesi bulmak için kullanılmıştır. GA-bulanık yöntemi, Arduino Board kullanılarak uygun maliyetli, küçük bir donanım bileşeninde uygulanmış, her bir çöp kutusu içindeki atık seviyesini tespit etmek ve atık sınıflandırması için uygulanmıştır. Sistem, Proteus simülatörü üzerinden sentetik deneyler üzerinde değerlendirilmiştir. Standart makine öğrenimi metrikleri için doğru sonuçlar raporlanmıştır. Değerlendirmede gerçek bir senaryo dikkate alınmamıştır.

Brouwer ve diğerleri [157] atık kutularını izlemek için ultrasonik sensörleri ve toplama araçlarının sürücüleri tarafından yapılan görsel gözlemleri karşılaştırmıştır. Toplama sayısı ile taşma sayısı arasındaki değiş tokuş analizi için bir Gauss tahmin modeli uygulanmıştır. Değerlendirme, Portekiz'deki bir atık yönetim şirketinden alınan çöp kutusu doluluk seviyelerine ilişkin gerçek veriler kullanılarak simülasyonlar yoluyla gerçekleştirilmiştir. İzleme yaklaşımları uygulandığında mevcut duruma kıyasla önemli gelişmeler elde edilmiştir. Görsel gözlemler, IoT teknolojilerine dayalı otomatik yaklaşımları tamamlamada değerli olduğunu kanıtlamıştır.

5.2.6. Atık Yönetimindeki Diğer İlgili Problemler için Hesaplamalı Zeka Toutouh ve diğerleri [158]

atık birikiminin yerini belirlemek için yumuşak hesaplama yöntemleri uygulamıştır. akıllı şehirlerdeki noktalar. Amaç, yatırım maliyetlerini azaltmak, kurulu kutuların hizmet verdiği nüfusu artırmak ve sistem erişilebilirliğini iyileştirmektir. Problem için PageRank yöntemine dayalı tek ve çok amaçlı sezgisel yöntemler ve iki adet çok amaçlı evrimsel algoritma önerilmiştir. Değerlendirmede Montevideo'daki gerçek senaryolar dikkate alınmıştır,

Uruguay ve Bahia Blanca, Arjantin. Her iki şehirde de mevcut planlama stratejilerini geliştiren, problem hedefleri arasında uygun ödünleşmelerle doğru sonuçlar rapor edilmiştir. Yaklaşım gerçek zamanlı bilgi içermemektedir.

Mokale [159] akıllı atık yönetiminde halkın farkındalığını ve yerel yönetimler ile sivil toplum kuruluşlarının rolünü incelemiştir. Çalışmada Hindistan'ın Mumbai kentinde yapılan bir anketten elde edilen birincil veriler ile araştırma makaleleri, gazeteler ve diğer kaynaklardan toplanan ikincil veriler analiz edilmiştir. Küçük kasabalardaki ve büyükşehirlerdeki akıllı atık yönetimi arasındaki farklar yorumlanmış ve incelenen senaryo için katı atık yönetiminin iyileştirilmesine yönelik spesifik öneriler sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar makalede düzgün bir şekilde düzenlenmemiş, raporlanmamış ve yorumlanmamıştır.

Ramalho ve diğerleri [160] çoklu ajan sistemlerine dayalı atık toplama için bir yazılım mimarisi sunmuştur. Kullanıcı dostu ve kapsamlı bir gösterge paneli arayüzü, topluluk katılımı, IoT teknolojileri, karar desteği ve sürekli izleme dahil olmak üzere önerilen mimarinin önemli özelliklerini tanımlamak için akıllı bir WMS için temel gereksinimler incelenmiştir. Sosyal ilişkileri modellemek için çok ajanlı simülasyon teknikleri uygulanmış ve IoT akıllı sayaçlar aracılığıyla izlenen atık kutularının konumları ve doluluk seviyeleri dikkate alınarak iyileştirilmiş toplama rotaları oluşturmak için bir strateji geliştirilmiştir. Floyd-Warshall algoritması kullanılarak çöp kutusu konumu ve en kısa yol hesaplamaları için basit yöntemler uygulanmıştır. Önerilen mimari örneklenmiştir ve Natal, Brezilya'nın akıllı şehir gündemine entegre edilmiştir. Diğer yöntemlerle karşılaştırma yapılmamıştır.

Sharma ve diğerleri [161], gelişmekte olan ülkelerin akıllı şehirlerinde atık yönetimi için IoT çözümlerinin benimsenmesinin önündeki engelleri analiz etmek için bir çerçeve geliştirmiştir. Hindistan'daki WMS projelerinde IoT'nin benimsenmesinin önündeki engelleri belirlemek ve analiz etmek için çok özellikli bir karar verme yaklaşımı uygulanmıştır. Toplam Yorumlayıcı Yapısal Modelleme yaklaşımının uygulanması, belirlenen engelleri ele almak için yapısal bir çerçeve oluşturulmasını sağlamıştır. Değerlendirme, Mussorie Dehradun Kalkınma İdaresi, Uttarakhand, Hindistan'dan farklı akıllı şehir ve WMS alanlarında dokuz uzmandan oluşan bir panelden elde edilen veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Operasyonel maliyetler ve geri ödeme; standardizasyon, yönetmelikler, talimatlar ve politika normlarının yokluğu; politika yapımcılar arasında sınırlı teknik bilgi; internet bağlantısı, gizlilik ve güvenlikle ilgili zorluklar ve mobilite, şeffaflık ve BİT altyapısının yokluğuyla ilgili sorunlar da dahil olmak üzere çeşitli darboğazlar tespit edilmiştir. Diğer gelişmekte olan ülkelere olası yayılımı açıklanmamıştır.

Mishra ve diğerleri [162] de Hindistan'da atık yönetimi için IoT çözümlerinin benimsenmesinin önündeki engelleri incelemek için hibrit bir çok kriterli karar verme yaklaşımı uygulamıştır. Karar vericilerin belirsizliğini modellemek için birleşik uzlaşma çözüm yöntemlerini ve Fermatean bulanık kümelerini uygulayan bir endeks oluşturmak için bir çerçeve sunulmuştur. Çerçeve, "gelişmekte olan ülkelerdeki" akıllı şehirlere ilişkin WMS'yi temsilen sunulan Hindistan'daki açıklanmamış bir senaryo üzerinde değerlendirilmiştir. Duyarlılık analizi ve daha önce önerilen yaklaşımlarla bir karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçlar, önerilen yöntemin karar verme süreci için faydalı bir yardım sağladığını göstermiştir.

Torkayesh ve diğerleri [163] akıllı tıbbi WMS tasarlamak için akıllı teknolojilerin uygulanmasını incelemiştir. Tıbbi atıklar için IoT ve blok zinciri teknolojilerinin uygulanmasını engelleyen konulara odaklanan çok kriterli bir yaklaşım izlenerek çeşitli faktörler analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. İstanbul, Türkiye için bir vaka çalışması sunulmuştur. Bu vakada yeni teknolojilerin kabul edilmesini engelleyen ana faktörler, eğitimle ilgili zorluklar ve paydaşların, profesyonellerin ve teknisyenlerin eksikliği idi. Bu eksiklikler, güvenlik ve gizlilik açısından söz konusu teknolojilerin faydalarından daha iyi performans göstermiştir.

Duela ve diğerleri [164] IoT ve sis bilişim kullanarak atık toplama için bir rotalama yöntemi önermiştir. Sis Katmanından Google Maps API tarafından desteklenen ve dört ana parametreyi dikkate alan basit bir en kısa yol algoritması uygulanmıştır: toplama aracının konumu, toplama aracı ile çöp kutusu arasındaki mesafe, çöp kutusunun doluluk seviyesi ve toplama aracının kapasitesi. Akıllı çöp kutusu için bir ultrasonik sensör, bir ağırlık sensörü ve metan ve diğer zararlı gazların konsantrasyonunu değerlendirmek için sensörler içeren bir altyapı önerilmiştir. Toplama zaman damgasını izlemek için bir RFID etiketi dahil edildi. İletişim için LoRaWAN kullanıldı. Mantık, hesaplamalar ve depolama, düşük gecikme süresi, yüksek bant genişliği ve gelişmiş güvenlik özelliklerinden yararlanılarak bir sis sunucusu tarafından sağlanmıştır. Deneysel doğrulama rapor edilmemiştir.

Bazrbachi ve diğerleri [165] hane halklarının akıllı katı atık yönetim sistemine katılım niyetlerini incelemek için bir çerçeve önermiştir. Planlı davranış teorisi, atık ayrıştırma ve geri dönüşüm niyetlerini değerlendirmeye yönelik bir modelin gizli değişkenlerinin boyutlarını değerlendirmek için uygulanmıştır. Tutum, öznel norm ve algılanan davranışsal kontrol de dahil olmak üzere ilgili belirleyiciler incelenmiştir. Önerilen yaklaşım, Shah Alam, Malezya'da farkındalık, görüşler, tutum ve davranışsal niyete ilişkin anketler kullanılarak bir vaka çalışmasında değerlendirilmiştir. Hanelerin sosyoekonomik özellikleri de değerlendirilmiştir. Değerlendirmenin sonucu, akıllı WMS'nin temel dezavantajının, herhangi bir optimizasyon veya gerçek zamanlı bilgi kullanımı uygulanmadığı için yüksek yönlendirme maliyeti olduğunu göstermiştir. Bu dezavantaj, katı atık yönetiminin bütçe maliyetinde genel bir artışa neden olmuştur. Sonuç olarak, katı atık yönetimi ile ilgili finansal giderlerde bir artış gözlemlenmiştir.

Shahsavar ve diğerleri [166] biyolojik bozunma için mantar kullanarak plastik atıkların yönetimi ve biyolojik geri kazanımı için bir ÇKKV çerçevesi önermiştir. Sistemde Shannon entropisi, sıralı ağırlıklı toplama, analitik hiyerarşi süreci, ideal çözüme benzerliğe göre tercih sıralaması ve eleme/seçim gerçekliğe dönüştürme uygulanmıştır. Analizde, ekonomik kriterler (yatırım maliyeti, tüketilen malzemeler, insan kaynağı ve enerji tüketimi) ve fun- gus biyolojik bozunma süreciyle ilgili diğer kriterler dikkate alınarak ilgili faktörler değerlendirilmiştir. Çerçeve, farklı ekonomik, enerji ve çevreyle ilgili durumlar göz önünde bulundurularak İran'ın Mashahd kentindeki bir vaka çalışması için değerlendirilmiştir. Sonuçlar, plastik atıkların biyolojik geri kazanımının uygulanmasının vatandaşların kentsel yönetim sisteminden memnuniyetini %49'dan %64'e çıkardığını göstermiştir. Atık endüstrilerinin gelişimi, akıllı şehir hedeflerine ulaşılması ve katı atıklardan kaynaklanan tehlikeli madde emisyonlarının azaltılması gibi diğer ilgili göstergeler de artmıştır. Daha kapsamlı bir model geliştirmek için diğer ilgili sosyal faktörlerin de (iş fırsatları, istihdam üzerindeki etki ve WMS uygulaması sırasında kaybedilen iş günü sayısı) dikkate alınması gerektiği kabul edilmiştir. Entegre modelin, tedarik zincirleri ve enerji tabanlı sistemler de dahil olmak üzere diğer alanlara uygulanabilir olduğu sunulmuştur.

Ogawa ve diğerleri [167] dünya çapında akıllı atık toplama teknolojilerini analiz etmiş ve Japonya'daki atık toplama sistemini değerlendirmek için katılımcı gözlemler gerçekleştirmiştir. Belirlenen eğilimler ve mevcut durum temel alınarak, akıllı kutular ve uyarlanmış toplama araçlarının bir kombinasyonu kullanılarak temassız bir atık toplama sistemi geliştirilmiştir. Japonya'nın Fukuoka şehrinden elde edilen veriler kullanılarak uygulamalı bir değerlendirme yapılmıştır. Gösteride, önerilen sistemin 212 kg ağırlığındaki bir atık konteynerini herhangi bir insan teması olmadan bir toplama aracına güvenli bir şekilde kaldırma kabiliyeti başarılı bir şekilde sergilendi. Sonuç olarak, toplama kamyonunu çalıştırmak için gereken işçi sayısı ikiden bire düşürülmüştür. Gerçek bir değerlendirme ya da uygulama rapor edilmemiştir. Çalışma, akıllı kutuların ambalaj atığı tüketiminin azaltılmasını teşvik etme potansiyelini ortaya koymuştur.

5.3. Konu başlığı: Akıllı Şehirlerde WMS'in Sosyal Yönleri

Sosyal unsurlar, özellikle akıllı şehirler bağlamında atık yönetiminde çok önemli bir rol oynamaktadır. Akıllı WMS sadece teknolojik gelişmelere odaklanmakla kalmaz, aynı zamanda vatandaş katılımına ve davranış değişikliğine de öncelik verir. Modern şehirlerde atık yönetimi, vatandaşların atık azaltma, ayrıştırma ve geri dönüşüm çalışmalarına aktif olarak katılmaları için eğitilmelerini ve güçlendirilmelerini içerir. Bu genellikle kamuoyu bilinçlendirme kampanyaları, toplum temelli programlar ve sürdürülebilir atık uygulamaları için teşvikler gibi girişimleri içerir. Akıllı şehirler, sakinleri arasında sorumluluk ve sahiplenme duygusunu teşvik ederek atık üretimini etkili bir şekilde azaltmakta ve geri dönüşüm oranlarını iyileştirmektedir. Bu bölüm, teknolojik yeniliklerden ziyade sosyal yönleri vurgulayan makaleleri kategorize etmeyi amaçlamaktadır. Bazı makalelerin birden fazla alt kategoriye kapsamı nedeniyle sınıflandırmaların çakışabileceği dikkate değerdir. Bununla birlikte, her çalışma en belirgin katkılarına göre kategorize edilmiştir. Ek A'ya bakınız.

5.3.1. Akıllı WMS ve Döngüsel Ekonomi

Akıllı şehirlerde atık yönetimi kaynakçasında düzenli olarak yer alan ilgili bir konu da döngüsel ekonomi kavramıdır. Genel bir bakış açısıyla döngüsel ekonominin amacı, geleneksel "al-yap-at" doğrusal ekonomi paradigmasını, kaynakların mümkün olduğu kadar uzun süre kullanıldığı ve atık ve kirliliğin azaltıldığı daha sürdürülebilir bir paradigma ile değiştirmektir [42]. Bu, ürünlerin yeniden kullanılabilirlik, geri dönüştürülebilirlik ve onarılabirlik için tasarlanmasını ve bir süreçten çıkan atığın başka bir süreç için kaynak haline geldiği kapalı döngü sistemlerinin oluşturulmasını içerir. Aceleanu ve diğerleri [168] döngüsel ekonominin Romanya'daki uygulama derecesini değerlendirmek için üst düzey bir analiz gerçekleştirmiştir. Dikkatli bir gözden geçirmenin ardından yazarlar, geri dönüşümü ve/veya yeniden üretimi daha kolay ürünler üretmek için şirketlerin, sürdürülebilir politikaları teşvik eden yasalar çıkarmak için hükümetlerin ve tüketici alışkanlıklarını değiştirmek ve atıkların kaynak sınıflandırmasını artırmak için vatandaşların büyük çaba göstermesi gerektiği sonucuna varmıştır. Söz konusu üç paydaş arasındaki işbirliğinin, sürdürülebilir bir akıllı atık yönetim sistemi elde etmek için gerçekten önemli olduğu tespit edilmiştir.

Franchina ve diğerleri [169] akıllı teknolojilerin şehirlerde döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanmasına nasıl katkı sağladığına ilişkin genel bir tartışma sunmuştur. Örnek olarak, literatürde atık yönetimi ile ilgili daha önce yapılmış bir vaka çalışması rapor edilmiştir. Dinca' ve ark. [170] Avrupa ülkelerindeki akıllı şehirlerin çevresel durumunu etkileyen döngüsel ekonomi ile ilgili faktörleri incelemiştir. Akıllı şehirlerin çevresel sonuçlarını etkileyen döngüsel ekonomiyle bağlantılı bazı kritik atık yönetimi faktörleri vurgulanmıştır: atıkların düzenli depolanması ve yakılmasına yönelik vergi ve kısıtlamaların uygulanması, üretilen atık miktarına dayalı vergilendirme, atık azaltımını teşvik etmek için yerel ve bölgesel yetkililere yönelik ekonomik teşvikler, ayrı atık toplama programlarının geliştirilmesi, atık yönetimi altyapısına yönelik yatırımların stratejik planlaması, gelişmiş atık işleme, geri dönüşüm ve yeniden üretim teknolojilerinde araştırma ve yenilikçilik, atıklardan kaynaklanan çevre kirliliğini azaltmak için halk eğitimi ve farkındalık kampanyaları ve seçici atık toplamanın teşvik edilmesi.

Formisano ve diğerleri [171] 391 büyük Avrupa şehrinde akıllı sürdürülebilir şehirler ve döngüsel ekonomi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. İki ölçüt arasında bir korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Metriklerden biri, "akıllı şehirler" ile bağlantılı bilimsel makale sayısı ile Google Scholar'daki herhangi bir konuyla ilgili bilimsel makale sayısının oranını ölçmüştür. İkinci ölçüt de benzerdi ancak "döngüsel ekonomi" anahtar kelimesi kullanıldı. Çoğu Almanya ve İtalya'da bulunan 391 şehirden toplam 193'ü bu iki ölçüt arasında yüksek bir korelasyon göstermiştir. Maiurova ve diğerleri [172], atık üretimindeki artış nedeniyle büyük bir baskı altında olan Moscovian WMS'yi geliştirmek için döngüsel ekonomi uygulama kapasitesini analiz etmiştir. Veriler yarı yapılandırılmış

İlgili paydaşlarla yapılan görüşmeler ve literatür taraması. Sistemin dezavantajları ve darboğazları tespit edilmiş ve başarılı bir örnek olan Almanya'nın Berlin kenti ile karşılaştırılmıştır. Dijitalleşme, akıllı kutular için IoT teknolojisinin kullanılması, toplama için rota optimizasyon planlayıcıları, dijital takip ve atılan atık miktarı için vatandaşlardan ücret alınması gibi farklı iyileştirmeler de dahil olmak üzere iki şehir arasındaki boşluğu doldurmak için kilit bir unsur olarak belirlendi.

Muheirwe ve diğerleri [173] farklı Sahra Altı Afrika ülkelerindeki WMS düzenlemelerinin etkisini analiz ederek kamu politikası oluşturmada bağlamsallaştırmanın önemini vurgulamıştır. Elde ettikleri bulgular, gelişmiş ülkelerdeki en iyi uygulama yönetmeliklerinin benimsenmesinin Sahra Altı Afrika'da WMS'nin sürdürülebilirliğini mutlaka artırmadığını göstermiştir. Aksine, bu tür düzenlemelerin etkinliği, uygulandıkları bölgenin kendine özgü sosyo-ekonomik, kültürel ve altyapısal dinamiklerine uyarlanmalarına bağlıdır. Rena ve diğerleri [174], farklı düzenleyici girişimlerin Hindistan'ın karmaşık WMS'sini geliştirerek daha sürdürülebilir hale getirmesine nasıl yardımcı olduğunu göstermek için benzer bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yazarlara göre, Hindistan'da atık yönetiminde sürdürülebilirliğin artırılmasında faydalı olan bir diğer faktör de özel sektörün, özellikle de eko-inovasyonların geliştirilmesiyle ilgili girişimlerin dinamizmidir.

Colangelo ve diğerleri [175], İtalya'nın Bari kentinde döngüsel bir ekonomi uygulamak için en iyi seçeneği belirlemek amacıyla atığı enerjiye dönüştürmek için en iyi teknolojiyi seçmek için bir maliyet-verimlilik analizi gerçekleştirmiştir: yakma, gazlaştırma veya alevsiz oksijen-yanma. Sürecin çevreye etkisi sadece karbon emisyonu üretme haklarını elde etmek için bir operasyonel maliyet olarak değerlendirilmiştir. Mevcut elektrik ve karbon fiyatları göz önünde bulundurulduğunda, gazlaştırmanın en iyi seçenek olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, analizin temel parametreleri üzerinde kapsamlı bir duyarlılık analizi gerçekleştirdikten sonra yazarlar, çıkarılan karbondioksitin satılabilirliği gelecekteki muhtemelen daha yeşil bir ekonomide, daha yeni bir teknoloji olan alevsiz oksijen-yanmanın daha karlı olabileceği sonucuna varmışlardır.

