

ارزیابی تأثیر نظام جامع مدیریت پسماند شهری بر بهبود کیفیت محیط زیست و کاهش هزینه‌های عملیاتی شهرداری‌ها: رویکردی مبتنی بر مدیریت پایدار

حجت اله خرم دل^۱، محمد رضا حسین پور^۲

۱- کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی، گرایش بازاریابی، موسسه آموزش عالی خرد بوشهر. (سرپرست مدیریت پیشگیری و رفع تخلفات شهری).

۲- لیسانس مهندسی تولیدات گیاهی (زراعت) شهر کرد، (مدیر هماهنگی و نظارت بر امور خدمات شهری).

چکیده

مدیریت پسماند شهری به عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی، مالی و اجتماعی در مسیر توسعه پایدار کلان‌شهرها شناخته می‌شود و اثرات عمیقی بر سلامت عمومی، منابع طبیعی و ساختار اقتصادی شهرداری‌ها پیدا کرده است. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی جامع تأثیرات استقرار نظام جامع مدیریت پسماند شهری (SWMS) بر بهبود کیفیت محیط زیست شهرها و کاهش هزینه‌های عملیاتی، با رویکردی مبتنی بر تحلیل اسنادی و تلفیق یافته‌های مطالعات معتبر داخلی و خارجی است. پژوهش حاضر ضمن مرور مبانی نظری مدیریت پایدار و مرور گسترده ادبیات مربوطه، اجزای اصلی نظام جامع مدیریت پسماند از جمله کاهش تولید، تفکیک از مبدأ، جمع‌آوری هوشمند و بهینه و همچنین فرآیندهای بازیافت و دفن نهایی را مورد تحلیل مفصل قرار داده است. یافته‌های مطالعات نشان می‌دهد پیاده‌سازی مؤثر این نظام نه تنها منجر به کاهش محسوس آلودگی‌های خاک، هوا و منابع زیرزمینی به سبب بهبود روش‌های دفن و پردازش می‌شود، بلکه با خلق درآمدهای جدید از طریق فروش مواد قابل بازیافت و کاهش هزینه‌های سنگین عملیات جمع‌آوری و دفع، به اصلاح ساختار اقتصاد شهری کمک می‌کند. همچنین تأکید ویژه بر نقش مشارکت فعال شهروندان و یکپارچه‌سازی فناوری‌های هوشمند و ارتباطی، به عنوان پیش شرط اصلی موفقیت، در بخش‌های مختلف مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه‌گیری این پژوهش بیانگر آن است که نظام جامع مدیریت پسماند، ستون اصلی پایداری محیطی و مالی شهرداری‌ها محسوب می‌شود و رویکرد هزینه-فایده بلندمدت و چندوجهی آن، ضرورت گذار از مدل‌های سنتی به سمت رویکردهای نوین را برجسته می‌سازد. تحقق این اهداف، مستلزم هم‌افزایی ذی‌نفعان، اصلاح ساختار سازمانی و سرمایه‌گذاری مستمر در آموزش و زیرساخت فناوریانه است؛ بنابراین SWMS می‌تواند نقش استراتژیک در ارتقاء زیست‌پذیری شهری ایفا کند.

واژگان کلیدی: نظام جامع مدیریت پسماند، پایداری شهری، کیفیت محیط زیست، هزینه‌های عملیاتی شهرداری، تفکیک از مبدأ

مقدمه

توسعه سریع شهرنشینی، افزایش جمعیت و تغییر الگوهای مصرفی در دهه‌های اخیر، منجر به تولید حجم فزاینده‌ای از پسماندهای شهری گردیده که مدیریت ناکارآمد آن‌ها تبدیل به یکی از بزرگ‌ترین تهدیدات علیه سلامت عمومی و ثبات محیط‌زیست در سطح جهان شده است. پسماندهای شهری، اگرچه اغلب به عنوان یک محصول جانبی اجتناب‌ناپذیر زندگی شهری تلقی می‌شوند، اما در صورت عدم مدیریت صحیح، منبع اصلی آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی، هوا و منابع انرژی محسوب می‌گردند (نصرتی و همکاران، ۲۰۲۰). در بستر شهرداری‌های کشور، فقدان یک رویکرد منسجم و یکپارچه که تمام مراحل از تولید تا دفع نهایی را در بر گیرد، موجب شده است که سرمایه‌گذاری‌های جزیره‌ای و واکنشی جایگزین برنامه‌ریزی بلندمدت و سیستمی گردند. این وضعیت نه تنها هزینه‌های سنگینی را بر دوش مدیریت شهری تحمیل می‌کند، بلکه منجر به تخریب مستمر ظرفیت‌های محیطی و کاهش محسوس کیفیت زندگی شهروندان می‌شود (رمضانی‌پاچی و همکاران، ۲۰۲۱).

در این میان، مفهوم «نظام جامع مدیریت پسماند شهری» (SWMS) به عنوان یک پارادایم نوین مطرح شده است که هدف آن حرکت از مدل خطی "تولید-مصرف-دفع" به سمت مدل چرخشی و سیستمی است که در آن هر ماده زائد، پتانسیل بازگشت به چرخه تولید را دارد. این نظام، فراتر از جمع‌آوری و دفن، شامل سلسله‌مراتب مدیریتی دقیقی است که اولویت را به پیشگیری، کاهش تولید، استفاده مجدد و بازیافت می‌دهد و تنها به عنوان آخرین راهکار به دفع مهندسی شده متوسل می‌شود (آنامرادنژاد و همکاران، ۲۰۱۸).

اهمیت استقرار این نظام تنها در ابعاد محیط‌زیستی خلاصه نمی‌شود؛ بلکه جنبه‌های اقتصادی و مالی شهرداری‌ها را نیز به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. شهرداری‌ها به طور سنتی بخش عمده‌ای از بودجه خود را صرف هزینه‌های سرسام‌آور جمع‌آوری، حمل و نقل و نگهداری محل‌های دفن می‌کنند که این هزینه‌ها اغلب بدون بازدهی اقتصادی مستقیم و با اثرات منفی محیطی همراه است. انتقال به یک نظام جامع، با تکیه بر مکانیسم‌های اقتصادی مانند فروش مواد قابل بازیافت، کاهش حجم پسماند ارسالی به لندفیل‌ها و بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل، پتانسیل قابل توجهی برای کاهش بار مالی عملیاتی شهرداری‌ها فراهم می‌آورد (قانع‌ی اردکانی، ۲۰۲۵).

