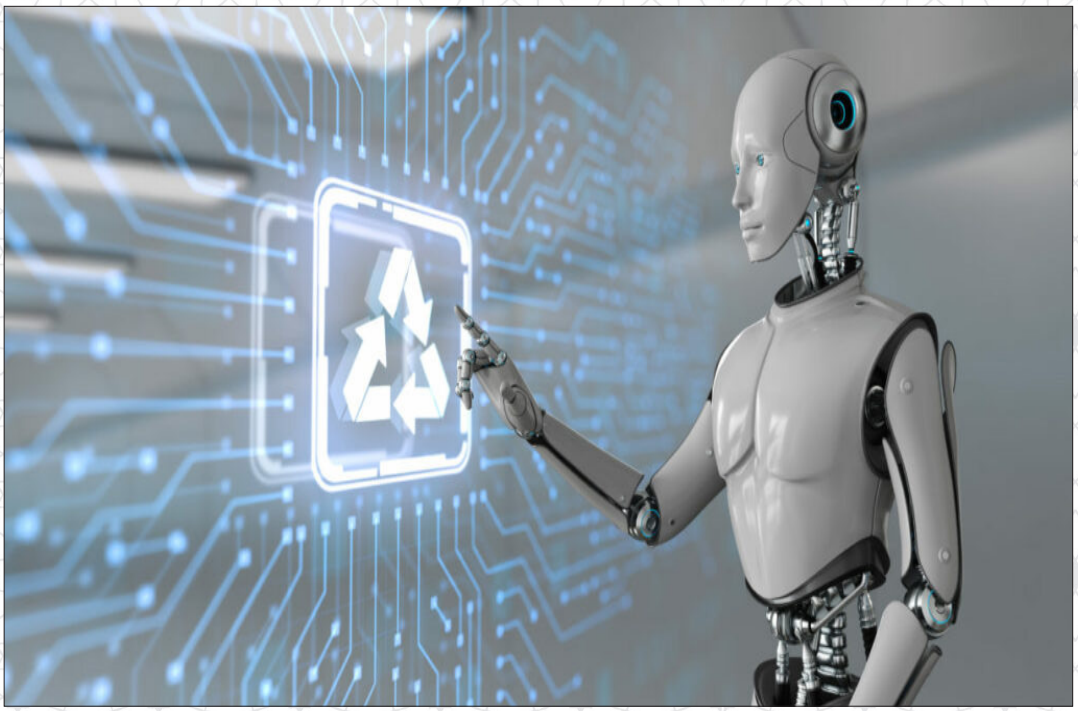
مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی
دفتر مطالعات زیربنایی
مسلسل: ۱۹۷۲۶ ■ اردیبهشت ۱۴۰۳

هوشمندسازی مدیریت پسماندهای عادی در کشور



بسم الله الرحمن الرحيم

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۲/۱

شماره مسلسل: ۱۹۷۲۶
کد موضوعی: ۲۵۰

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

عنوان گزارش:
هوشمندسازی مدیریت پسماندهای عادی در کشور

نوع گزارش: طرح / لایحه □ ، نظارتی□ ، راهبردی■

نام دفتر:
مطالعات زیربنایی (گروه محیط زیست)

مدیر مطالعه:
الهه سلیمانی مورچه خورتی

تهیه و تدوین کنندگان:
هومن غلامپور ارباستان، مسعود رضائی (گروه محیط زیست)

ناظر علمی:
محمدحسن معادی رودسری

اظهارنظرکنندگان:
محمدتقی فیاضی، علی فرنام

تاریخ شروع مطالعه:
۱۴۰۲/۸/۱

ویراستار ادبی:
زهره عطاردی

گرافیک و صفحه آرایی:
آذر مهمان نواز

واژه‌های کلیدی:
۱. مدیریت پسماند
۲. هوشمندسازی
۳. سامانه یکپارچه مدیریت پسماند
۴. محیط زیست

دفتر مطالعات زیربنایی

فهرست مطالب

چکیده ۶
خلاصه مدیریتی ۷
۱. مقدمه ۱۰
۲. پیشینه ۱۱
۳. ضرورت حرکت به‌سمت مدیریت هوشمند پسماند در کشور ۱۲
۴. مدیریت هوشمند پسماندها؛ مصادیق و چالش‌ها ۱۴
۵. تحلیل وضعیت هوشمندسازی پسماند در کشور ۲۰
۶. جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها ۲۲
منابع و مآخذ ۲۴

فهرست شکل‌ها و جدول

شکل ۱. توالی عناصر هشت‌گانه موظف مدیریت پسماند ۱۳
شکل ۲. درخت فناوری‌های شاخص در حوزه پسماند ۱۴
شکل ۳. مدیریت هوشمند پسماندها در حوزه‌های مختلف ۱۷
جدول ۱. چالش‌ها و راهکارهای هوشمندسازی مدیریت پسماند در نمونه‌های بین‌المللی ۲۰

هوشمندسازی مدیریت پسماندهای عادی در کشور

چکیده

افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی باعث شده تا میزان تولید پسماندها طی چند دهه گذشته رشد شتابانی داشته که هدررفت منابع طبیعی و بروز معضلات محیط زیستی را به‌همراه داشته است. بهره‌گیری از علم، فناوری و نوآوری در راستای مدیریت هوشمند پسماندها می‌تواند از طریق افزایش راندمان اجرایی، کمینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست، کاهش هزینه‌ها، ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار و به‌طور کلی ارتقای تاب‌آوری مدیریت شهری به گذار از شرایط موجود به مدیریت بهینه پسماند بینجامد.

گزارش حاضر سعی کرده است دامنه و گستره هوشمندسازی مدیریت پسماندها در جهان را بررسی کرده و چالش‌های پیاده‌سازی هوشمندسازی در کشور را مورد واکاوی قرار دهد. سامانه‌مند کردن فعالیت‌ها در بخش‌های مختلف فرایند مدیریت پسماند، آموزش هوشمند شهروندان با استفاده از نرم‌افزارهای کاربردی، جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک و استفاده از دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک از جمله اقدامات شهرداری‌های کشور در حوزه هوشمندسازی مدیریت پسماند بوده است. بااین‌حال، توسعه هوشمندسازی مدیریت پسماند در کشور با چالش‌هایی نظیر عدم تکافوی زیرساخت‌های اجرایی، فقدان پیوست اجتماعی و فرهنگی در طرح‌های هوشمندسازی و عدم بهره‌گیری از روش‌های مناسب جهت ارتقای مشارکت شهروندان مواجه بوده است. در این راستا، ارتقای شفافیت و مقابله با انحصارگرایی با بهره‌گیری از ظرفیت بخش خصوصی، سامانه‌مند کردن کلیه فعالیت‌های مدیریت پسماند، رسوخ فناوری‌های هوشمند به کلیه عناصر موظف مدیریت پسماندها، ایجاد و توسعه زیرساخت‌های لازم، منوط کردن توسعه روش‌های هوشمندسازی به اجرای پایلوت و تدوین پیوست اجتماعی و فرهنگی باید مورد توجه سیاستگذاران و مدیران اجرایی قرار گیرد.

خلاصه مدیریتی

بیان / شرح مسئله

آمار ارائه شده توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشـــور در سال ۱۴۰۱ نشان می‌دهد که **روزانه در حدود ۵۴ هزار تن پسماند عادی در کشور تولید می‌شود که حجم قابل توجهی از آن (حدود ۸۳٪) توسط شهرنشینان تولید می‌شود** و با توجه به روندهای داخلی و جهانی پیش‌بینی می‌شود سهم تولید پسماند شهرنشینان طی دهه‌های آتی همچنان رو به افزایش باشـــد. **با توجه به روند رو به فزونی میزان پسماند در مناطق شهری و پیامدهای محیط زیستی نامطلوب مدیریت پسماند، مدیران و متخصصان شهری به‌دنبال رویکردهای نوین و هوشمند در حوزه‌های آموزش و اطلاع‌رسانی، تولید، جمع‌آوری، دفع و پایش پسماندها برای دستیابی به شهر پایدار و هوشمند هستند.** در این راستا، طی سالیان اخیر روش‌ها و رویکردهای متعددی درخصوص هوشمندسازی مدیریت پسماندها در کلیه عناصر موظف هشت‌گانه مدیریت از کاهش تولید تا مراقب‌های پس از دفع توسعه داده شده است.

نقطه‌نظرات / یافته‌های کلیدی

پیشینه تقنین: هرچند اسناد بالادســـتی این حوزه نظیر **سیاست‌های کلی نظام در بخش محیط زیست (ابلاغی سال ۱۳۹۴) و بخش سوم بند الحاقی «۳» به ماده (۲۲) برنامه هفتم پیشرفت کشور مصوب مجلس شورای اسلامی بستر‌های مناسبی برای هوشمندسازی مدیریت پسماند فراهم کرده‌اند؛ تدوین و ابلاغ شیوه‌نامه «جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک توسط مجریان بخش خصوصی» در سال ۱۴۰۱ را می‌توان اصلی‌ترین اقدام سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌ها در این حوزه دانست** که البته همچنان اجرایی شدن این شیوه‌نامه ابلاغی توسط کلیه مدیریت‌های اجرایی پســـماند عادی در کشور به‌طور کامل محقق نشده است. ازسویی‌دیگر، **بند «۲» ماده (۶) و همچنین ماده (۳۲) آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها مصوب سال ۱۳۸۴**، از دیگر مصادیق الزام قانونـــی حرکت به‌سمت هوشمندسازی در حوزه مدیریت پسماندها از طریق **ایجاد بانک اطلاعاتی جامع پسماندها** بوده است که تحقق کامل آن تا به امروز به درازا کشیده است.

دامنه و گستره هوشمندسازی مدیریت پسماندها در جهان: بررسی تجربیات جهانی در این حوزه نشان می‌دهد که همه مراحل مدیریت پسماندها دارای ظرفیت‌های گسترده‌ای برای هوشمندسازی هستند. به‌طور مثال **هوش مصنوعی به ابزاری پرکاربرد برای برآورد کمیّت و کیفیت پسماند تولیدی، بهینه‌سازی فرایند لجستیک و حمل‌ونقل پسماندها، بهبود روش‌های دفع پسماند (نظیر بازیافت، تولید کمپوست، هضم بی‌هوازی و زباله‌سوزی) و شناسایی مراکز دفن غیرقانونی پسماندها تبدیل شده است.**

موانع پیاده‌سازی هوشمندسازی در کشورهای جهان: مطالعه انجـــام گرفته درخصوص چالش‌ها و موانع استقرار مدیریت هوشمند پسماند نشانگر آن اســـت که عواملی نظیر **ضعف سیاست‌ها و مقررات تأثیرگذار، آگاهی اندک و مشارکت پایین عموم جامعه، فقدان ظرفیت نوآوری و مقاومت در مقابل تغییر، فقدان زیرســـاخت‌های فناوری اطلاعات، مواجهه با چالش در زمینه تأمین برق، هزینه‌های بالای توسعه و**

نگهداری، چگونگی مدیریت اطلاعات و حفظ امنیت و همچنین دسترسی به اینترنت از جمله **موانع اصلی** هوشمندسازی در جهان بوده است.

وضعیت هوشمندسازی پسماند در کشور: گزارش‌های ارائه شده توسط دستگاه‌های متولی بیانگر آن است که در طی سالیان اخیر در برخی از شهرهای کشور حرکت به‌سمت سامانه‌مند کردن فعالیت‌ها در بخش‌های مختلف فرایند مدیریت پسماند و آموزش هوشمند شهروندان با استفاده از نرم‌افزارهای کاربردی آغاز شده است. **در این راستا جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک با بهره‌گیری از ظرفیت اپلیکیشن‌های تلفن‌های هوشمند و همچنین نصب دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک در معابر شهری از جمله اقدامات شهرهای پیش‌روی کشور در زمینه مدیریت هوشمند پسماند بوده است.**

■ چالش‌های روش‌های رایج هوشمندسازی مدیریت پسماند در کشور

● **راه‌اندازی سامانه‌های جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک**، در شهرداری‌های مختلف کشور با چالش‌هایی نظیر **عدم تکافوی زیرساخت اجرایی و لجستیک، میزان اندک تفکیک پسماند از مبدأ در کشور، وجود تعارض منافع بین متولیان جمع‌آوری کنندگان هوشمند پسماند خشک و مدیریت اجرایی پسماندها و تدوین دیرهنگام «جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک توسط مجریان بخش خصوصی» مواجه بوده است.**

● **دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک** نیز به‌دلیل موانعی نظیر **مشکلات فنی برخی از دستگاه‌ها، فقدان پیوست اجتماعی و فرهنگی، عدم بهره‌گیری از روش‌های مناسب جهت ارتقای مشارکت شهروندان و هزینه بالای دستگاه‌های خوددریافت در مقایسه با روش تفکیک پسماند در مخزن** موفقیت چندانی کسب نکرده‌اند.