Kurniawan ve diğerleri [176], Çin'in Naning kentinde halihazırda uygulanmakta olan döngüsel ekonomi uygulamalarının Endonezya'nın Malang kentine uygulanmasını incelemiştir. Elde ettikleri bulgular, dijitalleşme girişimleri yoluyla WMS'yi geliştirme potansiyelinin altını çizmiştir. Çalışma özellikle, geri dönüşüm tesislerinde atıkların verimli bir şekilde sınıflandırılması ve böylece işleme maliyetlerinin azaltılması için veri odaklı yaklaşımlardan yararlanmanın önemini vurgulamıştır. Buna ek olarak, akıllı kutuların benimsenmesi atık toplama süreçlerinin optimize edilmesi için kilit bir strateji olarak ortaya çıkmıştır. Listiningrum ve diğerleri [177] Endonezya'daki akıllı bir şehrin atık yönetiminde döngüsel ekonomi stratejilerinin uygulanması için yasa ve yönetmeliklerin nasıl bir temel teşkil ettiğini incelemiştir. Makale, yasaların atık üreticileri konusunda nispeten katı olmasına rağmen, yetkililerin sorumlulukları konusunda gevşek olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca Endonezya'da entegre bir yönetim sistemi bulunmamakta, bu da sistemin farklı aşamalarından sorumlu olan aktörler arasında karışıklığa ve sorumlulukların reddedilmesine yol açmaktadır.

Moslinger ve diğerleri [178] Horizon Europe 100 İklim-Nötr ve Akıllı Şehirler Misyonuna ilgi duyduğunu ifade eden 362 şehirden oluşan bir gruptaki paydaşlara verilen anketleri incelemiştir. Ana bulgulardan biri, bu şehirlerdeki ekonomilerin döngüselliklerini artırmak için hükümetlerin döngüsel ekonomi, dijitalleşme ve emisyon muhasebesi alanlarındaki uzmanlıklarını geliştirmeleri ve anlaşılması kolay ve doğrusal ekonomilerden döngüsel ekonomilere geçişi ölçmek için kullanılabilecek net anahtar performans göstergeleri belirlemeleri gerektiğidir. Ayrıca hükümetler, bu stratejilerin başlangıçta bütçe giderlerini artırması, endüstri ve araştırma enstitüleri arasında işbirliği ağlarının kurulmasını teşvik etmesi ve belirli mevzuatı uygulaması gibi farklı çözümlerin ödünleşimlerini de dikkate almalıdır.

Onesmo ve diğerleri [179] Tanzanya'nın Arusha kentindeki hurda piyasasını, yerel yönetimin belgelerinden elde edilen veriler ve paydaşlar, hurda toplayıcıları, hurda satıcıları ve devlet memurları ile yapılan mülakatları kullanarak analiz etmiştir. Toplanan veriler arasında şehirde toplanan farklı hurda malzemelerin miktarları (çoğunlukla metaller ama aynı zamanda diğer mineraller), her bir malzemenin olağan satış fiyatları ve ana satış pazarları yer almaktadır. Makale ayrıca, atık toplayıcılar için bir işgücü kaynağı olarak önemli olan şehirdeki hurda malzeme lojistik zincirinin sosyal etkisini de incelemiştir. Son olarak makale, şehirde önemli bir hurda işletmesinin varlığı nedeniyle yerel sanayinin çevresel etkisindeki azalmayı analiz etmiştir. Hurda malzeme, bölge sanayisini büyük miktarlarda demir cevheri, kömür ve boksit ile besleyerek işlenmemiş malzeme kullanımını azaltmaktadır. Ayrıca, hurda malzeme hammadde işleme ihtiyacını azaltmakta ve böylece sanayideki enerji tüketiminde %56'ya varan bir azalmaya katkıda bulunmaktadır.

Yadav ve diğerleri [180] Hindistan şehirlerinde akıllı bir WMS ve döngüsel ekonomi ilkelerini uygulamak için karşılaşılan kritik engelleri analiz etmiştir. Veri toplama süreci, ilgili literatürün gözden geçirilmesini ve hem hükümet temsilciliğinden hem de teknoloji sanayi sektöründen uzmanlara dağıtılan anketleri içermiştir. Belirlenen başlıca engeller, katı düzenleyici politikaların eksikliği ve uygun finansal ve kıyaslama süreçlerinin olmamasıdır.

5.3.2. WMS Saha Çalışmaları

Singh ve Leena [181], Hindistan'ın Faridabad kentinde WMS'nin sera gazı emisyonlarına ilişkin matematiksel denklemlere dayalı bir tahmin gerçekleştirmiştir. İki senaryo karşılaştırılmıştır: atıkların doğrudan düzenli depolama sahasında depolandığı bir senaryo ve atıkların yakılarak enerjiye dönüştürüldüğü başka bir senaryo; ikinci senaryo sera gazı emisyonları açısından daha faydalıdır. Senaryolar sadece deterministik parametreler dikkate alınarak çözülmüştür. Böylece, sonuçlar bir simülasyon modeli kullanılarak belirsizlikle geliştirilebilmiştir. Mingaleva ve diğerleri [182], sürdürülebilirliğini değerlendirmek için Perm, Rusya'daki WMS'nin tanımlayıcı bir analizini sunmuştur. Çevre dostu tutumlara sahip vatandaşlar başlıca katkıda bulunanlar olarak belirlenmiştir. Geri dönüşüm oranını artırmak için geri dönüşüm tesislerinin kurulması önerilmiş ve atık taşıma maliyetlerini en aza indirmek için tek bir büyük tesis inşa etmek yerine bunların ilçe geneline dağıtılması tavsiye edilmiştir.

Rai ve diğerleri [183] Nepal'in Bharatpur şehrinde vatandaşların WMS'den memnuniyetini analiz etmek için hem paydaşlar hem de sıradan vatandaşlar üzerinde bir anket gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, başta toplama zamanlamasının uygunsuzluğu ve günlük atıkların atılması için sokaklarda çöp kutularının bulunmaması olmak üzere atık toplama sorunları nedeniyle yarısından fazlasının sistemden memnun olmadığını göstermiştir. Çalışma ayrıca, vatandaşların sistemin bu olumsuz yönlerini iyileştirmek için mevcut hizmet oranından %30 daha fazla ödeme yapmaya istekli olduklarını ortaya koymuştur.

Onoda [184], Japonya'da COVID-19 sonrası atık yönetimini iyileştirmek için akıllı teknolojilerin kullanımını analiz etmiştir. Uzaktan sürdürülebilirlik eğitimi için sanal gerçeklik, tıbbi atıklar için izlenebilirlik, atık tesislerinde robotik kollar ve atık toplama için sürücüsüz arabalar gibi farklı girişimler tartışılmıştır. Bu girişimler, daha sürdürülebilir WMS'yi engelleyen zorlukları ele almak için Japonya'da uygulanan yenilikçi yaklaşımları örneklendirmiştir. Rahmayanti ve diğerleri [185] Endonezya'nın iki şehirden 440 ilkökul öğrencisini kapsayan bir anket çalışması yaparak öğrencilerin akıllı bir AYY's'nin uygulanmasına yönelik tutumlarını değerlendirmiştir. Bulgular, genç nesiller arasında akıllı atık çözümlerini benimsemeye yönelik güçlü bir eğilim olduğunu ortaya koymuştur.

Popova ve Sproge [10] evsel atık sınıflandırmasını etkileyen faktörleri incelemek için vatandaşlarla anketler ve yetkililerle görüşmeler yapmıştır. Araştırma, atıkları ayrıştırma konusunda daha istekli olan tek aileli evlerde yaşayanlar ile birden fazla çöp kutusu için alan kısıtlamaları nedeniyle bunu yapmaya daha az eğilimli olan çok aileli konutlarda yaşayanlar arasında atık ayrıştırma davranışında kayda değer bir farklılık olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, anketler vatandaşlar arasında atık ayrıştırmanın faydaları konusunda farkındalık eksikliği olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, yetkililerin yanıtları maliyet verimliliği kaygılarına öncelik verme eğilimindeydi. Sonuçlar, özellikle çok aileli konutlarda lojistik zorlukları ele almak için politika önlemlerinin yanı sıra vatandaşlar arasında atık ayrıştırma bilincini artırmak için hedeflenen eğitim girişimlerine ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Bölgede atık ayrıştırmanın geliştirilmesi için önlemler önerilmiştir. Saptadi ve arkadaşları [186], Endonezya'nın Makassar k e n t i n d e k i beş ilçede 49 vatandaşla bir anket gerçekleştirerek, insanların atıklarını ilkel bir WMS'de doğru bir şekilde bertaraf etme istekliliğini analiz etmiştir. K-ortalamalar kümeleme algoritması kullanılarak iki ana grup belirlenmiştir: atık bertarafı konusunda yetkililerin önerilerine uyan 39 kişilik bir grup ve atık bertarafı yönergelerine daha az duyarlı olan 10 kişilik bir grup. Whiteman ve diğerleri [187], Birleşmiş Milletler'in sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu olacak şekilde, geleneksel AYY'den "atık ve kaynak yönetimi" sistemine geçişi amaçlayan kavramsal bir çerçeve sunmuştur. Çerçeve, WMS'leri gelişmişlik düzeylerine göre dokuz kategoriye ayırmaktadır. Bu çerçevenin uygulanışını göstermek için makalede Bo, Sierra Leone ve Muncar, Endonezya'daki iki vaka çalışması analiz edilmiştir; Mohanty ve diğerleri [188] Hindistan'ın Bhubaneswar kentindeki AYY'sinin kısa bir betimsel analizini sunmuş ve yakın zamandaki nüfus artışıyla daha da kötüleşen kırılganlıklarını vurgulamıştır. Çalışma, öncelikle sınırlı mali kaynaklar ve yetersiz planlama nedeniyle sistemin eksikliklerini özetlemiştir. Kurniawan ve diğerleri [189], Tayvan'ın sistemlerini geliştirmedeki başarılı deneyiminden dersler çıkarmak için Rusya'nın Petersburg kentindeki WMS'yi incelemiştir. Petersburg'un hane düzeyinde atık sınıflandırmasını teşvik etmeye, geri dönüşüm endüstrisini dijitalleştirmeye ve operasyonel maliyetleri optimize etmeye yönelik girişimlere öncelik vermesi gerektiğini belirtmiştir.

WMS'nin verimliliğini artırmak için gelişmiş sistem planlaması yoluyla.

Suryawan ve Lee [190], Endonezya'nın Jakarta kentinde akıllı bir WMS'nin uygulanması için vatandaşların ödeme yapma isteğini tahmin etmeye yönelik bir değerlendirme çerçevesi sunmuştur. Vatandaşların gelişmiş atık hizmetleri için daha fazla ödeme yapma istekliliğini etkileyen sosyoekonomik durum, yaş ve çevre bilinci dahil olmak üzere çeşitli temel faktörler belirlenmiştir. Vatandaşların önerilen sistemden talepleri arasında, atıkların sınıflandırılabilirliği ve kolay anlaşılabilir bilgi sağlanması öncelikli gereksinimler olarak ortaya çıkmıştır.

Zhao ve diğerleri [191] Çin'in Circum-Bohai-Sea bölgesinde demografik değişimin ve akıllı şehir gelişiminin atık üretimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, nüfusun azalması ve yaşlanmasının yanı sıra akıllı şehir altyapısındaki ilerlemelerin kentsel alanlarda atık üretim oranlarında düşüşe yol açan önemli faktörler olduğu gözlemlenmiştir. Makalede, atık üretimini daha da azaltmak ve böylece bölge genelinde daha sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarını teşvik etmek için akıllı şehir girişimlerinin kırsal alanlara da yayılmasının önemi vurgulanmıştır.

5.3.3. WMS'nin Verimlilik Analizi

Cheela ve diğerleri [192] Hindistan'daki altı akıllı şehirde akıllı atık yönetimiyle ilgili farklı göstergeleri, yani sisteme harcanan toplam bütçeyi, arıtma tesisi sayısını, düzenli depolama ve açık çöplük sayısını, aktarma istasyonlarını, araç toplama filosunun büyüklüğü ve türünü, atık biriktirme toplama noktalarının kullanımını ve atık üretim oranını dikkate alarak karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirmiştir. Yazarlar, göstergelerin şehirden şehre nasıl değiştiğini tartışmış ve şehirlerde bu göstergelerin iyileştirilmesi için bazı pratik stratejiler önermiştir.

Bununla birlikte, makale görelî verimliliği analiz etmemiş ve bu konuyu gelecekteki çalışmalar için bir değerlendirme olarak bırakmıştır.

Jonek [193] çok kriterli bir analize dayalı olarak on altı Polonya başkentinin atık sisteminin verimliliğini incelemiştir. Bir şehrin atık sisteminin akıllılığını belirlemek için kullanılan göstergeler kişi başına atık üretim oranı, kişi başına üretilen atığın yıllık değişim oranı, şehirde toplanan karışık (sınıflandırılmamış) atığın toplanan toplam atığa oranı ve sistemin giderinin toplanan atık miktarına bölünmesiyle hesaplanan maliyet-etkinlik oranıdır. Polonya'nın en büyük şehirlerindeki (Varşova ve Wrocław) WMS'lerin nispeten verimsiz olduğu ve bu nedenle kamu politikalarının kişi başına atık üretim oranını azaltmaya ve maliyet verimliliğini artırmaya odaklanması gerektiği tespit edilmiştir. Ancak makalede, AYS'de bu iyileştirmelerin nasıl sağlanacağı tartışılmamıştır.

Thakur ve diğerleri [194] literatür taramasına, vatandaşlara sunulan anketlere ve paydaşların görüşlerine dayanarak sürdürülebilir WMS'nin 13 faktörünü belirlemiştir. Paydaşların görüşleri, faktörler arasında bir hiyerarşi önermek için yorumlayıcı yapısal modelleme kullanılarak analiz edilmiştir. Daha sonra, bu faktörler Hindistan'ın Odisha kentini bir vaka çalışması olarak analiz etmek için kullanılmıştır. Son tartışmada, kentin WMS'sini daha sürdürülebilir hale getirmek için bir dizi strateji incelenmiştir.

Öztas, ve diğerleri [195] İstanbul, Türkiye'de WMS'nin yaşam döngüsü değerlendirme analizini sunmuştur. Saha çalışması ve literatürden veri toplandıktan sonra, farklı senaryolar göz önünde bulundurularak sistem tarafından üretilen çevresel pasifleri tahmin etmek için bir simülasyon modeli kullanılmıştır. Veri toplama süreci kısaca açıklanmıştır. Simülasyonlara dayanarak, atıkların yakma, kompostlama ve geri dönüşüm yoluyla dengeli bir şekilde bertaraf edildiği entegre bir sistem yönetimini içeren en çevre dostu senaryo seçilmiştir. Rafiquee ve Shabbiruddin [196]

Hindistan'ın Patna kentindeki WMS'yi TOPSIS kullanarak, alandaki üç uzmanın görüşlerine dayanarak değerlendirmiştir. Sermaye yatırımı gereksinimleri, sosyal kabul, toplanan ve işlenen atık miktarı ve operasyonel karmaşıklık dahil olmak üzere çeşitli değerlendirme kriterleri dikkate alınmıştır. Özellikle sosyal kabul, WMS ve kapıdan kapıya toplama sisteminin uygunluğu için en kritik faktör olarak ortaya çıkmıştır akıllı çöp kutularının eklenmesiyle şehir için en iyi sistem olarak kabul edildi.

5.3.4. WMS'nin Diğer Sosyal Boyutları

Fatimah ve diğerleri [197] Endonezya'nın dört şehrinde Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanarak sürdürülebilir ve akıllı bir WMS geliştirmeye yönelik sorunları ve fırsatları araştırmıştır. Veriler kapsamlı bir sistematik literatür taraması, yoğun odak grup görüşmeleri ve doğrudan gözlem yoluyla toplanmıştır. Makale temel olarak WMS'nin sosyal, yönetimsel, teknolojik, çevresel ve ekonomik boyutlara göre bir sınıflandırmasını ve her bir boyut için beş farklı "akıllılık" olgunluk seviyesini sunmuştur. Almalki ve diğerleri [198] IoT teknolojileriyle ilişkili belirli bir dezavantaja dikkat çekmiştir: önemli miktarda elektronik atık üretme eğilimleri. Sonuç olarak yazarlar, elektronik atık birikimini azaltmak için IoT teknolojilerinin titizlikle seçilmesinin zorunlu olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak bu sonuç spesifik örneklerle desteklenmemiştir.

Peoples ve diğerleri [199], bir şehirde bir WMS'nin uygulanması için ön koşulların belirlenmesini amaçlayan bir iş modeli önermiştir. Vatandaşların akıllı atık yönetimi programına ne kadar uyumlu olacaklarını değerlendirmek için bir anket yapılmıştır. Ankette, vatandaşların ATYS'yi geliştirmek için toplama sıklığı, atıkların kaynağında ayrıştırılması, diğer komşularla işbirliği ve verilerin paydaşlarla paylaşılması gibi değişiklikleri kabul edip etmeyeceği konusunda bilgi toplanmıştır. Katılmak isteyen vatandaşların sayısına bağlı olarak programın maliyet verimliliğini analiz etmek için bir yöntem önerilmiştir. Bununla birlikte, makalede önerilen iş modelinin gerçek bir vaka çalışmasına uygulanması sunulmamıştır. Vrabie [200] dört Avrupa ülkesinde atıktan enerjiye dönüşüm teknolojilerini incelemiştir

gelişmiş WMS'ye sahip şehirler. Atık üretiminin zincirin ilk aşaması ve enerji üretiminin son aşaması olduğu bir tedarik zinciri tanıtılmıştır. Gelişmiş AYS, Romanya'da atıktan enerjiye teknolojilerinin uygulanmasına yönelik faydalı stratejiler elde etmek için incelenmiştir. Costa ve diğerleri [201], sistem sürdürülebilirliğini artırmayı amaçlayan hükümet girişimlerine ilişkin şehirlerin farkındalığını değerlendirmek için geniş ölçekli bir anket gerçekleştirmiştir. Bulgular, özellikle kadın ve yaşlı nüfus arasında kaynak sınıflandırma programlarına önemli bir destek olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, akıllı atık yönetimi girişimlerinin vatandaşlar üzerinde düşük bir etkiye sahip olduğu ve birçoğunun bu girişimler konusunda yüksek düzeyde bilgisizlik sergilediği görülmüştür. Zérah ve diğerleri [202] dijitalleşmenin Hindistan'ın Mangaluru kentindeki WMS'yi nasıl etkilediğine dair bir çalışma sunmuştur. Yazarlar, sokaklarda yapılan gayri resmi bir anket aracılığıyla, toplanan verilerin nasıl kullanılacağı konusunda vatandaşlar arasında önemli bir güvensizlik olduğunu tespit etmiş ve yetkililerin güçlü bilgi gizliliği düzenlemelerine olan ihtiyacını vurgulamıştır. Buna ek olarak, yazarlar, uygun bilgi güvenliği düzenlemelerine duyulan ihtiyacı vurgulamışlardır.

Çalışanların bilgiyi etkin bir şekilde toplaması, işleme ve kullanması için eğitim.

6. Tartışma

Bu bölümde, incelenen alanda daha fazla araştırma ve geliştirme için ortaya çıkan eğilimleri ve fırsatları belirlemek amacıyla incelenen makalelerdeki ana bulgular tartışılmaktadır.

Atık toplama yönetim sistemlerini analiz etmek ve optimize etmek için yayınlanan birçok strateji, hesaplamalı zeka, IoT, veri analitiği, mekansal analiz ve veri odaklı yaklaşımları içermektedir. Bu stratejiler TSP ve VRP modellerine dayanmaktadır ve son teknoloji kıyaslamalarla çok az karşılaştırma rapor edilmiştir. Önerilen yöntemlerin çoğu, toplama aracı rotalarını optimize etmek ve tahmin etmek için meta-sezgisel yöntemler veya makine öğrenimi gibi hesaplama zekasını kullanmaktadır. Tekliflerin çoğu, gerçek dünya vaka çalışmaları ile doğrulanmış akıllı kutularda gerçek zamanlı IoT cihazları kullanmaktadır. Ancak, yalnızca bazı kapsamlı sistemler akıllı şehirler için akıllı sistemlerle birleştirilmiştir. Benzer şekilde, sadece bir makale elektrikli araçlar kullanarak atık toplama için bir rotalama yaklaşımı önermektedir, ancak gelecekte elektrikli araba akülerinden gelen atıkların yönetilmesi gerekecektir, bu da başka bir araştırma alanı açmaktadır. Genel bir karşılaştırma için optimizasyon yöntemlerini test edecek belirli bir atık yönetimi kıyaslaması bulunmamaktadır. Çoğu vaka, yerel gerçek dünya atık yönetimi prosedürlerini optimizasyon yöntemleriyle elde edilen deneysel sonuçlarla karşılaştırmaktadır. Bu nedenle, akıllı WMS'de gelecekteki araştırmalar, atık toplamada elektrikli araçları içeren uygulamalara ve hesaplama zekasına dayalı toplama planları geliştirmeye odaklanmalıdır. Bu yaklaşımlar, yerel ve ulusal bağlamlarda atık toplama hizmetlerine yönelik kurumsal yapıların, politikaların, planların ve düzenlemelerin maliyetleri en aza indirecek ve toplamayı en üst düzeye çıkaracak şekilde oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır. Bir başka araştırma boşluğu da elektrikli araçlardan çıkan ömrünü tamamlamış bataryaların döngüsel ekonomi ilkeleriyle uyumlu bir şekilde işlenmesine yöneliktir. Bu, özellikle yeni nesil Endüstri 5.0, otomasyon, uçan araçlar, otonom araçlar, yapay zeka, insan-robot işbirliği ve elektrikli araçlar düşünüldüğünde, gelecekteki araştırmalar için önemli bir alandır. Tüm bu faktörler sürdürülebilirliğin ve döngüsel ekonominin desteklenmesinde kilit rol oynamaktadır.