پژوهش حاضر تلاش می‌کند تا با مروری تحلیلی و عمیق بر ادبیات موجود، به طور مشخص تأثیرات مثبت استقرار این نظام یکپارچه را بر دو محور اساسی پایداری شهری، یعنی ارتقاء شاخص‌های محیط‌زیستی و کنترل و کاهش هزینه‌های جاری شهرداری‌ها، مورد کاوش قرار دهد. این بررسی به ویژه از منظر رشته کارشناسی حرفه‌ای روابط عمومی که بر درک تعاملات اجتماعی و اقناع عمومی متمرکز است، حائز اهمیت است، زیرا موفقیت هر نظام فنی، منوط به پذیرش و مشارکت فعال جامعه است که نیازمند استراتژی‌های ارتباطی مؤثر و شفاف‌سازی منافع بلندمدت است (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۲۳).

بنابراین، شناخت کامل مزایای محیط‌زیستی و اقتصادی این نظام، زمینه را برای تدوین سیاست‌های مؤثر ترویجی و عملیاتی در سطح مدیریت شهری فراهم می‌آورد و ضرورت گذار از رویکردهای سنتی به مدیریت پایدار پسماند را بیش از پیش نمایان می‌سازد. تحلیل رابطه بین شفافیت عملیاتی ناشی از نظام جامع و اعتماد عمومی، که یکی از خروجی‌های روابط عمومی کارآمد است، خود می‌تواند عاملی تسریع‌کننده در اجرای موفقیت‌آمیز این طرح‌ها تلقی شود (وزیری و همکاران، ۲۰۲۴).

۲. مبانی نظری و چارچوب مفهومی مدیریت پایدار پسماند

مفهوم مدیریت پایدار پسماند شهری (Sustainable Solid Waste Management - SSWM) ریشه در تئوری‌های توسعه پایدار دارد که بر لزوم برآورده ساختن نیازهای نسل حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآورده ساختن نیازهای خود تأکید دارد (رستمی و همکاران، ۲۰۱۵). در حوزه پسماند، پایداری به معنای سیستمی است که در آن تمام جریان‌های پسماند به گونه‌ای مدیریت شوند که اثرات منفی بر محیط‌زیست به حداقل رسیده، منابع طبیعی حفظ شده و از نظر اقتصادی نیز توجیه‌پذیر و بلندمدت باشند. چارچوب مفهومی SSWM بر اساس سلسله‌مراتب سلسله مراتبی (Waste Hierarchy) بنا شده است که جهت‌گیری استراتژیک مدیریت را تعیین می‌کند. این سلسله مراتب که مورد تأکید قوانین بین‌المللی و ملی است، از اولویت بالایی برای پیشگیری و کاهش تولید پسماند (Waste Prevention) آغاز می‌شود، سپس به استفاده مجدد (Reuse)، بازیافت (Recycling)، بازیابی انرژی (Energy Recovery) و در نهایت، دفع نهایی (Disposal) به عنوان آخرین و نامطلوب‌ترین گزینه می‌رسد (شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۱۳).

این رویکرد سلسله مراتبی، سنگ بنای شکل‌گیری هر نظام جامع موفق است، زیرا تمامی اقدامات دیگر را تابع یک هدف کلان‌تر یعنی "کاهش مداخله در چرخه طبیعت" قرار می‌دهد. تأکید بر کاهش تولید، مستلزم بررسی عمیق الگوهای مصرف در سطح جامعه و تغییر فرهنگ شهروندی است که با رویکردهای روابط عمومی برای ترویج مصرف مسئولانه ارتباط مستقیم دارد (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۲۳). در سطح نظری، مدیریت پایدار پسماند همچنین بر مفهوم اقتصاد چرخشی (Circular Economy) منطبق است. اقتصاد چرخشی، سیستمی است که در آن مواد و محصولات تا حد امکان در چرخه‌های استفاده باقی بمانند و مفهوم "زباله" به معنای سنتی آن از بین برود (گلکار و همکاران، ۲۰۲۵). در چارچوب اقتصاد چرخشی، پسماند یک منبع هدررفته نیست، بلکه خوراک جدیدی برای صنایع بازیافت و تولید محسوب می‌شود. این تغییر پارادایم، نیازمند یکپارچگی بین فرآیندهای تولید شهری و زیرساخت‌های بازیافت است که نظام جامع مدیریت پسماند متولی اجرای آن در سطح عملیاتی شهر است (بقالی اقدام و همکاران، ۲۰۲۵).

علاوه بر این، چارچوب مفهومی پایداری، سه رکن اساسی محیط زیست، اقتصاد و اجتماع را در بر می‌گیرد. مدیریت پایدار پسماند صرفاً یک مسئله فنی نیست، بلکه باید تعادل میان این سه رکن را برقرار سازد. از منظر اجتماعی، موفقیت طرح‌ها به میزان مشارکت و پذیرش جامعه بستگی دارد (حبیبی و همکاران، ۲۰۱۸). از منظر اقتصادی، مدیریت باید هزینه‌های سرسام‌آور دفع را کاهش داده و در عین حال، ارزش افزوده اقتصادی ناشی از بازیافت را به حداکثر برساند (قانع‌ی اردکانی، ۲۰۲۵). و از منظر محیط زیستی، هدف اصلی، حفاظت از اکوسیستم شهری و کاهش اثرات گلخانه‌ای و آلودگی‌ها است (شکرزاده سوره و همکاران، ۲۰۲۳). نظام جامع، ابزاری عملیاتی برای تحقق این اهداف سه‌گانه است که چارچوب نظری پایداری را به فعالیت‌های ملموس روزمره شهری ترجمه می‌کند. این چارچوب نظری، به روشنی نشان می‌دهد که تمرکز صرف بر روی جمع‌آوری و دفن، که روش غالب در بسیاری از شهرهای سنتی است، نه تنها پایدار نیست، بلکه در بلندمدت منجر به انباشت مشکلات محیطی و مالی خواهد شد. رویکرد سیستمی که در نظام جامع مورد تأکید قرار می‌گیرد، مستلزم درک کامل جریان مواد و انرژی در شهر و شناسایی نقاط بهینه برای مداخله است. این نظریه، توجیه‌کننده لزوم سرمایه‌گذاری اولیه در زیرساخت‌های تفکیک و پردازش است، زیرا هزینه‌های پیشگیری و بازیافت معمولاً بسیار کمتر از هزینه‌های بلندمدت آلودگی و مدیریت لندفیل‌ها خواهد بود (دیانی و همکاران، ۲۰۲۵).