■ پیشنهاد راهکارهای تقنینی، نظارتی یا سیاستی

راهکارهای تقنین و نظارتی گزارش حاضر در دو بخش ۱. راهکارهای پیشنهادی در راستای ارتقای بازده عملکرد رویکردها و فناوری‌های موجود در زمینه مدیریت هوشمند پسماند در کشور و همچنین ۲. بسترسازی در راستای گذار از مدیریت سنتی به مدیریت هوشمند پسماند عادی در کشور طبقه‌بندی می‌شود.

۱. راهکارهای پیشنهادی در راستای ارتقای بازده عملکرد رویکردها و فناوری‌های موجود در زمینه مدیریت هوشمند پسماند در کشور

برای گسترش پوشش جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک به استفاده از ظرفیت اپلیکیشن‌های جمع‌آوری و همچنین دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک در شهرهای کشور پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شود:

الف) ایجاد زیرسامانه برای پایش بازده عملکرد برنامه‌های کاربردی در سامانه یکپارچه پایش مدیریت پسماندها،

ب) جلوگیری از انحصارطلبی و ارتقای شفافیت در صدور مجوز بخش خصوصی دارای صلاحیت،

ج) اجرای قوانین مربوط به منع اشتغال کاذب کودکان و اتباع بیگانه در زمینه زباله‌گردی و ایجاد موقعیت شغلی پایدار جایگزین برای افراد مجاز به‌کار که در حال حاضر به زباله‌گردی مشغول هستند،

د) تغییر نگرش صرفاً اقتصادی به مدیریت پسماند در مدیریت اجرایی پسماند کشور و جایگزینی نگرش اقتصاد چرخشی،

هـ) بهره‌گیری از ظرفیت مراکز پژوهشی، استارت‌آپ‌ها و دانش‌بنیان و استفاده از توان داخلی،

و) آموزش و فرهنگ‌سازی شهروندان برای بهبود تفکیک از مبدأ،

ز) ارتقای توان لجستیکی و افزایش تعداد ناوگان جمع‌آوری شرکت‌های فعال در حوزه اپلیکیشن‌ها به‌منظور تسریع

و تسهیل در خدمت‌رسانی به مشترکان به‌خصوص در کلان‌شهرهای کشور.
برای بهبود کارایی دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک نیز باید پیشنهادهای زیر مورد توجه قرار گیرد:
الف) جانمایی مناسب دستگاه‌ها براساس مؤلفه‌هایی نظیر دسترسی آسان برای عموم مردم، زیبایی منظر شهری، دسترسی به برق و اینترنت و ...،
ب) بهره‌گیری از روش‌های مناسب جهت ارتقای مشارکت شهروندان،
ج) آموزش و فرهنگ‌سازی شهروندان برای استفاده درست از دستگاه.

۲. بسترسازی در راستای گذار از مدیریت سنتی به مدیریت هوشمند پسماند عادی در کشور

در پایان با توجه به تجربیات پیشین انجام شده در کشور و تجربیات جهانی راهکارهای ذیل برای ارتقای هوشمندسازی مدیریت پسماند در مسیر آتی کشور به سیاستگذاران و مدیران اجرایی پیشنهاد می‌شود:
الف) ارتقای شفافیت و مقابله با انحصارگرایی با بهره‌گیری از ظرفیت بخش خصوصی از طریق الزام کلیه شهرداری‌های کشور بر رعایت شیوه‌نامه «جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک توسط مجریان بخش خصوصی»،
ب) سامانه‌مند کردن کلیه فعالیت‌های مدیریت پسماند اعم از حوزه‌های آموزش و اطلاع‌رسانی، تولید، جمع‌آوری، دفع و پایش پسماندها و اتصال آن به سامانه یکپارچه مدیریت پسماندها توسط شهرداری‌های کشور،
ج) استفاده از ظرفیت مراکز پژوهشی، دانشگاه‌ها، استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان به‌منظور بومی‌سازی و پیاده‌سازی نمونه‌های موفق بین‌المللی هوشمندسازی مدیریت پسماند با در نظر گرفتن شرایط کشور توسط معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان،
د) ایجاد و توسعه زیرساخت‌های لازم و رفع مشکلات فنی و اجرایی موجود به‌منظور رسوخ فناوری‌ها و روش‌های نوین و هوشمند در کلیه چرخه مدیریت پسماند از تولید تا دفع از طریق همکاری وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و وزارت کشور،
هـ) مستندسازی بی‌طرفانه تجربیات پیشین هوشمندسازی مدیریت پسماندها در کشور و واکاوی دلایل موفقیت و هوشمندسازی مدیریت پسماندها توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و منوط کردن توسعه روش‌های هوشمندسازی به اجرای پایلوت، آسیب‌شناسی و رفع نواقص موجود،
و) تدوین پیوست اجتماعی و فرهنگی هوشمندسازی مدیریت پسماند در کشور با همکاری نهادهای آموزشی و فرهنگی کشور، صدا و سیما و سایر دستگاه‌های مسئول (موضوع ماده (۶) قانون مدیریت پسماندها مصوب سال ۱۳۸۳) به‌منظور ارتقای آگاهی مردم در رابطه با روش‌ها و فناوری‌های هوشمند و نوظهور مدیریت پسماند شهری و بهبود تفکیک از مبدأ پسماند.

۱. مقدمه

نتایج آخرین سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ گویای آن بوده است که در این سال، جمعیت کشور بالغبر ۷۹,۹۲۶,۲۷۰ نفر بوده که از این تعداد ۵۹,۱۴۶,۸۴۷ نفر در شهرها (۷۴٪) و ۲۰,۷۳۰,۶۲۵ نفر در روستاها (۲۶٪) زندگی می‌کرده‌اند. ازسویی‌دیگر نتایج تخمین انجام گرفته درخصوص جمعیت کشور در سال ۱۴۰۰ نشانگر آن است که تعداد شهرنشینان به ۶۳,۸۷۵,۷۰۰ رسیده و تعداد روستانشینان نیز به ۲۰,۱۷۹,۵۰۰ نفر تقلیل یافته است. این نتایج نشـــان می‌دهد که از تعداد ۸۴,۰۵۵,۰۰۰ ایرانی در سال ۱۴۰۰، ۷۵/۹۹٪ شهرنشین و ۲۴/۰۱٪ روستانشین هســـتند. این آمار گویای این واقعیت است که کشور همچنان با رشد شهرنشینی روبه‌رو است. افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، الگوی مصرف نادرست، افزایش مصرف‌گرایی و بسیاری از عوامل دیگر باعث شده تا میزان تولید پسماندها به‌ویژه در خلال چند دهه گذشته از روند رو به رشد برخوردار شده و این مهم علاوه‌بر هدررفت منابع طبیعی کشورها و بروز مشکلات بهداشتی ناشی از دفع غیراصولی پسماندها (همچون تولید شیرابه و انتشار گازهای گلخانه‌ای) با تحمیل هزینه‌های هنگفت بر دولت‌ها، به یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی مدیریت اجرایی پسماندها بدل شده است. آمار ارائه شده ازسوی مدیریت اجرایی پسماندهای عادی، نشانگر آن است که به‌رغم اقدامات انجام شده در طی سالیان اخیر، روزانه ۵۴ هزار تن پسماند عادی در کشور تولید می‌شود که شهرنشینان با سهمی نزدیک به ۸۳٪ از پسماند تولیدی، تولیدکننده اصلی پسماند عادی در کشور به‌شمار می‌روند. ازآنجاکه سرنوشت ۷۵ درصد از پسماندهای عادی تولیدی در کشور دفن در زمین است، با صرف‌نظر کردن از هزینه‌های درمان ناشی از بروز انواع بیماری‌ها، سالیانه خسارتی بالغبر ۴۴۸ هزار میلیارد ریال خسارت زیست‌محیطی به‌واسطه اشغال زمین برای دفن، آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از نفوذ شیرابه، تولید گازهای گلخانه‌ای و عدم استفاده از منابع قابل بازیافت به اقتصاد کشور تحمیل می‌شود. براساس آنچه به آن اشاره شـــد، بهره‌گیری از علم، فناوری و نوآوری در راستای مدیریت هوشمند پسماندها می‌تواند از طریق افزایش راندمان اجرایی، کمینه‌سازی مصرف انرژی، استخراج منابع خام و همچنین انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست، کاهش هزینه‌ها، ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار و به‌طورکلی ارتقای تاب‌آوری مدیریت شهری به گذار از شرایط موجود به مدیریت بهینه پسماند بینجامد.

شهر هوشمند از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای بهبود کارایی عملیاتی، اشـــتراک‌گذاری اطلاعات با مردم و ارائه خدمات دولتی با کیفیت بالاتر و بهبود رفاه شهروندان استفاده می‌کند و هدف اصلی آن بهینه‌سازی عملکرد شهر و ارتقای رشد اقتصادی و همچنین بهبود کیفیت زندگی شهروندان با استفاده از فناوری‌های هوشمند و تجزیه‌وتحلیل داده‌هاست. با توجه به روند رو به فزونی میزان پسماند در مناطق شهری و پیامدهای محیط زیستی نامطلوب مدیریت پسماند، مدیران و متخصصان شهری به‌دنبال رویکردهای نوین و هوشمند در حوزه‌های آموزش و اطلاع‌رسانی، تولید، جمع‌آوری، دفع و پایش پسماندها برای دستیابی به شهر پایدار و هوشمند هستند. در این راستا، طی سالیان اخیر روش‌ها و رویکردهای متعددی درخصوص هوشمندسازی مدیریت پسماندها در کلیه عناصر موظف هشت‌گانه مدیریت از کاهش تولید تا مراقب‌های پس از دفع توسعه داده شده است. گزارش حاضر، ضمن بررسی پیشینه پژوهشی و تقنین موضوع در کشور، سعی کرده است دامنه و گستره هوشمندسازی مدیریت پسماندها در جهان را بررسی کرده و چالش‌های پیاده‌سازی مدیریت هوشمند پسماند در سایر کشورها را مورد واکاوی قرار دهد. سپس **وضعیت موجود هوشمندسازی پسماند در کشور** و اقدامات انجام شده مورد بررسی و آسیب‌شناسی قرار گرفته و در پایان پیشـــنهادهایی برای بهبود وضعیت موجود و گسترش هوشمندسازی مدیریت پسماند در آینده ارائه شده است.