Bazı makaleler, akıllı planlama ve toplama, bertaraf için en iyi rotaları bulma, geri dönüşüm ve döngüsel ekonomiyi teşvik etme ve paydaşlar arasında güveni artırma konularında doğrudan uygulama ile akıllı atık yönetimi için blok zinciri yaklaşımları sunmuştur. Blok zinciri teknolojileri genellikle İş Süreci Modeli, akıllı sözleşmeler ve veri gizliliği yöntemleri gibi diğer araçlarla birlikte kullanılmakta ve atık yönetimi sürecinin izlenebilirliğini, birlikte çalışabilirliğini ve nihai verimliliğini artırmak için uygulanmaktadır. Blok zinciri teknolojilerindeki temel boşluklar, veri paylaşımındaki uyumsuzluklar ve atık yönetiminde yer alan özel ve kamu kurum ve kuruluşları için benimsenme ve uyumluluk ihtiyacıdır. Bununla birlikte, blok zinciri teknolojisinin atık yönetiminde devrim yaratma potansiyeli muazzamdır. Teknolojik altyapıyı da göz önünde bulundurmak önemlidir.

ve tasarım uygulamaları, merkezi olmayan ve şeffaf stratejiler ve finans sürecindeki kısıtlamalar, blok zinciri tabanlı işlemler, tedarik zinciri, otomasyon ve güvenlik. Bu araştırma boşlukları, blok zinciri teknolojisinin WMS'deki uygulamalarını ve etkilerini ve yasal olarak benimsenmesini keşfetmek için daha fazla çalışmaya duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Atık üretiminin karakterizasyonu ve tahmini ile ilgili olarak, incelenen çalışmalarda demografik ve sosyoekonomik değişkenler de dahil olmak üzere çeşitli değişkenler dikkate alınmıştır. Atık türleri ve özel toplama uygulamaları gibi WMS'nin diğer spesifik özellikleri de dikkate alınmıştır. Çoğu makale, karakterizasyon ve tahmin için açık verileri incelemiştir, ancak en doğru sonuçlar, katı atık üretimi ile uygun şekilde ilişkilendirilmiş hem açık hem de tescilli verileri dikkate alan çok değişkenli yaklaşımlar kullanılarak elde edilmiştir. Sonuçların karşılaştırılması için çeşitli istatistiksel ölçütler kullanılmıştır. Az sayıda makale, farklı senaryolara uygulanacak genelleştirilmiş modeller önermiştir. Atık üretiminin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, bir şehrin sürdürülebilir kalkınması için çok önemlidir. Bu durum, yönetimin mevcut sistemlerdeki boşlukları en aza indirecek sürdürülebilir bir yol için çok amaçlı bir hedef geliştirmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, bir atık yönetim planının ve tarihi belgelerin olmaması, orta ve uzun vadeli dönemler için yerel ve ulusal kamu politikalarının geliştirilmesini engellemektedir. Bu nedenle, atık yönetiminin tahmin ve karakterizasyonundaki boşluklar, karar verme sürecinde verilerin manipüle edilmesine yardımcı olmak için istatistiksel yöntemler ve yapay zeka tahmin yöntemleri kullanılarak analiz edilmelidir.

Atık tanıma ve sınıflandırmaya, çoğunlukla nesne tanıma ve sınıflandırma için CNN kullanan yarı otomatik yöntemler kullanılarak yaklaşılmıştır. Önemli sayıda öneri, IoT özelliklerine sahip akıllı kutulardan yararlanmak için entegre sistemleri tanımlamıştır. Atık tanıma ve sınıflandırma için yayınlanan birkaç yaklaşım oldukça basittir ve son teknoloji yöntemlerle çok az karşılaştırma rapor edilmiştir. Atık tanıma ve sınıflandırma için YSA ve derin öğrenme kullanan önerilerin çoğu, örneğin Kaggle veya Google Görsel havuzlarından alınan standart veri kümeleri üzerinde doğrulanmıştır. Çok az uygulama gerçek senaryolar üzerinde doğrulanmıştır. Mevcut atık sınıflandırma modellerinin hala zayıf sınıflandırma doğruluğu veya uzun çalışma süreleri ve zaman serisi verilerini kullanarak evsel atık üretimini çevreleyen sınırlamalar, bilgisayarla görme algoritmaları için yüksek bileşik talepler, veri toplama için IoT entegrasyonu, yeterli model seçimi ve mimarisi, kirlilik algılama sensörlerinin hassasiyeti gibi çeşitli sorunları vardır. Bu nedenle, gelecekteki araştırmalar, sürdürülebilir ve döngüsel bir ekonomiye yönelik olarak organik, evsel, tıbbi ve geri dönüştürülebilir atıkların sınıflandırılmasında yapay zekanın uygulanmasını kolaylaştıran standart modelleri hedefleyerek farklı sınıflandırma modelleri arasındaki boşluğu kapatmaya odaklanmalıdır.

Birçok makale, farklı bileşenler kullanarak akıllı kutular için altyapılar önermiştir. Bunlardan en önemlileri dolum seviyesini belirlemek için ultrasonik sensörler, kapakları otomatik olarak açıp kapatmak için servo motorlar ve atık ve insan dedektörleridir. GPS cihazları da bilgi toplamak için sıklıkla kullanılmıştır. Akıllı kutuları kontrol etmek için Arduino ve Raspberry Pi çip üzerinde sistem mikro denetleyicileri kullanılmıştır. Bu nedenle, gelecekteki araştırmalar, verimli atık depolama ve toplama sistemlerini hedefleyen sensörlere, IoT'ye ve otonom araçlara dayalı yeni ve modern teknolojilere odaklanmalıdır. Ayrıca, doluluk seviyelerini izlemek ve hesaplama zekası ve elektrikli otonom araçlar tarafından oluşturulan akıllı programlara dayalı olarak toplamayı otomatikleştirmek için gerçek zamanlı veriler de dahil olmak üzere, dayanıklılığı ve sıkıştırma tekniklerini geliştirmek için akıllı kutu malzemeleri ve donanım teknolojileri üzerinde çalışılmalıdır. Bu şekilde, atık toplama rotalarını optimize etmeye ve gereksiz yolculukları en aza indirmeye yönelik dinamik yaklaşımlar karbon ayak izinin azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

Buna karşılık, IoT tabanlı WMS, veri iletişimi için genellikle hafif ve düşük güç tüketimli protokollerle entegre edilmiş akıllı bin altyapısına dayanmaktadır. Çoğu sistem merkezi veri işleme önermiştir. Bazıları bulut veya sis bilişim kullanmış, birkaçı ise belirli hafif veri işleme görevlerini dağıtılmış cihazlara ertelemek için uç bilişim teknolojilerine dayanmıştır. Bu nedenle, gelecekteki araştırmalar, dinamik IoT sistemleri, gerçek zamanlı analitik, IoT hizmetleri, yerleşim alanlarında ve kamusal alanlarda IoT destekli atık izleme, gömülü sensör ağları ve hizmetleri ve akıllı şehirlere entegrasyon yoluyla IoT teknolojilerini kullanarak otomatik atık yönetimine odaklanmalı ve sürdürülebilir kentselmeye doğru ilerlemelidir.

Önerilen sistemlerin belirli bir dezavantajı, gerçek senaryolar üzerinde değerlendirilmemiş olmalarıdır, bu nedenle etkinliklerini ve vatandaşların yaşamları üzerindeki etkilerine katkılarını belirlemek kolay değildir. Genel olarak, az sayıda makale (79 makaleden 27'si) gerçek dünya senaryolarını ele almıştır. Önerilerin çoğu simülasyonlar aracılığıyla ya da laboratuvar ortamında değerlendirilmiştir. Gelecekteki araştırmalara yönelik özel bir ilgi alanı, günümüz şehirlerinin ilgili özelliklerini ve güncel verileri dikkate alan gerçek kıyaslama senaryoları önererek gerçek dünya vaka çalışmaları geliştirmek olmalıdır.

Sosyal odaklı makalelerle ilgili olarak, birçok araştırma çalışması döngüsel ekonomiye odaklanmıştır. Döngüsel ekonomi politikaları, akıllı şehirlerde ve özellikle e-atık gibi özel atık fraksiyonlarında atık azaltımını teşvik etmek için bir değer olarak rapor edilmiştir. Yayınlanan birkaç yaklaşım, döngüsel ekonomi politikalarının uygulanmasına yönelik yasal çerçeveyi akıllı WMS için kilit bir unsur olarak değerlendirmiştir. Az sayıda makale, çalışmalarını gerçekleştirirken temsili anketlerle vatandaşların görüşlerini dahil etmiştir. Toplam 38 makaleden 12'si, ana odak noktasının belirli bir AYS'yi tanımlamak olduğu saha çalışmaları sunmuştur. Birkaç makale, analiz edilen belirli bir WMS'yi geliştirmek için stratejilerin kısa bir bölümünü sunmuştur. Ancak, sadece birkaç makale bu stratejilerin uygulanmasının analizinde daha derine inmiştir. Birkaç makale farklı WMS'lerin verimlilik çalışmalarını gerçekleştirmiştir (38 makaleden 5'i). Bunlardan bazıları aynı ülkedeki farklı şehirleri karşılaştırarak en verimli WMS'yi seçmiş, diğerleri ise bir şehirde uygulanacak en iyi politikayı seçmek için farklı politikaları karşılaştırmıştır. Son olarak, altı makale, ikisi gerçek bir vaka çalışmasını analiz etmeden, WMS'nin diğer sosyal ilgili yönlerini incelemiştir.

Sosyal odaklı konulardaki uygulamalarla ilgili olarak, 38 makaleden 32'si analizlerini göstermek için gerçek vaka çalışmaları kullanmıştır. Dolayısıyla, gerçek vaka çalışmalarının kullanımı teknoloji odaklı makalelere kıyasla sosyal odaklı makalelerde çok daha yaygındır. Vaka çalışmalarını ele alan makaleler arasında en sık kullanılan ülkeler Hindistan (sekiz makale) ve Endonezya (yedi makale) olmuştur. Birkaç makale (beş) birden fazla ülkeden vaka çalışmalarını ele almıştır. Üç makale aynı çalışmada birçok Avrupa şehri/ülkesini ele almıştır. Ancak bu makaleler, sadece Avrupa'daki vaka çalışmalarını analiz ettikleri gerçeğini göz önünde bulundurmadan WMS hakkında genel sonuçlara varma eğilimindeydi.

Literatür taramasına dayanarak, sosyal odaklı yönlerle ilgili olarak gelecekteki birkaç araştırma yönü dikkate alınmalıdır. İlgili çalışmalarda vatandaşlara yönelik büyük ölçekli anketlerin geliştirilmesi sınırlı olmuştur. Geçmiş yıllarda bu tür anketlerin yapılması son derece maliyetli ve zaman alıcı olsa da, dijital ve akıllı teknolojilerin gelişmesi artık bu görevi kolaylaştırmaktadır. Vatandaşların görüşlerinin karar vericilerin ve paydaşların uzmanlık bilgileriyle bütünleştirilmesi, sisteme kullanıcılar açısından daha geniş bir bakış açısı sağlamaktadır. Ayrıca, WMS analizi ile analizde tespit edilen zayıf noktaların iyileştirilmesine yönelik eylem planları arasında daha güçlü bir entegrasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı makaleler sadece WMS'nin mevcut durumunun teşhisini sunmakta ve WMS'nin nasıl geliştirileceği hakkında çok az tartışma yapmaktadır. Belirli WMS'lere ilişkin aydınlatıcı teşhisler sunmak faydalıdır, ancak olası eylem planları ve bunların potansiyel uygulamalarına ilişkin verimli tartışmaları dahil etmek, WMS'leri yönetmek zorunda olan uygulayıcılar için çok daha yararlıdır. Sonuç

Akademik camia, daha kapsamlı ve eyleme geçirilebilir içgörüler sağlamak için teşhis ve önerileri entegre etmeye çalışmalıdır. Birkaç makale, sürdürülebilir akıllı atık yönetim sistemlerini (WMS) teşvik etmek için politika ve düzenlemelere duyulan ihtiyacı vurgulamıştır. Mevcut düzenlemeler öncelikli olarak döngüsel ekonomi çerçevesinde atık üreticilerine odaklanmakta ve yetkililerin sorumluluklarına sınırlı önem vermektedir. Ancak bazı çalışmalar, bu yaklaşım farklı kültürel bağlamlarda başarı sağlamayabileceğinden, diğer şehirlerdeki mevzuatın doğrudan kopyalanmasına karşı uyarıda bulunmaktadır. Bunun yerine, düzenlemeler duruma duyarlı olmalı ve yerel koşullara göre uyarlanmalıdır. Sürdürülebilir ve entegre akıllı WMS'yi teşvik eden kişiye özel politikaların uygulanması konusunda daha fazla tartışma yapılması elzemdir. Ayrıca, bu düzenlemeler özel sektörün AYS'ye katılımını teşvik etmelidir.

İleriye dönük olarak, yenilikçi çözümlerle atık yönetimi uygulamalarını geliştirmek için kapsamlı bir araştırma gündemi gereklidir. Gelecekteki çabalar, sürdürülebilirliği teşvik eden ve kentsel ortamların kendine özgü ihtiyaçlarını ele alan politikalar oluşturmak için yenilikçi çözümlerin kurumlar ve devlet organları ile entegrasyonuna odaklanmalıdır. Ayrıca, yerel topluluklar, çevre örgütleri ve özel sektör de dahil olmak üzere çeşitli paydaşların aktif katılımı, atık yönetimine bütüncül bir yaklaşımın teşvik edilmesinde çok önemli olacaktır. Özel sektörle işbirliği, sadece kaynak ve teknoloji sağlayarak değil, aynı zamanda çevresel etkinin azaltılmasında ortak bir sorumluluğu teşvik ederek de önemli bir rol oynayabilir. Gelecekte yapılacak araştırmalar, bu hususları ele alarak sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu, uyarlanabilir ve etkili atık yönetimi çözümlerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir ve sonuçta hem yerel hem de bölgesel topluluklara fayda sağlayabilir.

7. Sonuçlar

Atık yönetimi, modern şehirlerde vatandaşların günlük yaşamları üzerinde önemli bir etkiye sahip olan çok önemli bir faaliyettir. Sonuç olarak, geleneksel olarak hem yetkililer hem de araştırma topluluğu için daha sürdürülebilir ve verimli WMS geliştirmeyi amaçlayan bir ilgi odağı olmuştur. Akıllı şehirlerin ortaya çıkmasıyla birlikte bu çabalar, atık yönetiminde karar verme sürecini destekleyen yeni hesaplama destekli teknolojilerden faydalanmıştır. Bu araştırma doğrultusunda, bu makale akıllı şehirlerde atık yönetimi için yenilikçi hesaplama araçlarındaki son gelişmelerin kapsamlı bir incelemesini sunmuştur.

Prestijli veri tabanlarından alınan en alakalı makaleleri seçmek için sistematik bir araştırma metodolojisini takiben 190'dan fazla bilimsel makale analiz edilmiştir. Genel olarak bu makale, modern akıllı şehirlerdeki atık yönetimi uygulamalarının güncellenmiş bir tanımını, ilgili literatürün bibliyometrik bir analizini, ilgili konulardaki mevcut incelemelerin bir incelemesini ve uygulama makalelerinin üç ana kategoriye ayrılmasını sunmaktadır: atık yönetiminde hesaplamalı optimizasyon yöntemleri, atık yönetiminde hesaplamalı zeka ve IoT ve akıllı şehirlerde atık yönetiminin sosyal yönleri. Bu üç kategorinin her birinin analizi, alt konulara göre daha fazla sınıflandırmayı, her bir makalenin ana bulgularının ve sınırlamalarının tanımlanmasını ve ana vaka çalışmalarının bir tanımını içerir. Son olarak, hızla gelişen bu alanda daha fazla araştırma ve geliştirme için ortaya çıkan ana eğilimler ve fırsatlar bir tartışma ile özetlenmiştir.

İlgili literatürün gözden geçirilmesinden sonra, her kategoride farklı araştırma boşlukları tespit edilmiştir. Atık yönetiminde hesaplamalı optimizasyon yöntemleri ile ilgili olarak, akıllı şehirler için gerçek dünya ve akıllı sistemleri entegre etmek için özel çaba sarf edilmelidir. Elektrikli araçlar kullanarak atık toplama ve elektrikli araba bataryalarından, dronlardan veya diğer araçlardan atık yönetimi için rota optimizasyon problemleri de ele alınmalıdır. Atık yönetiminde hesaplamalı zeka ve IoT ile ilgili olarak, önerilen yaklaşımların etkinliğini doğru bir şekilde doğrulamak ve garanti etmek için önerilen tekniklerin gerçek dünya uygulamalarını geliştirmek için özel çaba gösterilmelidir. İlgili olarak

Akıllı şehirlerde atık yönetiminin sosyal yönlerine ilişkin olarak, ilgili çalışmalarda vatandaşlara yönelik büyük ölçekli anketlerin sınırlı bir şekilde geliştirildiği ve AYS'nin teşhisi ile teşhis aşamasında belirlenen zayıf noktaların ele alınmasına yönelik eylem planları arasında yeterli entegrasyonun sağlanmadığı görülmektedir. Ayrıca, incelenen bazı makalelerde vurgulandığı üzere, politika ve düzenleyici çerçevelerin bilişimsel zeka teknolojilerinin başarılı bir şekilde entegrasyonunu nasıl destekleyebileceğine ilişkin ayrıntılı bir tartışma, akıllı atık yönetim sistemleri bağlamına değerli bir katkı sağlayacaktır. Dolayısıyla, gelecekteki araştırmalar bu araştırma boşluklarını ele almalı ve hesaplama destekli teknolojileri verimli ve sürdürülebilir akıllı şehirlerin planlanması ve işletilmesine daha fazla entegre etmeye çalışmalıdır.

Yazar Katkıları: Kavramsallaştırma, S.N., D.R. ve P.M.-B.; metodoloji, S.N., D.R. ve P.M.-B.; yazılım, S.N., D.R. ve P.M.-B.; doğrulama, S.N., D.R. ve P.M.-B.; resmi analiz, S.N., D.R. ve P.M.-B.; araştırma, S.N., D.R. ve P.M.-B.; kaynaklar, S.N., D.R. ve P.M.-B.; veri küratörlüğü, S.N., D.R. ve P.M.-B.; yazı-örjinal taslak hazırlama, S.N., D.R. ve P.M.-B.; yazım-inceleme ve düzenleme, S.N., D.R. ve P.M.-B.; görselleştirme, S.N., D.R. ve P.M.-B.; gözetim, S.N., D.R. ve P.M.-B.; proje yönetimi, S.N., D.R. ve P.M.-B. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

Finansman: Bu araştırma herhangi bir dış finansman almamıştır.

Veri Kullanılabilirlik Beyanı: Bu çalışmada üretilen ve analiz edilen tüm veriler kamuya açık olarak raporlanmıştır ve makalede mevcuttur.

Çıkar Çatışmaları: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Ek A. Özetlenmiş Sonuçlar

Bu bölümde, bu makale için incelenen temel referanslar, makalede geliştirilen her bir alt konuya karşılık gelen sentezlenmiş tablolar halinde düzenlenerek sunulmaktadır. Her tabloda, incelenen her makale için yayın yılı ve dergisi, araştırılan ana kavramlar, birincil sınırlamalar ve bir vaka çalışması yapıp yapılmadığı yer almaktadır.

Ek A.1. Konu başlığı: Atık Yönetiminde Hesaplamalı Optimizasyon Yöntemleri

Atık yönetiminde hesaplamalı optimizasyon yöntemlerinin ana sonuçları aşağıda özetlenmiştir: Tablo A1'de rota optimizasyon yöntemleri ve Tablo A2'de atık yönetimindeki diğer optimizasyon problemleriyle birlikte veri analitiği.