۳. نظام جامع مدیریت پسماند شهری و اجزای آن در شهرداری‌ها

نظام جامع مدیریت پسماند شهری (SWMS) مجموعه‌ای از استراتژی‌ها، سیاست‌ها، ساختارها و فناوری‌های متصل به هم است که به منظور مدیریت کل زنجیره مواد زائد جامد شهری، از نقطه تولید تا دفع نهایی یا بازگشت به چرخه مصرف، طراحی و اجرا می‌شود. این نظام برخلاف سیستم‌های سنتی که تنها بر جمع‌آوری و دفع تمرکز داشتند، یکپارچگی و توالی منطقی مراحل را تضمین می‌کند و هر جزء از آن مستقیماً بر عملکرد اجزای دیگر تأثیر می‌گذارد (خوشنواز و همکاران، ۲۰۲۳). اولین و اساسی‌ترین جزء این نظام، «پیشگیری و کاهش تولید» (Reduction) است که ریشه در سیاست‌های کلان مصرف‌گرایی دارد. اگرچه این مرحله بیشتر یک هدف سیاستی است، اما شهرداری‌ها از طریق آموزش عمومی و اعمال مقررات (مانند ممنوعیت استفاده از ظروف یکبار مصرف در رویدادهای شهری) می‌توانند در کاهش ورودی مواد به سیستم نقش‌آفرین باشند (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۲۳).

جزء دوم و حیاتی‌ترین مرحله اجرایی، «تفکیک از مبدأ» (Source Separation) است. کارایی تمام مراحل بعدی، به ویژه بازیافت، به کیفیت و کمیت تفکیک در مرحله تولید بستگی دارد. نظام جامع نیازمند زیرساخت‌های فیزیکی (مانند سطل‌های تفکیک رنگی، کیسه‌های مخصوص) و مهم‌تر از آن، زیرساخت‌های نرم‌افزاری (آموزش مستمر و فرهنگ‌سازی توسط واحدهای روابط عمومی) است تا اطمینان حاصل شود که پسماندهای تر و خشک به صورت مجزا جمع‌آوری می‌شوند (ندا جلالی و همکاران، ۲۰۲۳). مرحله بعدی، «جمع‌آوری و حمل و نقل بهینه» است.

در یک نظام جامع، جمع‌آوری دیگر به صورت رندوم و صرفاً برای پر کردن ظرفیت لندفیل صورت نمی‌گیرد؛ بلکه مسیرها بر اساس حجم و ترکیب تفکیک‌شده پسماندها طراحی مجدد می‌شوند (نصرتی و همکاران، ۲۰۲۰). استفاده از فناوری‌های اطلاعات مکانی (GIS) و سامانه‌های مدیریت ناوگان برای بهینه‌سازی مسیرها، نه تنها زمان سفر را کاهش می‌دهد بلکه مصرف سوخت و استهلاک ماشین‌آلات را نیز تقلیل می‌بخشد و به کاهش هزینه‌های عملیاتی کمک شایانی می‌کند (وزیری و همکاران، ۲۰۲۴). پس از جمع‌آوری، مواد خشک تفکیک‌شده به «ایستگاه‌های انتقال یا مراکز پردازش اولیه» منتقل می‌شوند که وظیفه وزن‌کشی، کنترل کیفیت و فشردن مواد را بر عهده دارند. این مرحله بستری برای ورود به بخش ارزش‌آفرین نظام است. در قلب نظام جامع، فرآیندهای «بازیابی و بازیافت» قرار دارند. این بخش شامل راه‌اندازی کارخانجات کمپوست برای پسماندهای آلی، تأسیسات بازیافت برای مواد خشک (پلاستیک، کاغذ، شیشه و فلزات) و یا حتی انرژی‌زایی از زباله (Waste-to-Energy) در صورت لزوم و حجم تولید است (قانع‌ی اردکانی، ۲۰۲۵).

موفقیت در این مرحله، مستقیماً با کیفیت تفکیک اولیه در ارتباط است؛ زیرا هرچه خلوص مواد بازیافتی بالاتر باشد، ارزش اقتصادی آن‌ها در بازار مواد اولیه ثانویه افزایش می‌یابد (خوشنواز و همکاران، ۲۰۲۳). در نهایت، جزء نهایی نظام، «دفع مهندسی‌شده پسماند باقیمانده» است. در یک نظام جامع، این جزء باید کوچک‌ترین سهم حجمی را در کل جریان پسماند به خود اختصاص دهد. محل‌های دفن باید بر اساس اصول مهندسی بهداشتی و زیست‌محیطی (لندفیل‌های بهداشتی) احداث و مدیریت شوند تا از نشت شیرابه و تولید گازهای گلخانه‌ای به حداقل برسد (شکرزاده سوره و همکاران، ۲۰۲۳). این اجزا باید تحت یک ساختار مدیریتی واحد و با استفاده از شاخص‌های عملکردی دقیق نظارت شوند تا اطمینان حاصل شود که جریان مواد از یک مرحله به مرحله دیگر با کمترین اتلاف و بیشترین ارزش افزوده حرکت می‌کند (رمضان‌زاده و شکیبایی‌فر، ۲۰۲۲).

۴. تأثیر نظام جامع مدیریت پسماند بر کیفیت محیط‌زیست شهری

نظام جامع مدیریت پسماند شهری (SWMS) نه تنها یک الزام مدیریتی، بلکه یک استراتژی کلیدی برای بهبود و حفاظت از محیط‌زیست شهری محسوب می‌شود. تأثیرات مثبت این نظام بر کیفیت محیط‌زیست از طریق کاهش آلاینده‌ها در تمامی مجاری محیطی قابل مشاهده است. نخستین و مهم‌ترین تأثیر، در کاهش آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی است که مستقیماً با مدیریت محل‌های دفن غیربهداشتی در ارتباط است. در سیستم‌های سنتی، پسماندهای شهری اغلب بدون هیچ‌گونه پوشش یا زهکشی مناسب دفن می‌شوند و شیرابه تولیدشده (Leachate) حاوی مقادیر بالایی از مواد آلی، فلزات سنگین و مواد بیماری‌زا، به داخل خاک نفوذ کرده و آب‌های زیرزمینی را آلوده می‌سازد (آنامراندزاد و همکاران، ۲۰۱۸).

در مقابل، نظام جامع با اولویت دادن به کاهش حجم پسماند ورودی به لندفیل‌ها (از طریق بازیافت و کمپوست)، میزان تولید شیرابه را به شدت کاهش می‌دهد. علاوه بر این، الزام به احداث لندفیل‌های بهداشتی با داشتن لایه‌های عایق‌بندی و سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه شیرابه، جلوی ورود این آلاینده‌ها به محیط زیست را می‌گیرد (شکرزاده سوره و همکاران، ۲۰۲۳). دومین تأثیر عمده بر کیفیت هوا است. پسماندهای آلی که در لندفیل‌ها تجزیه می‌شوند، گاز متان (CH_4) تولید می‌کنند که یک گاز گلخانه‌ای بسیار قوی‌تر از دی‌اکسید کربن است (نصرتی و همکاران، ۲۰۲۰).