۲. پیشینه

۲-۱. پیشینه پژوهش

اگرچه در طی سالیان گذشته پژوهشی درخصوص هوشمندسازی مدیریت پسماند در مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی انجام نشده است، اما با جست‌وجو در بین گزارش‌های تهیه و تدوین شده، دو عنوان گزارش در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۲ با موضوع «شهر هوشمند» قابل دسترسی است. در گزارش نخست که با **عنوان «شهر هوشمند و الزامات قانونی آن» با شماره مسلسل ۱۴۹۷۱**، توسط دفتر مطالعات فناوری‌های نوین این مرکز در سال ۱۳۹۵ انتشار یافته است، ضمن بررسی تعاریف و مفاهیم مرتبط با مفهوم شهر هوشمند و بررسی روند هوشمندسازی شهری در نمونه‌های بین‌المللی، به لزوم تدوین چارچوب‌هایی برای اداره شهر هوشمند و پر کردن خلأهای حقوقی در حوزه‌های قانونگذاری و مقررات‌گذاری، سرمایه‌گذاری و دسترسی آسان و مطمئن به سرمایه، دسترسی به تحقیق و توسعه و فناوری پیشرفته، ظرفیت‌سازی کارآفرینان، تنظیم محیط کسب‌وکار در شرایط جدید بازار و فرهنگ‌سازی برای زیستن در سازگاری با بوم‌سازگان جدید شهر هوشمند اشاره شده است. دومین گزارش مرتبط با موضوع شهر هوشمند در فروردین ماه ۱۴۰۲ با عنوان **«پیش‌درآمدی بر تحقق‌بخشی به مدل بلوغ شهر هوشمند در ایران» با شماره مسلسل ۱۸۸۷۰** در دسترس عموم قرار گرفته است. در این گزارش ضمن ارائه تعریف شهر هوشمند، به‌منظور فائق آمدن بر چالش‌های پیاده‌سازی شهر هوشمند در شهرهای مختلف با در نظر گرفتن عوامل مختلف اقلیمی، فرهنگی و اجتماعی مفهومی به‌نام بلوغ شهر هوشمند ارائه شده است. در این راستا توسعه مدل مذکور از نقطه‌نظر راهبرد، زیرساخت، داده، خدمات و برنامه‌های کاربردی، ارزیابی و عملکرد شاخص‌های کلیدی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲-۲. سوابق تقنینی

مطالعه و بررسی تطور و سیر استفاده از فرایندهای هوشمند و رسوخ فناوری‌ها به حوزه‌های مختلف در سیاست‌های کلی ابلاغی، قوانین دائمی، دوره‌ای، آیین‌نامه‌های اجرایی و حتی برنامه‌ریزی‌های شهری از افزایش توجه به این موضوع طی سالیان اخیر حکایت دارد. به‌عنوان مصداقی بارز در این حوزه می‌توان به ارتقای تکالیف مندرج درخصوص لزوم هوشمندسازی در ۳ حوزه (مراقبت بیماری‌های دامی و هویت‌دار کردن جمعیت دامی کشور، سیستم‌های دفاعی و همچنین کنتورهای برق) در برنامه پنج‌ساله ششم توسعه و لزوم هوشمندسازی در حوزه‌های دیگری نظیر آبیاری، کشاورزی، ساخت‌وساز، سلامت، بیمه، حکمرانی، نظام آموزشی، حمل‌ونقل درون‌شهری، نظام اداری و دولت الکترونیک و نظام قضایی در لایحه برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت کشور مصوب مجلس شورای اسلامی ایران اشاره کرد. بااین‌وجود، در ادامه مواد قانونی درخصوص «هوشمندسازی» در محیط زیست و به‌طور ویژه حوزه مدیریت پسماند بررسی شده است.

الف) سیاست‌های کلی نظام در حوزه محیط زیست ابلاغی ۱۳۹۴/۰۸/۲۶

- بند «۱۱»: حمایت و تشویق سرمایه‌گذاری‌ها و **فناوری‌های سازگار با محیط زیست** با استفاده از ابزارهای مناسب ازجمله عوارض و مالیات سبز،
- بند «۱۳»: ارتقای مطالعات و تحقیقات علمی و بهره‌مندی از **فناوری‌های نوآورانه زیست‌محیطی** و تجارب سازنده بومی در زمینه حفظ تعادل زیست‌بوم‌ها و پیشگیری از آلودگی و تخریب محیط زیست.

ب) بخش ۳ بند «۳» الحاقی به ماده (۲۲) برنامه هفتم پیشرفت مصوب مجلس شورای اسلامی

- سازمان حفاظت محیط زیست مکلف است سامانه یکپارچه مدیریت پسماندها را با هدف پایش و نظارت بر کلیه اقدامات مدیریتی پسماندها در کشور تا پایان سال اول برنامه ایجاد کند.

ج) سند چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴

- ماده (۲): برخوردار از **دانش پیشرفته، توانا در تولید علم و فناوری**، متکی‌بر سهم برتر منابع انسانی و سرمایه اجتماعی در تولید ملی،

- ماده (۶): دســـت‌یافته به **جایگاه اول** اقتصادی، **علمی و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی** (شامل آسیای میانه، قفقاز، خاورمیانه و کشورهای همسایه) با تأکید بر **جنبش نرم‌افزاری و تولید علم**، رشد پرشتاب و مستمر اقتصادی، ارتقای نسبی سطح درآمد سرانه و رسیدن به اشتغال کامل.

د) آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها مصوب ۱۳۸۴/۰۵/۱۰

- ماده (۶): **وزارت کشور** موظف است **بانک اطلاعاتی مدیریت پسماندهای عادی و کشاورزی** را تهیه و برای تکمیل بانک اطلاعاتی جامع پسماندها به سازمان حفاظت محیط زیست ارائه کند،
- ماده (۳۲): **سازمان حفاظت محیط زیست** باید تا یک سال پس از ابلاغ این آیین‌نامه، **بانک اطلاعاتی جامع پسماندها** را با همکاری دستگاه‌ها و مدیریت‌های اجرایی ذی‌ربط تهیه کند.

هـ) برنامه پنج‌ساله سوم توسعه شهر تهران (۱۴۰۲-۱۳۹۸)

- در بیانیه چشم‌انداز نهایی مدیریت پسماند شهر تهران تأکید شده است که: «کلان‌شهر تهران دارای مدیریت پسماند هوشمند و نوآورانه، مشارکتی و پایدار با کمترین تولید پسماند و بیشترین بازیابی منابع است»،
- در ماده (۲) برنامه پنج‌ساله «**هوشمندسازی، شفافیت، اصلاح و بهبود نظام مدیریت یکپارچه و هماهنگ شهر**» به‌عنوان اولویت‌ها و مسائل کلیدی شهرداری پایتخت مورد تأکید قرار گرفته است،
- در بند «۳» از ماده (۵۸) برنامه «**شهرداری تهران موظف به استقرار سیستم یکپارچه اطلاعات برخط مدیریت پسماند از مرحله تولید تا دفع یا امحای نهایی تا سال انتهای سال دوم برنامه سوم توسعه شهر تهران شده است**».

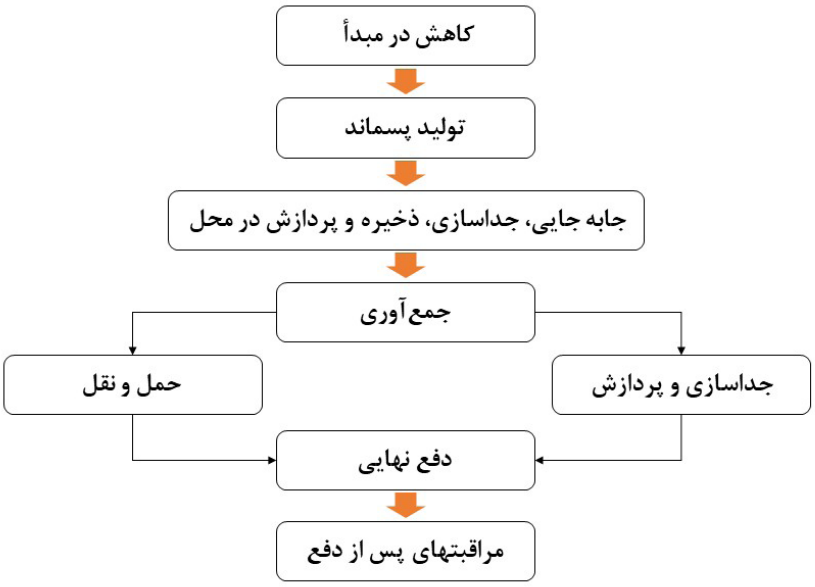
و) شیوه‌نامه «جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک توسط مجریان بخش خصوصی» ۱۴۰۱/۰۳/۲۹ ابلاغی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشور:

- **کمیته صدور و لغو مجوز (کمیته توان‌سنجی)**، متشکل از مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند شهرداری‌های دارای سازمان مصوب، معاون محیط زیست و خدمات شهری، معاونت مالی و اداری شهرداری (دبیر کمیته)، نماینده بازرسی شهرداری، نماینده حراست شهرداری، نماینده اداره کل حقوقی شهرداری و نماینده سازمان فاواست،
- **کمیته نرخ‌گذاری**، متشکل از نماینده سازمان مدیریت پســـماند به‌عنوان دبیر کمیته و نماینده معاون محیط زیست و خدمات شهری شهرداری به‌عنوان رئیس کمیته، معاون اداری و مالی شهرداری (در شهرهای فاقد سازمان مدیریت پسماند)، نماینده بازرسی شهرداری و نماینده مجریان است،
- **شرایط و ضوابط انجام فعالیت اجرایی**، در این بخش ضوابط متعددی که باید توسط مجری رعایت شود نظیر تعهدات مجری در خصوص خرید پسماند خشک، مکانیسم پرداختی به شهرداری، تعهد به تسویه حساب آنلاین با مشتریان از طریق نرم‌افزار، تعهدات در خصوص حسن رفتار پرسنل و ارتباط با شهروندان، شرایط انبار مکانیزه و الزامات مربوطه و تخلفات و لغو مجوز تعیین شده است.

۳. ضرورت حرکت به‌سمت مدیریت هوشمند پسماند در کشور

براساس تعریف ارائه شده در ماده (۲) قانون مدیریت پسماندها، مدیریت پسماند مشتمل بر برنامه‌ریزی، ساماندهی، مراقبت و عملیات اجرایی مربوط به تولید، جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، جداسازی، حمل‌ونقل، بازیافت، پردازش و دفع پسماندها و همچنین آموزش و اطلاع‌رسانی در این زمینه است. ازسویی‌دیگر، بررسی عناصر موظف مدیریت پسماند در مراجع علمی معتبر نیز از وجود ۸ عنصر موظف در مدیریت پسماندها حکایت دارد که توالی آن در شکل ۱ قابل مشاهده است.

شکل ۱. توالی عناصر هشت‌گانه موظف مدیریت پسماند



با وجود اقدامات گسترده انجام شده در حوزه مدیریت پسماند در کشور، نیاز به ارتقای بازده عملکرد در پیاده‌سازی هریک از عناصر هشت‌گانه مدیریت پسماند در کشور احساس می‌شود که در ادامه به تبیین وضع موجود کشور در برخی از عناصر موظف هشت‌گانه پرداخته شده است.

الف) آموزش و اطلاع‌رسانی در خصوص کاهش تولید پسماند: گزارش انتشاریافته توسط بانک جهانی در سال ۲۰۱۸ گویای این واقعیت است که **سرانه تولید پسماند عادی در کشور به‌ازای هر ایرانی در روز برابر با ۶۰۰ گرم است**. مقایسه سرانه تولید پسماند در کشور و سایر کشورها نشانگر آن است که ایرانی‌ها با سرانه تولید ۰/۶ کیلوگرم پسماند عادی در هر روز، کمتر از ساکنان کشورهای غرب آسیا و شمال آفریقا، کشورهای با سطوح درآمدی مشابه و حتی سرانه متوسط جهانی، پسماند تولید می‌کنند. به‌رغم دستیابی به اهداف توسعه پایدار در خصوص سرانه تولید پسماند که از نقاط امیدبخش در مدیریت پسماند در کشور است، بررسی طرح‌های جامع مدیریت پسماند تهیه شده در شهرهای مختلف کشور نشان می‌دهد که به‌واسطه سبک زندگی و همچنین عدم ارائه آموزش‌های لازم در راستای کاهش تولید پسماند و سبک زندگی «پسماند صفر»، نزدیک به ۷۰٪ از پسماند تولیدی در کشور را بخش آلی تشکیل داده که نسبت به سایر کشورهای غرب آسیا و شمال آفریقا، کشورهای با سطوح درآمدی مشابه و حتی متوسط جهانی به‌مراتب بالاتر است.

ب) تفکیک پسماند: نتایج پژوهش انجام گرفته در سال ۱۳۹۶ که به بررسی میزان تفکیک از مبدأ پسماندها در شهرهای شیراز، سمنان، کرمانشاه، تبریز، قم، اراک، اصفهان، قزوین، بوشهر، یزد، سنندج و بندرعباس پرداخته است، نشان می‌دهد که به‌طور میانگین تنها ۱۳/۴۶ درصد از پسماندهای شهری به‌صورت تفکیک شده در مبدأ جمع‌آوری می‌شود. این درحالی است که **آمارهای ارائه شده توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور از تفکیک نزدیک به ۱۰ درصدی پسماندها در مبدأ تولید حکایت دارد**. علاوه‌بر تفکیک ۱۰ درصدی پسماندهای تولیدی در مبدأ، بازده اندک واحدهای پردازش پسماند و همچنین دفن مستقیم پسماند در شهرهای اندکی از کشور را می‌توان به‌عنوان یکی از عوامل اصلی عدم استقرار اقتصاد چرخشی و از دست رفتن فرصت‌های اشتغال پایدار در حوزه مدیریت پسماند در کشور نامید.