Tablo A1. Akıllı atık yönetimine uygulanan rota optimizasyon yöntemleri.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
(Monishan vd.) (I) (46) (I)	2019	Yenilikçi Teknoloji & Idwan Mühendisliği Keşfetmek	Atık toplama ve bertaraf maliyetlerini en aza indirmek için IoT sistemi Program ve atık toplama rotalarını optimize etmek için IoT tabanlı WMS öneri sistemi Ahmad ve	gerçek senaryolar üzerinde doğrulama yok	Hiçbiri
ve diğerleri [47]	2020	(Kablosuz) (Kişisel) İletişim	rota mesafesini en aza	diğer yöntemlerle karşılaştırma yok	İslamabad, Pakistan
diğerleri [48] indirmek için	2020	IEEE Erişimi	ve yakıt tüketimi toplama verimliliğini artırmak için gerçek zamanlı çöp kutusu durumunu kullanan sistem için verimli yönlendirme protokolü	gerçek bir uygulama yok	(Jeu) (Ada.) Güney Kore
(Hannan et) (al.) (I) (49) (I)	2020	Sürdürülebilir Şehirler ve Toplum Çevresel	İletişim gecikmelerini en aza indirmek için QoS'u dikkate alan akıllı WMS	gerçek bir değerlendirme sunulmadı	Hiçbiri
Nidhya ve diğerleri [50]	2020	Teknoloji ve İnovasyon		gerçek bir doğrulama yok	Hiçbiri

Tablo A1. Devam.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Nowakowski ve diğerleri [51]	2020	(Science of The Total Çevre	e-atık araçlarının rotalanması için metasezgisel optimizasyon	gerçek senaryolar üzerinde doğrulama yok	Lodz, Polonya
(Wu ve ark.) (I) (52) (I)	2020	Çevresel Araştırma ve Halk Sağlığı	araçların optimizasyonu için metasezgisel atık toplama ve ULAŞIM Abdullah ve diğerlerinin [53] 2020 Uygulamalı	gerçek bir doğrulama yapılmadı sunuldu	hiçbiri
çalışmasında yol yönlendirmesi için metasezgisel Bilimler		kablosuz sensör, mobil ad-hoc	ağlar ve IoT cihazları (ICT tabanlı) (WMS) (için) (optimize ve iş yükü dengesi	gerçek bir doğrulama veya uygulama yok gerçek bir uygulama rapor edilmemiştir	Hiçbiri Şangay, Çin
Lu ve diğerleri [54] etmek (maliyet)	2020	Daha Temiz Üretim	IoT kullanarak en kısa yol yönlendirmesi doğrulama) (veya)	uygulama (hayır) (gerçek	Hiçbiri
Kshirsagar ve diğerleri [55]	2021	Çevresel Koruma ve Ekoloji	ekonomik performans ve çevresel etki optimizasyonu için metasezgisel çerçeve nakliye maliyetini ve geri dönüştürülmüş geliri optimize etmek için alt modeller çöp kutusu atıklarının toplanması için araç programı ve etkin rota optimizasyonu için metasezgisel	çerçevenin geliştirilmesi üzerinde çalışılmamıştır	Malezya
(Ali et) (al.) (I) (56) (I)	2021	Çevre Bilimi ve Teknoloji	Manoharam ve diğerlerini optimize	karşılaştırma yok son teknolojik optimizasyon yöntemleri	Hiçbiri
Akbarpour ve diğerleri [57]	2021	Yumuşak Hesaplama	Pertanika mesafe ve ulaşım maliyet	gerçek bir uygulama rapor edilmemiştir	Tianjin Wudadao, Çin
Bin ve diğerleri [58]	2021	IEEE Transactions on Akıllı Ulaşım Sistemleri	(metasezgisel) (yaklaşım) (için) kamyon güzergahı toplamının optimize edilmesi	karşılaştırma yok son teknolojik optimizasyon yöntemleri	Seberang Perai, Malezya
etmek için CBS tabanlı yaklaşım [59]	2021	Yöneylem Araştırması	Geri Dönüşüm akıllı yerel	gerçek bir uygulama yok	Tlemcen, Cezayir
Mekamcha ve diğerleri [60]	2021	Çevre, Kalkınma ve Sürdürülebilirlik Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri	HİZMETLER çok amaçlı optimizasyon tehlikeli atık yönetimi kararın Atık toplama rotalaması için IoT kullanan iki aşamalı çok amaçlı model	gerçek hayattaki uygulamaya ilişkin spesifik detaylar yok	Sumy, Ukrayna
sistemi Shevchenko ve diğerleri [61] teslimat kullanarak	2021			bilgi eksikliği nedeniyle gerçek bir doğrulama yok	Tahran, İran
Saeidi ve diğerleri [62]	2021			gerçek senaryolar üzerinde herhangi bir doğrulama rapor edilmemiştir	Hiçbiri
Salehi ve diğerleri [63]	2022			gerçek bir doğrulama veya uygulama yok son teknoloji sürekli yöntemlerle karşılaştırma yok	Hiçbiri
(Burduk vd.) (I) (64) (I)	2022	Sensörler	Ghahramani ve diğerleri [65] gerçek veri IEEE Nesnelerin İnterneti (IoT) atık toplama		Dublin, İrlanda
kullanılarak atık toplama yönlendirmesi (tabanlı)(model) (için) (akıllı) (bin)	2022				
(Abdullah) (et) (al.) (I) (66) (I)	2022	Çevresel Araştırma ve Halk Sağlığı	Opti-mize etmek için IoT tabanlı sistem Sürdürülebilir atık toplama rotalarının belirlenmesi için organik ve tıbbi atık toplama ve taşıma çerçevesi	diğer yöntemlerle karşılaştırma yok	Khalidiyah, Suudi Arabistan
(Hu) (et) (al.) (I) (67) (I)	2023	Sürdürülebilir Şehirler ve Toplum	(maliyet) (tasarruf)(ve) (QoS) çöp kutusu sensörleri kullanan model	gerçek bir uygulama yok	Zhangjia-çete, Çin
Barth ve diğerleri [68] (takas)(kapalı)	2023	Karar Analitiği	COVID'den etkilenen hanelerden atık toplamak için IoT tabanlı akıllı WMS çerçevesi	gizlilik nedeniyle doğrulama rapor edilmemiştir	İsviçre
Saha, Chaki [69]	2023	Açık İnovasyon: Teknoloji, Pazar ve Karmaşıklık		önerilen çerçevenin geliştirilmesi üzerinde çalışılmamıştır	Hindistan
Bouleft, Elhilali [70]	2023	Uygulamalı Sistem İnovasyonu	metasezgisel kutu kapasitesini aşma cezası ile nakliye maliyetlerini en aza indirin	diğer yöntemlerle son teknoloji ürünü bir karşılaştırma dahil edilmemiştir	Lizbon, Portekiz
Boudanga ve diğerleri [71] (atık)	2023	F1000Research	(tıbbi) (WMS) (to) (optimize etmek) sıralam	diğer yöntemlerle karşılaştırma yok	Kazablanka, Fas
Rahmanifar ve diğerleri [16]	2023	(Uzman) (Sistemler) (ile) Uygulamalar	Atık seviyelerini izlemek için çöp kutularına yerleştirilmiş IoT cihazları kullanan VRP için metasezgisel	gerçek bir doğrulama veya uygulama yok	Hiçbiri
yönetimi	2024	IEEE Erişimi	Pollak ve diğerlerinin [72] etkin otonom boşaltma süreci ve kutu dolum seviyelerinin tahmin edilmesi	gerçek bir uygulama yok	Berlin, Almanya

Tablo A2. Atık yönetiminde veri analitiği ve diğer optimizasyon problemleri.

Yazar(lar)	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay İncelemesi
Ali ve diğerleri [73]	2020	Arabian Journal for Science and Engineering	Atık kutularının izlenmesi için IoT tabanlı akıllı WMS Kayıt dışı geri dönüşüm sistemindeki örüntüleri belirlemek için CBS mekânsal analizi	hiçbir uygulama tarif edilmemiştir	Najran, Suudi Arabistan
Lee ve diğerleri [74]	2021	Sürdürülebilirlik	Atık üretimini ve atık taşıma maliyetlerini en aza indirmek için IoT optimizasyonu Katı atıklardan termal dönüşümle elde edilen enerji miktarını tahmin etmek için atıktan enerji çerçevesi	kayıtlı ve kayıt dışı sektörlerin mekânsal örüntülerini izole etmede zorluklar	Seul, Güney Kore
Chen ve diğerleri [75]	2021	Sistem Güvencesi Mühendislik ve Yönetim		son teknoloji optimizasyon yöntemleriyle karşılaştırma yok	Huangshi, Çin
Kaya ve diğerleri [76]	2021	Sürdürülebilir Bilişim: Bilişim ve Sistemler		atıktan enerjiye gerçek bir doğrulama rapor edilmemiştir	İstanbul, Türkiye
(Ahire) (et) (al.) (İ) (77) (İ)	2022	Çevresel Dünya Bilimler	Uygun potansiyel düzenli depolama sahalarını belirlemek için CBS tabanlı MCDA çok yollu CNN caddelerdeki çöplüklerin belirlenmesi ve yerlerinin tespit edilmesi optimizasyon yaklaşımı	gerçek bir çevresel etki doğrulaması rapor edilmemiştir	Maharashtra, Hindistan
Shahab ve Anjum [78]	2022	Sürdürülebilirlik	süreklili atık izleme için bir yol seçimi yönlendirme protokolü için (atık) (yönetim) (içinde)	gerçek bir doğrulama yok	Hindistan
Roshan, Rishi [79]	2022	(Enerji) (Hasat)(ve) Sistemler		gerçek veri kümeleri üzerinde değerlendirme yok (uygun) (uygulanabilirlik) (ve)	Hiçbiri
Ijmaru ve diğerleri [80]	2022	Ağ ve Bilgisayar Uygulamalar	689 an kullanarak akıllı şehirler (kullanıcılar) (akıllı) (kullanıcılar) (kullanıcılar)	(esneklik,) (gecikme) kısıtlamalar, güvenlik ve karmaşıklık	Hiçbiri
Ijmaru ve diğerleri [81]	2023	Sensörler	enerji tasarruflu sürü için istihbarat modeli (enerji) (tasarruflu) (sürü)	(hayır) (düşünülen) (araç) (hareketlilik) (kalıplar) hiçbir Araçların İnterneti	
Demircan ve diğerleri [82]	2023	Sürdürülebilirlik	(enerji) (tasarruflu) (sürü) sürdürülebilir atık yönetim stratejileri akıllı teknoloji	gerçek bir doğrulama veya uygulama arasındaki eşitsizlik	Hiçbiri
Pellatt, Palfreman [83]	2023	GeoJournal	katı maddeleri geliştirmek için atık yönetimi hizmet performansı (WMS) (temel) (uzerine) (a) (genel)	çöpte artış tahsilat ücretleri oranları ve işlem kapsamı	(Dar-es-Salaam,) (Tanzanya)
Aloui ve diğerleri [84]	2023	Mühendislik, Teknoloji (&) (Uygulamalı) (Bilim) Araştırma	ve kapsamlı bağlam ontolojisi ve akıllı konteynerler	gerçek bir doğrulama yapılmadı rapor edildi	(Cidde,) (Suudi) (Arabistan)

Ek A.2. Konu başlığı: WMS'de Hesaplamalı Zeka ve IoT

Atık yönetiminde hesaplamalı zeka ve IoT'nin ana sonuçları şu şekilde özetlenmiştir: Tablo A3'te blok zinciri teknolojileri, Tablo A4'te atık tanımlama ve sınıflandırma için hesaplamalı zeka, Tablo A5'te atık üretiminin karakterizasyonu ve tahmini, Tablo A6'da akıllı kutular, Tablo A7'de atık yönetimi için IoT ve iletişim ve Tablo A8'de atık yönetimindeki diğer ilgili sorunlar.

Tablo A3. Akıllı WMS'ye uygulanan blok zinciri teknolojileri.

Yazar(lar)	Yıl	Dergi	Ana kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay İncelemesi
Sen Gupta ve diğerleri [85]	2021	Çevresel Bilim ve Teknoloji	yenilikçi blockchain akıllı sistem blockchain teknolojileri	gerçek bir doğrulama yok	jenerik
Kuok, Promentilla [86]	2022	(Kimya) (Mühendislik) İşlemler	akıllı şehirlerde atık yönetimi için inşaat atık bilgilerinin yönetimi için blockchain çerçevesi	davaya bağlı sonuçlar çalış ma	(Phnom) (Penh,) (Kamboçya)
Liu ve diğerleri [87]	2022	Sürdürülebilirlik	kapsamlı akıllı Lingaraju Sensörler kullanarak WMS	gerçek bir değerlendirme yok	Hiçbiri
ve diğerleri [120] ve	2023	Akıllı Şehirler	IoT e-atık yönetimi için blockchain, akıllı sözleşmeler ve IoT	uygun değerlendirme eksikliği, gerçek uygulama yok	Hiçbiri
Santhuja, Anbarasu [88] (ve)	2023	(Mühendislik) (Eğilimler) Teknoloji	atık yönetimini geliştirmek için blockchain	değerlendirme rapor edilmedi	Hiçbiri
(Hui) (et) (al.) (İ) (89) (İ)	2023	Sürdürülebilir Şehirler ve Toplum		sadece tanımlayıcı analiz, gerçek bir doğrulama veya uygulama yok	Hiçbiri

Tablo A4. Atık tanımlama ve sınıflandırma için hesaplamalı zeka.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Mittal ve Mittal [90]	2019	(Bilimsel) (&) (Teknoloji) Araştırma	bulut bilişim kullanarak atık ayrıştırma için genel yaklaşım	gösterge veya ölçüt yok, deneysel doğrulama yok, sonuç yok	Hiçbiri
Alqahtani ve diğerleri [92]	2020	Küme Hesaplama	(sınıflandırma) (sistem) (için) (atık) YÖNETİM	ile karşılaştırılmaz son teknoloji yöntemler, gerçek uygulama yok sadece bir yöntemle karşılaştırma, gerçek uygulama yok	Hiçbiri
Gondal ve diğerleri [93] (atık)	2021	Sensörler	(gerçek zamanlı) (sistem) (için) sınıflandırma		Hiçbiri
Adeleke ve diğerleri [94]	2021	(Atık) (Yönetim) (&) Araştırma	Atık kompozisyonunu tahmin etmek için YSA	mevsimsel hava koşullarındaki değişiklikler organik atıkları etkiler	Johannesburg, Güney Afrika
(M. Dhanraj) ve diğerleri [95]	2022	(Bilgisayarlar,) Continua	doğru atık tespiti ve derin öğrenme kullanarak sınıflandırma	gerçek bir değerlendirme yok	Hiçbiri
Mohammed ve diğerleri [95]	2022	(Multimedya) (Araçlar) Uygulamalar	Atıkların ayrıştırılması ve sınıflandırılması için YSA ve füzyon teknikleri Küçük atık nesnelerin tespiti ve sınıflandırılması için RefineDet ve Functional Link YSA'ları	az açıklama, gerçek bir değerlendirme yok doğruluğu düşük temel yöntemlerle karşılaştırıldığında, gerçek bir değerlendirme	hiçbiri
(ve) Alsubaei ve diğerleri [104]	2022	Uygulamalı Bilimler	IoT, derin öğrenme ve uç/bulut bilişim kullanarak gerçek zamanlı WMS	gerçek bir doğrulama veya uygulama yok	Hiçbiri
Cheema ve diğerleri [105]	2022	Sürdürülebilirlik	Atık sınıflandırması için CNN, LSTM ve Elitist Barnacles Mating Optimizer'ı birleştiren hibrit Yapay zeka ve toprak solucanı optimizasyonu	IoT açıklaması yok, gerçek uygulama veya doğrulama yok	Hiçbiri
Vijayalakshmi ve diğerleri [101]	2023	Küresel Yuva	atık tespiti ve sınıflandırması için doğru sonuçlar	gerçek bir vaka çalışması yok	Hiçbiri
Rajalakshmi ve diğerleri [102]	2023	Küresel Yuva	yasadışı atık bertarafı için otomatik görsel tanımlama ve uyarı sistemi (derin) (öğrenme) (için) (atık) sınıflandırma (hibrit) (derin) (öğrenme)(model) atık sınıflandırması	minimal veri seti, gerçek uygulama yok ad-hoc veri seti, hayır son teknoloji karşılaştırmalı sentetik doğrulama, yalnızca iki kategori dikkate alınmıştır	Hiçbiri
Liu ve diğerleri [103]	2023	Bilgisayar ve Elektrik Mühendisliği	atık sınıflandırması için transfer öğrenme örneği	sadece bir örnek, uygulama yok	Hiçbiri
Kumar ve diğerleri [91]	2023	Elektronik			
Zhang ve diğerleri [97] (için)	2023	Kentsel İklim			
Malik ve diğerleri [98]	2023	Anlamsal Web ve Bilgi Sistemleri			

Tablo A4. Devam.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Udayakumar ve diğerleri [100]	2023	Gestão Social Ambiental	atık sınıflandırması için derin öğrenme	sentetik değerlendirme, gerçek doğrulama veya uygulama yok	hiçbiri
Sankar ve diğerleri [106]	2023	Multidisipliner Teknovasyon	Derin Mutabakat Ağı, Balina'yı birleştiren IoT ve derin öğrenme hibritini kullanarak atık sınıflandırması	gerçek bir doğrulama veya uygulama yok	hiçbiri
(Hamza) (et) (al.) (I)(107) (J) &	2023	Bilgisayarlar, Malzemeler Continua	Nesne tespiti ve geri dönüştürülebilir atık sınıflandırması için optimizasyon ve Naive Bayes	Mevcut basit yöntemlerle karşılaştırma, gerçek bir değerlendirme yok	Hiçbiri

Tablo A5. Atık üretiminin karakterizasyonu ve tahmini.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Abbasi ve diğerleri [108]	2019	Atık Yönetimi	(korelasyon) (analiz) (ile) değişkenl	düşük doğruluk	Tahran, İran
(dokuz)Soni ve ark. [109]	2019	SN Uygulamalı Bilimler	birkaç YSA'nın karşılaştırılması	sadece atık üretimi	(Yeni) (Delhi,) Hindi
Sengupta, Chinnnaamy [111]	2020	Hesaplama ve Dijital Sistemler	bulut IoT atık verilerinin tahmine dayalı analitiği	sentetik değerlendirme, az sayıda ilgili metrik, gerçek dağıtım yok	stan Hiçbiri
Tsai ve diğerleri [112]	2020	Kaynaklar, Koruma ve Geri Dönüşüm	açıklayıcı faktör analizi ve karar verme değerlendirmesi, 14 özellik	literatürden ad-hoc nitelikler, az sayıda katılımcı	Vietnam'da üç şehir
Cubillos [113]	2020	Atık Yönetimi	(çok bölgesel LSTM,) (atık) Üretim Tahmini	basit modellerle karşılaştırma diğer tahmin modelleri ile karşılaştırma yok	Herning, Danimarka Çin'de 25 şehir
Wu ve diğerleri [110]	2020	Atık Yönetimi	(büyük ölçekli) (YSA) (tahmin,) yeddi özellik	son derece heterojen veri kümesi	Vietnam
Nguyen ve diğerleri [114]	2021	Kaynaklar, Koruma ve Geri Dönüşüm	çoklu girdi değişkenleri, özellik seçimi, makine öğrenmesi yöntemleri	(küçük) (veri kümesi,) nesil	Güneydoğu İngiltere
Namoun ve diğerleri [115] (haftalık) (atık)	2022	Sensörler	meta regresör topluluğu	bileşenlerin zayıf tanımı, gerçek bir doğrulama yok	Hiçbiri
Chen [117] (dönüşüm)	2022	Enerji raporları	(otomatik) (atık) (geri) çerçeve	gerçek senaryolarda gerçek uygulama veya doğrulama yok	Hiçbiri
Mohammed ve diğerleri [96]	2022	Eşzamanlılık ve Hesaplama: Uygulama ve Deneyim	Atık ayrıştırma için IoT ve makine öğrenimi kullanan akıllı çöp kutusu	basit yöntemler	(Suudi) (Arabistan) ve Bahreyn
Lakhout ve diğerleri [116]	2023	Çevresel Yönetim	evsel atık üretimini tahmin etmek için makine öğrenmesi (atık) (kategorizasyon) (uygulama) hesaplamalı zeka	gerçek bir doğrulama veya uygulama yok	Hiçbiri
AlDuhayyim [118]	2023	Sürdürülebilirlik	atık kutularının doluluk durumunu belirlemek için derin öğrenme	Karşılaştırma yok son teknoloji üretimi, gerçek bir vaka çalışması yok	Hiçbiri

Tablo A6. Akıllı kutular.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Jim ve diğerleri [131]	2019	Akıllı Şehirler (Elektronik)	dört hazneli akıllı kutular ıslak ve kuru atıklar için akıllı çöp kutusu prototipi	gerçek bir değerlendirme yok çok basit bir vaka çalışması, gerçekçi bir değerlendirme yok	Hiçbiri Ahmedabad, Hindi
Fataniya ve diğerleri [121] (ve) Kang ve diğerleri [122]	2020	Telekomünikasyon (Dergi) (of) Daha Temiz Üretim	elektronik atık toplama için akıllı çöp kutusu	çok basit doğrulama, gerçek uygulama yok sınırlı doğrulama, gerçek uygulama yok	stan yok
Vishnu ve diğerleri [123]	2021	Akıllı Şehirler	IoT kullanan sağlam WMS sistemi	doğrulama veya uygulama	Hiçbiri Rusya St.Petersburg,
Anagnosto-poulos ve diğerleri [124]	2021	Çevre ve Atık Yönetimi	Toplama ve aktarma noktalarının dinamik tahsisine sahip WMS	sınırlı çıkarım süreci	

