

تحلیل استراتژیک وضعیت فناوری‌های نوین در بعد پسماند کلانشهر مشهد

میینا رجیبی، روح اله اسدی، امیدعلی خوارزمی

دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

ایمیل: rajabi1999.m@gmail.com

استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، نویسنده مسئول

ایمیل: asadir@um.ac.ir

استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

ایمیل: kharazmi@um.ac.ir

چکیده

افزایش جمعیت مشهد به عنوان تنها کلانشهر شرق و شمال شرق کشور به همراه رشد فرهنگ مصرف‌گرایی، باعث شده تا ضمن افزایش حجم زباله شهری، مشکلات بخش مدیریت پسماند آن نیز افزایش یابد، لذا استفاده از ابزارها و فناوری‌های نوینی که بتواند ضمن تسهیل فرایند مدیریت پسماند، باعث کاهش مشکلات به ویژه مشکلات زیست‌محیطی، کارایی بالاتر اقتصادی و افزایش رضایت شهروندان شود، ضرورت می‌یابد. هدف از این پژوهش، بررسی وضع موجود استفاده از فناوری‌های نوین در حوزه مدیریت پسماند کلانشهر مشهد و شناسایی مهمترین نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدهای آن و در نهایت ارائه راهبردها و راهکارهای مناسب برای مدیریت بهتر پسماند می‌باشد. برای جمع‌آوری اطلاعات در بخش میدانی از پرسشنامه استفاده شده است. به دلیل تخصصی بودن موضوع، جامعه آماری این پژوهش کارکنان رده‌های مختلف مدیریتی و کارشناسی سازمان‌های مرتبط بوده‌اند که مجموعاً به ۳۸ پرسشنامه پاسخ داده شده است. به منظور شناسایی مهمترین نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهایی که حوزه پسماند شهر مشهد از نظر فناوری‌های نوین با آن مواجه است، از مدل SWOT و مراحل کمی‌سازی آن یعنی ماتریس‌های QSPM, TOWS, IFE, EFE؛ و در مرحله اولویت‌بندی راهکارها از ماتریس اثر بخشی/امکان‌پذیری استفاده شده است. همچنین برای چک کردن مجدد اطلاعات حاصل از پرسشنامه، مصاحبه‌هایی با تعدادی از مدیران و کارشناسان مرتبط انجام شد. نتایج نشان می‌دهد به طور کلی وضعیت استفاده از فناوری‌های نوین در این حوزه مناسب نیست و به لحاظ استراتژیک در موقعیت تدافعی قرار دارد. همچنین از مجموع ۲۹ فناوری شناسایی شده در بخش‌های جمع‌آوری و انتقال پسماند، پردازش و بازیافت، دفع پسماند، ۱۴ فناوری در شهر مشهد استفاده می‌شود که آن هم با فناوری‌های روز جهانی این حوزه فاصله نسبتاً زیادی دارد.

واژگان کلیدی: فناوری‌های نوین، خدمات شهری، پسماند، شهر مشهد

امروزه مشکلات زیست محیطی، سلامت و چشم‌انداز اقتصادی بسیاری از کشورها را تهدید می‌کند. یکی از عواملی که علاوه بر تخریب محیط زیست، بخش قابل توجهی از گرمایش جهانی را به خود اختصاص می‌دهد، تولید زباله است. (تن، ۲۰۲۱، ص ۲۸۹). در حالی که شاهد رشد جمعیت و افزایش تعداد و اندازه شهرها هستیم، بیش از پیش آشکار شده که مدیریت آن به شیوه‌های سنتی و قدیمی قابل انجام نیست و لازم است که از روش‌ها و ابزارهای نوین برای مدیریت بهتر و جامع که همه ابعاد شهر و نیازهای مردم را در نظر بگیرد، استفاده شود. استفاده از فناوریهای نوین، کلیه نظام‌های اداری، تحقیقاتی، قضایی و حکومتی را دستخوش تغییرات و تحولات شگرفی کرده، به طوری که دامنه گسترش این فناوری به شهرداری‌ها به عنوان مدیر و مرجع اصلی هماهنگ کننده اداره امور شهر رسیده است. در این رابطه مدیریت شهری، تحت تأثیر افزایش روزافزون مسائل و مشکلات مرتبط با اداره مناسب و بهینه شهر، نیازمند برنامه‌ها و ارائه خدمات هوشمندانه و نوینی جهت برآورده کردن کلیه احتیاجات حال و آینده شهروندان است تا همسو با اندیشه‌های پارادایم غالب توسعه پایدار، موجبات کاهش مسائل و مشکلات شهری شود (زیاری و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۲۰). از جمله مشکلات رایج شهرها، می‌توان به جمع‌آوری و دفع زباله‌های ایجاد شده اشاره نمود که به علت حجم بالا و همین‌طور تفاوت نوع زباله‌ها و پسماندها و نداشتن تکنولوژی مناسب با جمعیت شهرها نیاز به مدیریت جامع که از علم و تجربه و تکنولوژی توأمان کمک بگیرد را بیشتر کرده است (مرادی حقیقی، ۱۳۹۳، ص ۴۵).