ج) جمع آوری و حمل‌ونقل پسماند: بررسی ها نشان می‌دهد که به‌طور متوسط **در مقیاس جهانی نزدیک به ۷۰٪ از هزینه‌های صرف شده در مدیریت پسماند به جمع آوری و حمل‌ونقل پسماندها اختصاص دارد**. عمر بالای ناوگان جمع‌آوری، کمبود ماشین‌آلات، عدم

استفاده کامل از ظرفیت خودروهای جمع‌آوری پسماندها، بهینه نبودن مسیرهای جمع‌آوری، وجود زمان پرت در چرخه جمع‌آوری پسماندها در برخی از شهرهای کشور موجب شده است تا به‌رغم پوشش‌دهی بسیار مناسب سیستم جمع‌آوری پسماند در کشور (تقریباً ۹۰ درصد)، به‌واسطه عدم دستیابی به بازده بهینه، تناوب جمع‌آوری، مصرف سوخت، انتشار آلودگی‌های ناشی از حمل‌ونقل پسماندها فزونی‌یافته و به فراخور آن هزینه جمع‌آوری پسماند در کشور افزایش یابد.

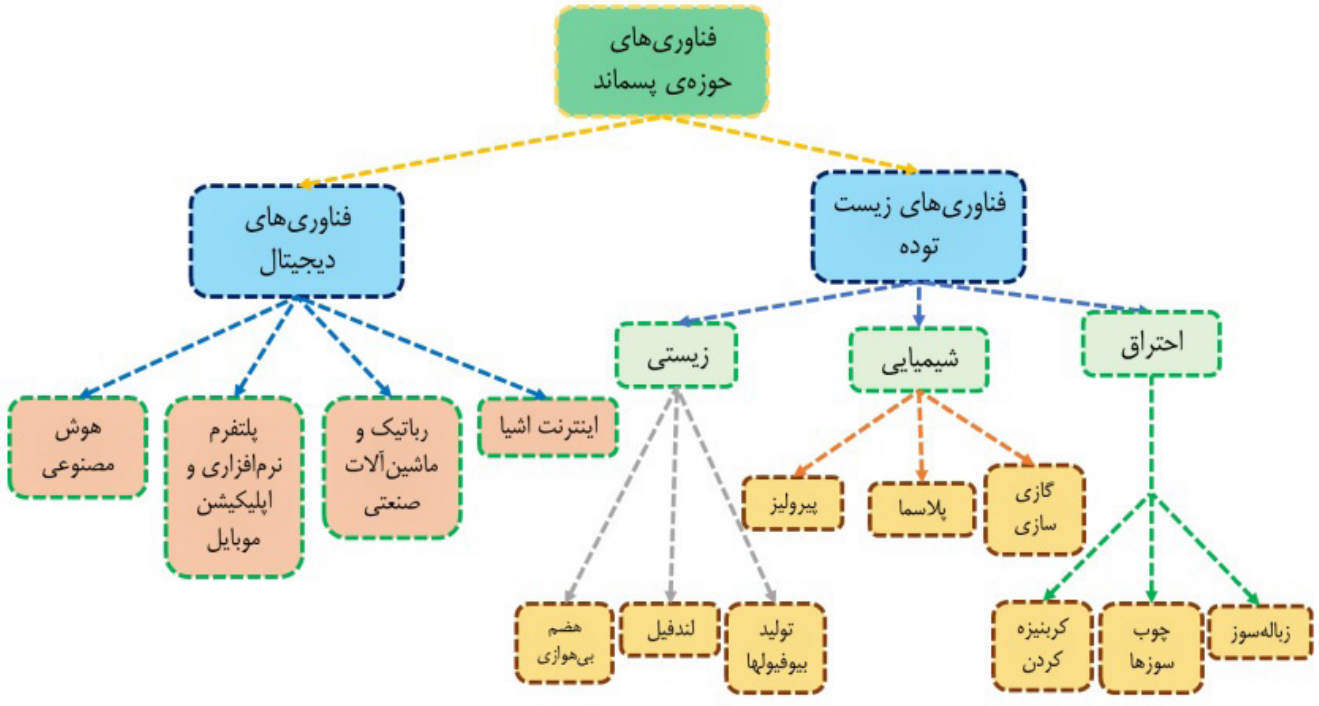
د) دفع پسماند: همان‌گونه که پیشتر نیز اشاره شد، **۷۵ درصد از پسماندهای عادی تولیدی در کشور در زمین دفن می‌شوند که در این میان سهم دفن بهداشتی ۵ درصد برآورد شده است.** عدم به‌کارگیری روش‌های نوین دفع پسماند در کشور باعث شده تا سالیانه خسارتی بالغبر ۴۴۸ هزار میلیارد ریال به اقتصاد کشور تحمیل شود. از سویی بنابر مواد (۱۶) و (۲۰) قانون مدیریت پسماندها، تخلیه و دفع پسماندها در محیط و همچنین بنابر ماده (۲۰) قانون هوای پاک، سوزاندن پسماند در فضای باز ممنوع بوده و مشمول مجازات می‌شود، اما تخمین‌ها نشان می‌دهد که بخشی از آلودگی هوا به‌خصوص در کلان‌شهرها ناشی از سوزاندن غیرمجاز پسماندها در فضای باز بوده و ۵ تا ۱۰ درصد از پسماندهای تولیدی در شهرها نیز به‌صورت غیرقانونی در مراکز دفن غیرمجاز دفن می‌شوند.

۴. مدیریت هوشمند پسماندها؛ مصادیق و چالش‌ها

۴-۱. دامنه و گستره هوشمندسازی مدیریت پسماندها در جهان

پیشرفت‌های اخیر در حوزه فناوری، حسگرهای هوشمند، بهره‌گیری از ظرفیت هوش مصنوعی، فناوری‌های ارتباطی و توسعه اینترنت، زمینه را برای هوشمندسازی کلیه مراحل مختلف مدیریت پسماند و حل چالش‌های آن در سراسر جهان فراهم کرده است (شکل ۲) که در ادامه برخی کارکردهای هوشمندسازی و مصادیق آن در مراحل مختلف مدیریت پسماند بررسی شده است.

شکل ۲. درخت فناوری‌های شاخص در حوزه پسماند



مأخذ: معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری، ۱۳۹۸.

علاوه‌بر تقسیم‌بندی فناوری‌های حوزه پسماند ساختاری (شکل ۲) که می‌تواند در شکل‌گیری مدیریت هوشمند پسماندها مدنظر قرار گیرد، طبقه‌بندی ظرفیت‌های هوشمندسازی در ارتقای بهره‌وری پیاده‌سازی عناصر هشت‌گانه موظف مدیریت پسماندها نیز می‌تواند مفیدفایده باشد که در ادامه به توضیح در این خصوص پرداخته شده است.

الف) کاهش پسماند: در ابتدای فرایند مدیریت همواره یکی از دغدغه‌های اصلی متخصصان حوزه پسماند بوده است که در صورت اجرای صحیح می‌تواند بخش قابل توجهی از معضلات این حوزه را حل کند. طی سالیان اخیر نرم‌افزارهای کاربردی متعددی در جهان برای آموزش و تسهیل رفتار مسئولانه شهروندان در حوزه مدیریت پسماند توسعه داده شده است. برخی از این نرم‌افزارها نظیر Too Good To Go نحوه کاهش پسماند و دورریز مواد غذایی را به مخاطب آموزش می‌دهند و برخی نیز نظیر برنامه Supercook دستور پخت غذاهای مختلف را براساس مواد غذایی موجود در منزل ارائه می‌کنند [۱].

ب) تولید پسماند: میزان تولید پسماند و ترکیب آن از جمله مهم‌ترین متغیرها برای مدیریت مطلوب پسماند و انتخاب روش مناسب جهت کاهش تولید، تفکیک در مبدأ، جمع‌آوری، فراوری و دفع است. در سالیان اخیر پژوهش‌های متعددی بر روی توسعه مدل‌های پیش‌بینی تولید پسماند انجام پذیرفته است. مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد که سامانه‌های هوش مصنوعی مختلفی نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی[1] رگرسیون بردار پشتیبان،[2] رگرسیون خطی، درخت تصمیم[3] و الگوریتم‌های ژنتیک برای پیش‌بینی کمیّت و کیفیت پسماند تولیدی به‌کار گرفته شده‌اند. علاوه‌بر آنچه به آن اشاره شد، ترکیبی از طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه با روش‌های یادگیری ماشینی می‌تواند در تعیین کمیّت کربن بایوژنیک و فسیلی به‌کار گرفته شود [۲].

ج) جمع‌آوری پسماند: هرچند لجستیک و حمل‌ونقل پسماندها مرکز اتصال حیاتی بین منابع تولید پسماند و مراکز مدیریت و دفع پسماند است و یک مؤلفه کلیدی در مدیریت پسماندها به‌شمار می‌رود، اما با نقصان‌ها و معضلات مختلفی مواجه است. نخستین محدودیت موجود در این زمینه هزینه بالای حمل‌ونقل و لجستیک است؛ به‌گونه‌ای که اغلب بین ۷۰ تا ۸۰ درصد کل هزینه‌های مدیریت پسماندها را به خود اختصاص داده است. دومین محدودیت موجود در حوزه حمل‌ونقل پسماندها به نقصان و محدودیت در تجهیزات و نیروی انسانی اختصاص دارد. با توجه به آنچه به آن اشاره شد، طی سالیان اخیر راهکارهایی به‌منظور بهینه‌سازی فرایند لجستیک و حمل‌ونقل پسماندها با بهره‌گیری از هوش مصنوعی در چهار بخش مسافت، هزینه، زمان و بازده جمع‌آوری و انتقال پسماندها توسعه یافته است [۲].

دستگاه‌های خوددریافت پسماند (RVM) یک ماشین هوشمند برپایه بینایی ماشین اســـت که با دریافت پسماند ظروف نوشیدنی پت، آلومینیومی و گاهاً شیشه‌ای و تتراپک از کاربر و بررسی صحت ابعاد، بارکد و وزن آنها را فشرده و در مخزن جداگانه (برحسب جنس) جمع‌آوری می‌کند و در انتها براساس تعداد و نوع ظروف دریافت شده مشوقی مانند وجه نقد یا بن استفاده از خدمات عمومی، بلیط مترو یا اتوبوس ارائه می‌کند. کاهش حجم پسماند قابل بازیافت توسط دستگاه‌های خوددریافت پسماند، مزایایی نظیر افزایش ظرفیت دستگاه، کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و حمل‌ونقل و کاهش انرژی مورد نیاز برای بازیافت پسماند جمع‌آوری شده را به‌همراه دارد [۳] دستگاه‌های خود دریافت پسماند به‌عنوان یکی از روش‌های تکمیلی تفکیک از مبدأ و جمع‌آوری پسماند خشک تلقی شـــده و مزایایی همچون پرداخت آنی بهای پسماند دریافتی، کمک به رفع معضل زباله‌گردی و توزین و تعیین نوع پسماند را در برداشته که می‌تواند ایجاد بانک اطلاعاتی پسماندهای خشک دریافتی و به‌دنبال آن افزایش شفافیت را در پی داشته باشد. نصب این دستگاه‌ها در مکان‌های عمومی پرتردد مانند فروشگاه‌های زنجیره‌ای، ایستگاه‌های مترو و اتوبوس و ترمینال‌ها که از جمله مکان‌هایی با بیشترین حجم تولید پسماند بازیافتی را شامل می‌شوند، باعث می‌شود که شهروندان به‌جای رهاسازی بطری‌ها در معابر عمومی از مزایای مشوق‌های در نظر گرفته شده بهره‌مند شوند [۴] و به‌این ترتیب به استقرار اقتصاد چرخشی کمک ارزنده‌ای خواهد شد. تلاش چندین کشور برای بهره‌مندی از فناوری RVM موجب شده که امروزه بیش از ۱۰۰,۰۰۰ ماشین خوددریافت پسماند در سراسر جهان مستقر باشد [۵].