Tablo A6. Devam.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Cruz ve diğerleri [125]	2021	Sensörler	LoRa ve LoRaWAN çalışması atık yönetimi için teknolojiler	genelleme açıklanmamıştır	Lizbon, Portekiz
Sidhu ve diğerleri [130] (planlama) (web)	2021	Sensörler	(Akıllı) (çöp kutusu) (ve) uygulama	oyuncak senaryo üzerinde değerlendirme, diğer yöntemlerle karşılaştırma yok	Quezon, Filipinler
John ve diğerleri [128]	2021	Kablosuz Kişisel İletişim	İzleme ve atık imha tahmini için IoT kullanan akıllı çöp kutusu	az sayıda veri noktası, diğer yöntemlerle karşılaştırma yok, gerçek uygulama yok	Hiçbiri
Ashwin ve diğerleri [127]	2021	Sürdürülebilir Enerji Teknolojileri ve Değerlendirmeler	otomatik atık bertarafı için akıllı çöp kutusu	çok basit bir analiz, gerçek bir dağıtım yok	Hiçbiri
Baldo ve diğerleri [129]	2021	Sensörler	Akıllı WMS, akıllı kutular, video gözetimi için LoRaWAN IoT	dolum ölçümlerinde yanlışlıklar, özel bilgisayar ihtiyacı	Hiçbiri
Sallang ve diğerleri [126]	2021	IEEE Erişimi	sınıflandırma için akıllı kutu, konum ve veri iletişimi yeraltı akıllı depolama sahası	az sayıda eğitim verisi, GPU gerekli, pillerin kullanım ömrü	Hiçbiri
Majidi [132]	2021	Nexo	toplama ve ayırma için yapı	Gerçek bir değerlendirme yok	Hiçbiri
An ve diğerleri [134]	2022	Avustralya İnşaat Mühendisliği Dergisi	akıllı bir WMS'nin uygulamalı gösterimi	az sayıda sonuç rapor edildi, gerçek bir doğrulama yok	Wyndham, Avustralya
Bourougaa ve diğerleri [133] (ile)	2022	Informatica	(düşük bütçeli) (akıllı) (bin) atık sınıflandırması	gerçek bir değerlendirme rapor edilmemiştir	Hiçbiri
Ahmed ve diğerleri [135]	2023	(Nöral) (Hesaplama) (ve) Uygulamalar	tabanlı gerçek bir akıllı WMS yok	sentetik değerlendirme, IoT senaryolar, gerçek değil uygulama	Hiçbiri
Thamarai ve diğerleri [137]	2023	(Mikroişlemciler) (ve) Mikrosistemler	için kendi kendine çalışan WMS akıllı şehirler, organik/inorganik ayrımı	sentetik veri seti üzerinden değerlendirme, gerçek uygulama yok	Hiçbiri

Tablo A7. Atık yönetimi için IoT ve iletişim.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Zeb ve diğerleri [138]	2019	Bilgisayar Ağları ve İletişim	Akıllı çöp kutuları için IoT iletişim mimarisi	gerçek veya prototip yok, değerlendirme	hiçbir
Senthilkumar [146]	2019	Multidisipliner Teknovasyon	Yarı kentsel konum için WMS değerlendirmesi, IoT tabanlı WMS önerisi	maliyet dışında herhangi bir sonuç rapor edilmemiştir	Annamalai Nagar, Hindistan
Marques ve diğerleri [147]	2019	Ad-hoc ağlar	çok düzeyli IoT mimarisi: siber fiziksel sistem, sensörler, bulut	sadece değerlendirildi iletişim metrikleri	ad-hoc (halka açık park)
Srikanth ve diğerleri [139]	2019	Yenilikçi Teknoloji ve Mühendisliği Keşfetmek	Dolum seviyelerini bildirmek için IoT tabanlı akıllı çöp kutusu	doğrulama veya sonuç yok	Hiçbiri
Sharma ve diğerleri [140]	2019	Son Teknoloji ve Mühendislik	için IoT kullanan akıllı çöp kutusu	Doğrulama veya sonuç yok	Hiçbiri
Bano ve diğerleri [141]	2020	Bilimsel Programlama	yönlendirme ve atık ayırıştırma akıllı kutuları izlemek için gerçek zamanlı IoT/AI çerçevesi	rapor edildi, gerçek bir uygulama yok	Hiçbiri
Pardini ve diğerleri [143]	2020	Sensörler	IoT kullanan kapsayıcı WMS	gerçek bir değerlendirme yok	Hiçbiri
Catarinucci ve diğerleri [142]	2020	IEEE Sensörleri (laboratuvar,)	RFID tabanlı WMS	hiçbir sonuç rapor edilmedi (değerlendirme) (içinde)	açıklanmadı, Brezilya
Ramson ve diğerleri [148]	2020	Malzeme Döngüleri ve Atık Yönetimi	IoT sistemi atık kutularının izlenmesi	yalnızca laboratuvar	hiçbir

Tablo A7. Devam.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Zhang ve diğerleri [149]	2020	Enerji Kaynakları, Bölüm A	IoT akıllı atık temizleme sistemi	sadece küçük bir vaka çalışması üzerinde doğrulandı	Guangzhou, Çin'deki park
Yuvaraj ve diğerleri [150]	2021	Kablosuz Kişisel İletişim	trafik yönetimi ve blockchain	gerçek üzerinde değerlendirme yok	hiçbiri
Aktay, Yalçın [144]	2021	IET Akıllı Şehirler	IoT kullanan WMS sürdürülebilirliğe odaklandı	sıg doğrulama, gerçek dağıtım yok	İstanbul, Türkiye
Jhaveri ve diğerleri [145]	2021	Ad Hoc ve Ubiquitous Bilgi İşlem	ve web uygulaması, enerji tasarruflu, dağıtımı kolay	hasarlara, hırsızlığa eğilimli	Bharuch, Batı Hindistan
Joshi ve diğerleri [152]	2022	Bilgisayarlar ve Elektrik Mühendislik	Atık izleme IoT mimarisi: WPAN, uç, sis, bulut bilişim	gerçek bir değerlendirme veya dağıtım	hiçbir
Wong ve diğerleri [153]	2022	Pertanika	IoT tabanlı ev tipi WMS	çok basit bir değerlendirme, gerçek senaryolar yok	Hiçbiri
Azyze ve diğerleri [151]	2022	Elektrik Mühendislik ve Bilgisayar Bilimleri	Akıllı çöp kutusu kullanan ortak WMS	ultrasonik sensörün sadece laboratuvarında prototip değerlendirmesi, gerçek bir değerlendirme veya dağıtım yok	Hiçbiri
Chauhan, Gargish [154]	2022	AIoT Teknolojileri ve Akıllı Ortamlar için Uygulamalar	Akıllı çöp kutusu sistemi için AIoT (hayır)	(basit) (yaklaşım,)	Hiçbiri
Chauhan ve diğerleri [155]	2023	Uygulamalı Bilimler	(CNN) (için) (atık) (tanıma)	doğrulama sentetik değerlendirme, gerçek gelişme yok	Hiçbiri
Thaseen ve diğerleri [156]	2023	Uygulamalı Bilimler	ve kategorizasyon (hibrit)(GA-bulanık) (akıllı)	sadece simülasyonlarla değerlendirilir	Hiçbiri
Brouwer ve diğerleri [157]	2023	Atık Yönetimi ve Araştırma	atık yönetimi kültrik sensörler ve toplama kamyonu sürücüler tarafından yapılan görsel denetimler	simülasyonlara dayalı basit değerlendirme yaklaşımı	Coimbra ve Aveiro, Portekiz

Tablo A8. Atık yönetimindeki diğer ilgili sorunlar.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Toutouh ve diğerleri [158]	2019	Annals of Mathematics and Artificial Intelligence	Atık biriktirme noktalarının yeri için tek ve çok amaçlı yumuşak hesaplama	gerçek zamanlı bilgi dikkate alınmaz	Montevideo Uruguay, Bahia Blanca Arjantin
Mokale [159]	2019	Yenilikçi Teknoloji ve Keşfedici Mühendislik	akıllı atık yönetimi, insan bilinci, rol hükümetlerin / hükümet dışı kuruluşların	sonuçlar uygun şekilde düzenlenmemiş, raporlanmamış ve yorumlanmamıştır	Mumbai, Hindistan
Ramvalho ve diğerleri [160] (Esinlenilmiştir)	2020	(Bio-)	IoT kullanarak atık toplama için çok aralı sistem	için basit yaklaşımlar çöp kutusu konumu ve yönlendirme, diğer yöntemlerle karşılaştırma yok	Natal, Brezilya
Torkayesh ve diğerleri [163]	2021	Hesaplama Çevresel Bilim ve Kirlilik Araştırma	engelleyen faktörler tıbbi atık yönetimi için IoT ve blok zinciri uygulaması	sınırlı çalışma	İstanbul, Türkiye
Duela ve diğerleri [164]	2022	Bilgisayar Bilimleri	IoT ve sis bilişim kullanarak atık toplama yönlendirmesi	basit en kısa yol Google Haritalar kullanılarak yönlendirme, deneysel doğrulama yok	Hiçbiri

Tablo A8. Devam.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Shahsavar ve diğerleri [166]	2022	Endüstriyel ve Mühendislik Kimyası	Plastik atıkların biyolojik geri kazanımı için ÇKKV çerçevesi	daha kapsamlı bir model için ilave sosyal faktörlere ihtiyaç vardır için uzatma yok	Mashahd, İran Uttarakhand,
Sharma ve diğerleri [161]	2022	Daha Temiz Üretim	analiz etmek için çerçeve Atık yönetimi için IoT'nin benimsenmesinin önündeki engeller hibrit için çerçeve çoklu özellik açıklanmayan karar verme atık yönetimi	gelişmekte olan ülkeler	Hindistan
Mishra ve diğerleri [162]	2022	(IEEE) (Erişim)	Değerlendirme için çerçeve (angajman) (açık) (akıllı) (WMS)	üzerinde değerlendirme açıklanmayan senaryo	IoT için (Hindistan)
Bazrbachi ve diğerleri [165]	2023	Geri Dönüşüm	Değerlendirme için çerçeve (angajman) (açık) (akıllı) (WMS)	satın alma, temel olarak anketler	Shah Alam, Malezya
Ogawa ve diğerleri [167]	2023	(IET) (Akıllı) (Şehirler)	akıllı temassız atık toplama sistemi	gerçek bir değerlendirme veya dağıtım	Fukuoka, Japonya

Ek A.3. Konu başlığı: Akıllı Şehirlerde WMS'nin Sosyal Yönleri

Atık yönetiminin sosyal yönlerine ilişkin temel sonuçlar şu şekilde özetlenmiştir: döngüsel ekonomi yaklaşımları Tablo A9'da sunulmuş, AYY'nin saha çalışmaları Tablo A10'da detaylandırılmış, AYY'nin verimlilik analizleri de Tablo A9'da yer almış ve AYY'nin sosyal açıdan ilgili diğer yönleri Tablo A10'da tartışılmıştır.

Tablo A9. WMS'lerde döngüsel ekonomi.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Aceleanu ve diğerleri [168]	2019	IEEE Erişimi	WMS'de ülke düzeyinde döngüsel ekonomi politikalarının analizi	sadece genel tartışma, döngüsel ekonomi politikalarının uygulanmasına yönelik özel eylemler yok	Romanya
Franchina ve diğerleri [169] (Mühendislik)	2021	(Temizlikçi) ve Teknoloji	döngüsel ekonomi uygulamasında akıllı teknolojilerin rolü hakkında tartışma akıllı şehirler ve döngüsel ekonomi arasındaki bibliyometrik korelasyon şehirlerde akıllı çevre ve iyi hava kalitesine katkıda bulunan döngüsel ekonomi faktörlerinin belirlenmesi	Akıllı şehirlerde WMS'ye gerçek bir bilgi eklenmedi	Hiçbiri
Formisano ve diğerleri [171]	2022	İtalyan Yönetim Dergisi	Şehirlerde akıllı çevre ve iyi hava kalitesine katkıda bulunan döngüsel ekonomi faktörlerinin belirlenmesi	WoS ve Scopus'ta arama yok, sadece Google Scholar'da var	393 Avrupa şehri
Dinca ve ark. [170]	2022	Çevresel araştırma ve halk sağlığı	Moskova'da süreç dijitalleşmesini vurgulayan döngüsel ekonomi politikalarının nasıl teşvik edileceği	Avrupa dışı vaka çalışmalarını dahil etmeden genel sonuçlara ulaşmak	28 Avrupa ülkesi
Maiurova ve diğerleri [172]	2022	Daha Temiz Üretim	Sahra Altı Afrika ülkelerindeki akıllı atık yönetimi düzenlemelerinin nitel analizi	uzmanların görüşlerinin yanı sıra vatandaşların görüşlerinin de dikkate alınmaması	Moskova, Rusya
Muheirwe ve diğerleri [173]	2022	Habitat Uluslararası	Hindistan'da WMS sürdürülebilirliğini iyileştirmek için düzenlemelerin ve eko-inovasyonların analizi	düzenlemelerin zaman içindeki etkisini göstermek için bir zaman serisi analizi içermemektedir	Sahra Altı Afrika
Rena ve diğerleri [174]	2022	Çevre Yönetimi		sadece gelişmiş ülkeler dikkate alınmıştır. eko-inovasyonların dünya çapında tartışılması	Hindistan

Tablo A9. Devam et.

Yazar(lar) İncelemesi	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay
Colangelo ve diğerleri [175]	2023	Daha Temiz Üretim	atıktan enerji elde etme teknolojisinin seçimi için değerlendirme	çevresel etki yok analiz, şehir ölçeğinde uygulama için teknolojinin olgunluğuna ilişkin şüpheler veri toplama sadece kayıt dışı atık toplayıcıların görüşlerini içerir	Bari, İtalya
Kurniawan ve diğerleri [176]	2023	Daha Temiz Üretim	En iyi döngüsel ekonomi uygulamalarını kıyaslamadan vaka çalışmasına genişletmek	(hayır) (tartışma) (hakkında) (bazı) (yararlı) (yasal) (yönler)	Nanning, Çin, Malang, Endonezya
Listiningrum ve diğerleri [177]	2023	Ilmiah Hukum	nasıl yasal olduğuna dair analiz çerçeve teşvik eder (döngüsel) (ekonomi) (uygulamalar) mevcut durumun değerlendirilmesi	akıllı şehirlerin, örneğin akıllı sözleşmeler analiz edilmedi	Endonezya
Möslinger ve diğerleri [178]	2023	(Temizleyici) (Üretim)	ve engeller için genelgenin uygulanması	Avrupa dışındaki şehirler daha iyi destek	362 Avrupa ŞEHİRLER
Onesmo ve diğerleri [179]	2023	Kentsel Forum	ekonomi politikaları nicel analizi metal hurda katkısı	genel sonuçlar hakkında hiçbir tartışma yerel etkisi	Arusha, döngüsel
Yadav ve diğerleri [180]	2023	(Akıllı) (ve) (Sürdürülebilir) (İnşaEdilmiş)	ekonomi pazarı akıllı için engellerin analizi	Tanzanya şehir pazarı görüş içermez	
			analizde yer alan vatandaşların	WMS ve döngüsel ekonomi Hindistan Çevre	

Tablo A10. WMS'nin saha çalışmaları.

Yazar(lar)	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay İncelemesi
Singh, Leena [181]	2019	Geri Kazanım, Kullanım ve Çevresel Etkiler	WMS tarafından yeşil ev gazı emisyonlarının tahmini	Tahmin yaparken belirsizliğin dikkate alınmaması	Faridabad, Hindistan
Mingaleva ve diğerleri [182]	2019	Sürdürülebilirlik	WMS analizi vatandaşların katılım düzeyinin vurgulanması	dahil değildir analizde vatandaşların görüşleri	Perm, Rusya
Rai ve diğerleri [183]	2019	Sürdürülebilirlik	Paydaşların ve vatandaşların WMS'den memnuniyet anketi	Kayıt dışı atık toplayıcıların bakış açısı yok (Nepal'deki ilgili sektör)	Bharatpur, Nepal
Onoda [184]	2020	IET Akıllı Şehirler	COVID-19 sonrası akıllı hakkında açıklama Japonya'da atık girişimleri tutumun değerlendirilmesi	girişimlerin ayrıntılı açıklamasının olmaması tartışma eksikliği	Japonya
Rahmayanti ve diğerleri [185]	2020	İleri Düzey Bilim ve Teknoloji	öğrencilerin akıllı WMS'ye yönelik analiz etmek için anket	eylem planı Hedef şehirlerde akıllı WMS'nin uygulanması	Bekasi ve Güney Tangerang, Endonezya
Popova, Sproge [10]	2021	Sürdürülebilirlik	Vatandaşların atıkları sınıflandırmasını etkileyen faktörler Vatandaşların ilkel bir WMS'yi doğru kullanma istekliliğinin analizi	derin bir tartışma yok atık ayrıştırmayı teşvik edecek önlemler	Vidusdaugavas bölge, Letonya
Saptadi ve diğerleri [186]	2021	Advance Science Mühendislik Bilgi		görüşülen az sayıda vatandaş	Makassar, Endonezya

Tablo A10. Devam et.

Yazar(lar)	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay İncelemesi
Whiteman ve diğerleri [187] (Yönetim)	2021	(Atık) & Araştırma	WMS'yi gelişmişlik düzeyine göre kategorize etmek için çerçeve	şehirlerin WMS'lerini yükseltmek için bir eylem planı ortaya koymamaktadır	Bo, Sierra Leona, Muncar, Endonezya
Mohanty ve diğerleri [188]	2022	Çevresel Yönetim ve Turizm	bir WMS'nin tanımlayıcı analizi nitel analiz ve	arasındaki sistem karşılaştırmasının zayıf yönlerini ele almak için hiçbir strateji tartışılmamıştır.	Bhubaneswar, Hindistan Aziz
Kurniawan ve diğerleri [189]	2022	Daha Temiz Üretim	WMS deneyimlerinin karşılaştırılması	sistemi yönetmek için farklı araçlara sahip bir şehir ve bir ülke vatandaşlar	Petersburg, Rusya ve Tayvan
Suryawan, Lee [190] (Şehirler)	2023	(Sürdürülebilir) ve Toplum	istekliliğin değerlendirilmesi vatandaşların akıllı atık yönetimi için ödeme yapması	sosyoekonomik düzeye göre kategorize edilir ancak sosyal farkındalıkla ilişkili olabilecek eğitim seviyesine göre değil WMS'nin atık üretiminin azaltılması nedeniyle atıl	Cakarta, Endonezya
Zhao ve diğerleri [191]	2024	Daha Temiz Üretim	demografik değişiklik ve akıllı şehir gelişiminin atık üretimine etkisi	kapasite ile nasıl başa çıkacağı konusunda tartışma yok	Circum- Bohai- Deniz bölgesi, Çin

Tablo A11. WMS'nin verimlilik analizi.

Yazar(lar)	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay İncelemesi
Cheela ve diğerleri [192]	2021	Kentsel Yönetim	(Tanımlayıcı) (analiz) (of) WMS	küresel verimlilik analiz edilmemiştir	altı Hint şehri
Thakur ve diğerleri [194]	2022	Verimlilik ve Performans Yönetimi	WMS'de sürdürülebilir faktörlerin hiyerarşik analizi	kullanılan faktörler ilgili şehir için çok spesifik	Odisha, Hindistan
Jonek [193]	2022	Akıllı Şehirler	(Verimlilik) (analiz) (of) WMS	sadece teşhis, verimliliği artırmak için hiçbir strateji önerilmemiştir	16 Polonya şehri
Öztas, ve ark. [195]	2022	İyileşme, Kullanım ve Çevresel Etkiler	Bir WMS'nin simülasyonuna dayalı yaşam döngüsü değerlendirmesi	veri toplama süreci iyi belgelendirilmemiştir	Ümraniye, Türkiye
Rafiquee, Shabbi-ruddi [196]		Enerji Kaynakları, Bölüm A	çok kriterli karar 2024 yapma tekniği en iyi WMS'yi seçin	değerlendirme için sadece üç uzmanın görüşü dikkate alınır	Patna, Hindistan

Tablo A12. WMS'nin diğer sosyal boyutları.