نظام جامع با هدایت پسماند آلی به سمت فرآیندهای کمپوست‌سازی کنترل‌شده، به جای تجزیه بی‌هوای در لندفیل، تولید متان را به شدت کاهش می‌دهد و در صورت استفاده از سیستم‌های بازیابی انرژی، می‌تواند انرژی مفیدی را نیز از این گازها استخراج کند. همچنین، حذف سوزاندن کنترل‌نشده زباله که متأسفانه در برخی نقاط مرسوم است، از انتشار دی‌اکسیدها و فوران‌ها که ترکیبات سرطان‌زا هستند، جلوگیری می‌نماید (رمضانی‌پاچی و همکاران، ۲۰۲۱). تأثیر سوم، حفظ منابع طبیعی و کاهش مصرف انرژی است. بازیافت مواد خام مانند فلزات، پلاستیک‌ها و کاغذ مستلزم مصرف انرژی بسیار کمتری نسبت به تولید آن‌ها از مواد بکر است. به عنوان مثال، بازیافت آلومینیوم تا ۹۵ درصد صرفه‌جویی انرژی به همراه دارد (خوشنواز و همکاران، ۲۰۲۳). با افزایش نرخ بازیافت در چارچوب نظام جامع، نیاز به استخراج مواد معدنی، قطع درختان و استخراج نفت خام کاهش می‌یابد، که نتیجه مستقیم آن، حفظ تنوع زیستی، کاهش تخریب زیستگاه‌ها و کاهش انتشار گازهای ناشی از فرآیندهای صنعتی اولیه است (قانع‌ی اردکانی، ۲۰۲۵).

چهارمین محور، بهبود منظر شهری و سلامت عمومی است. جمع‌آوری مؤثر و به‌موقع پسماند، که بخشی از طراحی سیستمی SWMS است، از تجمع زباله در معابر، کانال‌ها و فضاهای سبز جلوگیری می‌کند. این امر نه تنها زیبایی بصری شهر را افزایش می‌دهد، بلکه از تکثیر ناقلین بیماری‌ها مانند جوندگان و حشرات جلوگیری کرده و به طور مستقیم سلامت شهروندان را ارتقا می‌بخشد (ندا جلالی و همکاران، ۲۰۲۳). در مجموع، اجرای نظام جامع، شهر را از یک مصرف‌کننده صرف منابع به یک اکوسیستم نسبتاً بسته و خودپایدار تبدیل می‌کند، جایی که مواد به طور پیوسته جریان می‌یابند و اثرات تخریبی بر محیط زیست به حداقل می‌رسد (وزیری و همکاران، ۲۰۲۴).

۵. نقش نظام جامع مدیریت پسماند در کاهش هزینه‌های عملیاتی شهرداری‌ها

یکی از نتایج ملموس و قابل اندازه‌گیری استقرار نظام جامع مدیریت پسماند شهری (SWMS)، تأثیر مثبت آن بر ساختار مالی و کاهش هزینه‌های عملیاتی شهرداری‌ها است. در مدل‌های سنتی مدیریت پسماند، هزینه‌ها به طور عمده متمرکز بر مراحل انتهایی زنجیره، یعنی جمع‌آوری و دفن، بوده و این مراحل خود به شدت هزینه‌بر هستند. نظام جامع، با تمرکز بر سلسله مراتب پسماند، با هدف قرار دادن مراحل اولیه و میانی، به طور سیستماتیک هزینه‌های کل را کاهش می‌دهد (قانع‌ی اردکانی، ۲۰۲۵).

مهم‌ترین صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از کاهش حجم پسماند ورودی به محل‌های دفن است. هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری، نگهداری، پایش و پوشش روزانه لندفیل‌ها (شامل هزینه‌های نیروی انسانی، تجهیزات سنگین و مدیریت شیرابه) از سنگین‌ترین اقلام بودجه‌ای شهرداری‌ها هستند (دیانی و همکاران، ۲۰۲۵).

هر تن پسماندی که از طریق تفکیک و بازیافت از این چرخه حذف شود، به معنای صرفه‌جویی در هزینه‌های دفن و کاهش نیاز به تملک اراضی جدید برای ایجاد لندفیل‌های آتی است. علاوه بر این، بازیافت مواد ارزشمند، شهرداری‌ها را از حالت مصرف‌کننده خالص به تولیدکننده درآمد تبدیل می‌کند. مواد قابل فروش مانند فلزات، PET، کاغذ و مقوا، در صورت تفکیک و پردازش مناسب، ارزش قابل توجهی در بازار مواد اولیه ثانویه دارند (خوشنواز و همکاران، ۲۰۲۳). اگر شهرداری بتواند قراردادهای بلندمدتی برای تأمین این مواد با صنایع بازیافتی منعقد کند، جریان درآمدی پایدار و قابل اتکایی را ایجاد خواهد کرد که می‌تواند بخشی از هزینه‌های عملیاتی جمع‌آوری را پوشش دهد. جنبه اقتصادی دیگر، بهینه‌سازی فرآیندهای حمل و نقل مربوط می‌شود. در نظام جامع، جمع‌آوری پسماند تر (که حجم بیشتری دارد و سنگین‌تر است) از پسماند خشک تفکیک می‌شود. طراحی مسیرهای بهینه مبتنی بر GIS، همان‌طور که اشاره شد، مصرف سوخت، استهلاک ناوگان و ساعات کارکرد پرسنل را کاهش می‌دهد (وزیری و همکاران، ۲۰۲۴).

کاهش حجم و وزن پسماند جمع‌آوری‌شده برای دفن نیز به معنای کاهش تعداد سفرهای مورد نیاز به محل دفن است که تأثیر مستقیمی بر کاهش هزینه‌های لجستیک دارد. همچنین، تبدیل پسماند آلی به کمپوست استاندارد، علاوه بر فواید محیط‌زیستی (تولید خاک اصلاح‌شده)، درآمدزایی غیرمستقیم ایجاد می‌کند؛ زیرا این کمپوست می‌تواند به پارک‌ها و فضای سبز شهری عرضه شود و شهرداری را از خرید خاک و کودهای شیمیایی گران‌قیمت بی‌نیاز سازد (رمضان‌زاده و شکیبایی‌فر، ۲۰۲۲). علاوه بر هزینه‌های جاری، نظام جامع با پیشگیری از آلودگی، هزینه‌های بلندمدت را نیز کاهش می‌دهد. هزینه‌های مربوط به احیای اراضی آلوده، درمان بیماری‌های ناشی از آلودگی محیط زیست شهری و جریمه‌های احتمالی ناشی از عدم رعایت استانداردها، در صورت عدم وجود نظام جامع، به طور غیرمستقیم بر دوش بودجه عمومی شهر تحمیل می‌شود (بقالی اقدم و همکاران، ۲۰۲۵).