بهره‌گیری از مخازن سنتی به‌واسطه پر شدن متوالی و امکان باقی ماندن بیش از حد پسماند در مخزن مکن است باعث تکثیر و انتقال حشرات،

1. Artificial Neural Networks
2. Support Vector Machine
3. Decision Tree

حیوانات موذی و ارگانیزم‌ها بیماری‌زا شود. بنابراین طراحی و استفاده از مخازن هوشمند یکی از ملزومات توسعه شهرهای هوشمند امروزی است. بر این اساس، در طی سالیان اخیر طرح‌های اجرایی و پروژه‌های پژوهشی متعددی در زمینه طراحی و ساخت مخازن هوشمند با تمرکز بر دو عامل ۱. جداسازی خودکار و ۲. پایش پسماند انجام پذیرفته است [۲]. نصب حسگرهای مختلف و متعدد در مخازن هوشمند این امکان را فراهم آورده است که بازه گسترده‌ای از اطلاعات نظیر سطح پرشدگی مخزن، گازهای منتشره از پسماند موجود در مخزن، رطوبت، وزن و بسیاری از اطلاعاتی از این دست در اختیار کاربران قرار گیرد. ازسویی‌دیگر به‌واسطه اتصال مخازن به اینترنت، امکان برقراری ارتباط بین مخزن و سایر دستگاه‌ها و سامانه‌ها برقرار شده و اطلاعات می‌تواند به‌صورت برخط در اختیار بهره‌برداران قرار گیرد [۱]. سامانه‌های مخازن هوشمند می‌توانند به‌صورت بالقوه باعث افزایش راندمان جمع‌آوری پسماندها، کاهش انتشار بیماری‌ها و ارتقای کلی محیط زیست شهرها شود. در سوی مقابل هزینه‌های نسبتاً بالای اجرا، گسترش طرح استفاده از مخازن هوشمند را با چالش روبه‌رو کرده است [۲]

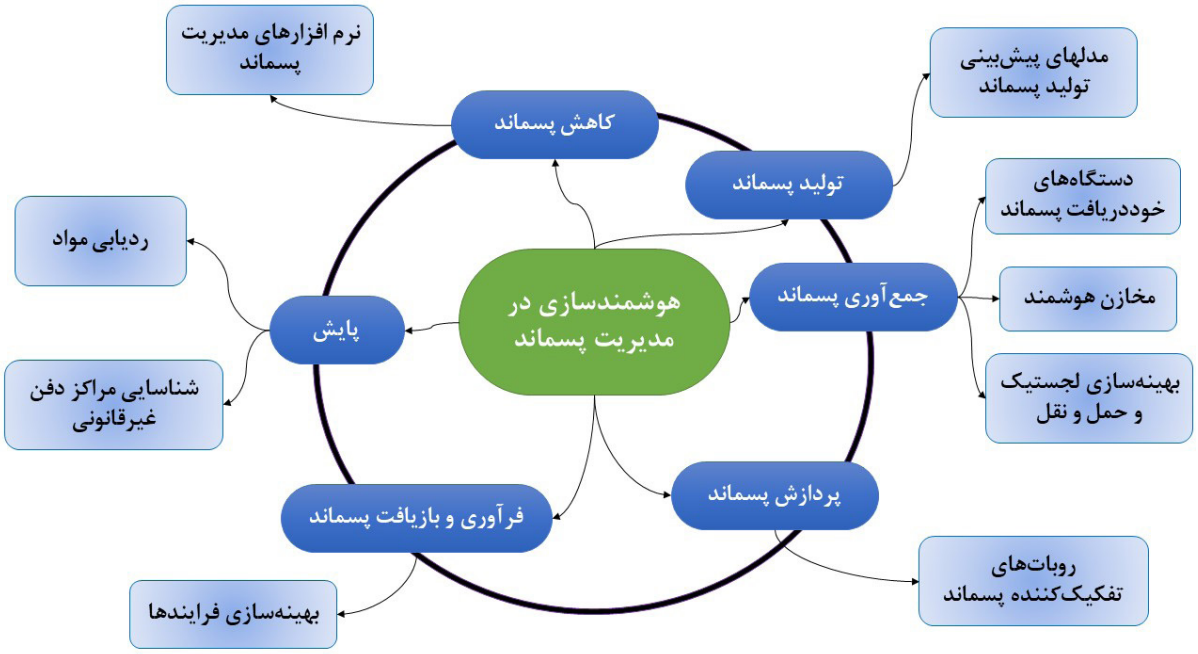
د) تفکیک و جداسازی پسماند: تفکیک و دسته‌بندی پسماندها ازجمله اقدامات بسیار مهم در مدیریت بهینه پسماندها به‌شمار می‌رود، در این راستا بهره‌گیری از ربات‌ها، می‌تواند سبب افزایش راندمان تفکیک و طبقه‌بندی پسماندها شود. با وجود این، ربات‌هایی که توانایی کار در محیط ناهمگن، پیچیده و همچنین غیرقابل پیش‌بینی پسماندها را داشته باشند، نیازمند توانایی‌های اجرایی پیشرفته هستند. در حال حاضر محققان در حال مطالعه و بررسی روش‌های استفاده از ربات‌های تفکیک‌کننده پسماند به‌ویژه در مراکز مدیریت و دفع پسماندهای شهری تا پیش از انتقال به مراکز دفن هستند. درمجموع می‌توان گفت که ربات‌های تفکیک‌کننده پسماند، دارای ظرفیت خوبی برای ارتقای قابل‌توجه راندمان مدیریت پسماند، کاهش هزینه نیروی انسانی و افزایش دقت جداسازی پسماندها هستند. در سوی مقابل، برخی از تصمیم‌گیران به‌واسطه غیراجرایی بودن این گونه طرح‌ها به‌دلیل هزینه بالای نصب، تعمیرات و نگهداری نسبت به استفاده از این ربات‌ها دچار تردید هستند. بااین‌وجود، تلاش محققان به‌منظور کاهش هزینه‌های مرتبط با استفاده از ربات‌های تفکیک‌کننده پسماند از طریق کاهش هزینه مواد مصرفی در ساخت و همچنین ارتقای ساختار این ربات‌ها نظیر بهره‌گیری از حسگر و الگوریتم‌های طبقه‌بندی پسماندها ادامه دارد [۲].

هـ) فراوری و بازیافت پسماند: فرایندهای متعددی نظیر بازیافت، پسماندسوزی، کمپوست، هضم بی‌هوازی و همچنین دفن بهداشتی برای مدیریت پسماندهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که هریک از روش‌های مذکور را می‌توان براساس کیفیت و کمیّت پسماند تولیدی با بهره‌گیری از فرایندهای هوشمند بهینه کرد. در این راستا، نمونه‌هایی نظیر بهره‌گیری از مدل‌سازی شبکه عصبی به‌منظور بهبود فرایند کمپوست، بیشینه‌سازی بیوگاز تولیدی با استفاده از یادگیری ماشین و همچنین شبیه‌سازی زباله‌سوزها، ازجمله کاربردهای هوشمندسازی در فراوری پسماند است [۲].

و) پایش فرایند مدیریت پسماند: بهره‌گیری از سامانه‌های مجهز به هوش مصنوعی می‌تواند در راستای پایش فرایند بازیافت نظیر ورود ناخالصی به چرخه و یا حتی ایجاد آلودگی استفاده شوند. استفاده از هوش مصنوعی در پایش و بهینه‌سازی فرایند مدیریت پسماند شامل طیف وسیعی از اقدامات نظیر فناوری‌هایی از قبیل شناسایی مواد براساس فرکانس رادیویی[1] (RFID)، سامانه مکان‌یابی بین‌المللی[2] (GPS)، سامانه اطلاعات جغرافیایی برای پایش مخازن و وسایل نقلیه جمع‌آوری است. علاوه‌بر این، دفن غیرقانونی پسماندها می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی را بر زیست‌بوم پیرامونی وارد کرده و علاوه‌بر ایجاد مشکلات اجتماعی، سلامت انسان‌ها را با خطر مواجه سازد. محققان و پژوهشگران در سالیان اخیر با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی، شبکه رزنت ۵۰[3] و همچنین شبکه عصبی به شناسایی مراکز دفن غیرقانونی پسماندها پرداخته‌اند [۲].

1. Radio Frequency Identification
2. Global Position System
3. Residual Network 50

شکل ۳. مدیریت هوشمند پسماندها در حوزه‌های مختلف



۲-۴. چالش‌ها و موانع پیاده‌سازی هوشمندسازی در سایر کشورها

الف) ضعف سیاست‌ها و مقررات تأثیرگذار: از موانع اصلی طرح‌ها و پروژه‌های اینترنت اشیا در سراسر جهان بوده است. بااین‌وجود، خیلی از کشورهای در حال توسعه هنوز هم به اهمیت و ضرورت سیاست‌ها و قوانین حمایتی درخصوص فناوری‌های هوشمند و جایگاه مهم آنها در مدیریت پایدار پسماند پی نبرده‌اند. خلأ اهرم‌های نظارتی منجر به ادامه وضعیت ناکارآمد مدیریت پسماند در کشورهای در حال توسعه می‌شود، زیرا سازمان‌های مدیریت پسماند انگیزه لازم برای ایجاد تغییرات عملیاتی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند برای بهبود عملیات و فرایندهای فعلی خود را احساس نمی‌کنند.

ب) آگاهی اندک و مشارکت پایین عموم جامعه: تمام فعالیت‌هایی که نیازمند مشارکت جامعه هستند، طبعاً از شهروندان می‌خواهند که نحوه استفاده از سیستم را بیاموزند و در برخی موارد، بخش‌هایی از آن را حفظ و تکمیل کنند. یکی از موانع در این بخش عدم آگاهی زیست‌محیطی در جوامع و درنتیجه دفع نامناسب پسماند توسط عموم جامعه است. ازاین‌رو، فعالیت‌های آموزشی و فرهنگ‌سازی درخصوص تفکیک از مبدأ و جمع‌آوری پسماند باید انجام شود و اگر شهروندان در طرح‌های بازیافت مشارکت نکنند، مدیریت هوشمند پسماند با چالش‌های جدی مواجه می‌شود. در برخی کشورهای در حال توسعه، هرچند در سال‌های اخیر آموزش محیط زیست در برنامه‌های درسی ملی گنجانده شده است، اما نسل‌های بزرگ‌سال آموزش‌های زیست‌محیطی کمتری دریافت کرده‌اند و طرز فکر، عادات و رفتار آنها سازگار با محیط زیست نیست و تغییر رفتار آنها دشوار است. رفتار غیرمسئولانه نسل‌های قبلی، برای مثال، تفکیک نکردن پسماندها قبل از دفع، همچنان بر نسل‌های جدید هم تأثیر منفی می‌گذارد و مزایای آموزش محیط زیست به آنها را از بین می‌برد [۶].

ج) فقدان ظرفیت نوآوری و مقاومت در مقابل تغییر: مقاومت در مقابل تغییر چالش مهمی است که پروژه‌های فناوری اطلاعات به‌طور کلی و پروژه‌های اینترنت اشیا به‌طور خاص در کشورهای در حال توسعه با آن مواجه هستند. این اتفاق با معرفی سیستم‌ها یا فرایندهای جدید که تغییراتی در رفتارها و تراکنش‌های معمول ایجاد می‌کند، روی می‌دهد. برای هوشمندسازی مدیریت پسماند از منظر بالا به پایین، رهبران سازمان‌ها نیازمند ظرفیت کافی برای نوآوری هستند تا بتوانند با موفقیت این فناوری‌ها را در مدیریت پسماند پیاده‌سازی کنند و در صورت لزوم، احتمالاً با همکاری ارائه‌دهندگان فناوری، آنها را ارتقا دهند. بااین‌حال، بسیاری از مدیران و رهبران، فاقد ظرفیت لازم برای

نوآوری هستند یا فرهنگ نوآوری ندارند که به آنها امکان توسعه آن را بدهد. این امر قانع شدن آنها را در مورد نیاز به تأمین منابع اقتصادی و انسانی مورد نیاز و کشف فرصت‌های جدید برای استفاده از فناوری‌های توانمندسازی هوشمند در مدیریت پسماند دشوار می‌کند [۶]. از منظر پایین به بالا نیز از آنجایی که کاربردهای اینترنت اشیا ممکن است بر روندها و فعالیت‌های مدیریت فعلی پسماند تأثیر بگذارد، آگاه کردن مردم از مزایای بلندمدت پیاده‌سازی اینترنت اشیا به‌منظور تقویت قابلیت پذیرش فناوری ضروری است. زمانی که مردم از امکانات و فرصت‌های فناوری‌های جدید آگاه باشند، میزان پذیرش افزایش می‌یابد و تحولات در روش‌های سنتی مدیریت پسماند تسهیل و تسریع می‌شود.