با توجه به محدودیت مکان‌های مناسب دفع انواع زباله‌ها و از سویی اثرات نامطلوب دفن زباله و سایر روش‌های حذف و یا کنترل زباله‌ها بر سلامت عمومی و محیط زیست، حرکت در جهت مدیریت بهینه پسماندها با نگاهی به توسعه پایدار از اهداف اصلی جوامع توسعه یافته و در حال توسعه می‌باشد (کریمی کندزی، ۱۳۹۸، ص ۳). مدیریت پسماند مهم‌ترین خدمتی است که دولت باید برای شهروندانش انجام دهد که شامل مجموعه مقررات یکپارچه جهت کنترل، تولید، حفظ، جمع‌آوری، انتقال و فرآوری یا دفع مواد زاید جامد می‌شود (پوراحمدی و همکاران، ۱۴۰۱، ص ۱۱۸)، این فرایند باید با اصول بهداشت عمومی، بعد اقتصادی، زیبایی‌شناختی و حفاظت از منابع و محیط زیست و... همراه باشد (نصیری و همکاران، ۱۳۹۷، ص ۱۹۸). این فرایند باید از سه محور اصلی تلاش برای پایین آوردن تولید زباله و در مرحله بعدی برگشت حداکثری مواد به چرخه تولید و بازیافت کردن آنها و در انتها دفع اصولی آنها و جلوگیری از ضرر رساندن این مواد به محیط زیست تبعیت کند (احمدی و چلاوی، ۱۳۹۸، ص ۱۶). از طرفی، شناخت و آگاهی کافی از قابلیت‌ها و تنگناها، نقاط قوت و ضعف و فرصت‌ها و تهدیدهای شهر مانند وضعیت جغرافیایی و اقلیمی آن و شناخت میزان و نوع پسماند تولید شده نیز مهم است (نجفی و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۱۷). با این وجود مطالعات جهانی بازگوکننده این است که میزان تولید پسماند شهری رشد بیشتری از شهرنشینی داشته است و به علت مدیریت نادرست و نبود قوانین مرتبط اکثر این پسماندها در بخش صنعتی بوده که آلودگی زیست محیطی زیاد را به همراه دارد (عبدلی و همکاران، ۱۳۹۴، ص ۲۳). بنابراین برای جلوگیری و کاهش آسیب‌هایی که زباله‌ها بر محیط زیست و افراد وارد می‌کند باید از تکنولوژی‌های نوین استفاده کرد. در جهان نوآوری‌هایی در این زمینه انجام شده مانند تولید برق از زباله و تولید انرژی حرارتی و همین‌طور تبدیل زباله‌ها به مواد شیمیایی کود و روغن و...، استفاده از ربات‌هایی در بخش بازیافت، استفاده از نرم‌افزارها برای شرکت‌های مدیریت پسماند که به مدیریت و کنترل مرکزی بهتر کمک می‌کند، استفاد از اینترنت اشیا، استفاده از سطل زباله‌های رباتیک، یا استفاده از سطل زباله موتوری که در طول روز در محله جابه‌جا می‌شود (اورکا، ۲۰۲۱) با این وجود در ایران به ویژه کلانشهرها، به علت مشکلات مدیریتی، وجود تحریم‌ها و نداشتن فناوری و زیرساخت‌های لازم استفاده از این نوآوری‌ها بسیار مشکل شده است، و برای مدیریت کردن پسماند باید با توجه به زیرساخت‌های موجود و در ضمن ایده‌برداری از روش‌های انجام شده در کشورهای توسعه یافته، استفاده شود.

کلانشهر مشهد با جمعیت بیش از سه میلیون نفر، طبق آمار سال ۱۳۹۹، با وجود شیوع کرونا و کاهش نسبت به سال‌های گذشته، پذیرای حدود نه میلیون نفر زائر داخلی و ۴۳۱۶۵۰ نفر زائر خارجی بوده است (شهرداری مشهد، ۱۴۰۰). به دلیل حجم بالای جمعیت

و زائر و گردشگر در شهر مشهد، میزان تولید پسماند بسیار بالا است به طوری که بیشترین میزان تولید زباله مربوط به بخش خانگی و زباله تر می باشد. لذا افزایش روزافزون جمعیت کلانشهر مشهد به عنوان تنها کلانشهر شرق و شمال شرق کشور به همراه رشد فرهنگ مصرف گرایی، باعث شده تا ضمن افزایش حجم زباله شهری، مشکلات بخش مدیریت پسماند نیز افزایش یابد، لذا استفاده از ابزارها و فناوریهای نوینی که بتواند ضمن تسهیل فرایند مدیریت پسماند، باعث کاهش مشکلات به ویژه مشکلات زیست محیطی، کارایی بالاتر اقتصادی و افزایش رضایت شهروندان شود، ضرورت می یابد. از این رو، هدف از این پژوهش این است که ضمن بررسی وضع موجود استفاده از فناوریهای نوین در حوزه مدیریت پسماند کلانشهر مشهد، مهمترین نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدهای مدیریت پسماند مشهد را در این حوزه شناسایی کرده و راهبردها و راهکاری های مناسب برای مدیریت بهتر پسماند پیشنهاد گردد.

پیشینه پژوهش

بررسی ادبیات حجم قابل توجهی از تحقیقات منتشر شده در مورد این موضوع را با تمرکز ویژه بر فناوری های مدیریت زباله نشان می دهد. در جدول ۲ به بعضی از تحقیقات داخلی و خارجی مربوطه پرداخته شده است.

شکل ۱- برخی پژوهش‌های داخلی و خارجی در حوزه نقش فناوری‌های نوین در مدیریت پسماند

نویسنده و سال	عنوان	نتایج
کاستیلیونه، کیمینو، دی ناردو سی، مورینو سی (۲۰۲۳)	چارچوبی برای دستیابی به اقتصاد دایره ای با استفاده از فناوری بلاک چین در یک سیستم مدیریت زباله پایدار	این مطالعه فناوری بلاک چین را به عنوان روش جدیدی پیشنهاد می کند که قادر به بهینه سازی فرآیند مدیریت زباله است و می تواند نظارت را افزایش دهد و در عین حال هزینه های عمومی مدیریت پسماند را کاهش دهد. همچنین، یک مکانیسم پاداش برای شهروندان از نظر میزان زباله های تفکیک شده، ایجاد می شود و رویه های کاری سازمان مدیریت پسماند بهینه می شود.
کوماری، شریواستاوا، سینها و کومار (۲۰۱۹)	نقش فناوری در مدیریت پسماند جامد: مروری	این مقاله یک بررسی فنی از فناوری مورد استفاده برای بهبود مدیریت زباله ارائه می کند. فهرستی از چالش های مربوط به فرآیند مدیریت پسماند را شناسایی می کند و پیشنهاداتی برای رسیدگی به چالش های شناسایی شده ارائه می کند.
چن و لی ^۱ (۲۰۱۹)	مروری بر فناوری های هوشمند مدیریت زباله در قرن بیست	مروری جامع از آخرین فناوری های هوشمند مدیریت زباله، از اینترنت اشیا تا هوش مصنوعی، و کاربردهای بالقوه آنها در مدیریت زباله شهری را ارائه می دهد. نویسندگان مزایای این