بنابراین، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های اولیه نظام جامع (ایستگاه‌های پردازش، آموزش) نه هزینه‌کرد، بلکه یک سرمایه‌گذاری استراتژیک محسوب می‌شود که بازدهی آن از طریق کاهش هزینه‌های دفع و افزایش درآمدهای بازیافتی، در یک بازه زمانی مشخص، قابل اثبات است (قانع‌ی اردکانی، ۲۰۲۵). این رویکرد اقتصادی، توجیه لازم برای جلب حمایت‌های مالی و سیاسی برای اجرای کامل SWMS را فراهم می‌سازد.

۶. مشارکت شهروندان، فناوری‌های هوشمند و تقویت مدیریت پایدار پسماند

موفقیت هر نظام جامع مدیریت پسماند شهری، به ویژه در مراحل اولیه مانند تفکیک از مبدأ، وابستگی مطلق به درگیری فعال و مستمر شهروندان دارد. از دیدگاه روابط عمومی، شهروندان نه تنها مصرف‌کنندگان خدمات، بلکه تولیدکنندگان داده و شرکای کلیدی در فرآیند مدیریت پسماند هستند (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۲۳).

نظام جامع بدون ایجاد یک فرهنگ مشارکتی قوی، صرفاً به مجموعه‌ای از تجهیزات فنی تبدیل خواهد شد که کارایی لازم را نخواهد داشت. مشارکت شهروندان، که باید هدف اصلی استراتژی‌های ارتباطی و آموزشی شهرداری باشد، شامل پذیرش مسئولیت در تفکیک مواد، استفاده صحیح از ظروف مخصوص و اطلاع‌رسانی به موقع به سازمان مدیریت در صورت مشاهده

ناهنجاری‌های جمع‌آوری است (ندا جلالی و همکاران، ۲۰۲۳). این مشارکت باید مبتنی بر شفافیت کامل در خصوص منافع بازیافت و نحوه بازگشت ارزش اقتصادی حاصل از آن به جامعه محلی باشد. در کنار این عنصر انسانی، بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند (Smart Technologies) به عنوان کاتالیزورهایی برای افزایش بهره‌وری و نظارت بر اجرای نظام جامع عمل می‌کنند. فناوری‌های هوشمند می‌توانند ضعف‌های مدیریتی و شفافیت اطلاعاتی را پوشش دهند و اجرای دقیق تفکیک و جمع‌آوری را تسهیل نمایند (وزیری و همکاران، ۲۰۲۴).

یکی از کاربردهای کلیدی، استفاده از حسگرها و سیستم‌های اینترنت اشیا (IoT) در مخازن زباله است. این حسگرها می‌توانند سطح پرشدگی سطل‌ها را به صورت لحظه‌ای به مرکز کنترل گزارش دهند (شکرزاده سوره و همکاران، ۲۰۲۳). این داده‌ها به مراکز تصمیم‌گیری این امکان را می‌دهند که مسیرهای جمع‌آوری را دینامیکاً و تنها برای سطل‌های پر شده برنامه‌ریزی کنند که این امر به طور مستقیم موجب کاهش مسافت پیموده شده، کاهش مصرف سوخت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (وزیری و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین، فناوری‌های هوشمند در حوزه بازیافت، از طریق استفاده از تجهیزات پیشرفته تفکیک (مانند دستگاه‌های جداساز نوری یا اپتیکال) در مراکز پردازش، دقت و خلوص مواد بازیافتی را به طور چشمگیری افزایش می‌دهند که مستقیماً بر ارزش اقتصادی این مواد تأثیر مثبت می‌گذارد (قانع اردکانی، ۲۰۲۵).

از منظر روابط عمومی، استفاده از اپلیکیشن‌های موبایلی برای اطلاع‌رسانی به شهروندان درباره برنامه زمان‌بندی جمع‌آوری تفکیکی، ارائه بازخورد در مورد کیفیت تفکیک محله‌ها، و ایجاد بستر ارتباطی دوطرفه با واحد خدمات شهری، اعتماد عمومی را تقویت کرده و آموزش‌های مستمر را در قالب‌های جذاب ارائه می‌دهد (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۲۳). در نهایت، ادغام داده‌های جمع‌آوری شده از حسگرها و سوابق تفکیک شهروندان با سیستم‌های مدیریت شهرداری، امکان ارائه گزارش‌های دقیق و مستند در مورد میزان دستیابی به اهداف پایداری محیطی و اقتصادی را فراهم می‌آورد که لازمه پاسخگویی (Accountability) مدیریت شهری است (رمضان‌زاده و شکیبایی‌فر، ۲۰۲۲). بنابراین، تقویت نظام جامع نیازمند یک هم‌افزایی بین تعهدات اجتماعی شهروندان و به‌کارگیری هوشمندانه زیرساخت‌های فناورانه است تا اطمینان حاصل شود که پایداری صرفاً یک شعار باقی نمانده و به یک واقعیت عملیاتی تبدیل می‌شود (فرهادی یونکی و همکاران، ۲۰۲۵).

۷. ارائه مدل پیشنهادی برای مدیریت پایدار پسماند شهری

در پرتو مطالعات نظری و تجربی گسترده درباره پیامدها و ضرورت‌های استقرار نظام جامع مدیریت پسماند شهری، می‌توان مدلی انتگرال و بومی‌شده برای ارتقای عملکرد زیست‌محیطی و اقتصادی شهرداری‌ها طراحی کرد که ضمن تأکید بر مشارکت پویا و نهادمند شهروندان، عناصر هوشمندسازی و فناوری‌محور را در هسته خود جای می‌دهد. مدل پیشنهادی این پژوهش با تلفیق چهار بُعد کلیدی شامل: الف) تفکیک هوشمند و آموزش محور در مبدأ (Source Separation Social Engagement)، ب) جمع‌آوری هدفمند و هوشمند بر اساس نیاز و داده‌محوری (Smart Data-driven Collection)، پ) بازیافت و پردازش فناورانه برای احیای ارزش افزوده و کاهش مواد دفعی (Technological Recycling Processing)، ت) دفع نهایی کنترل‌شده در کنار بازگشت سرمایه و رصد چرخه مالی (Controlled Final Disposal Financial Traceability) و ث) مدیریت حلقه مالی (Financial Sustainability Loop) بنیان نهاده شده است. هر کدام از این مؤلفه‌ها به واسطه زیرسیستم‌های فناورانه و ارتباطی، به پایش برخط داده‌های محیطی، هزینه‌ها، میزان مشارکت و خروجی‌های بازآفرینی منجر می‌شود تا شهرداری‌ها بتوانند براساس داده‌های واقعی، مدیریت تطبیقی، هدفمند و اقتصادمحور را جایگزین مدل‌های خطی، گسسته و پرهزینه پیشین سازند (غافلی و همکاران، ۲۰۲۴؛ گلکار و همکاران، ۲۰۲۵). علاوه بر این، در مدل پیشنهادی بر لزوم تدوین و اجرای چهار بسته سیاستی

مکمل تأکید می‌شود: (۱) بستر سازی برای آموزش عمومی و ایجاد فرهنگ تفکیک و بازیافت، (۲) توسعه شبکه هوشمند جمع‌آوری و مانیتورینگ آنلاین پسماندها، (۳) حمایت مالی و مشوق‌های ویژه برای تفکیک و کاهش پسماند توسط شهروندان، و (۴) گسترش زیرساخت‌های فناوریانه و پشتیبانی از استارت‌آپ‌های حوزه مدیریت شهری. مدل ارائه شده از یک سو با هدف کاهش فشارهای محیطی نظیر آلودگی و از سوی دیگر ارتقای درآمدهای شهرداری‌ها و خلق بازارهای جدید اشتغال مبتنی بر چرخه سبز، می‌تواند الگوی تحول‌آفرین در حکمرانی مدرن شهری ایران باشد (وکیلیان و همکاران، ۲۰۲۵).