د) فقدان زیرساخت‌های فناوری اطلاعات: زیرساخت‌های موجود کشورها نقش مهمی در هوشمندسازی مدیریت پسماند ایفا می‌کند. این درحالی است که بسیاری از کشورهای در حال توسعه با چالش‌های زیرساختی درخصوص فناوری‌های ارتباطی مواجه هستند. علاوه‌بر این فناوری‌های اینترنت اشیا بسیار پرهزینه هستند، زیرا به زیرساخت مناسب و قابل‌اعتماد نیاز دارند و هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری و ارتقا را به‌همراه خواهند داشت. هوشمندسازی مدیریت پسماند با زیرساخت‌های دیجیتال ضعیف، استقرار اینترنت اشیا در مقیاس کامل را به چالش می‌کشد، زیرا ممکن است مانع تحقق کامل طرح‌ها شده و بازگشت سرمایه را دچار مشکل کند. فارغ از زیرساخت‌های فناوری ارتباطی، یک چالش مضاعف در کشورهای در حال توسعه وجود دارد و آن مربوط به زیرســاخت‌های دفع پسماند است. درواقع بدون یک زیرساخت یکپارچه برای جمع‌آوری، مدیریت و تفکیک پسماند، پیاده‌سازی اینترنت اشیا در مدیریت پسماند موفقیت‌آمیز نخواهد بود، زیرا هوشمندسازی مدیریت پسماند به طراحی‌های مناسب نیاز دارد.

هـ) هزینه عملیاتی قابل توجه: در نظر گرفتن هزینه عملیاتی هنگام اجرای هوشمندسازی مدیریت پسماند برای اطمینان از کارایی و مانایی پروژه بسیار مهم است. ازاین‌رو، شناسایی عوامل مؤثر بر هزینه و محاسبه تحلیل هزینه/فایده و امکان‌سنجی پروژه قبل از شروع آن ضروری است. مدیریت کارآمد پسماند وابسته به مزیت مقیاس است؛ لذا اجرای هوشمندسازی به‌طور مستقل در یک سازمان یا یک منطقه به صرفه نیست و فقدان مزایای اثرات خوشه‌ای، تا زمانی که اجرای راهکارهای مدیریت هوشمند پسماند فراگیر نشده باشد، باقی خواهد ماند. در مقابل هزینه‌های عملیاتی اینترنت اشیا به مقیاس پروژه بستگی دارد؛ و در یک پروژه هوشمندسازی مدیریت پسماند در مقیاس سراسری هزینه‌های عملیاتی می‌تواند بسیار زیاد باشد. بنابراین، کشورهای در حال توسعه ممکن است با چالش‌های مالی یا عملیاتی برای استفاده از فناوری‌های اینترنت اشیا برای یک سیستم مدیریت پسماند کارآمد به‌دلیل هزینه‌های عملیاتی بالا مواجه شوند. هوشمندسازی مدیریت پسماند اغلب پرهزینه است و هزینه هم غالباً دغدغه اصلی تصمیم‌گیران و مدیران است. هزینه‌های بالای اینترنت اشیا معمولاً به‌دلیل هزینه بالای دستگاه‌های هوشمند، پیاده‌سازی، آموزش، زیرساخت‌های ابری، مراکز داده و انتقال دانش به نیروی انسانی است. اگر بخش‌های مختلف هزینه‌های پروژه به‌درستی شناسایی نشده باشند، خرید تجهیزات اینترنت اشیا می‌تواند از پیش‌بینی‌ها فراتر رود. به‌طور مثال توابی و میککا در استقرار پروژه سطل زباله هوشمند متوجه شدند که هزینه‌های اینترنت اشیا برای هزینه‌های اجتماعی-اقتصادی مرتبط در کشورهای در حال توسعه همچنان بالاست و پیاده‌سازی‌ها محدود به اجرای مفهومی در سطح نهادهای پژوهشی یا شرکتی است [۷].

و) هزینه‌های بالای توسعه و نگهداری: راهبردها و برنامه‌های توسعه اقتصادی کشورها باید به هزینه‌های مختلف پیاده‌سازی اینترنت اشیا برای خدمات به‌طور کلی و به‌طور خاص در مدیریت پسماند بپردازد. پژوهش‌های کلان در جهان درخصوص ارزیابی اقتصادی اینترنت اشیا مانند مطالعات امکان‌سنجی یا محاسبات هزینه/فایده کمتر انجام شده است. بنابراین ضروری است که هزینه توسعه و نگهداری اینترنت اشیا با توجه به شرایط اجتماعی-اقتصادی هر کشور در حال توسعه در نظر گرفته شود. هزینه‌های نگهداری مانند اینترنت ماهیانه، پرسنل فنی، هزینه هر واحد اینترنت اشیا و ذخیره‌سازی داده‌ها برای یک سیستم و زیرساخت اینترنت اشیاست و البته برنامه‌های اجرایی نادرست می‌تواند منجر به هزینه‌های بیش از حد و افزایش هزینه شود. با منابع محدود در کشورهای در حال توسعه، هوشمندسازی مقرون به صرفه مدیریت پسماند با استفاده از منابع موجود ضروری است.

ز) دغدغه‌ها پیرامون چگونگی مدیریت اطلاعات و حفظ امنیت و حریم خصوصی: داده‌های جمع‌آوری شده توسط سیستم‌های اینترنت اشیا با چالش‌هایی درخصوص انتقال داده‌ها مواجه هستند. یکی از چالش‌های اساسی هوشمندسازی مدیریت پسماند، محرمانه

بودن داده‌هاست؛ چراکه نشت داده‌ها می‌تواند هنگام ارتباط دستگاه‌های متصل به‌هم رخ دهد، درحالی‌که پسماندهای دور ریخته شده افراد یا خانواده‌ها معمولاً حاوی اطلاعات شخصی حساس است. چالش‌هایی مانند داده‌های ناقص مدیریت پسماند و ارتباطات ناپایدار، سازماندهی و نگهداری داده‌های به‌روز شهروندان را برای کشورهای در حال توسعه چالش‌برانگیز می‌کند. در این شرایط سازمان‌ها ممکن است در ایجاد اعتماد در میان کاربران نهایی که نیاز به آگاهی از نحوه جمع‌آوری، استفاده، ایمن‌سازی و توزیع داده‌های شخصی‌شان دارند، با چالش‌هایی مواجه شوند. علاوه‌بر این، مسائلی نظیر جلوگیری از حملات سایبری به دستگاه‌ها و زیرساخت‌های اینترنت اشیا باید قبل از به‌کارگیری برای مدیریت پسماند مورد بررسی قرار گرفته و به‌طور مناسب مدیریت شوند. دسترسی به اطلاعات شخصی خانواده‌ها می‌تواند باعث بروز چالش‌های مرتبط با حریم خصوصی شود. بنابراین، تعبیه و پیاده‌سازی سازوکارهای امنیتی و حریم خصوصی برای محافظت از اصول و ارزش‌های انسانی-اخلاقی در حین حفظ یک سیستم ضروری است. پایگاه داده‌های مدیریت پسماند ممکن است شامل داده‌های حساس شهروندان مانند نام و آدرس باشد. بنابراین، تمام مسائل مربوط به حریم خصوصی و امنیت باید قبل از راه‌اندازی سیستم‌ها مورد توجه قرار گیرد و تمام مسئولیت آن باید برعهده مدیریت اجرایی مدیریت پسماند و سازمان‌های دولتی مرتبط باشد.

ح) دانش ناکافی: اینترنت اشیا یک فناوری پیشرفته است و در برخی کشورهای در حال توسعه، شرکت‌های مناسب اینترنت اشیا و پژوهش‌های کافی برای انتقال دانش فنی وجود ندارد. فقدان دانش و تخصص، اجرای فناوری را بیشتر به چالش می‌کشد، همان‌گونه که مطالعات درخصوص هوشمندسازی مدیریت پسماند نشان می‌دهد که کارشناسان در کشورهای در حال توسعه صلاحیت کافی برای هوشمندسازی را ندارند. علاوه‌بر این، هوشمندسازی مدیریت پسماند مستلزم مشارکت جامعه است و شهروندان را باید ملزم به یادگیری نحوه استفاده و رفتار با سیستم کند. ولی در برخی کشورهای در حال توسعه، استفاده از فناوری نسبتاً کم است و به‌دلیل فقدان دانش و آگاهی کافی در مورد فناوری‌های مربوطه، دستیابی به دستاوردهای ملموس می‌تواند چالش‌برانگیز باشد. بااین‌وجود برخی از دولت‌ها و نهادها، امکان‌پذیری بهبود عملیات مدیریت پسماند را با پیاده‌سازی فناوری‌های اینترنت اشیا به‌درستی نمی‌سنجند. بر اساس نتایج پژوهش های پیشین [۷] برای غلبه بر شکاف دانش، باید یک استراتژی مناسب برای آموزش کاربران برای استفاده از فناوری اینترنت اشیا در مدیریت پسماند اجرا شود که در این راستا می‌توان از مشاوران کشورهای پیشرو برای آموزش کاربران و تبادل تجربیات استفاده کرد.

ط) دسترسی و اتصال ضعیف به اینترنت: اینترنت اشیا نیاز به اتصال پایدار و قابل‌اعتماد بین اشیا دارد که این اتصال کافی مستلزم سرعت بالای اینترنت است که چالش بزرگی در کشورهای در حال توسعه است و اینترنت اشیا با ماژول‌های Wi-Fi در این کشورها کافی خواهد بود. استقرار یک شبکه مازه‌ای و توسعه یک شبکه سیمی در سراسر کشور برای ارائه خدمت به کاربران نهایی پرهزینه و تقریباً غیرممکن است. فناوری‌های بی‌سیم نسل ۳ و نسل ۴ مدل‌های ترکیبی را برای دسترسی به اینترنت جایگزین ارائه می‌کنند. در این صورت مناطق با اتصال اینترنت محدود (یا مناطق دورافتاده) همچنان می‌توانند از دسترسی به داده‌ها از طریق حسگرهای بی‌سیم بهره ببرند. بااین‌حال، روش‌های جایگزین دسترسی به اینترنت مشکلات دیگری مانند مصرف انرژی بالا، سرعت اینترنت پایین‌تر و نسبت هزینه به‌ازای واحد بالا را به‌همراه دارند.

ی) فقدان استانداردسازی: استانداردسازی در مطالعات پیشین دو وجه اصلی دارد: نخست استانداردسازی پروتکل‌های ارتباطی بین اشیا است و دوم به استانداردهای فرایند کسب‌وکار (بهترین شیوه‌ها)[1] اشاره دارد. فقدان فرایندهای استاندارد برای هوشمندسازی مدیریت پسماند یکی از رایج‌ترین موانع در کشورهای در حال توسعه است. استانداردسازی ارتباطات و فناوری‌های یکپارچه‌سازی برای امکان‌پذیر ساختن همکاری یکپارچه و تبادل اطلاعات بین هر شیء در زیرساخت، حتی بین اشیا از تولیدکنندگان مختلف، ضروری است. در حال حاضر، برخی شرکت‌های اینترنت اشیا تجهیزاتی را ارائه می‌کنند که از استانداردهای اختصاصی (یا داخلی)، معمولاً جعبه‌های سیاه استفاده می‌کنند و این مؤلفه‌ها ممکن است فاقد استانداردهای ارتباطی یکپارچه و باز باشند، که امکان ادغام و ارتباطات بین اشیا و ماشین‌های مختلف از شرکت‌های مختلف را فراهم کند. البته فقدان استانداردهای فرایند کسب‌وکار برای هوشمندسازی مدیریت پسماند در کشورهای در حال توسعه، می‌تواند به‌عنوان فرصتی برای نوآوری یا توسعه مدل‌های تجاری جدید تلقی شود.

1. Best Practices

با توجه به آنچه به آن اشاره شد، به‌منظور فائق آمدن بر چالش‌های پیش روی هوشمندسازی مدیریت پسماندها در سایر کشورها، راهکارهایی به‌منظور غلبه بر هریک از موانع و چالش‌های فوق اندیشـــیده شده است (جدول ۱) که امکان‌سنجی اســـتفاده از این راهکارها و همچنین بومی‌سازی آنها براساس شرایط کشور می‌تواند در تسریع فرایند هوشمندســـازی مدیریت پسماندها در کشور و جلوگیری از اتلاف زمان و هزینه در این زمینه مثمرثمر باشد.