فناوری‌ها از جمله بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش پایداری را برجسته می‌کنند.	ویکم: از اینترنت اشیا تا هوش مصنوعی	
مدیریت هوشمند زباله یکی از اجزای کلیدی شهرهای هوشمند است و می‌تواند به شهرها برای دستیابی به اهداف پایداری خود با بهبود کارایی و اثربخشی مدیریت زباله کمک کند.	مدیریت هوشمند زباله برای شهرهای هوشمند	ماوروپولوس و لیندکوئیست ^۲ (۲۰۱۸)
در ۳۰ ناحیه شهری و ۲۲ کشور در حال توسعه این تحقیق انجام شده که عوامل اثرگذار بر مدیریت پسماند را در هفت دسته فنی، محیطی، اقتصادی - مالی، اجتماعی-فرهنگی، سازمانی، و سیاسی بررسی می‌کند.	بررسی چالش‌های پیش روی مدیریت پسماند	گوئرو و همکاران ^۳ (۲۰۱۳)
به بررسی تفاوت فعالیت‌ها و سیاست‌های مدیریت پسماند در کشورهای پیشرفته با کشورهای در حال توسعه می‌پردازند و معتقدند که عواملی مانند شهرنشینی، نابرابری و رشد اقتصادی، ابعاد فرهنگی و اقتصادی - اجتماعی و تاثیرات بین‌المللی باعث چالش‌های عمده برای کشورهای در حال توسعه شده است.	رویکرد سیستمی برای مدیریت پسماند جامع در کشورهای در حال توسعه	مارشال ^۴ و فرحبخش ^۵ (۲۰۱۳)
به بررسی اجزا، مفاهیم و چارچوب‌های مدیریت پسماند می‌پردازد.	مروری بر ادبیات پسماند	دیویدسون ^۶ (۲۰۱۱)
بین شغل و تحصیلات با مشارکت در مدیریت پسماند خانگی ارتباط معنا داری وجود دارد. همچنین به ارائه پیشنهادهایی برای بهبود و افزایش مشارکت شهروندان در مدیریت پسماند خانگی می‌پردازد.	بررسی میزان مشارکت شهروندان در مدیریت پسماند خانگی (موردشناسی: شهر مشهد)	خواجه شاهکوهی و همکاران ^۷ (۱۳۹۴)
به علت پیچیدگی و چند جانبه بودن موضوع برای مدیریت آن باید افراد جامعه و سازمان‌ها با همکاری هم این مسئله را مدیریت کنند.	بررسی وضعیت پسماندهای ویژه شهر مشهد، مدیریت و راه‌های دفع پسماند خطرناک خانگی	استادی ^۸ (۱۳۹۳)

^۱ Mavropoulos & Lindhqvist

^۲ Abarca Guerrero et al

^۳ Marshall

^۴ Gary Davidson

طیّبی ابوالحسنی (۱۳۹۱) راهکارهای مدیریت ضایعات
الکترونیک (با نگاهی به سازمان
مدیریت پسماند شهرداری
مشهد)
بررسی روش‌هایی برای کاهش و به حداقل رساندن ضایعات
الکترونیکی و شیوه مناسب برای بازیافت و کم‌خطر کردن این
ضایعات.

یافته‌های پژوهشی به طور کلی بر پتانسیل فناوری‌های جدید برای بهبود قابل توجه اثربخشی و کارایی خدمات شهری، با حوزه‌های کلیدی از جمله شهرهای هوشمند، حمل‌ونقل، انرژی و ایمنی عمومی تأکید می‌کنند. ادغام موفقیت‌آمیز این فناوری‌ها مستلزم رویکردهای برنامه‌ریزی شهری جامع، مشارکت‌های دولتی و خصوصی قوی و توجه به مسائل برابری و دسترسی است. ادبیات نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری‌های فناوری هدفمند می‌تواند فرصت‌هایی برای رشد شهری، پایداری محیطی و بهبود رفاه اجتماعی ایجاد کند.

روش‌شناسی

این پژوهش از نظر روش توصیفی - تحلیلی و کاربردی است. جمع‌آوری اطلاعات در بخش کتابخانه‌ای، با مراجعه به کتاب‌ها، مقالات، گزارش‌های مرتبط و آمارنامه‌های شهرداری مشهد بدست آمده و در بخش میدانی از پرسشنامه استفاده شده است. به دلیل تخصصی بودن موضوع، جامعه آماری این پژوهش کارکنان رده‌های مختلف مدیریتی و کارشناسی سازمان مدیریت پسماند مشهد، اداره کل بهبود محیط زیست شهری، و اداره کل هماهنگی و نظارت بر خدمات شهری بوده‌اند که مجموعاً به ۳۸ پرسشنامه از این سه سازمان پاسخ داده شده است. به منظور شناسایی مهمترین نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهایی که حوزه پسماند شهر مشهد از نظر فناوری‌های نوین با آن مواجه است، عواملی که در مطالعات پیشین و گزارش‌های بررسی شده مرتبط با پسماند در کلانشهر مشهد آمده بود استخراج شد و پس از ویرایش و حذف عوامل مشترک یا قابل ادغام، لیست آن‌ها به همراه پرسشنامه SWOT در اختیار کارشناسان مرتبط قرار گرفت تا عوامل مورد قبول را مشخص نموده و عوامل درونی و بیرونی مورد نظرشان را اضافه نمایند. نتایج پرسشنامه‌های تکمیل شده در قالب مدل SWOT و سپس مراحل کمی‌سازی آن یعنی ماتریس‌های (QSPM, TOWS, IFE, EFE) انجام شد و نهایتاً در مرحله اولویت‌بندی راهکارها از ماتریس اثر بخشی/امکان‌پذیری استفاده شده است. همچنین برای توضیح بیشتر و تخصصی‌تر و چک کردن مجدد اطلاعات حاصل از پرسشنامه، مصاحبه‌هایی با تعدادی از مدیران و کارشناسان مرتبط انجام شد.

در کمی‌سازی ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE)، به نقاط قوت و ضعف از صفر تا یک ضریب اهمیت داده می‌شود به صورتی که مجموع این ضرایب برابر یک شود. سپس به عوامل نمره داده می‌شود (نمره ۱ برای ضعف اساسی، ۲ برای ضعف عادی، ۳ برای قوت عادی، و ۴ برای قوت بسیار بالا). در انتها برای مشخص کردن نمره نهایی ضریب هر عامل در نمره آن ضرب می‌شود که جمع نمره‌ها بین ۱ تا ۴ خواهد بود. مراحل کمی‌سازی عوامل خارجی نیز در ماتریس مربوطه (EFE)، همانند ماتریس عوامل داخلی است با این تفاوت که به هر کدام از فرصت‌ها و تهدیدها با توجه به واکنش و عملکرد سازمان نمره‌ای بین ۱ (واکنش ضعیف) تا ۴ (واکنش عالی) داده می‌شود. فرایند ضریب‌گذاری در ماتریس QSPM نیز به این صورت است که به عوامل داخلی و خارجی در برابر هر یک از استراتژی‌های موقعیت استراتژیک انتخابی، نمره جذابیت داده می‌شود. (نمره ۱ برای بدون جذابیت، ۲ تا حدی جذاب، ۳ دارای جذابیت

معقول، و نمره ۴ برای بسیار جذاب). در انتها با توجه به جمع وزنی نمرات جذابیت، استراتژی‌ها به ترتیب نمره نهایی اولویت‌بندی می‌شوند.