نمودار مفهومی مدل پیشنهادی در ادامه ارائه می‌شود تا ارتباط میان عناصر جریان پسماند شهری از نقطه مبدأ تا پایش مالی پایدار، شفاف و قابل رصد گردد.



«شکل ۱. مدل مفهومی پیشنهادی نظام جامع مدیریت پسماند شهری مبتنی بر تفکیک از مبدأ، جمع‌آوری هوشمند، پردازش و بازیافت فناوریانه، دفع نهایی کنترل‌شده و پایداری مالی.»

شکل ۱ نمایی یکپارچه از فرآیند پیشنهادی مدیریت پایدار پسماند شهری را ترسیم می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه زنجیره تفکیک در مبدأ به عنوان نخستین گام کلیدی، به جمع‌آوری هوشمند مبتنی بر داده متصل می‌شود و سپس از طریق سیستم‌های پردازش و بازیافت پیشرفته به سمت دفع نهایی کنترل‌شده هدایت می‌گردد. این مدل بر تعامل میان مراحل مختلف تأکید دارد؛ به طوری که خروجی‌های حاصل از بازیافت و پردازش، نه تنها میزان مواد دفنی را کاهش می‌دهد بلکه با ایجاد ارزش افزوده، در حلقه پایداری مالی شهرداری نقش‌آفرینی کرده و بخشی از هزینه‌های عملیاتی را جبران می‌کند. جریان پیکان‌ها در شکل نشان‌دهنده حرکت سلسله‌وار، هم‌افزا و هماهنگ فرآیندهاست که در نهایت به شکل‌گیری چرخه‌ای پایدار، اقتصادی و محیط‌زیستی منجر می‌شود و تبدیل شهرداری‌ها به سازمان‌هایی داده‌محور، پاسخ‌گو و بهره‌ور را امکان‌پذیر می‌سازد.

۸. چالش‌ها، محدودیت‌ها و الزامات اجرای نظام جامع مدیریت پسماند

علی‌رغم مزایای اثبات‌شده نظام جامع مدیریت پسماند شهری (SWMS) در ابعاد محیطی و اقتصادی، فرآیند استقرار و اجرای آن در شهرهای ایرانی با چالش‌های ساختاری، مالی، فنی و فرهنگی متعددی روبروست که غلبه بر آن‌ها مستلزم رفع محدودیت‌های نهادی و سرمایه‌گذاری‌های هدفمند است (ریگی و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها، نبود یکپارچگی در ساختار قانونی و مدیریتی است. در بسیاری از موارد، مسئولیت‌های تفکیک، جمع‌آوری، پردازش و نظارت بین سازمان‌های مختلف شهرداری، دهیاری‌ها و بخش خصوصی تقسیم شده است، که این امر منجر به تداخل وظایف و ضعف در پاسخگویی واحد می‌شود (نصرتی و همکاران، ۲۰۲۰).

این عدم انسجام، اجرای استانداردهای یکسان و فراگیر را در سطح شهر دشوار می‌سازد. چالش مالی، به‌ویژه در تأمین سرمایه اولیه برای زیرساخت‌های سنگین مانند کارخانه‌های کمپوست، مراکز پردازش مواد خشک (MRFS) و خرید ناوگان تخصصی جمع‌آوری تفکیکی، بسیار جدی است. بسیاری از شهرداری‌ها به دلیل محدودیت‌های بودجه‌ای و درآمدی، تمایلی به ورود به پروژه‌های زیرساختی بلندمدت ندارند و ترجیح می‌دهند به روش‌های کم‌هزینه کوتاه‌مدت (مانند افزایش سطح لندفیل) اکتفا کنند (قانع اردکانی، ۲۰۲۵). محدودیت فنی نیز در حوزه پردازش مواد آلی مشهود است؛ در مناطقی که پسماند دارای درصد بالایی از رطوبت و مواد غیرآلی است، تولید کمپوست با کیفیت بازاری دشوار می‌شود و این امر انگیزه اقتصادی برای کمپوست‌سازی را کاهش می‌دهد (رمضان‌زاده و شکیبایی‌فر، ۲۰۲۲).

از سوی دیگر، چالش فرهنگی و اجتماعی شاید ریشه‌ای‌ترین محدودیت باشد. مقاومت شهروندان در برابر تفکیک از مبدأ، ناشی از بی‌اعتمادی به نحوه استفاده شهرداری از مواد تفکیک‌شده، عدم آگاهی از مزایای بلندمدت و همچنین نبود زیرساخت‌های لازم در داخل منازل و ساختمان‌ها، اجرای این مرحله حیاتی را با شکست مواجه می‌کند (ندا جلالی و همکاران، ۲۰۲۳). برای رفع این محدودیت‌ها، چندین الزام کلیدی مطرح می‌شود. اولاً، الزام قانونی و سازمانی؛ لازم است یک مرجع واحد و قدرتمند در شهرداری، مسئولیت نظارت بر کل زنجیره را بر عهده بگیرد و ضوابط پسماند را به صورت الزامی در کلیه ساخت‌وسازها و فعالیت‌های شهری نهادینه کند (بقالی‌اقدام و همکاران، ۲۰۲۵). ثانیاً، الزام به شفافیت مالی و بازگشت ارزش؛ شهرداری‌ها باید مدل‌های اقتصادی شفافی طراحی کنند که نشان دهد درآمد حاصل از بازیافت چگونه به بهبود خدمات عمومی یا کاهش عوارض باز می‌گردد، تا مشارکت عمومی تقویت شود (خوشنواز و همکاران، ۲۰۲۳).