Yazar(lar)	Yıl	Dergi	Ana Kavramlar	Sınırlamalar	Örnek Olay İncelemesi
Fatimah ve diğerleri [197]	2020	Daha Temiz Üretim	(sınıflandırma) (of) (vade) WMS seviyeleri	WMS'nin olgunluk seviyesini yükseltmek için strateji yok	Dört Endonezya şehri
Almalki ve diğerleri [198]	2021	(Mobil) (Ağlar) (ve) Uygulamalar	Akıllı şehirlerde IoT teknolojilerinin akıllı WMS'nin uygulanabilirliğini değerlendirmek için e-atık iş modelini nasıl ürettiğini tartışmıştır	Soruna yönelik çözüm stratejilerini tartışmak	Hiçbiri
Peoples ve diğerleri [199]	2021	Akıllı Şehirler	dört gelişmiş WMS'de atıktan enerji teknolojilerinin incelenmesi	gerçek bir vakaya uygulama eksikliği	Hiçbiri
Vrabie [200]	2021	Sürdürülebilirlik	WMS'nin geliştirilmesine yönelik hükümet girişimleri hakkında vatandaşların farkındalığını değerlendirmek için anket	incelenen teknolojilerin uygulanması hakkında kısa tartışma	Romanya
Costa ve diğerleri [201]	2022	Sürdürülebilir Kimya ve Eczacılık		ankete katılan nüfusun yüksek eğitilmiş vatandaşlara karşı önyargılı olduğu	Portekiz
Zérah ve diğerleri [202] (Asya)	2023	(Güney) Multidisipliner	dijitalleşmenin etkisine ilişkin örnek olay analizi	vatandaşlarla anket yapmak için resmi bir metodoloji yok	Mangaluru, Hindistan

Referanslar

- Sharma, K.; Jain, S. Kentsel katı atık üretimi, bileşimi ve yönetimi: Küresel senaryo. *Soc. Responsib. J.* **2020**, *16*, 917-948. [CrossRef]
- Kaza, S.; Yao, L.; Bhada, P.; Van Woerden, F. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*; Dünya Bankası Publications: Chicago, IL, ABD, 2018.
- Abdallah, M.; Talib, M.; Feroz, S.; Nasir, Q.; Abdalla, H.; Mahfood, B. Katı atık yönetiminde yapay zeka uygulamaları: Sistematik bir araştırma incelemesi. *Atık Yönetimi*. **2020**, *109*, 231-246. [CrossRef] [PubMed]
- Rossit, D.; Nesmachnow, S. Atık kutularının yeri sorunu: Kentsel katı atık ters lojistik zincirinin depolama aşamasındaki son gelişmelerin gözden geçirilmesi. *J. Clean. Prod.* **2022**, *342*, 130793. [CrossRef]
- Wilson, D. Katı atık yönetiminin kısa tarihçesi. *Int. J. Environ. Stud.* **1976**, *9*, 123-129. [CrossRef]
- Pichtel, J. *Atık Yönetimi Uygulamaları: Municipal, Hazardous, and Industrial*, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, ABD, 2014. [CrossRef]
- Johnson, N.; Ianiuk, O.; Cazap, D.; Liu, L.; Starobin, D.; Dobler, G.; Ghandehari, M. Atık üretim kalıpları: New York'ta kısa vadeli atık tahmini için bir gradyan boosting modeli. *Atık Yönetimi*. **2017**, *62*, 3-11. [CrossRef]
- Esmacilian, B.; Wang, B.; Lewis, K.; Duarte, F.; Ratti, C.; Behdad, S. Akıllı ve sürdürülebilir şehirlerde atık yönetiminin geleceği: Bir inceleme ve konsept belgesi. *Waste Manag.* **2018**, *81*, 177-195. [CrossRef]
- Abou, M.; Al Farooque, O. Sürdürülebilir kalkınma için döngüsel bir ekonomiye doğru: Tam maliyet muhasebesinin belediye atık geri dönüştürülebilirlerine uygulanması. *J. Clean. Prod.* **2021**, *280*, 124047. [CrossRef]
- Popova, Y.; Sproge, I. Akıllı şehirde karar verme: Atık ayrıştırma. *Sürdürülebilirlik* **2021**, *13*, 10586. [CrossRef]
- Kacprzyk, J.; Pedrycz, W. (Eds.) *Springer Handbook of Computational Intelligence*; Springer: Berlin/Heidelberg, Almanya, 2015. [CrossRef]
- Rossit, D.; Toutouh, J.; Nesmachnow, S. Gerçek senaryolarda çok amaçlı çöp biriktirme noktalarının yeri için kesin ve sezgisel yaklaşımlar. *Atık Yönetimi*. **2020**, *105*, 467-481. [CrossRef]
- Shah, A.; Fauzi, S.; Gining, R.; Razak, T.; Jamaluddin, M.; Maskat, R. Akıllı şehirler için IoT tabanlı akıllı atık seviyesi izleme sistemi üzerine bir inceleme. *Endonezya. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* **2021**, *21*, 450-456. [CrossRef]
- Bueno, M.; Romero, J.; Jiménez, P.; Pavón. Akıllı şehirlerde seçici atık toplama için optimum yol planlaması. *Sensörler* **2019**, *19*, 1973. [CrossRef] [PubMed]
- Nesmachnow, S.; Rossit, D.; Toutouh, J. Montevideo, Uruguay'da Öncelikli Kentsel Atık Toplanması için Çok Amaçlı Evrimsel Algoritmaların Karşılaştırılması. *Elektron. Notes Discret. Math.* **2018**, *69*, 93-100. [CrossRef]
- Rahmanifar, G.; Mohammadi, M.; Sherafat, A.; Hajiaghahi, M.; Fusco, G.; Colombaroni, C. IoT tabanlı atık yönetim sisteminde araç rotalama problemini ele almak için sezgisel yaklaşımlar. *Uzman Sist. Appl.* **2023**, *220*, 119708. [CrossRef]
- Nesmachnow, S. Meta sezgisellere genel bir bakış: Optimizasyon için doğru ve verimli yöntemler. *Int. J. Metasezgiseller* **2014**, *3*, 320-347. [CrossRef]
- Sarc, R.; Curtis, A.; Kandlbauer, L.; Khodier, K.; Lorber, K.; Pomberger, R. döngüsel ekonomi odaklı atık yönetimi değer zincirinde dijitalleşme ve akıllı robotik - Bir inceleme. *Waste Manag.* **2019**, *95*, 476-492. [CrossRef]
- Wilts, H.; Garcia, B.; Garlito, R.; Gómez, L.; Prieto, E. döngüsel ekonominin bir etkinleştiricisi olarak belediye atıklarının ayrıştırılmasında yapay zeka. *Kaynaklar* **2021**, *10*, 28. [CrossRef]
- Huang, J.; Koroteev, D. Enerji ve atık yönetiminin planlanması için yapay zeka. *Sürdürülebilirlik. Enerji Teknol. Değerlendirin.* **2021**, *47*, 101426. [CrossRef]
- Gough, D.; Thomas, J.; Oliver, S. *An Introduction to Systematic Reviews*; SAGE Publications Ltd: Londra, Birleşik Krallık, 2017.
- Snyder, H. Bir araştırma metodolojisi olarak literatür taraması: Genel bir bakış ve kılavuz ilkeler. *J. Bus. Res.* **2019**, *104*, 333-339. [CrossRef]
- Tranfield, D.; Denyer, D.; Smart, P. Sistematik inceleme yoluyla kanıta dayalı yönetim bilgisi geliştirmek için bir metodolojiye doğru. *Br. J. Manag.* **2003**, *14*, 207-222. [CrossRef]
- Grant, M.J.; Booth, A. Bir inceleme tipolojisi: 14 inceleme türünün ve ilgili metodolojilerin analizi. *Sağlık Enf. Libr. J.* **2009**, *26*, 91-108. [CrossRef]
- Nizetic', S.; Djilali, N.; Papadopoulos, A.; Rodrigues, J. Enerji verimliliğinin teşviki, sürdürülebilir kaynakların kullanımı ve atık yönetimi için akıllı teknolojiler. *J. Clean. Prod.* **2019**, *231*, 565-591. [CrossRef]
- Pardini, K.; Rodrigues, J.; Kozlov, S.; Kumar, N.; Furtado, V. IoT tabanlı katı atık yönetimi çözümleri: Bir araştırma. *J. Sens. Actuator Netw.* **2019**, *8*, 5. [CrossRef]
- Rasool, R.; Malik, M.; Khalid, R. Küçük şehirlerde Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı atık yönetimi. *Proc. Pak. Acad. Sci.* **2019**, *56*, 67-74.
- Sodiq, A.; Baloch, A.; Khan, S.; Sezer, N.; Mahmoud, S.; Jama, M.; Abdelaal, A. Modern sürdürülebilir şehirlere doğru: sürdürülebilirlik ilkeleri ve eğilimlerinin gözden geçirilmesi. *J. Clean. Prod.* **2019**, *227*, 972-1001. [CrossRef]
- Sahu, P.; Shelare, S.; Sakhale, C. Akıllı sistemle akıllı şehir atık yönetimi ve bertaraf sistemi: Bir inceleme. *Int. J. Sci. Technol. Res.* **2020**, *9*, 4467-4470.

30. Ahmad, R.; Salah, K.; Jayaraman, R.; Yaqoob, I.; Omar, M. Akıllı şehirlerde atık yönetimi için Blockchain: Bir Anket. *IEEE Erişim* **2021**, *9*, 131520-131541. [CrossRef]
31. Akram, S.; Singh, R.; Gehlot, A.; Rashid, M.; AlGhamdi, A.; Alshamrani, S.; Prashar, D. katı atık yönetiminde kablosuz destekli teknolojilerin rolü: Kapsamlı bir inceleme. *Sürdürülebilirlik* **2021**, *13*, 13104. [CrossRef]
32. Ramírez, M.; Keshtkar, S.; Padilla, D.; Ramos, E.; García, M.; Hernández, M.; Mogro, A.; Mahlknecht, J.; Huertas, J.; Peimbert, R.; vd. Sürdürülebilir akıllı şehirler için sensörler: Bir inceleme. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 8198. [CrossRef]
33. Cheng, K.; Tan, J.; Wong, S.; Koo, A.; Amir, E. Malezya şehirlerinde sürdürülebilir çevre için gelecekteki evsel atık yönetimine ilişkin bir inceleme. *Sürdürülebilirlik* **2022**, *14*, 6517. [CrossRef]
34. Concar, A.; Kok, G.; Martens, P. Geri dönüşüm davranışı: Bibliyometri ve metin madenciliği yoluyla bilgi alanının haritalanması. *J. Environ. Manag.* **2022**, *303*, 114160. [CrossRef]
35. D'Amico, G.; Arbolino, R.; Shi, L.; Yiğitcanlar, T.; Ioppolo, G. Dijitalleşme odaklı kentsel metabolizma döngüsellliği: Döngüsel şehir girişimlerinin bir incelemesi ve analizi. *Arazi Kullanım Politikası* **2022**, *112*, 105819. [CrossRef] [PubMed]
36. Mousavi, S.; Hosseinzadeh, A.; Golzary, A. Akıllı atık toplamanın zorlukları, son gelişmeler ve fırsatlar: Bir incelemesi. *Sci. Total Environ.* **2023**, *886*, 163925. [CrossRef]
37. Namoun, A.; Tufail, A.; Khan, M.; Alrehaili, A.; Syed, T.; BenRhouma, O. Makine kullanarak katı atık üretimi ve bertarafı öğrenme yaklaşımları: Çözümler ve zorluklar üzerine bir araştırma. *Sürdürülebilirlik* **2022**, *14*, 13578. [CrossRef]
38. Sosunova, I.; Porras, J. Akıllı şehirler için IoT destekli akıllı atık yönetim sistemleri: Sistematik bir inceleme. *IEEE Erişim* **2022**, *10*, 73326-73363. [CrossRef]
39. Vishnu, S.; Ramson, S.; Rukmini, M.; Abu, A. Sensör tabanlı katı atık işleme sistemleri: Bir araştırma. *Sensörler* **2022**, *22*, 2340. [CrossRef]
40. Fang, B.; Yu, J.; Chen, Z.; Osman, A.; Farghali, M.; Ihara, I.; Hamza, E.; Rooney, D.; Yap, P. Akıllı şehirlerde atık yönetimi için yapay zeka: Bir inceleme. *Çevre. Chem. Lett.* **2023**, *21*, 1959-1989. [CrossRef]
41. Salman, M.; Hasar, H. Akıllı şehir konseptinde çevresel unsurlar üzerine bir inceleme: Su, atık, hava kirliliği ve ulaşım IoT tekniklerini kullanan akıllı uygulamalar. *Sürdürülebilirlik. Şehirler Soc.* **2023**, *94*, 104567. [CrossRef]
42. Santibanez, E.; Kandpal, V.; Machado, M.; Martens, M.; Majumdar, S. sürdürülebilir akıllı şehirler aracılığıyla döngüsel ekonomilerin bibliyometrik analizi. *Sürdürülebilirlik* **2023**, *15*, 15892. [CrossRef]
43. Soo, A.; Wang, L.; Wang, C.; Shon, H. Akıllı şehir döngüsel ekonomisinde besin geri kazanımı için makine öğrenimi - Bir inceleme. *Süreç Güvenliği. Çevre Prot.* **2023**, *173*, 529-557. [CrossRef]
44. Szpilk, D.; De la Torre, A.; Jimenez, F.; Rzepka, A.; Remiszewska, A. Akıllı şehirde atık yönetimi: Mevcut uygulamalar ve gelecekteki yönler. *Kaynaklar* **2023**, *12*, 115. [CrossRef] [PubMed]
45. Kannan, D.; Khademolqorani, S.; Janatyan, N.; Alavi, S. Akıllı atık yönetimi 4.0: Sistematik bir incelemeden entegre bir çerçeveye geçiş. *Waste Manag.* **2024**, *174*, 1-14. [CrossRef]
46. Monishan, M.; Pankajavalli, P.; Karthick, G. IoT tabanlı çöp imha sisteminde yeni optimum çizelgeleme ve yönlendirme algoritmasının uygulanması. *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.* **2019**, *8*, 768-772. [CrossRef]
47. Idwan, S.; Mahmood, I.; Zubairi, J.; Matar, I. Nesnelerin İnterneti kullanılarak akıllı şehirlerde katı atıkların optimum yönetimi. *Wirel. Pers. Commun.* **2020**, *110*, 485-501. [CrossRef]
48. Ahmad, S.; Imran, J.; Jamil, F.; Iqbal, N.; Kim, D. Etkin atık toplama için atık taşıyıcı araçlar için optimum rota önerisi: Sürdürülebilir şehirlere doğru bir adım. *IEEE Erişim* **2020**, *8*, 77875-77887. [CrossRef]
49. Hannan, M.; Begum, R.; Al-Shetwi, A.; Ker, P.; Al Mamun, M.; Hussain, A.; Basri, H.; Mahlia, T. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için maliyet tasarrufu ve emisyon azaltımını ilişkilendirmeye yönelik atık toplama rotası optimizasyon modeli. *Sürdürülebilirlik. Şehirler Soc.* **2020**, *62*, 102393. [CrossRef]
50. Nidhya, R.; Manish, K.; Renjith, V.; Deepak, V. IoT özellikli akıllı atık yönetimi için geliştirilmiş rota seçimi (ERS) algoritması sistemi. *Environ. Teknol. Innov.* **2020**, *20*, 101116. [CrossRef]
51. Nowakowski, P.; Szwarc, K.; Boryczka, U. Sürdürülebilir e-atık toplama için yapay zeka algoritması ve yeni bir aracın birleştirilmesi. *Sci. Total Environ.* **2020**, *730*, 138726. [CrossRef]
52. Wu, H.; Tao, F.; Qiao, Q.; Zhang, M. Islak atık toplama ve taşıma için karbon emisyonlarını dikkate alan şans kısıtlı araç rotalama problemi. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 458. [CrossRef]
53. Abdullah, N.; Al-wesabi, O.; Mohammed, B.A.; Al-Mekhlafi, Z.; Alazmi, M.; Alsaffar, M.; Aljaloud, A.; Baklizi, M.; Sumari, P. Atık yönetim sistemi verimliliğini ve hareketliliğini verimli yol MANET ile iyileştirmek. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 11039. [CrossRef]
54. Lu, X.; Pu, X.; Han, X. Sürdürülebilir akıllı atık sınıflandırma ve toplama sistemi: İki amaçlı bir modelleme ve optimizasyon yaklaşımı. *J. Clean. Prod.* **2020**, *276*, 124183. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124183>.
55. Pravin, K.; Hariprasath, M.; Ali, A.; Vineet, T.; Saiful, I. Akıllı atık yönetimini izlemek için operasyonel toplama stratejisi en kısa yol algoritması kullanan sistem. *J. Environ. Prot. Ecol.* **2021**, *22*, 566-577. [CrossRef]
56. Ali, R.; Nik, N.; Wan, W.; Lam, H.; Sani, N. Kentsel katı atık yönetimi için karar verme araçları olarak süreç ağı sentezi ve makine öğreniminin kullanılması. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **2021**, *19*, 1985-1996. [CrossRef]