جدول ۱. چالش‌ها و راهکارهای هوشمندسازی مدیریت پسماند در نمونه‌های بین‌المللی

ردیف	چالش	راهکار
۱	ضعف سیاست‌ها و مقررات تأثیرگذار	تصویب و به‌روزرسانی قوانین و مقررات
۲	آگاهی عموم جامعه	آموزش و فرهنگ‌سازی در خصوص تفکیک از مبدأ و جمع‌آوری پسماند به‌ویژه در مدارس
۳	فقدان ظرفیت نوآوری و مقاومت در مقابل تغییر	آگاه کردن مردم از مزایای بلندمدت پیاده‌سازی اینترنت اشیا برای تقویت قابلیت پذیرش فناوری ارتقای ظرفیت نوآوری در مدیران سازمان‌ها
۴	فقدان زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	تقویت زیرساخت‌های دیجیتال استقرار مدیریت یکپارچه برای جمع‌آوری، مدیریت و تفکیک پسماند
۵	هزینه عملیاتی	فراگیر کردن هوشمندسازی مدیریت پسماندها برای دستیابی به مزیت مقیاس مربوطه
۶	هزینه‌های توسعه و نگهداری	انجام ارزیابی‌های اقتصادی نظیر تحلیل هزینه باید پیش از اجرای پروژه با توجه به شرایط اجتماعی- اقتصادی هر کشور
۷	مدیریت نامناسب اطلاعات و حفظ امنیت و حریم خصوصی	پذیرش کامل مسئولیت مسائل مربوطه به حریم خصوصی و امنیت توسط مدیریت اجرایی مدیریت پسماند و سازمان‌های دولتی مرتبط قبل از راه‌اندازی سیستم‌ها افزایش اعتماد مردم در خصوص حریم خصوصی
۸	دانش ناکافی	تدوین استراتژی مناسب برای آموزش کاربران در خصوص استفاده از فناوری اینترنت اشیا در مدیریت پسماند با استفاده از تجربیات کشورهای دیگر
۹	دسترسی و اتصال ضعیف به اینترنت	استفاده از فناوری‌های بی‌سیم
۱۰	فقدان استانداردسازی	نوآوری برای توسعه مدل‌های تجاری جدید در خصوص کسب‌وکارهای مربوطه

۵. تحلیل وضعیت هوشمندسازی پسماند در کشور

اگرچه گزارش دریافتی از معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری از انجام اقداماتی در زمینه‌هایی نظیر معرفی پلتفرم‌های توانمند توزیع هوشمند میوه به ســـازمان میادین میوه و تره‌بار، طراحی مخازن هوشمند جمع‌آوری پسماند مجهز به حسگر سطح و یا وزن پسماند، استفاده از انواع حسگرهای نوری، صوتی الکترومغناطیسی و ... در تفکیک پسماند، توسعه استارت‌آپ‌های جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک، ناوبری و لجستیک هوشمند، فراخوان ساخت و راه‌اندازی هاضم خشک بی‌هوازی، فراخوان شناسایی شرکت‌های دانش بنیان و فناوری توانمند در زمینه مدیریت آلاینده‌های آلی فرار حذف بو، طراحی و ساخت برخی از تجهیزات مدیریت پسماندها و همچنین فراخوان ساخت و راه‌اندازی زباله‌سوز حرارتی حکایت دارد، اما گزارش‌های ارائه شده توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشور و همچنین برخی از سازمان‌های مدیریت پسماند سراسر کشور بیانگر آن است که در عمل، تنها در تعدادی از شهرداری‌های کشور حرکت به‌سمت سامانه‌مند کردن فعالیت‌ها در بخش‌های مختلف فرایند مدیریت پسماند و آموزش هوشمند شهروندان با استفاده از نرم‌افزارهای کاربردی آغاز شده است. به‌طور مثال، شهرداری تهران تاکنون اپلیکیشن جمع‌آوری پسماند خشک نوماند، سامانه جامع توزین، سامانه یکپارچه مدیریت پسماند و داشبورد مدیریتی پسماند، سامانه ثبت صورت وضعیت پیمانکاران و سامانه پسماند ســـاختمانی را راه‌اندازی کرده است. شهرداری مشهد

نیز در سال ۱۳۹۸ سامانه یکپارچه مدیریت پسماند (سیمپ) را در نواحی خود راه‌اندازی کرد که موفق به کسب جایزه Silver Award در چهارمین جشنواره سازمان جهانی شهرهای پایدار هوشمند شد. از جمله اقدامات دیگر می‌توان به آموزش هوشمند شهروندان با استفاده از نرم‌افزارهای کاربردی در شهرداری شیراز، راه‌اندازی سامانه اصپاک در اصفهان برای جمع‌آوری پسماند خشک و همچنین سامانه‌هایی مشابه در کرمانشاه، زنجان و برخی دیگر از شهرهای کشور اشاره کرد. در ادامه با توجه به عمومیت و همه‌گیری بیشتر دو محور جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک و استفاده از دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک، این مصادیق هوشمندسازی مورد تحلیل دقیق‌تر قرار گرفته است.

الف) جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک: آمارهای ارائه شده توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشور نشان می‌دهد که میزان تفکیک پسماندها در مبدأ در کل کشور کمتر از ۱۰٪ است که بخش ناچیزی از این پسماند توسط سامانه‌های هوشمند جمع‌آوری می‌شود. در این بین، شاید بتوان سازمان مدیریت پسماند شهر مشهد را به‌عنوان یکی از تجربیات موفق هوشمندسازی مدیریت پسماند معرفی کرد؛ چراکه این سازمان توانسته است با بهره‌گیری از پتانسیل بخش خصوصی پسماند خشک تفکیک شهروندان مشهدی را از درب منازل جمع‌آوری کند. نتایج ارائه شده توسط سازمان مدیریت پسماند مشهد نشان می‌دهد، با اجرایی‌شدن طرح حاضر تعداد مشترکین از ۵۳ هزار نفر در سال ۱۴۰۰ با رشد ۲۴۸ درصدی به نزدیک به ۱۸۵ هزار نفر در سال ۱۴۰۱ رسیده است که این افزایش باعث شده است میزان پسماند خشک روزانه جمع‌آوری شده از تولیدکنندگان پسماند در مشهد از ۴۱ تن در روز در سال ۱۴۰۰ به ۴۵ تن در نه‌ماهه سال ۱۴۰۱ افزایش یابد. نکته قابل‌توجه دیگر در این زمینه این است که با فراهم شدن بستر روش جمع‌آوری هوشمند، شهروندان به‌طور معنی‌داری اقبال بیشتری به این روش نسبت به روش‌های دیگر تحویل پسماند خشک (تحویل به ایستگاه‌های تعبیه شده و جمع‌آوری از درب منازل) داشته‌اند؛ به‌گونه‌ای که سهم سامانه هوشمند در طی نه‌ماهه نخست سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰ از ۲۹ درصد به ۴۹ درصد رسیده است. هرچند در برخی شهرهای دیگر کشور نیز نظیر شهر اصفهان و شهر زنجان تجربیات نسبتاً موفق و رو به جلویی گزارش شده است، اما در برخی شهرهای دیگر روند چندان رضایت‌بخش نیست. به‌طور مثال، در شهر قم به‌واسطه عدم تخصص لازم شرکت‌های متقاضی هنوز سامانه‌ای ایجاد نشده است یا در کلان‌شهر تهران نرم‌افزار جمع‌آوری هوشمند در انتهای دی‌ماه ۱۴۰۲ آغاز به‌کار کرده است. استماع نخبگانی و مصاحبه‌های صورت گرفته با نخبگان و ذی‌نفعان مرتبط مشتمل بر صاحب‌نظران، مدیران سازمان‌های مدیریت پسماند، اساتید دانشگاه و همچنین فعالین حوزه برنامه‌های کاربردی مدیریت پسماند بیانگر آن است که توسعه جمع‌آوری هوشمند پسماند در کشور با چالش‌های زیر مواجه بوده است:

۱. زیرساخت اجرایی و لجستیک ناکافی مناسب در خصوص پوشش‌دهی برنامه‌های کاربردی به‌ویژه در کلان‌شهرها و درنتیجه تأخیر در رسیدگی به برخی درخواست‌های کاربران،

۲. فقدان ضمانت اجرایی مناسب برای قانون مدیریت پسماند مصوب سال ۱۳۸۳ در خصوص الزام به تفکیک پسماندها در مبدأ،

۳. میزان اندک تفکیک از مبدأ در کشور، صرفه اقتصادی روش‌های هوشمند را در مقایسه با دیگر روش‌های سنتی نظیر جمع‌آوری کم‌هزینه از مخازن پسماند شهری کاهش می‌دهد و همین وضعیت عدم تمایل پیمانکاران را به‌همراه دارد،

۴. تدوین دیرهنگام و عدم رعایت کامل شیوه‌نامه «جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک توسط مجریان بخش خصوصی» توسط مدیریت اجرایی پسماندهای عادی.

ب) دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک (RVM): برای نخستین‌بار در ایران در سال ۱۳۹۹، تعداد ۱۸ دستگاه خوددریافت پسماند خشک خریداری شده و در کشور و راه اندازی و نصب شد. بررسی طرح‌های مدیریت پسماند و همچنین برنامه‌های عملیاتی برخی از کلان‌شهرهای کشور نیز از ادامه خرید، جانمایی و نصب دستگاه‌های RVM، در سطح کشور به‌ویژه کلان‌شهرها در سال‌های آتی حکایت دارد. استقرار دستگاه‌های خوددریافت پسماند که به‌عنوان روشی تکمیلی و هوشمند در کنار سایر روش‌های جمع‌آوری پسماندهای خشک نظیر اپلیکیشن‌ها، غرف جمع‌آوری پسماند خشک، مراکز دائمی تحویل پسماندها و دیگر روش‌ها به‌منظور تشویق به افزایش مشارکت عمومی و همچنین ارتقای درصد پسماندهای تفکیک شده در مبدأ تولید مورد توجه قرار گرفته و به‌واسطه هزینه اجرایی، سرعت در اجرایی شدن، نیاز به نیرو انسانی و هزینه تعمیرات و نگهداری متوسط و همچنین امکان‌سنجی فناورانه و کارایی بالا در بین ۵ روش برتر هوشمندسازی قرار دارد [۸]؛ به‌گواه کارشناسان تاکنون نتوانسته است توفیق مورد انتظار را در کشور کسب نماید [۹]. نتایج مطالعه انجام گرفته در سال ۱۴۰۰ که با در نظر گرفتن عواملی نظیر ۱. تراکم جمعیت، ۲. مشارکت مردمی، ۳. پتانسیل تولید پسماند خشک، ۴. وضعیت اجتماعی و فرهنگی

شهروندان و ۵. وضعیت اقتصادی شهروندان درخصوص روش مراجعه به درب مبادی تولید برای دریافت پسماند خشک و همچنین ارزیابی تأثیر ۹ عامل ۱. تراکم جمعیت، ۲. مشارکت مردمی، ۳. پتانسیل تولید پسماند خشک، ۴. وضعیت اجتماعی و فرهنگی شهروندان، ۵. وضعیت اقتصادی شهروندان، ۶. همجواری با میادین میوه و تره‌بار، ۷. همجواری با فروشگاه‌های زنجیره‌ای و مراکز تجاری، ۸. همجواری با مراکز فرهنگی (فرهنگ‌سراها و سرای محلات و پردیس‌های سینمایی) و ۹. همجواری با پایانه‌های حمل‌ونقل مسافرتی بر جمع‌آوری پسماندهای خشک توسط دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک، به بررسی تطبیقی مدل مدیریت تفکیک از مبدأ پسماند خشک با روش‌های مراجعه به درب مبادی تولید و به‌کارگیری دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک پرداخته است نشان می‌دهد که جمع‌آوری به‌روش مراجعه به درب مبادی تولید اقبال عمومی بیشتری را به نسبت به‌کارگیری دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک به خود اختصاص داده است. استماع نخبگانی و مصاحبه‌های صورت گرفته با نخبگان و ذی‌نفعان مرتبط مشتمل‌بر صاحب‌نظران، مدیران سازمان‌های مدیریت پسماند، اساتید دانشگاه و برخی از تولیدکنندگان دستگاه خود دریافت پسماند بیانگر آن است که توسعه دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک در کشور با چالش‌های زیر مواجه بوده است:

۱. مشکلات فنی برخی از دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک در کشور،
۲. فقدان پیوست اجتماعی و فرهنگی در استفاده از دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک،
۳. عدم در نظر گرفتن مشوق‌های مناسب برای مشارکت‌کنندگان در استفاده از دستگاه‌ها،
۴. نبود سیستم گرویی در کشور،
۵. هزینه بالای دستگاه‌های خوددریافت در مقایسه با روش تفکیک پسماند در مخزن و عدم جذابیت آن برای پیمانکاران جمع‌آوری پسماند،
۶. عدم اتصال برخی از دستگاه‌های خوددریافت به اینترنت برای پایش برخط این دستگاه‌ها.