ثالثاً، الزام به آموزش مستمر و هدفمند؛ آموزش نباید صرفاً یک رویداد سالانه باشد، بلکه باید با استفاده از ظرفیت روابط عمومی، به صورت مداوم و متناسب با گروه‌های مختلف سنی و اجتماعی طراحی و اجرا شود تا مفاهیم پایدار نهادینه گردند (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۲۳). رابعاً، الزام به استفاده از فناوری‌های رصد و پایش؛ بهره‌گیری از سامانه‌های GIS و سنسورها برای نظارت بر عملکرد پیمانکاران و شهروندان، تضمین‌کننده اجرای دقیق برنامه در هر مرحله از زنجیره است و از هدر رفت منابع جلوگیری می‌کند (وزیری و همکاران، ۲۰۲۴). در نهایت، پذیرش واقعیت که مدیریت پسماند یک فرآیند چند مرحله‌ای است که هرگز به نقطه پایانی مطلق نمی‌رسد و نیازمند بازنگری و بهبود مستمر بر اساس داده‌های عملکردی است (آهنگری و نوید، ۲۰۲۳).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نظام جامع مدیریت پسماند شهری (SWMS) به عنوان یک رویکرد سیستمی و ساختاریافته، نه تنها یک ضرورت محیط‌زیستی برای مقابله با بحران‌های زیست‌محیطی ناشی از مدیریت ناکارآمد زباله، بلکه یک استراتژی حیاتی برای ارتقاء پایداری مالی و عملیاتی شهرداری‌ها به شمار می‌آید. یافته‌های این مقاله مروری به طور قاطع نشان دادند که رابطه میان استقرار SWMS، بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری و کاهش هزینه‌های عملیاتی شهرداری‌ها، رابطه‌ای علی و مبتنی بر منطق اقتصادی و زیست‌محیطی است. کاهش تولید و افزایش نرخ بازیافت و کمپوست‌سازی، مستقیماً منجر به کاهش آلودگی‌های خاک، آب و هوا (به ویژه گازهای گلخانه‌ای ناشی از لندفیل‌ها) شده و منابع طبیعی را از تخریب بیشتر حفظ می‌کند (شکرزاده سوره و همکاران، ۲۰۲۳). از سوی دیگر، این کاهش حجم پسماند ارسالی به لندفیل‌ها، در کنار درآمدهای حاصل از فروش مواد اولیه ثانویه، هزینه‌های سنگین جمع‌آوری، حمل و نگهداری محل‌های دفن را به شدت کاهش داده و منجر به آزادسازی منابع مالی شهرداری برای سایر خدمات شهری می‌شود (قانع اردکانی، ۲۰۲۵). موفقیت این گذار، وابسته به پذیرش نظریه اقتصاد چرخشی و پیاده‌سازی عملی سلسله مراتب پسماند است که در آن، تفکیک از مبدأ، نقطه اتکای اصلی محسوب می‌شود (گلکار و همکاران، ۲۰۲۵).

با این حال، همان‌طور که در بخش چالش‌ها مطرح شد، اجرای موفقیت‌آمیز مستلزم غلبه بر موانع ساختاری و تقویت نقش بازیگران انسانی و فناورانه است. در پرتو این تحلیل، پیشنهاد‌های زیر برای تقویت و استقرار پایدار نظام جامع مدیریت پسماند ارائه می‌گردد: اول، تدوین و اجرای یک برنامه ملی جامع و الزام‌آور؛ دولت و وزارت کشور باید دستورالعمل‌های اجرایی یکسان و الزام‌آوری را برای تمامی شهرهای بالای صدهزار نفر جمعیت تصویب کنند تا از اجرای پروژه‌های جزیره‌ای و ناهماهنگ جلوگیری شود و ساختار نظارتی واحدی ایجاد گردد (بقالی اقدم و همکاران، ۲۰۲۵). دوم، سرمایه‌گذاری استراتژیک بر زیرساخت‌های پردازش؛ شهرداری‌ها باید اولویت بودجه‌ای خود را از هزینه‌های عملیاتی دفن به سمت سرمایه‌گذاری در تأسیسات پردازش (کمپوست و MRF) تغییر دهند و از مدل‌های مشارکت عمومی-خصوصی (PPP) برای تأمین سرمایه اولیه بهره‌گیرند (دیانی و همکاران، ۲۰۲۵). سوم، توسعه استراتژی‌های ارتباطی مبتنی بر روابط عمومی برای مشارکت مستدام؛ با توجه به اهمیت بعد اجتماعی، شهرداری‌ها باید واحدهای تخصصی روابط عمومی را موظف به طراحی کمپین‌های آموزشی مداوم، شفاف‌سازی دقیق درباره نحوه مصرف درآمدهای بازیافت و تشویق رفتارهای مثبت شهروندان نمایند، تا حس مالکیت شهروندان نسبت به این سیستم افزایش یابد (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۲۳). چهارم، بهره‌برداری حداکثری از فناوری‌های هوشمند؛ ادغام کامل سامانه‌های جمع‌آوری دینامیک مبتنی بر GIS و IoT باید در دستور کار قرار گیرد تا کارایی لجستیک به حداکثر رسیده و نظارت دقیق بر عملکرد پیمانکاران میسر گردد (وزیری و همکاران، ۲۰۲۴).

پنجم، اولویت‌بخشی به بازرسی و اعمال قانون؛ تدوین مکانیزم‌های قوی برای نظارت بر پیمانکاران و همچنین اعمال جریمه‌های بازدارنده برای تولیدکنندگان عمده پسماند که از تفکیک سرپیچی می‌کنند، الزامی است تا اصول نظام جامع به صورت اجباری رعایت شوند (آهنگری و نوید، ۲۰۲۳). در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که نظام جامع مدیریت پسماند، ستون فقرات پایداری شهری را تشکیل می‌دهد و پیاده‌سازی موفق آن نیازمند یک تعهد سیاسی پایدار، همسویی فنی و مشارکت فعال و آگاهانه جامعه است.

منابع

- رستمی محمدحسن، امان پور سعید، کرمی مهران، سیداله مراد رام نژاد. (۲۰۱۵). سنجش رضایت مندی شهروندان از عملکرد شهرداری در حوزه خدمات شهری (مطالعه موردی: شهر دورود).