مفاهیم و مبانی نظری

اثرات فناوری‌های نوین بر مدیریت پسماند شهری

فناوری وسیله‌ای برای تبدیل اکتشافات علمی نظری به اختراعات قابل استفاده در زمینه‌های مختلف زندگی و توسعه و اجرای اطلاعات با تکنولوژی روز است. (محمود و مهدی، ۲۰۲۱، ص ۲۵). راه‌حل‌های فن‌آوری جدید می‌توانند تولید کمتر زباله‌های خانگی و سطوح بالاتر تفکیک زباله را تشویق کنند (وروبوا و همکاران، ۲۰۲۱، ص ۱۷). اجرای فناوری‌های جدید در زمینه پسماندهای شهری می‌تواند به بهبود قابل توجهی در کیفیت خدمات شهری منجر شود. از طریق پیاده‌سازی سیستم‌های نوآورانه مدیریت پسماند، شهرها می‌توانند به طور موثر زباله‌ها را مدیریت و دفع کنند که منجر به ایجاد محیط‌های پاک‌تر و ایمن‌تر برای ساکنان شود. ادغام فناوری‌های جدید در مدیریت پسماند شهری می‌تواند تأثیر مثبت قابل توجهی بر جامعه داشته باشد. نکته قابل توجه اینکه راه حل‌های فناوری باید برای کمک به برابری و دسترسی به خدمات شهری برای همه، از جمله گروه‌های آسیب‌پذیر، مناسب باشد (اتحادیه بین‌المللی، ۲۰۱۷). علاوه بر این، از نظر اقتصادی، پیاده‌سازی سیستم‌های نوآورانه مدیریت پسماند می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌های جمع‌آوری و دفع زباله، کاهش منابع مورد نیاز برای مدیریت پسماند و افزایش جریان درآمد از طریق فروش انرژی تولید شده از زباله شود. چنین مزایای اقتصادی می‌تواند انگیزه‌ای برای دولت‌ها و سهامداران برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید مدیریت پسماند و توسعه خدمات شهری پایدارتر ایجاد کند.

امروزه با فراگیر شدن مفهوم شهر هوشمند و تلاش مدیریت شهری برای ارتقاء هوشمندی شهرها، علاوه بر جنبه‌های فنی - مهندسی و تکنولوژیکی هوشمندسازی شهرها، مشارکت شهروندان از طریق فناوری و بازخورد شهروندان در رابطه با خدمات شهری نیز جایگاه و معنای ویژه‌ای یافته است. این که چگونه برنامه‌های کاربردی تلفن همراه، پلتفرم‌های رسانه‌های اجتماعی و سایر ابزارهای دیجیتال می‌توانند شهروندان را به طور مؤثرتری در فرآیندهای تصمیم‌گیری مرتبط با ارائه خدمات شهری مشارکت دهند، از جمله دلمشغولی‌های مدیران شهری در این زمینه می‌باشد. در این زمینه کارالیو و نجکمپ^۶ (۲۰۱۱) و هلندز^۷ (۲۰۰۸) بر این باورند که شهرهای هوشمند پتانسیل بهبود خدمات شهری و کیفیت زندگی را از طریق مشارکت و مشارکت شهروندان دارند.

خدمات شهری ابعاد مختلفی همچون، زباله‌های شهری، فاضلاب شهری، بهداشت شهری، فضای سبز، رضایت شهروندان، و ساماندهی فرهنگ مصرف را شامل می‌شود. توجه همزمان به همه این ابعاد لازمه کیفیت بخشی به شهر است. با این حال از مهمترین ابعاد خدمات شهری، پسماندها هستند که مدیریت آنها از مسائل مهم همه شهرها به ویژه کلانشهر می‌باشند. پسماندها، مواد جامد، نیمه جامد، مایع (غیر از فاضلاب) و گاز هستند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم حاصل فعالیت انسان بوده و از نظر تولید کننده، زائد تلقی می‌شود (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳). پسماندها به پنج گروه (پسماند عادی، پسماند پزشکی یا بیمارستانی، پسماند ویژه، پسماند کشاورزی و پسماند صنعتی) تقسیم می‌شوند. مدیریت پسماند به اقداماتی مانند کنترل سیستماتیک و هدفمند عناصر تولید، ذخیره سازی در محل، جمع‌آوری، جا به جایی و حمل و نقل، پردازش، بازیافت، دفن و بطور کلی از نقطه تولید تا محل دفن را شامل می‌شود (ناظم و

^۶Caragliu & Nijkamp

^۷. Hollands

همکاران، ۱۳۸۷، ص ۹۳۶). وظایفی که مدیریت پسماند در این فرایند انجام می دهد عبارت است از: برنامه ریزی، سازماندهی، تامین نیروی انسانی، هدایت و رهبری، و کنترل و نظارت را در بر می گیرد (مختارپور و همکاران، ۱۳۹۹، ص ۲۹۵). دلایلی مانند حفظ منابع طبیعی و جلوگیری از ورود آلودگی ها به محیط زیست، ایجاد رویکردهایی برای مدیریت پسماند، کاهش حجم تولیدی پسماند، استفاده از روش های پایدار و اقتصادی در مدیریت پسماندها و استفاده از بازیافت برای کمک به چرخه اقتصادی باعث اهمیت مدیریت پسماند می شود (خداوردی و کلاهی، ۱۳۹۸، ص ۳).