۶. جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها

دفن نزدیک به ۷۵٪ از پسماند عادی تولیدی در کشور (نزدیک به ۴۰ هزار تن) که با صرف‌نظر کردن از هزینه‌های درمان ناشی از بروز انواع بیماری‌ها، سالیانه خسارتی بالغ‌بر ۴۴۸ هزار میلیارد ریال را به اقتصاد کشور تحمیل می‌کند، ضرورت رسوخ فناوری، استفاده از روش‌های هوشمند و همچنین ارتقای مدیریت پسماند عادی در کشور را غیرقابل‌انکار کرده است. مصادیق بهره‌مندی از فرایندها و فناوری‌های هوشمند در سایر کشورها نشان می‌دهد که همه مراحل مدیریت پسماند اعم از کاهش تولید پسماند، تولید پسماند، جمع‌آوری، تفکیک و جداسازی، فراوری و بازیافت و پایش فرایند مدیریت پسماند نیز دارای ظرفیت هوشمندسازی بوده و با اجرایی شدن فرایندهای هوشمند در این زمینه می‌توان به ارتقای راندمان مدیریت پسماند، استقرار اقتصاد چرخشی و درنهایت حفاظت از محیط زیست دست یافت. بااین‌حال، توسعه هوشمندسازی مدیریت پسماند در جهان با چالش‌های متعددی روبه‌رو است. بر این اساس، یکی از اهداف اصلی این گزارش، تبیین ضرورت حرکت به‌سمت مدیریت هوشمند پسماندها و همچنین آشنایی با مصادیق رسوخ فناوری‌ها و فرایندهای هوشمند در این زمینه است. نظر به افزایش توجهات به مبانی شهر هوشمند و وارد شدن تدریجی فناوری‌ها و روش‌های نوین به چرخه مدیریت پسماند کشور، اجرایی شدن مصادیق بین‌المللی مدیریت هوشمند پسماندها که در گزارش حاضر به آن اشاره شده است، دور از ذهن نخواهد بود. لذا راهکارهای مورد استفاده در سایر کشورها به‌منظور فائق آمدن بر چالش‌ها و موانع هوشمندسازی که گریبان‌گیر مدیریت اجرایی پسماندها در این کشورها بوده است، برای جلوگیری از تکرار تجربیات نمونه‌های بین‌المللی در کشور و از بین رفتن زمان و هزینه می‌تواند مفیدفایده باشد.

همان‌گونه که در گزارش اشاره شد، فرایند هوشمندسازی پسماند در کشور بیشتر معطوف به برنامه‌های کاربردی جمع‌آوری پسماند خشک تفکیک شده و همچنین نصب دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک در برخی از شهرهای کشور بوده است. هرچند راه‌اندازی سامانه‌های جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک در شهرداری‌های مختلف کشور طی سالیان اخیر به‌طور جدی‌تری مورد توجه قرار گرفته است، ولی تجربیات شهرهای مختلف بیانگر موفقیت‌ها و بعضاً ناکامی‌هایی است. درمجموع چالش‌هایی نظیر زیرساخت اجرایی و لجستیک ناکافی، میزان اندک تفکیک از مبدأ در کشور و تدوین دیرهنگام «جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک توسط مجریان بخش خصوصی» در این حوزه وجود دارد. تاکنون ۱۸ دستگاه خوددریافت پسماند خشک در کشور نصب شده است. بررسی تجربیات پیشین در این خصوص نشان می‌دهد که به‌دلیل موانعی نظیر مشکلات فنی برخی از دستگاه‌ها، فقدان پیوست اجتماعی و فرهنگی، در نظر نگرفتن مشوق‌های مناسب برای مشارکت

شهروندان و هزینه بالای دستگاه‌های خوددریافت در مقایسه با روش تفکیک پســـماند در مخزن این دستگاه‌ها تاکنون در کشور موفقیت چندانی در مدیریت پسماند کسب نکرده‌اند.

۱-۶. رفع موانع و چالش‌های وضع موجود مدیریت هوشمند پسماند در کشور

الف) در این راستا برای غلبه بر موانع موجود در خصوص جمع آوری هوشمند پسماند خشک پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شود:

۱. ایجاد زیرسامانه برای پایش بازده عملکرد برنامه‌های کاربردی در سامانه یکپارچه پایش مدیریت پسماندها،
۲. جلوگیری از انحصارطلبی و ارتقای شفافیت در صدور مجوز بخش خصوصی دارای صلاحیت،
۳. اجرای قوانین مربوط به منع اشتغال کاذب کودکان و اتباع بیگانه در زمینه زباله‌گردی و ایجاد موقعیت شغلی پایدار جایگزین برای افراد مجاز به‌کار که در حال حاضر به زباله‌گردی مشغول هستند،
۴. تغییر نگرش صرفاً اقتصادی به مدیریت پسماند در شهرداری‌های کشور و جایگزینی نگرش اقتصاد چرخشی،
۵. بهره‌گیری از ظرفیت مراکز پژوهشی، استارت‌آپ‌ها و دانش‌بنیان و استفاده از توان داخلی،
۶. آموزش و فرهنگ‌سازی شهروندان برای بهبود تفکیک از مبدأ،
۷. ارتقای توان لجستیکی و افزایش تعداد ناوگان جمع‌آوری شرکت‌های فعال در حوزه اپلیکیشن‌ها به‌منظور تسریع و تسهیل در خدمت‌رسانی به مشترکان به‌خصوص در کلان‌شهرهای کشور.

ب) علاوه‌بر این، به‌منظور غلبه بر چالش‌های مزبور در خصوص دستگاه خوددریافت پسماند خشک پیشنهادهای زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

۱. جانمایی مناسب دستگاه‌ها براساس مؤلفه‌هایی نظیر دسترسی آسان برای عموم مردم، زیبایی منظر شهری، دسترسی به برق و اینترنت و ...،
۲. تعبیه سازوکارهای تشویقی مناسب برای افزایش انگیزه شهروندان،
۳. آموزش و فرهنگ‌سازی شهروندان برای استفاده درست از دستگاه.

۲-۶. ارائه راهکارهای پیشنهادی در خصوص روند آتی مدیریت هوشمند پسماند در کشور

در پایان با توجه به تجربیات پیشین انجام شده در کشور و تجربیات جهانی راهکارهای ذیل برای ارتقای هوشمندسازی مدیریت پسماند در مسیر آتی کشور ارائه می‌شود:

۱. ارتقای شفافیت و مقابله با انحصارگرایی با بهره‌گیری از ظرفیت بخش خصوصی از طریق الزام کلیه شهرداری‌های کشور بر رعایت شیوه‌نامه «جمع‌آوری هوشمند پسماند خشک توسط مجریان بخش خصوصی»،
۲. ســـامانه‌مند کردن کلیه فعالیت‌های مدیریت پســـماند اعم از جمع‌آوری، بازیافت، دفن و پایش و اتصال آن به سامانه یکپارچه مدیریت پسماندها توسط شهرداری‌های کشور،
۳. استفاده از ظرفیت مراکز پژوهشی، دانشگاه‌ها، استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان به‌منظور بومی‌سازی و پیاده‌سازی نمونه‌های موفق بین‌المللی هوشمندسازی مدیریت پسماند با در نظر گرفتن شرایط کشور توسط معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان،
۴. ایجاد و توسعه زیرساخت‌های لازم و رفع مشکلات فنی و اجرایی موجود به‌منظور رسوخ فناوری‌ها و روش‌های نوین و هوشمند در کلیه چرخه مدیریت پسماند از تولید تا دفع، از طریق همکاری وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و وزارت کشور،
۵. مستندسازی بی‌طرفانه تجربیات پیشین هوشمندسازی مدیریت پسماندها در کشور و واکاوی دلایل موفقیت و هوشمندسازی مدیریت پسماندها توسط سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و منوط کردن توسعه روش‌های هوشمندسازی به اجرای پایلوت، آسیب‌شناسی و رفع نواقص موجود،
۶. تدوین پیوست فرهنگی و اجتماعی هوشمندسازی مدیریت پسماند در کشور، همکاری نهادهای آموزشی و فرهنگی کشور، صدا و سیما و سایر دستگاه‌های مسئول (موضوع ماده (۶) قانون مدیریت پسماندها مصوب سال ۱۳۸۳) به‌منظور ارتقای آگاهی مردم در رابطه با روش‌ها و فناوری‌های هوشمند و نوظهور مدیریت پسماند شهری و بهبود تفکیک از مبدأ پسماند.

منابع و مآخذ

1. Czekała, Wojciech., Drozdowski Jedrzej., Labiak Piotr. (2023). Modern Technologies for Waste Management: A Review. Appl.Sci. 2023, 13, 8847. https://doi.org/۱۰/۳۳۹۰/app13158847
2. Fang, Bingbing., Yu, Jiacheng., Chen, Zhonghao., Osman, AhmedI., Farghali, Mohamed., Ihara, Ikko., Hamza, EssamH., Rooney, DavidW., Yap, Pow-Seng., (2023). Artifcial intelligence for waste management in smart cities: a review. Environmental Chemistry Letters (2023) 21:1959–1989 https://doi.org/10.1007/s10311-023-01604-3
3. Tomari, R., et al. (2017) Development of reverse vending machine (RVM) framework for implementation to a standard recycle bin. Procedia Computer Science. 105: p. 75-80.
4. Mariya, D., et al.(2020) Reverse vending machine for plastic bottle recycling. Int. J. Comput. Sci. Technol. 8(2): p. 65-70.
5. Amantayeva, A., et al. (2021).A systems engineering study of integration reverse vending machines into the waste management system of Kazakhstan. Journal of Material Cycles and Waste Management. 23: p. 872-884.
6. Zhang, A., Venkatesh, V. G., Liu, Y., Wan, M., Qu, T., & Huisingh, D. (2019). Barriers to smart waste management for a circular economy in China. Journal of Cleaner Production, 240, 118198.
7. A. Twabi and C. Mikeka. (2021). “Technical Challenges of IoT deployment in Developing countries: Case of Waste Management System Using Particle Electron in Malawi, “ in 2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), 2021: IEEE, pp. 1-6.
8. H. Harati, F. Haghighi-Rad and R. Y. Zenouz, “IT-based and Non-IT -based methods to separate and collect waste,” 2022 13th International Conference on Information and Knowledge Technology (IKT), Karaj, Iran, Islamic Republic of, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/IKT57960.2022.10039027.
۹. فرضی دیری. عبدالامیر، جاوید. امیرحسین، غفارزاده. حمیدرضا، حسین‌زاده لطفی، فرهاد، (۱۴۰۰). «بررسی تطبیقی مدل مدیریت تفکیک از مبدأ پسماند خشک با روش‌های مراجعه به درب مبادی تولید و به‌کارگیری دستگاه‌های خوددریافت پسماند خشک در مناطق غربی شهر تهران». فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جغرافیایی. جلد ۳۷ شماره ۱ صفحات ۱۳۹-۱۲۷.

گزیده سیاستی

بهره‌گیری از علم و فناوری در راستای مدیریت هوشمند پسماندها می‌تواند از طریق افزایش بازده اجرایی، کمینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست، تقلیل هزینه‌ها، ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار و به‌طور کلی ارتقای تاب‌آوری مدیریت شهری را به‌همراه داشته باشد.

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۵۸۵۵-۱۵۸۷۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وب‌سایت: rc.majles.ir