- حسن پور، امید، شریفی، شریفی، جمال، عثمانزاده‌راد. (۲۰۲۳). بررسی سنجش میزان رضایت مندی شهروندان از خدمات شهری نمونه موردی: شهرداری کانی دینار. مطالعات جغرافیا، عمران و مدیریت شهری، ۳۱(۹)، ۱-۱۴.
- شمس الدینی، ملکی، امیری فلهیانی. (۲۰۱۳). تحلیلی بر میزان رضایتمندی شهروندان از پایداری و سرزندگی محیط زیست شهری با تأکید بر دسترسی به خدمات شهری (نمونه موردی: شهر نورآباد ممسنی). مطالعات ساختار و کارکرد شهری، ۱(۴)، ۵۳-۷۰.
- حبیبی، کسالایی، افسانه، افتخاری یوسف‌آباد، سیدجمشید، محمدی، سیدهدایت. (۲۰۱۸). بازخوانی شاخص های اثرگذار در رضایت مندی شهروندان از عملکرد شهرداری و مدیریت شهری. مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه، ۹(۳)، ۱-۱۲.
- نصرتی، مهرجو، زالی. (۲۰۲۰). طراحی سناریوهای توسعه حمل و نقل هوشمند شهری با رویکرد تحلیل محیط اطلاعاتی مطالعه موردی: شهر همدان. مدیریت شهری و روستایی، ۵۹(۱۹)، ۱۲۹-۱۴۵.
- گلکار، کوشا، استعلاجی، زیویار، پروانه. (۲۰۲۵). نقش حمل‌ونقل هوشمند در توسعه اقتصادی و اجتماعی شهر (مطالعه موردی: شهر تهران). جغرافیا (نشریه انجمن جغرافیایی ایران)، ۲۲(۸۳)، ۶۷-۸۹.
- رمضان‌زاده، شکیبایی‌فر. (۲۰۲۲). تأثیر حمل و نقل هوشمند بر توسعه پایدار شهری. مطالعات پژوهشی راهور، ۴۳(۱)، ۸۳-۱۱۴.
- شکرزاده سوره، حبیب، عزت پناه، بختیار، حسین زاده دلیر. (۲۰۲۳). امکان سنجی حمل‌ونقل عمومی در رشد هوشمند شهری نمونه موردی: شهر خوی. جغرافیا (نشریه انجمن جغرافیایی ایران)، ۲۱(۷۶)، ۳۷-۵۶.
- گودرزی، دالوند، هنگامه. (۲۰۲۵). نقش هوش مصنوعی در توسعه حمل‌ونقل شهر اهواز بر پایه مدل‌سازی معادلات ساختاری. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۹(۹۳)، غافلی، ناجی، چناری، تمیمی، مکوندی، فواد، ... قنبر. (۲۰۲۴). ارائه الگوی نوین حکمرانی مدیریت شهری عدالت محور بر مبنای فن‌آوری هوشمند خدمات شهری. مطالعات کمی در مدیریت، ۵۸(۱۵)، ۱۰۵-۱۲۰.
- وکیلان، ارغان، کامیابی. (۲۰۲۵). مدل‌سازی مدیریت هوشمند شهری راهکاری نوین برای حکمروایی خوب شهری (مورد مطالعه: شهر شاهرود). مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۸(۴)، ۶۵-۸۶.
- خوشنواز، باقر، موسوی، میرسعید، اکبری نامدار. (۲۰۲۳). شناسایی و تبیین پیشران‌های کلیدی موثر بر مشارکت شهروندان در مدیریت پسماند شهری مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۳(۲)، ۱۷-۳۵.
- قانع اردکانی. (۲۰۲۵). تحلیل عوامل و شیوه‌های جلب مشارکت مردمی در مدیریت پسماند شهری اردکان. مطالعات علوم محیط زیست، ۹(۴)، ۹۶۱۰-۹۶۰۰.
- رضائی‌پاچی، سلاله، بهنیا، بردیا. (۲۰۲۱). بررسی و رتبه‌بندی عوامل موثر بر درآمد سازمان مدیریت پسماند شهری (مورد مطالعه: سازمان مدیریت پسماند شهرداری ساری). مدیریت و حسابداری در هزاره سوم، ۶(۳)، ۱۲۸-۱۳۹.
- ریگی، غلامی‌نورآباد، مشایخی، مهسا، اسد، سیده‌عاطفه، ... ثنا. (۲۰۱۹). مدیریت پسماندهای شهری و ارائه راهکار جهت پایداری و بهره‌وری اقتصادی از پسماندها؛ معرفی تجربیات موفق جهانی. مطالعات طراحی شهری و پژوهش‌های شهری، ۷(۲)، ۷۹-۹۰.
- آنامراندزاد، رحیم بردی، زارع، قاسمپور. (۲۰۱۸). سنجش رضایتمندی شهروندان از خدمات شهری شهرداری بابلسر. برنامه ریزی فضایی، ۷(۴)، ۵۷-۷۲.
- نیک بین، مهنا. (۲۰۲۵). نقش مدیریت شهری در توسعه گردشگری هوشمند: مطالعه‌ای در کلان‌شهر تهران. مطالعات مدیریت گردشگری عصر هوشمند، ۳(۱)، ۱-۲۰.
- دیانی، شهابی، وحید. (۲۰۲۵). ارائه الگوهای فناورانه برای توسعه شهر هوشمند در تهران با استفاده از تکنیک دیماتل. اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ۵(۴)، ۱۸۶-۱۹۹.
- ندا جلالی، محمدرضا سلطانی، فاطمه نظری. (۲۰۲۳). نقش اینترنت اشیا در بهینه‌سازی مدیریت منابع شهری. راهبردهای مدیریت هوشمند و توسعه، ۱(۱)، ۱-۱۱.
- آهنگری، نوید. (۲۰۲۳). تأثیر کیفیت خدمات شهر هوشمند بر مشارکت شهروندان در مواقع اضطراری مخاطرات محیطی منطقه ۷ شهر تهران. اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ۴(۴)، ۲۶-۴۱.

- رامیار، شکاری، غلام عباس، اسلامی مفیدآبادی، اسمعیل نیا شیروانی. (۲۰۲۴). طراحی و تبیین الگوی حکمرانی شبکه‌ای هوشمند در مدیریت شهری در شهرداری‌های خراسان شمالی. فصلنامه علمی اقتصاد و مدیریت شهری، ۱۳(۴۹)، ۶۱-۷۷.
- بقالی اقدم، صادقی، سیدکمال، نوبهار. (۲۰۲۵). مدل‌سازی شهر هوشمند تبریز در چشم‌انداز ۲۰۳۰: بررسی جامع شاخص‌های محیطی، اقتصادی و حکمرانی. اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ۶(۱)، ۵۸-۷۵.
- فرهادی یونکی، شفیعی، زاهد. (۲۰۲۵). شاخص‌ها و ابزارهای خدمات امنیتی هوشمند به گردشگران در فضاهای شهری. اقتصاد شهری، ۱۰(۲)، ۱-۱۸.
- عزیزی، اسکندری صدق، قاضی. (۲۰۲۳). راهکارهای مدیریت هوشمند بحران در مراحل کاهش خطر و آمادگی در شهر تهران. فصلنامه علمی دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۳(۲)، ۲۵۲-۲۷۷.
- وزیری، منا، بنی خلیفی، مفیدی شمیرانی، سید مجید. (۲۰۲۴). بررسی مفهوم شهر هوشمند: ادغام فناوری اطلاعات برای بهبود کیفیت زندگی و خدمات شهری. پژوهش‌های معماری نوین، ۱۰(۴)، ۴۵.