57. Akbarpour, N.; Salehi, A.; Hajiaghahi, M.; Oliva, D. Araç rotalama problemi kullanılarak stokastik optimizasyonu altında akıllı bir şehirde yenilikçi bir atık yönetim sistemi. *Yumuşak Hesaplama*. **2021**, *25*, 6707-6727. [CrossRef]
58. Bin, C.; Xinghan, C.; Zhihan, L.; Ruichang, L.; Shanshan, F. Bağlı araçların internetine dayalı olarak sınıflandırılmış belediye atık toplama optimizasyonu. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* **2021**, *22*, 5364-5373. [CrossRef]
59. Manoharam, G.; Tahir, I.; Ahmad, A.I.; Ali, M. Dijkstra ve gezgin satıcı problemi algoritmalarını kullanarak CBS aracılığıyla Prai sanayi bölgesinde verimli katı atık yönetimi. *Pertanika J. Sci. Technol.* **2021**, *29*, 1397-1418. [CrossRef]
60. Mekamcha, K.; Souier, M.; Bessenouci, H.N.; Bennekrouf, M. Gezgin satıcı problemini çözmek için iki metasezgisel yaklaşım: Cezayir atık toplama örneği. *Oper. Res.* **2021**, *21*, 1641-1661. [CrossRef]
61. Shevchenko, T.; Saidani, M.; Danko, Y.; Golyshcheva, I.; Chovancová, J.; Vavrek, R. Tedarik zinciri katılımcılarını ve etkileşimli çevrimiçi haritaları kullanan akıllı bir e-atık sistemine doğru. *Geri Dönüşüm* **2021**, *6*, 8. [CrossRef]
62. Saeidi, A.; Aghamohamadi, S.; Rabbani, M. Akıllı bir şehirde tehlikeli atıkların yönetimi için sürdürülebilir yaklaşımla entegre bir model. *Environ. Gelişim. Sürdürülebilirlik*. **2021**, *23*, 10093-10118. [CrossRef]
63. Salehi, A.; Akbapour, N.; Hajiaghahi, M.; Gajpal, Y.; Jabbarzadeh, A. Etkili, iki aşamalı, sürdürülebilir ve IoT tabanlı bir atık yönetim sistemi tasarımı. *Yenileme. Sürdürülebilir. Enerji Rev.* **2022**, *157*, 112031. [CrossRef]
64. Burduk, A.; Kaska, D.; Kaska, J.; Musiał, K.; Wieciek, D.; Kuric, I. Sezgisel algoritmaları ve Nesnelerin İnterneti teknolojisi kullanılarak atık yönetimi. *Sensörler* **2022**, *22*, 8786. [CrossRef]
65. Ghahramani, M.; Zhou, M.; Molter, A.; Pilla, F. Akıllı bir atık yönetim sistemi için IoT tabanlı rota önerisi. *IEEE Internet Things J.* **2022**, *9*, 11883-11892. [CrossRef] [PubMed]
66. Abdullah, N.; Al-wesabi, O.; Mohammed, B.; Al-Mekhlafi, Z.; Alazmi, M.; Alsaffar, M.; Baklizi, M.; Sumari, P. Mekke'deki resmi ve gayri resmi kamu alanlarında IoT tabanlı atık yönetim sistemi. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 13066. [CrossRef]
67. Hu, S.; An, L.; Shen, L. Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik olarak Çin'de sınıflandırılmış arıtma için kentsel katı atık toplamaya yönelik çok amaçlı bir modelleme ve optimizasyon yaklaşımı. *Sürdürülebilir. Şehirler Soc.* **2023**, *98*, 104846. [CrossRef]
68. Barth, L.; Schweiger, L.; Benedech, R.; Ehrat, M. Akıllı atık yönetiminde veriden değere: Dijital ikiz tabanlı bir karar destek sistemi ile katı atık toplama optimizasyonu. *Decis. Anal. J.* **2023**, *9*, 100347. [CrossRef]
69. Saha, S.; Chaki, R. COVID-19 açısından IoT tabanlı akıllı atık yönetim sistemi. *J. Open Innov. Teknol. İşaretle. Karmaşık*. **2023**, *9*, 100048. [CrossRef]
70. Bouleft, Y.; Elhilali, A. Akıllı atık toplama için dinamik çok bölmeli araç rotalama problemi. *Uygulamalı Sist. Innov.* **2023**, *6*, 30. [CrossRef]
71. Boudanga, Z.; Benhadou, S.; Medromi, H. Akıllı bir şehirde XAI ve araç rotalama optimizasyonu kullanan yenilikçi bir tıbbi atık yönetim sistemi. *F1000Research* **2023**, *12*, 1060. [CrossRef]
72. Pollak, A.; Gupta, A.; Göhlich, D. otonom kentsel hizmet robotlarından oluşan bir filo için çöp kutularının tahmini doluluk seviyeleri ile optimize edilmiş operasyon yönetimi. *IEEE Erişim* **2024**, *12*, 7689-7703. [CrossRef]
73. Ali, T.; Irfan, M.; Alwadi, A.S.; Glowacz, A. Akıllı şehirler için IoT tabanlı akıllı çöp kutusu izleme ve belediye katı atık yönetimi sistemi. *Arap. J. Sci. Eng.* **2020**, *45*, 10185-10198. [CrossRef]
74. Lee, J.; Han, H.; Park, J.Y.; Lee, D. Sürdürülebilir atık yönetiminde kent bilişimi: Kore'nin gayri resmi geri dönüşüm ağlarının mekansal analizi. *Sürdürülebilirlik* **2021**, *13*, 3076. [CrossRef]
75. Chen, Y.; Dai, F.; Cao, M. Nesnelerin internetine dayalı optimize edilmiş bir MSW transfer istasyonu konumlandırma sistemi. *Int. J. Syst. Assur. Müh. Manag.* **2021**, *12*, 675-688. [CrossRef]
76. Kaya, K.; Ak, E.; Yaslan, Y.; Oktug, S.F. Atıktan enerjiye çerçeve: Akıllı bir enerji geri dönüşüm yönetimi. *Sürdürülebilirlik. Bilgisayar. Inform. Syst.* **2021**, *30*, 100548. [CrossRef]
77. Ahire, V.; Behera, D.; Saxena, M.; Patil, S.; Endait, M.; Poduri, H. Nashik ve çevresi için CBS tabanlı çok kriterli teknikler kullanılarak çevresel sürdürülebilirlik için potansiyel düzenli depolama sahası uygunluk çalışması. *Çevre. Earth Sci.* **2022**, *81*, 178. [CrossRef]
78. Shahab, S.; Anjum, M. Hindistan'da katı atık yönetimi senaryosu ve derin öğrenme kullanarak yasadışı çöplük tespiti: Sürdürülebilir atık yönetimine yönelik bir yapay zeka yaklaşımı. *Sürdürülebilirlik* **2022**, *14*, 15896. [CrossRef]
79. Roshan, R.; Rishi, O. Akıllı şehirlerde atık yönetimi için seline güvenilir optimizasyon kullanarak verimli enerji iletimi ile optimize edilmiş yönlendirme. *Enerji Hasadı. Syst.* **2022**, *9*, 1-17. [CrossRef]
80. Ijmaru, G.; Ang, L.; Seng, K. Akıllı şehirlerde atık yönetimi için IoT'den IoV'ye dönüşüm. *J. Netw. Hesaplama. Appl.* **2022**, *204*, 103393. [CrossRef]
81. Ijmaru, G.; Ang, L.; Seng, K. Akıllı şehir atık yönetiminde fırsatçı veri toplama ve trafik mühendisliği için araçların sürü zekası interneti yaklaşımları. *Sensörler* **2023**, *23*, 2860. [CrossRef]
82. Demircan, B.; Yetilmezsoy, K. Akıllı sürdürülebilir atık yönetimi stratejilerinin uygulanması için hibrit bir bulanık AHP-TOPSIS yaklaşımı. *Sürdürülebilirlik* **2023**, *15*, 6526. [CrossRef]
83. Pellatt, J.; Palfreman, J. Daha temiz bir şehir için akıllı teknoloji çözümü: Dar es Salaam, Tanzanya'da bir vaka çalışması. *GeoJournal* **2023**, *88*, 5221-5245. [CrossRef]

84. Aloui, N.; Almukadi, W.; Belghith, A. Bağlam ontolojisine dayalı akıllı atık yönetimi için bir IoT yaklaşımına doğru: Bir vaka çalışması. *Mühendislik. Technol. Appl. Sci. Res.* **2023**, *13*, 10186-10191. [CrossRef]
85. Sen, Y.; Mukherjee, S.; Dutta, R.; Bhattacharya, S. Akıllı bir atık yönetim sistemi geliştirmek için akıllı sözleşmeler kullanan blok zinciri tabanlı bir yaklaşım. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **2021**, *19*, 7833-7856. [CrossRef]
86. Fidero, K.; Promentilla, M. Geleceğin akıllı şehirlerinde atık yönetimi için blok zinciri teknolojisinin benimsenmesinin sorunsal analizi: Phnom Penh, Kamboçya'da bir vaka çalışması. *Chem. Eng. Trans.* **2022**, *94*, 805-810. [CrossRef]
87. Liu, Z.; Wu, T.; Wang, F.; Osmani, M.; Demian, P. Blockchain ile geliştirilmiş inşaat atığı bilgi yönetimi: Kavramsal bir çerçevesi. *Sürdürülebilirlik* **2022**, *14*, 12145. [CrossRef]
88. Santhuja, P.; Anbarasu, V. izleme ve takip yoluyla e-atık yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik için Blockchain destekli IoT çözümü. *Int. J. Eng. Trends Technol.* **2023**, *71*, 157-167. [CrossRef]
89. Hui, C.; Dan, G.; Alamri, S.; Toghraie, D. Greening smart cities: Çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmek için kentsel doğal kaynakların ve akıllı şehir teknolojilerinin entegrasyonunun incelenmesi. *Sürdürmek. Cities Soc.* **2023**, *99*, 104985. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104985>.
90. Mittal, A.; Mittal, S. Akıllı şehirlerde atıkların bulut tabanlı ayrıştırılması. *Int. J. Sci. Technol. Res.* **2019**, *8*, 208-212. [CrossRef]
91. Kumar, S.; Yadav, D.; Gupta, H.; Verma, O.; Ansari, I.; Ahn, C. atık ayrıştırma için yeni bir YOLOv3 algoritması tabanlı derin öğrenme yaklaşımı: Akıllı atık yönetimine doğru. *Elektronik* **2020**, *10*, 14. [CrossRef]
92. Alqahtani, F.; Al-Makhadmeh, Z.; Tolba, A.; Said, W. Akıllı şehirler için Nesnelerin İnterneti tabanlı kentsel atık yönetim sistemi bir guguk kuşu arama algoritması kullanarak. *Kümeleme. Comput.* **2020**, *23*, 1769-1780. [CrossRef]
93. Gondal, A.; Sadiq, M.; Ali, T.; Irfan, M.; Shaf, A.; Aamir, M.; Shoaib, M.; Glowacz, A.; Tadeusiewicz, R.; Kantoch, E. Çok katmanlı evrişimli sinir ağı ve perceptron kullanarak akıllı şehirlerde verimli geri dönüşüm için gerçek zamanlı çok amaçlı akıllı atık sınıflandırma modeli. *Sensörler* **2021**, *21*, 4916. [CrossRef]
94. Adeleke, O.; Akinlabi, S.; Jen, T.; Dunmade, I. belediye katı atıklarının fiziksel bileşimini tahmin etmek için yapay sinir ağlarının uygulanması: Mevsimsel değişimin etkisinin değerlendirilmesi. *Atık Yönetimi. Res.* **2021**, *39*, 1058-1068. [CrossRef]
95. Al-Duhayyim, M.; Elfadil, T.; Al-Wesabi, F.; Abdelmaboud, A.; Ahmed, M.; Sarwar, A.; Rizwanullah, M.; Marzouk, R. Derin takviye öğrenme özellikli akıllı şehir geri dönüşüm atık nesne sınıflandırması. *Hesaplama. Materyal. Devam.* **2022**, *71*, 5699-5715. [CrossRef]
96. Mohammed, K.; Mohamed, C.; Mohammed, B.; Mohamed, C.; Sivakumar, P. Akıllı çöp kutusu: Sürdürülebilir akıllı şehirler için derin öğrenme- Nesnelerin İnterneti kullanan atık ayrıştırma sistemi. *Concurr. Hesaplama. Uygulama. Exp.* **2022**, *34*, e7378. [CrossRef]
97. Zhang, H.; Cao, H.; Zhou, Y.; Gu, C.; Li, D. Toplumdaki katı atıkların doğru sınıflandırılması için hibrit derin öğrenme modeli. *Kentsel İklim.* **2023**, *49*, 101485. [CrossRef]
98. Malik, M.; Prabha, C.; Soni, P.; Arya, V.; Alhalabi, W.; Gupta, B.; Albeshri, A.; Almomani, A. Akıllı şehirlerde sinir ağları kullanarak makine öğrenimi tabanlı otomatik çöp tespiti ve sınıflandırması. *Int. J. Semant. Web Inf. Syst.* **2023**, *19*, 1-20. <https://doi.org/10.4018/ijswis.324105>.
99. Tan, M.; Le, Q. EfficientNet: Konvolüsyonel nöral set çalışmaları için model ölçeklendirmeyi yeniden düşünmek. 36. Uluslararası Makine Öğrenimi Konferansı Bildirileri, Long Beach, CA, ABD, 10-15 Haziran 2019; s. 6105-6114. [CrossRef]
100. Udayakumar, R.; Elankavi, R.; Vimal, V.R.; Sugumar, R. Derin öğrenme tabanlı geliştirilmiş parçacık sürüş optimizasyonu akıllı şehirlerde belediye katı atık yönetimi. *Rev. Gestão Soc. Ambient.* **2023**, *17*, e03561. [CrossRef]
101. Vijayalakshmi, J.; Mohanarathinam, A.; Nandini, V.; Gayathri, S. Nesnelerin İnterneti destekli akıllı katı atık yönetimi sistemi. *Glob. YUVA J.* **2023**, *25*, 98-105. [CrossRef]
102. Rajalakshmi, J.; Sumangali, K.; Jayanthi, J.; Muthulakshmi, K. Akıllı şehirler için solucan optimizasyonu destekli atık yönetim sistemi ile yapay zeka. *Glob. YUVA J.* **2023**, *25*, 190-197. [CrossRef]
103. Liu, J.; Prabuwo, A.; Abulfaraj, A.; Miniaoui, S.; Taheri, N. Sağlıklı çevrede derin öğrenme vizyonu hesaplama kullanarak atık boşaltma analizi için bilişsel bulut çerçevesi. *Hesaplama. Electr. Eng.* **2023**, *110*, 108814. [CrossRef]
104. Alsubaei, F.; Al-Wesabi, F.; Hilal, A. Akıllı şehirlerde ve IoT ortamında çöp atıkları yönetimi için derin öğrenme tabanlı küçük nesne algılama ve sınıflandırma modeli. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 2281. [CrossRef]
105. Cheema, S.; Hannan, A.; Pires, I. Son teknoloji yaklaşımını kullanan akıllı atık yönetimi ve sınıflandırma sistemleri. *Sürdürülebilirlik* **2022**, *14*, 10226. [CrossRef]
106. Sankar, K.; Gokula, V.; Venkata, S.; Kaviarasan, S.; Arockia, A. LBBOA tabanlı RIAN sınıflandırması ile akıllı şehir atık yönetiminin geliştirilmesi. *Int. Res. J. Multidiscip. Technovat.* **2023**, *5*, 58-70. [CrossRef]
107. Hamza, M.; Mengash, H.; Negm, N.; Marzouk, R.; Motwakel, A.; Zamani, A. Akıllı şehirlerde geri dönüşüm atıklarının tespiti için derin mutabakat ağı. *Hesaplama. Materyal. Devam.* **2023**, *75*, 4191-4205. [CrossRef]
108. Abbasi, M.; Rastgoo, M.N.; Nakisa, B. Radyal tabanlı fonksiyon sinir ağı kullanılarak belediye atık üretiminin aylık ve mevsimsel olarak modellenmesi. *Environ. Prog. Sürdürülebilirlik. Enerji* **2019**, *38*, e13033. [CrossRef]
109. Soni, U.; Roy, A.; Verma, A.; Jain, V. Yapay zeka modelleri kullanılarak kentsel katı atık üretiminin tahmin edilmesi-Hindistan'da bir vaka çalışması. *SN Appl. Sci.* **2019**, *1*, 162. [CrossRef]

110. Wu, F.; Niu, D.; Dai, S.; Wu, B. Yapay sinir ağıları kullanılarak kentsel katı atık üretim oranlarının tahminlerinin bölgesel farklılıklarına ilişkin yeni görüşler. *Atık Yönetimi*. **2020**, *107*, 182-190. [CrossRef]
111. Sengupta, N.; Chinnasamy, R. Bulut tabanlı öngörülse analitik ile kusursuz bir akıllı şehir tasarımı. *Int. J. Comput. Digit. Syst.* **2020**, *9*, 1079-1089. [CrossRef]
112. Tsai, F.; Bui, T.; Tseng, M.; Wu, K. belirsizliği altında Vietnam'daki sürdürülebilir şehirler için nedensel bir kentsel katı atık yönetim modeli: Bir karşılaştırma. *Kaynak. Conserv. Recycl.* **2020**, *154*, 104599. [CrossRef]
113. Cubillos, M. Derin öğrenme yaklaşımı kullanarak çok sahalı evsel atık üretimi tahmini. *Atık Yönetimi*. **2020**, *115*, 8-14. [CrossRef]
114. Nguyen, X.; Nguyen, T.; La, D.; Kumar, G.; Rene, E.; Nguyen, D.; Chang, W.; Chung, J.; Nguyen, H.; Nguyen, K. Yerleşim alanlarında katı atık üretimini tahmin etmek için makine öğrenimi tabanlı modellerin geliştirilmesi: Vietnam'dan bir vaka çalışması. *Kaynak. Conserv. Recycl.* **2021**, *167*, 105381. [CrossRef]
115. Namoun, A.; Hussein, B.; Tufail, A.; Alrehaili, A.; Syed, T.; BenRhouma, O. Evsel katı atık üretiminin tahmini için topluluk öğrenme tabanlı bir sınıflandırma yaklaşımı. *Sensörler* **2022**, *22*, 3506. [CrossRef] [PubMed]
116. Lakhout, A.; Shaban, M.; Alatawi, A.; Abbas, S.; Asiri, E.; Al Juhni, T.; Elsayy, M. Geo- çevre mühendisliğinde makine öğrenimi yaklaşımları: Akıllı katı atık yönetimini keşfetmek. *J. Environ. Manag.* **2023**, *330*, 117174. [CrossRef]
117. Chen, X. Akıllı şehirlerde atık geri dönüşümü ile döngüsel bir ekonomi için makine öğrenimi yaklaşımı. *Energy Rep.* **2022**, *8*, 3127-3140. [CrossRef]
118. Al Duhayyim, M. IoT'de katı atık yönetiminin makine öğrenimi tabanlı sürdürülebilir uygulaması ile modifiye mürekkep balığı sürüsü optimizasyonu. *Sürdürülebilirlik* **2023**, *15*, 7321. [CrossRef]
119. Oğuz, A.; Ertugul, O. Çöp konteynerlerinin doluluk oranının derin öğrenme ile belirlenmesi. *Uzman Sist. Uygulama* **2023**, *217*, 119544. [CrossRef]
120. Lingaraju, A.; Niranjanamurthy, M.; Bose, P.; Acharya, B.; Gerogiannis, V.; Kanavos, A.; Manika, S. Akıllı şehirler için konum izleme ve hava kalitesi izleme ile IoT tabanlı atık ayrıştırma. *Akıllı Şehirler* **2023**, *6*, 1507-1522. [CrossRef]
121. Fataniya, B.; Sood, A.; Poddar, D.; Shah, D. IoT tabanlı atık ayrıştırma ve toplama sisteminin uygulanması. *Int. J. Electron. Telecommun.* **2019**, *65*, 579-584. [CrossRef]
122. Kang, K.; Kang, H.; Ilankoon, I.; Chong, C. Nesnelerin İnterneti (IoT) kullanan elektronik atık toplama sistemleri: Malezya'da evsel elektronik atık yönetimi. *J. Clean. Prod.* **2020**, *252*, 119801. [CrossRef]
123. Vishnu, S.; Ramson, S.; Senith, S.; Anagnostopoulos, T.; Abu, A.; Fan, X.; Srinivasan, S.; Kirubaraj, A. Akıllı şehirlerde IoT destekli katı atık yönetimi. *Akıllı Şehirler* **2021**, *4*, 1004-1017. [CrossRef]
124. Anagnostopoulos, T.; Zaslavsky, A.; Ntalianis, K.; Anagnostopoulos, C.; Ramson, S.; Shah, P.; Behdad, S.; Salmon, I. Akıllı şehirler için IoT destekli uç ve takas atık yönetimi modelleri. *Int. J. Environ. Waste Manag.* **2021**, *28*, 521. [CrossRef]
125. Cruz, N.; Cota, N.; Tremoceiro, J. LoRaWAN ve kentsel atık yönetimi - Bir Deneme. *Sensörler* **2021**, *21*, 2142. [CrossRef]
126. Sallang, N.; Islam, M.; Arshad, H. Nesnelerin İnterneti ortamında tensorflow lite ve LoRa-GPS kalkanı kullanan CNN tabanlı bir akıllı atık yönetim sistemi. *IEEE Erişim* **2021**, *9*, 153560-153574. [CrossRef]
127. Ashwin, M.; Alqahtani, A.; Mubarakali, A. Güneş enerjisi kullanan akıllı şehirler için atık ayrıştırmanın IoT tabanlı akıllı rota seçimi. *Sürdürülebilirlik. Enerji Teknol. Değerlendirme*. **2021**, *46*, 101281. [CrossRef]
128. John, J.; Varkey, M.; Podder, R.; Sensarma, N.; Selvi, M.; Santhosh, S.; Kannan, A. IoT tabanlı akıllı şehirler için IoT ve bulut kullanarak atık bertaraf sisteminin akıllı tahmini ve izlenmesi. *Wirel. Pers. Commun.* **2021**, *122*, 243-275. [CrossRef]
129. Baldo, D.; Mecocci, A.; Parrino, S.; Peruzzi, G.; Pozzebon, A. Akıllı atık yönetimi için çok katmanlı bir LoRaWAN altyapısı. *Sensörler* **2021**, *21*, 2600. [CrossRef]
130. Sidhu, N.; Pons, A.; Muñoz, A.; Terroso, F. Evsel plastik atıkların yönetimine yardımcı olmak için işbirliğine dayalı bir uygulama akıllı kutular aracılığıyla: Filipinler'de bir çalışma örneği. *Sensörler* **2021**, *21*, 4534. [CrossRef]
131. Jaid, A.; Kadir, R.; Mamun, M.; Nahid, A.; Ali, M. Çöp kutularının interneti (IoGB) için asil bir öneri. *Akıllı Şehirler* **2019**, *2*, 214-229. [CrossRef]
132. Majidi, A. Akıllı atık yönetimine sahip şehir: Atık kutusu teknolojilerinin tanıtılması. *Nexo Rev. Científica* **2021**, *34*, 1032-1038. [CrossRef]
133. Bourougaa, S.; Mokhati, F.; Tria, H.; Bouziane, O. SPubBin: Derin öğrenme atık sınıflandırmasına dayalı akıllı çöp kutusu: Cezayir'de akıllı çevre için bir IoT sistemi. *Informatica* **2022**, *46*, 41-66. [CrossRef]
134. An, Y.; Qiu, J.; Dong, Z. Akıllı çöp kutuları kullanarak karar vericiler için akıllı atık yönetim sistemi-Avustralya belediyesi için bir vaka çalışması. *Aust. J. Civ. Eng.* **2022**, *20*, 454-459. [CrossRef]
135. Ahmed, M.; Hassanien, E.; Hassanien, A. IoT tabanlı akıllı atık yönetim sistemi. *Neural Comput. Appl.* **2023**, *35*, 23551-23579. [CrossRef]
136. Gou, H.; Yoo, Y. Kablosuz sensör ağları için enerji dengeleyici bir LEACH algoritması. İçinde 7. Uluslararası Bilgi Teknolojisi Konferansı Bildirileri: New Generations, Las Vegas, NV, ABD, 12-14 Nisan 2010; IEEE: Piscataway, NJ, ABD, 2010. [CrossRef]