سه روش اصلی برای کاهش تولید پسماند شامل (۱- راهبردهای اطلاع رسانی: که باهدف تغییر در رفتار و ارائه روش هایی در اجتناب از تولید پسماند با آموزش و ایجاد پرتال اطلاع رسانی آنلاین با فراهم آوردن دامنه وسیعی از اطلاعات علمی درباره روش های اجتناب از تولید پسماند و مزایای آن برای مردم و محیط زیست یا اطلاع رسانی راجع به نشانی مراکز دریافت کالاهای بازیافتی در سطح شهر، محله و منطقه و آموزش هایی در جهت کاهش تولید پسماند و آموزش شهروندان در استفاده مجدد یا خرید لوازمی که امکان بازیافت دارند، ۲- راهبردهای ترویجی، مانند فرهنگ سازی در جهت ترغیب به خرید کالاهای بادوام و لوازمی که امکان استفاده مجدد دارند و تغییر در الگوی مصرف با تشویق به عدم مصرف گرایی و قناعت کردن را شامل می شود، ۳- روش قانونی، از طریق ایجاد قوانین توسط شهرداری با توجه به میزان زباله تولید شده؛ مانند گرفتن مالیات و گرفتن هزینه خدمات شهری بیشتر با توجه به میزان پسماند و یا محدودیت در دریافت مقادیر زیاد پسماند، ممنوعیت تولید و فروش ظروف یکبار مصرف پلاستیکی که قابل بازیافت شدن نیستند و تأکید بر خرید سبز و الزام بر جداسازی پسماندها مانند جداسازی کاغذها از زباله های خانگی و تحویل آن به سازمان بازیافت می شود (موسسه تبیین آفاق پویا، ۱۳۹۴)

آنچه امروزه در مدیریت پسماند اهمیت زیادی دارد این است که تا چه اندازه از فناوری های نوین رایج در جهان در فرایند مدیریت پسماند استفاده می شود. در این زمینه می توان عمده ترین فناوری های مورد استفاده در حوزه پسماند را به سه دسته تقسیم کرد: فناوری های جمع آوری پسماند؛ فناوری های بازیافت و پردازش؛ و فناوری های دفع پسماند (شکل ۲).

شکل ۲- فناوری های نوین مورد استفاده در مراحل مختلف حوزه پسماند

مراحل		فناوری های مورد استفاده
جمع آوری	اینترنت اشیا؛ ^۱ رادیو شناسه؛ ^۲ مدیریت از راه دور، کمپکتورهای زباله با انرژی خورشیدی، اپلیکیشن، سطل زباله هوشمند، جمع آوری زباله به روش پنوماتیک.	
بازیافت و پردازش	بازیافت پلاستیک، بازیافت لاستیک و تایر فرسوده، بازیافت کاغذ، بازیافت شیشه، بازیافت نخاله های ساختمانی، بازیافت پسماند الکترونیک، ربات بازیافت، کمپوست، اپلیکیشن.	
دفع پسماند	لندفیل مهندسی، بیوگاز، پردازش، بلاک چین، گازی سازی، تولید متان به روش تخمیر، تولید گرانونه، پلاسما، پیرولیز، استحصال متان از لندفیل و تولید انرژی، بیودیزل، زباله سوز.	

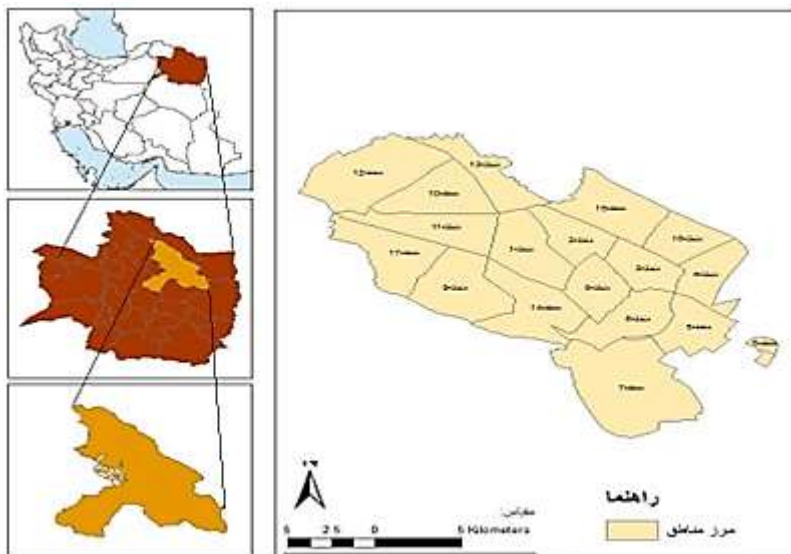
محدوده مورد مطالعه

کلانشهر مشهد به عنوان مرکز استان خراسان رضوی در حاشیه جنوبی کشف رود با طول شرقی ۵۹،۳۸ و عرض شمالی ۳۶،۱۶ با ارتفاع حدود ۹۷۰ متر قرار دارد (شهرداری مشهد، ۱۳۹۸)، که حداقل رشته کوه های بینالود و هزار مسجد واقع شده است (شادل و همکاران، ۱۴۰۱، ص ۶۶). مشهد دارای ۱۳ منطقه شهرداری و جمعیت ۳۰۶۲۲۴۲ نفر می باشد. بیشترین جمعیت متعلق به منطقه ۲ و کمترین جمعیت در منطقه ۸ ساکن است که از میان این جمعیت، بیشترین گروه سنی ۳۰ تا ۳۴ و کمترین آن ۷۵ سال به بالا است.

^۱Internet of Things

^۲RFID

میزان زباله تولید شده در شهر مشهد بر اساس آمار سال ۱۴۰۰ برابر با ۷۸۸۹۱۸ تن بوده که از این میزان ۵۵۹۵۵۷ تن زباله خانگی بوده است. شکل ۳ محدوده مناطق شهرداری و موقعیت شهر مشهد را در استان و کشور نشان می دهد.



شکل ۳- محدوده مناطق شهرداری و موقعیت شهر مشهد در استان و کشور

یافته‌ها

همان طور که پیش از این اشاره شد، جامعه آماری این پژوهش کارمندان رده‌های مختلف مدیریتی و کارشناسی سازمان‌های مرتبط با مدیریت پسماند در کلانشهر مشهد بوده است. در شکل ۴ اطلاعات عمومی پاسخگویان مانند جنسیت، سن، شغل، سابقه کار و تحصیلات پاسخگویان آمده است.