137. Thamarai, M.; Naresh, V. Akıllı şehirler için derin öğrenme kullanan akıllı kendi kendine güç üreten çöp yönetim sistemi. *Mikroişlem. Microsys.* **2023**, *98*, 104816. [CrossRef]
138. Zeb, A.; Ali, Q.; Saleem, M.; Awan, K.; Alowayr, A.; Uddin, J.; Iqbal, S.; Bashir, F. Önerilen IoT özellikli akıllı çöp kutusu yönetim sistemi ve verimli rota seçimi. *J. Comput. Netw. Commun.* **2019**, *2019*, 7043674. [CrossRef]
139. Srikanth, C.; Rayudu, T.; Radhika, J.; Anitha, R. Nesnelerin İnterneti (IoT) kullanarak akıllı atık yönetimi. *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.* **2019**, *8*, 2518-2522. [CrossRef]
140. Sharma, S.; Chauhan, V.; Jain, A. Akıllı şehirler için akıllı ve ucuz çöp imha sistemi uygulaması. *Int. J. Recent Technol. Eng.* **2019**, *8*, 3220-3224. [CrossRef]
141. Bano, A.; Ud Din, I.; Al-Huqail, A. Katı atıkların gerçek zamanlı izlenmesi ve yönetimi için IoT tabanlı bir akıllı çöp kutusu. *Bilim Programı.* **2020**, *2020*, 613263. [CrossRef]
142. Catarinucci, L.; Colella, R.; Consalvo, S.; Patrono, L.; Rollo, C.; Sergi, I. Bulut hizmetlerine ve ultra düşük güçlü RFID sensör etiketlerine dayalı IoT farkındalı atık yönetim sistemi. *IEEE Sens. J.* **2020**, *20*, 14873-14881. [CrossRef]
143. Pardini, K.; Rodrigues, J.; Diallo, O.; Das, A.; De Albuquerque, V.; Kozlov, S. vatandaşlarına yönelik akıllı bir atık yönetimi çözümü. *Sensörler* **2020**, *20*, 2380. [CrossRef]
144. Aktay, E.; Yalçın, N. Bir akıllı şehir uygulaması: Yeşil ortamı sağlamak için uzun menzilli geniş alan ağına sahip bir atık toplama sistemi ve uygun maliyetli ve düşük güç tüketimli çözümler. *IET Akıllı Şehirler* **2021**, *3*, 142-157. [CrossRef]
145. Jhaveri, R.; Shah, P.; Patel, N.; Patel, D.; Thanki, S.; Bhoi, A.; Bhatia, J. Akıllı şehirler için BIT tabanlı bir katı atık yönetim sistemi: Hindistan'da bir belediye örneği. *Int. J. Hoc Ubiquitous Comput.* **2021**, *38*, 158. [CrossRef]
146. Senthilkumar, G. Sürdürülebilir atık yönetimi için akıllı atık yönetimi stratejilerinin uygulanması. *Int. Res. J. Multidiscip. Technovat.* **2019**, *1*, 643-649. [CrossRef]
147. Marques, P.; Manfroi, D.; Deitos, E.; Cegoni, J.; Castilhos, R.; Rochol, J.; Pignaton, E.; Kunst, R. IoT tabanlı bir akıllı şehir altyapı mimarisi bir atık yönetimi senaryosuna uygulanmıştır. *Ad Hoc Netw.* **2019**, *87*, 200-208. [CrossRef]
148. Ramson, S.; Moni, D.; Vishnu, S.; Anagnostopoulos, T.; Kirubaraj, A.; Fan, X. Katı atık yönetimi için IoT tabanlı bir kutu seviyesi izleme sistemi. *J. Mater. Döngüler Atık Yönetimi.* **2020**, *23*, 516-525. [CrossRef]
149. Zhang, Q.; Li, H.; Wan, X.; Skitmore, M.; Sun, H. Daha akıllı topluluklar için akıllı bir atık giderme sistemi. *Sürdürülebilirlik* **2020**, *12*, 6829. [CrossRef]
150. Yuvaraj, N.; Praghsh, K.; Raja, R.; Karthikeyan, T. Akıllı şehir yönetim sisteminde (SCMS) derin sinir ağı (DNN) ve akıllı ulaşım sistemi (ITS) ile entegre çöp imha elektrikli araçlarının (GDEVs) incelenmesi. *Wirel. Pers. Commun.* **2021**, *123*, 1733-1752. [CrossRef]
151. Azyze, N.; Isa, I.; Chin, T. Akıllı şehirler için IoT tabanlı ortak çöp izleme sistemi. *Endonezya. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* **2022**, *27*, 37. [CrossRef]
152. Joshi, L.; Bharti, R.; Singh, R.; Malik, P. Özelleştirilmiş donanım ve Nesnelerin İnterneti ile katı atıkların gerçek zamanlı izlenmesi. *Hesaplama. Electr. Eng.* **2022**, *102*, 108262. [CrossRef]
153. Wong, S.; Han, H.; Cheng, K.; Koo, A.; Yusoff, S. ESS-IoT: Genel evler için akıllı atık yönetim sistemi. *Pertanika J. Sci. Technol.* **2022**, *31*, 311-325. [CrossRef]
154. Chauhan, S.; Gargish, S. AIoT tabanlı atık yönetim sistemleri. *Akıllı Ortamlar için AIoT Teknolojileri ve Uygulamaları* içinde; Mühendislik ve Teknoloji Enstitüsü: Stevenage, Birleşik Krallık, 2022; s. 183-198. [CrossRef]
155. Chauhan, R.; Shighra, S.; Madkhali, H.; Nguyen, L.; Prasad, M. Geleceğin verimli atık yönetimi: Akıllı sistem (LADS) için derin sinir ağları ile öğrenme tabanlı bir yaklaşım. *Appl. Sci.* **2023**, *13*, 4140. [CrossRef]
156. Thaseen, S.; Mohanraj, V.; Ramachandran, S.; Balakrishnan, A. IoT ve genetik algoritma-bulanık çıkarım sistemi kullanan akıllı bir atık yönetimi uygulaması. *Appl. Sci.* **2023**, *13*, 3943. [CrossRef]
157. Brouwer, Y.; Barbosa, A.; Antunes, A.; Rodrigues, T. Farklı atık kutusu izleme yaklaşımlarının karşılaştırılması: Keşif amaçlı bir çalışması. *Atık Yönetimi. Res.* **2023**, *41*, 1570-1583. [CrossRef]
158. Toutouh, J.; Rossit, D.; Nesmachnow, S. akıllı şehirlerde çöp biriktirme noktalarının çok amaçlı konumu için yumuşak hesaplama yöntemleri. *Ann. Math. Artif. Intell.* **2019**, *88*, 105-131. [CrossRef]
159. Mokale, P. Akıllı şehir misyonu kapsamında akıllı atık yönetimi-Uygulama ve temel gerçekler. *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.* **2019**, *8*, 3095-3103. [CrossRef]
160. Ramalho, M.; Rossetti, R.; Cacho, N.; Souza, A. SmartGC: Akıllı şehirlerde çöp toplama için bir yazılım mimarisi. *Int. J.-Bio-Inspired Comput.* **2020**, *16*, 79. [CrossRef]
161. Sharma, M.; Joshi, S.; Kannan, D.; Govindan, K.; Singh, R.; Purohit, H. Akıllı şehirlerin Nesnelerin İnterneti (IoT) benimseme engelleri atık yönetimi: Hindistan bağlamı. *J. Clean. Prod.* **2020**, *270*, 122047. [CrossRef]
162. Mishra, A.; Rani, P.; Saha, A.; Hezam, I.; Pamucar, D.; Marinovic, M.; Pandey, K. Akıllı şehirlerin atık yönetimi için Nesnelerin İnterneti (IoT) engellerinin adaptasyonunun fermatean bulanık birleşik uzlaşma çözümü yaklaşımı kullanılarak değerlendirilmesi. *IEEE Erişim* **2022**, *10*, 37109-37130. [CrossRef]

163. Torkayesh, A.; Deveci, M.; Torkayesh, S.; Tirkolae, E. Tıbbi atık yönetim sistemleri için akıllı teknolojilerin benimsenmesindeki başarısızlıkların analizi: Tip-2 nötrosofik tabanlı bir yaklaşım. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2021**, *29*, 79688-79701. [CrossRef]
164. Duella, S.; Sara, D.; Prabavathi, Bin Bay: LSTM ve sis bilişim kullanarak sürdürülebilir bir kentsel yaşam için optimize edilmiş bir akıllı atık bertaraf sistemi. *J. Comput. Sci.* **2022**, *18*, 1110-1120. [CrossRef]
165. Bazrbachi, A.; Sidique, S.; Adam, S.; Ismail, N.; Sheng, T. Shah Alam, Malezya'da önerilen bir akıllı atık yönetim planı kapsamında geri dönüşüm için atıkların kaynağından ayrıştırılmasına yönelik ölçüm modelinin değerlendirilmesi. *Geri Dönüşüm* **2023**, *8*, 58. [CrossRef]
166. Shahsavar, M.; Akrami, M.; Kian, Z.; Gheibi, M.; Fathollahi, A.; Hajiaghahi, M.; Behzadian, K. Belediye plastiğinin biyolojik geri kazanımı entegre bir karar verme çerçevesine dayalı atık yönetimi. *J. Ind. Eng. Chem.* **2022**, *108*, 215-234. [CrossRef]
167. Ogawa, A.; Pandyswargo, A.; Tsubouchi, R.; Onoda, H. Temassız bir atık toplama sisteminin gösterimi: Bir Japon örneği çalışması. *IET Akıllı Şehirler* **2023**, *5*, 303-316. [CrossRef]
168. Aceleanu, M.; S, erban, A.; Suci, M.; Bi, toiu, T. Akıllı şehirlerin gelişimi bağlamında döngüsel ekonomi yoluyla belediye atıklarının yönetimi. *IEEE Erişim* **2019**, *7*, 133602-133614. [CrossRef]
169. Franchina, L.; Calabrese, A.; Inzerilli, G.; Scatto, E.; Brutti, G.; De los Angeles, M. Yeşil düşünmek: Akıllı teknolojilerin şehirlerin atık ve tedarik zinciri akışını dönüştürmedeki rolü. *Clean. Müh. Technol.* **2021**, *2*, 100077. [CrossRef] [PubMed]
170. Dinca, G.; Milan, A.; Andronic, M.L.; Pasztori, A.; Dinca, D. Döngüsel ekonomi akıllı şehirlerin sürdürülebilir gelişimine katkıda bulunur mu? *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 7627. [CrossRef]
171. Formisano, V.; Iannucci, E.; Fedele, M.; Bonab, A. City in the loop: Döngüsel ekonomi ve akıllı sürdürülebilir şehirler arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. *Sinergie Ital. J. Manag.* **2022**, *40*, 147-168. [CrossRef]
172. Maiurova, A.; Kurniawan, T.; Kustikova, M.; Bykovskaia, E.; Othman, M.; Singh, D.; Goh, H. Moskova'da (Rusya) atık toplama hizmeti ve atık geri dönüşümünde dijital dönüşümün teşvik edilmesi: İklim değişikliğinin çevre üzerindeki etkilerini azaltmak için döngüsel ekonomi paradigmasının uygulanması. *J. Clean. Prod.* **2022**, *354*, 131604. [CrossRef]
173. Muheirwe, F.; Kombe, W.; Kihila, J. Katı atık yönetimi paradoksu: Sahra Altı Afrika'dan düzenleyici bir söylem. *Habitat Int.* **2022**, *119*, 102491. [CrossRef]
174. Rena, S.; Yadav, S.; Patel, S.; Killedar, D.; Kumar, S.; Kumar, R. Katı atık yönetiminde eko-inovasyonlar ve sürdürülebilirlik: Teknolojik, organizasyonel, başlangıç ve finansal çerçevede Hindistan'dan bir örnek. *J. Environ. Manag.* **2022**, *302*, 113953. [CrossRef]
175. Colangelo, G.; Facchini, F.; Ranieri, L.; Starace, G.; Vitti, M. Karbon emisyonlarının geleneksel ve yenilikçi atıktan enerji üretimine yönelik yatırımlar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi. *J. Clean. Prod.* **2023**, *388*, 135849. [CrossRef]
176. Kurniawan, T.; Meidiana, C.; Dzarfan, M.; Goh, H.; Chew, K. Malang'da (Endonezya) atık geri dönüşüm endüstrisinin güçlendirilmesi: Endüstri 4.0 çağında atık yönetiminden çıkarılacak dersler. *J. Clean. Prod.* **2023**, *382*, 135296. [CrossRef]
177. Listiningrum, P.; Dahlan, M.; Anwar, M.; Wahyuni, H.; Bachtar, R. Endonezya'da yönsüz atık yönetimi: A akıllı şehirlere yönelik yasal reform önerisi. *Leg. J. Ilm. Huk.* **2023**, *31*, 224-244. [CrossRef]
178. Möslinger, M.; Ulpiani, G.; Vetter, N. İklim açısından nötr bir kentsel geleceği güçlendirmek için döngüsel ekonomi ve atık yönetimi. *J. Clean. Prod.* **2023**, *421*, 138454. [CrossRef]
179. Onesmo, C.; Mabhuve, E.; Ndaki, P. Tanzania şehirlerinde sürdürülebilir katı atık yönetimi ve döngüsel ekonomi arasında bir sinerji: Arusha şehrinde hurda metal ticareti örneği. *Kentsel Forum* **2023**, *35*, 47-64. [CrossRef]
180. Yadav, H.; Soni, U.; Kumar, G. Gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir döngüsel ekonomi için akıllı atık yönetiminin önündeki zorlukların analizi: Bulanık bir DEMATEL çalışması. *Akıllı Sürdürülebilirlik. Built Environ.* **2021**, *12*, 361-384. [CrossRef]
181. Singh, M.; Leena, G. Faridabad şehri için sera gazı emisyonu tahmini ve belediye katı atıklarının doğrusal pinch analizi, Hindistan. *Enerji Kaynakları Bölüm A Geri Kazanım. Kullanım. Çevre. Eff.* **2019**, *41*, 2704-2714. [CrossRef]
182. Mingaleva, Z.; Vukovic, N.; Volkova, I.; Salimova, T. Yeşil ve akıllı şehirlerde atık yönetimi: Rusya'da bir vaka çalışması. *Sürdürülebilirlik* **2019**, *12*, 94. [CrossRef]
183. Rai, R.; Nepal, M.; Khadayat, M.; Bhardwaj, B. Gelişmekte olan ülkelerde kentsel katı atık toplama hizmetlerinin iyileştirilmesi: Bharatpur metropolitan şehri örneği, Nepal. *Sürdürülebilirlik* **2019**, *11*, 3010. [CrossRef]
184. Onoda, H. Japonya'da COVID-19 sonrası akıllı şehirler için atık yönetimine akıllı yaklaşımlar. *IET Smart Cities* **2020**, *2*, 89-94. <https://doi.org/10.1049/iet-smc.2020.0051>.
185. Rahmayanti, H.; Ichsan, I.; Oktaviani, V.; Syani, Y.; Hadi, W.; Marhento, G. Akıllı şehir teknolojisi için çevresel tutum: Çevre eğitiminde akıllı çöp kutusu geliştirmek için ihtiyaç değerlendirmesi. *Int. J. Adv. Sci. Technol.* **2020**, *29*, 8374-8383. [CrossRef]
186. Saptadi, N.; Chyan, P.; Taga, V. Akıllı şehre doğru atıkların işlenmesinde topluluk davranışını araştırmak için K-Means algoritmasının kullanılması. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Bilgi Teknolojileri Technol.* **2021**, *11*, 1455. [CrossRef]
187. Whiteman, A.; Webster, M.; Wilson, D. Dokuz gelişim bandı: Atık ve gelişimi için kavramsal bir çerçeve ve küresel teori. *Atık Yönetimi. Res.* **2021**, *39*, 1218-1236. [CrossRef] [PubMed]
188. Mohanty, S.; Mishra, S.; Mohanty, A. Belediye katı atık yönetimi. Akıllı şehir Bhubaneswar, Odisha üzerine bir vaka çalışması. *J. Environ. Manag. Tur.* **2022**, *13*, 1361-1373. [CrossRef]

189. Kurniawan, T.; Maiurova, A.; Kustikova, M.; Bykovskaia, E.; Othman, M.; Goh, H. Petersburg'da (Rusya) atık geri dönüşüm endüstrisinde dijitalleşme temelli döngüsel ekonomi yoluyla sürdürülebilirlik geçişinin hızlandırılması: Endüstri 4.0 çağında karbon nötrlüğünü teşvik etmek için bir strateji. *J. Clean. Prod.* **2022**, *363*, 132452. [CrossRef]
190. Suryawan, I.; Lee, C. Endonezya'nın Jakarta kentinde vatandaşların uyarlanabilir belediye katı atık yönetimi hizmetleri için ödeme istekliliği. *Sürdürmek. Şehirler Soc.* **2023**, *97*, 104765. [CrossRef]
191. Zhao, T.; Gao, Y.; Zhan, W.; Sun, H.; Zhang, T.; Li, L.; Zuo, W.; Tang, X.; Li, Y.; Tian, Y. Küçülen ve yaşlanan nüfus altında belediye katı atıkları (MSW): Mekansal-zamansal modeller, itici güçler ve akıllı şehir gelişiminin etkisi. *J. Clean. Prod.* **2024**, *434*, 140124. [CrossRef]
192. Cheela, V.; Ranjan, V.; Goel, S.; John, M.; Dubey, B. Hindistan'ın akıllı şehirlerinde sürdürülebilir atık yönetimine giden yollar. *J. Urban Manag.* **2021**, *10*, 419-429. [CrossRef]
193. Jonek, I. Polonya şehirlerinde belediye atık yönetimi-Gerçekten akıllı mı? *Akıllı Şehirler* **2022**, *5*, 1635-1654. [CrossRef]
194. Thakur, V.; Parida, D.; Raj, V. Hindistan bağlamında akıllı şehirlerde sürdürülebilir kentsel katı atık yönetimi (MSWM). *Int. J. Ürün. Perform. Manag.* **2022**, *73*, 361-384. [CrossRef]
195. Öztas, S.; Erses, S.; Bektas, N. Evsel katı atık yönetiminin yaşam döngüsü analizi kullanılarak değerlendirilmesi: Bir vaka çalışması. *Enerji Kaynaklar Bölüm A Geri Kaz. Kullanım. Çevre. Eff.* **2022**, *44*, 9255-9271. [CrossRef]
196. Rafiquee, A.; Shabbiruddin. Entegre bir yaklaşımı kullanarak belediye atık yönetim sisteminin optimum seçimi ve zorlukları: Bir vaka çalışması. *Enerji Kaynakları Bölüm A Geri Kazanım. Util. Environ. Eff.* **2024**, *46*, 1996-2023. [CrossRef]
197. Fatimah, Y.; Govindan, K.; Murniningsih, R.; Setiawan, A. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için akıllı atık yönetim sistemine yönelik Endüstri 4.0 tabanlı sürdürülebilir döngüsel ekonomi yaklaşımı: Endonezya'da bir vaka çalışması. *J. Clean. Prod.* **2020**, *269*, 122263. [CrossRef]
198. Almalki, F.; Alsamhi, S.; Sahal, R.; Hassan, J.; Hawbani, A.; Rajput, N.; Saif, A.; Morgan, J.; Breslin, J. Çevre dostu ve sürdürülebilir akıllı şehirler için yeşil IoT: Gelecekteki yönler ve fırsatlar. *Mob. Netw. Uygulama* **2021**, *28*, 178-202. [CrossRef]
199. Peoples, C.; Kulkarni, P.; Rabbani, K.; Moore, A.; Zoualfaghari, M.; Ullah, I. Hizmet seviyesi anlaşmalarıyla desteklenen akıllı bir şehir ekonomisi: Atık yönetimi alanında kavramsal bir çalışma. *Akıllı Şehirler* **2021**, *4*, 952-970. [CrossRef]
200. Vrabie, C. Belediye atıklarının biyokütle zinciri yoluyla enerjiye dönüştürülmesi, (akıllı) şehirlerdeki çevresel sorunlar için kilit bir teknoloji. *Sürdürülebilirlik* **2021**, *13*, 4633. [CrossRef]
201. Costa, M.; Madureira, R.; Dias, C. Akıllı atık yönetimine ilişkin bir sosyal duyarlılık analizi-Portekiz için bir vaka çalışması. *Sürdürmek. Chem. Pharm.* **2022**, *28*, 100735. [CrossRef]
202. Zerah, M.; Nakkeeran, B.; Mittal, G. Katı atık yönetiminin dijitalleşmesi. Mangaluru'da kentsel ve sektörel yönetimdeki değişimlerin haritalanması. *Güney Asya Multidiscip. Acad. J.* **2023**, *30*, 8820. <https://doi.org/10.4000/samaj.8820>.

Sorumluluk Reddi/Yayıncının Notu: Tüm yayınlarda yer alan ifadeler, görüşler ve veriler yalnızca yazar(lar)a ve katkıda bulunan(lar)a aittir, MDPI ve/veya editör(ler)e ait değildir. MDPI ve/veya editör(ler), içerikte atıfta bulunulan herhangi bir fikir, yöntem, talimat veya üründen kaynaklanan insanlara veya mallara gelebilecek herhangi bir zarar için sorumluluk kabul etmez.