شکل ۴_ اطلاعات توصیفی پاسخگویان

جنسیت		
مرد: ۳۰ نفر (۷۸,۹٪)	زن: ۸ نفر (۲۱,۱٪)	
شغل		
استخدام رسمی: ۳۴ نفر (۸۹,۵٪)	پیمانی: ۴ نفر (۱۰,۵٪)	
سن (سال)		
۲۵-۳۵: ۷ نفر (۱۸,۴٪)	۳۵-۴۵: ۲۵ نفر (۶۵,۸٪)	بالا ۴۵: ۶ نفر (۱۵,۸٪)
سابقه کار		
کمتر از ۵: ۲ نفر (۵,۳٪)	۵-۱۰: ۷ نفر (۱۸,۴٪)	۱۰ بیشتر: ۲۹ نفر (۷۶,۳٪)
تحصیلات		
کارشناسی: ۱۳ نفر (۳۴,۲٪)	کارشناسی ارشد: ۱۶ نفر (۴۲,۱٪)	دکتری: ۹ نفر (۲۳,۷٪)

منبع: یافته‌های پژوهش

فناوری‌های نوین مورد استفاده در فرایند مدیریت پسماند شهر مشهد

با توجه به بررسی پیشینه و مبانی نظری موضوع، لیستی از عمده‌ترین فناوری‌های قابل استفاده در مدیریت پسماند در مراحل جمع‌آوری و انتقال، پردازش و بازیافت و دفع بدست آمده و مواردی که در شهر مشهد استفاده می‌شود در شکل ۵ مشخص شده است.

شکل ۵- فناوری‌های نوین در مراحل مدیریت پسماند

وضعیت استفاده در مشهد	مرحله جمع‌آوری و انتقال پسماند	وضعیت استفاده در مشهد	مرحله پردازش و بازیافت پسماند	وضعیت استفاده در مشهد	مرحله دفع پسماند	وضعیت استفاده در مشهد
✓	اینترنت اشیا	✓	بازیافت پلاستیک	-	لندفیل مهندسی	✓
-	رادیو شناسه	✓	بازیافت لاستیک و تایر فرسوده	-	بیو گاز	-
✓	مدیریت از راه دور	✓	بازیافت کاغذ	✓	پردازش	✓
-	کمپکتورهای زباله با انرژی خورشیدی	-	بازیافت شیشه	-	بلاک چین	-
-	اپلیکیشن	✓	بازیافت نخاله‌های ساختمانی	-	گازی سازی	-
✓	سطل زباله هوشمند	✓	بازیافت پسماند الکترونیک	-	تولید متان به روش تخمیر	✓
✓	ماشین حمل زباله مجهز به سنسور	✓	ربات بازیافت	-	تولید گرانوله	✓
-	جمع‌آوری زباله به روش پنوماتیک	✓	کمپوست	-	پلازما	-
-	-	✓	اپلیکیشن	-	پیرولیز	-
✓	-	-	-	-	استحصال متان از لندفیل و تولید انرژی	✓
-	-	-	-	-	بیودیزل	-
-	-	-	-	-	زباله سوز	-

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس اطلاعات جدول ۴ از ۸ فناوری نوین بخش جمع‌آوری و انتقال پسماند، ۳ مورد یعنی ۳۷ درصد در شهر مشهد استفاده می‌شود. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا، سطل زباله هوشمند، کمپکتورهای زباله با انرژی خورشیدی، رادیو شناسه، جمع‌آوری زباله به روش پنوماتیک در مشهد وجود ندارد. بر اساس مصاحبه‌های صورت گرفته، استفاده از سطل زباله هوشمند در برنامه سازمان قرار دارد که تا سال ۱۴۰۵ به بهره‌برداری می‌رسد. رادیو شناسه یا بارکد به صورت پایلوت در حال اجرا و آزمون و خطا است و بنا به نتایج حاصل از آن استفاده یا عدم استفاده در مدیریت پسماند مشخص خواهد شد. روش پنوماتیک نیز برای مجتمع‌های بزرگ و برج‌های مسکونی با همکاری نظام مهندسی در افق ده ساله سازمان پسماند قرار دارد.

از سه اپلیکیشن در بخش تفکیک زباله خشک از سال ۱۳۹۷ استفاده می‌شود. در کنار آن سامانه جامع هوشمند مدیریت خاک و نخاله ساختمانی نیز فعالیت می‌کند. در بخش ماشین‌های حمل زباله، سنسور روی همه ماشین‌ها نصب شده است که مسیر حمل، سرعت و زمان را مشخص می‌کند که این امکان را می‌دهد تا زمان را مدیریت کنند و مسیر و مکان‌های جمع‌آوری و انتقال زباله تا مقصد و ایستگاه خدمات شهری یا مراکز دفع مشخص باشد، لذا در مناطق شهرداری مسیر ماشین حمل زباله از این طریق از دور کنترل می‌شود. همچنین در مشهد از ماشین‌های حمل زباله مجهز به سنسور و سیمی تریلر حمل زباله که دارای فشرده‌ساز و مخازن ذخیره شیرابه هستند استفاده می‌شود.

در بخش پردازش و بازیافت ۹ فناوری شناسایی شد که در مشهد ۶ مورد یعنی حدود ۶۷ درصد از آن‌ها استفاده می‌شود و شامل بازیافت پلاستیک، بازیافت کاغذ، بازیافت لاستیک و تایر فرسوده، بازیافت پسماند الکترونیک و کمپوست کردن می‌شود. در حالی که فناوری‌های نوینی مانند ریات بازیافت، بازیافت شیشه و نخاله‌های ساختمانی در مشهد وجود ندارد.

در بخش دفع پسماند نیز از ۱۲ فناوری نوین شناسایی شده، تنها ۵ مورد یعنی حدود ۴۱ درصد از آن‌ها در مشهد استفاده می‌شود. زباله سوز، بلاک چین، گازی سازی پلاسما، پیرولیز پلاستیک، بیوگاز و تهیه بیودیزل از پسماند در مشهد استفاده نمی‌شود. بر اساس یافته‌های حاصل از مصاحبه، مشهد دارای بزرگترین لندفیل مهندسی کشور است و همچنین لندفیل مهندسی بهداشتی که مخصوص زباله‌های عفونی و بیمارستانی است. همچنین استحصال متان از لندفیل و تولید انرژی و تولید متان به روش تخمیر هوازی به صورت پایلوت در مشهد انجام می‌شود.

تحلیل عوامل داخلی و خارجی مدیریت پسماند در کلانشهر مشهد

به منظور شناسایی و تحلیل مهمترین نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهایی که حوزه پسماند از نظر فناوری‌های نوین در شهر مشهد با آن مواجه است، از مدل SWOT و مراحل کمی‌سازی آن استفاده شده است. قوت‌های شناسایی شده، به طور کلی شامل تلاش‌هایی برای الکترونیکی کردن فرایند مدیریت پسماند از طریق ارتباط با دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش بنیان و سازمان فاوای شهرداری، و طراحی اپلیکیشن‌های مربوط به مدیریت پسماند است؛ که نتیجه آن داشتن رتبه اول کشور در مدیریت پسماند و داشتن بزرگترین لندفیل مهندسی کشور و نیروگاه بیوگاز است. از مهمترین ضعف‌های نام برده شده، ضعف زیرساخت‌های مناسب به دلیل نبود اینترنت پرسرعت و تحریم‌ها، ضعف در مکانیزاسیون و عدم همراهی شهروندان می‌باشد. شکل ۶ ضعف‌ها و قوت‌های شناسایی شده را به صورت کمی‌سازی شده نشان می‌دهد.

شکل ۶- ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE)

ردیف	عوامل اصلی داخلی	ضریب	نمره	نمره نهایی
نقاط قوت				
۱	طراحی و استفاده از اپلیکشین های جمع آوری هوشمند پسماند خشک و سامانه عرضه و تقاضای خاک و نخاله های ساختمانی	۰,۰۸	۴	۰,۳۲
۲	با توجه به سیاست های اعمال شده در شهر مشهد در حوزه خدمات شهری بستر مناسبی جهت پیاده سازی و اعمال فرایندهای الکترونیکی در شهر مشهد وجود دارد	۰,۰۶	۴	۰,۲۴
۳	وجود کارخانه نوآوری و فعالیت شرکت های دانش بنیان در شهر مشهد و نیز مراکز علمی و دانشگاهی معتبر	۰,۰۸	۴	۰,۳۲
۴	ایجاد اولین نیروگاه بیوگاز در محل دفن قدیم و استحصال انرژی از آن	۰,۰۴	۳	۰,۱۲
۵	استفاده از نیروهای متخصص و فنی و باتجربه برای مطالعات و پژوهش	۰,۰۴	۳	۰,۱۲
۶	شهرداری مشهد به عنوان قطب مدیریت پسماند کشور و جزء موفق ترین ها در استفاده از فناوری	۰,۰۵	۳	۰,۱۵
۷	جمع آوری اطلاعات بصورت هوشمند روزانه بلافاصله پس از جمع آوری و تخلیه پسماند	۰,۰۲	۳	۰,۰۶
۸	وجود زیرساخت های لجستیکی و ساماندهی هوشمند مانند SPI	۰,۰۸	۳	۰,۲۴
۹	امکانات آزمایشگاهی سازمان مدیریت پسماند	۰,۰۲	۳	۰,۰۶
۱۰	وجود سازمان فاوا که کمک شایانی جهت الکترونیکی کردن فرایندها	۰,۰۲	۳	۰,۰۶
۱۱	دارا بودن بزرگترین لندفیل مهندسی کشور	۰,۰۳	۳	۰,۰۹
نقاط ضعف				
۱	ضعف در کاهش از مبدا و تولید	۰,۱۰	۱	۰,۱
۲	ضعف در توسعه مکانیزاسیون ماشین الات در حوزه پسماند	۰,۰۴	۱	۰,۰۴
۳	ضعف تکنولوژی های بازیافت مدار و تبدیل به انرژی	۰,۰۴	۱	۰,۰۴
۴	ضعف سیستم های ذخیره سازی موقت و جمع آوری پسماند شهری و تفکیک زباله از مبدا	۰,۰۴	۱	۰,۰۴
۵	عدم بروزرسانی و ارتقاء فرایندها به طور مستمر	۰,۰۴	۱	۰,۰۴
۶	عدم وجود مکانیزم تشویق شهروندان مشارکت کننده در مباحث هوشمند	۰,۰۲	۲	۰,۰۴

۰,۰۶	۲	۰,۰۳	نبود امکانات کافی جهت مکانیزه کردن تمامی فرایندهای اداری	۷
۰,۰۴	۲	۰,۰۲	ضعف در آموزش	۸
۰,۰۳	۱	۰,۰۳	ضعف در مراحل کنترل	۹
۰,۰۶	۲	۰,۰۳	ضعف نظارت هوشمند بر جمع آوری و حمل و نقل پسماند	۱۰
۰,۰۸	۲	۰,۰۴	کمبود در تنوع اپلیکیشن های هوشمند در حوزه های مختلف مدیریت پسماند	۱۱
۰,۰۳	۱	۰,۰۳	مشکلات جمع آوری خاک و نخاله های حاصل از فعالیت های عمرانی و ساختمانی	۱۲
۰,۰۴	۲	۰,۰۲	نبود کارکنان متخصص در بخش خصوصی و عدم تسلط به مشکلات	۱۳
۲,۴۲	۱		جمع	

منبع: یافته‌های پژوهش

در بین عوامل خارجی، مهم‌ترین فرصت‌ها شامل: امکان فرهنگ‌سازی مناسب از طریق آموزش شهروندان در فضای مجازی و تبلیغات رسانه‌ای صدا و سیما، تسهیل و ایجاد انگیزه در جهت افزایش جذب پیمانکاران بخش خصوصی، شرکت‌های دانش بنیان و مراکز دانشگاهی جهت مشارکت و استفاده از فناوری‌های نوین در حوزه پسماند، و نیز استفاده از تجارب موفق داخلی و خارجی است. تهدیدهای اصلی شامل: ضعف آگاهی شهروندان از فرایند مدیریت پسماند و نیاز به جلب حمایت و همکاری مناسب آنان، نوسانات قیمت ارز و هزینه بالای فناوری‌ها و تحریم‌ها می‌باشد (شکل ۷).

شکل ۷- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی

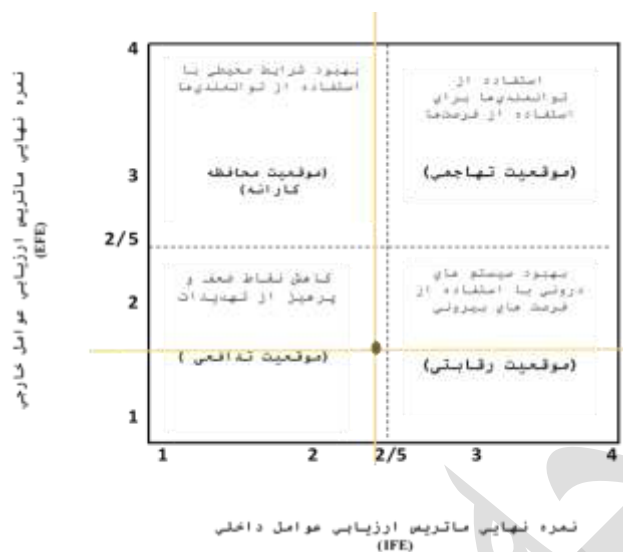
ردیف	عوامل اصلی خارجی	ضریب	نمره	نمره نهایی
	فرصت ها			
۱	امکان فرهنگ سازی مناسب از طریق آموزش شهروندان در فضای مجازی و تبلیغات رسانه ای صدا و سیما	۰,۰۶	۲	۰,۱۲
۲	تسهیل و ایجاد انگیزه در جهت جذب پیمانکاران بخش خصوصی، شرکت های دانش بنیان و مراکز دانشگاهی جهت مشارکت و استفاده از فناوری های نوین در حوزه پسماند	۰,۰۵	۲	۰,۱۰
۳	استفاده از تجارب موفق داخلی و خارجی (مانند همکاری با موسسه های مشاوره تخصصی بین المللی (مانند ژاپن) و استفاده از تجربیات آنها)	۰,۰۵	۳	۰,۱۵
۴	برگزاری استارت اپ های موثر و مرتبط	۰,۰۳	۳	۰,۰۹
۵	پیگیری قانون و مقررات مرتبط با پسماند در سطح ملی و برطرف نمودن چالش های حقوقی و مدنی قوانین مدیریت پسماند	۰,۰۵	۱	۰,۰۵
۶	تمایل و صرفه اقتصادی جهت پیاده سازی و اجرای فرایند مدیریت پسماند توسط بخش خصوصی یا دولتی	۰,۰۳	۲	۰,۰۶

۰,۰۳	۱	۰,۰۳	تامین تجهیزات مورد نیاز از مبادی مربوطه و اختصاص بودجه مناسب به این حوزه	۷
۰,۱۰	۲	۰,۰۵	ایجاد مشوق هایی جهت همکاری شهروندان با سازمان به ویژه در تفکیک از مبدا	۸
۰,۰۴	۱	۰,۰۴	کارخانه شماره دو کمپوست احداث شود تا از دفن حداکثری جلوگیری گردد	۹
۰,۱۲	۲	۰,۰۶	هوشمندسازی و استفاده از تکنولوژی جدید جهت تعامل بیشتر با شهروندان در جمع آوری پسماند تر	۱۰
تهدیدات				
۰,۱۰	۲	۰,۰۵	ضعف آگاهی شهروندان از فرایند مدیریت پسماند و نیاز به جلب حمایت شهروندان	۱
۰,۰۷	۱	۰,۰۷	نوسانات قیمت ارز و هزینه بالای فناوری ها	۲
۰,۰۷	۱	۰,۰۷	تحریم ها و عدم ارتباط با فناوری های برتر دنیا	۳
۰,۰۳	۱	۰,۰۳	عدم فرهنگ سازی مناسب و عدم حمایت نهادهای مرتبط از جمله صدا و سیما	۴
۰,۰۸	۲	۰,۰۴	نبود سرمایه گذاران تخصصی و قوی در این حوزه	۵
۰,۰۸	۲	۰,۰۴	کمبود شرکت های دانش بنیان و فناوری تخصصی حوزه پسماند	۶
۰,۰۸	۲	۰,۰۴	عدم تمایل شهروندان جهت کمک به بهبود وضعیت تفکیک از مبدا	۷
۰,۰۶	۲	۰,۰۳	کاربردی نبودن پایان نامه های دانشجویی با موضوع پسماند	۸
۰,۰۴	۲	۰,۰۲	فعالیت افراد سودجو به طور گسترده در زباله گردی	۹
۰,۰۴	۱	۰,۰۴	بوروکراسی اداری و قوانین بالادستی که مانع ورود شرکت های جدید می شود	۱۰
۰,۰۵	۱	۰,۰۵	عدم هماهنگی بین برخی از سازمان ها	۱۱
۰,۰۲	۱	۰,۰۲	چالش امنیتی در خصوص انتقال فناوریهای مورد نیاز در مدیریت پسماند	۱۲
۰,۰۵	۱	۰,۰۵	بستر اینترنتی نامناسب	۱۳
۱,۶۳		۱	جمع	

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از ضریب گذاری عوامل داخلی و خارجی، نتیجه حاصل از آن، برای تعیین موقعیت استراتژیک مدیریت پسماند مشهود در بعد فناوری‌های نوین استفاده می‌شود. شکل (۸) این وضعیت را نشان می‌دهد.

شکل ۸- ماتریس داخلی - خارجی موقعیت استراتژیک مدیریت پسماند شهر مشهد در بعد فناوری های نوین



منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به نمرات بدست آمده از ماتریس‌های ارزیابی داخلی و خارجی، موقعیت مدیریت پسماند شهر مشهد در حالت تدافعی بدست آمد که در این حالت بایستی با دوری کردن از تهدیدات خارجی و تلاش در کم کردن نقاط ضعف شرایط را مدیریت نمود. در ادامه باید دید از چه استراتژی‌هایی می‌توان برای مدیریت پسماند استفاده نمود. برای تعیین استراتژی از ماتریس TOWS استفاده گردید.

شکل ۹- ماتریس TOWS مدیریت پسماند شهر مشهد در بعد فناوری های نوین

WO	SO
۱- افزایش نظارت بر کارخانه ها و شرکت ها برای پایین آوردن پسماند در چرخه تولید و جایگزینی مواد غیر قابل بازیافت با موادی که امکان بازیافت دارند از طریق دادن تسهیلات و کم کردن مالیات آنها (w1,w3,w6,w7w11,o3,o5,o6)	۱- آموزش استفاده از اپلیکیشن ها به شهروندان و تبلیغ به استفاده از آن (s1,s2,o1,o4)
۲- حمایت از شرکت های دانش بنیان و اختراعات ثبت شده در زمینه پسماند که تا حدی ضعف های موجود را جبران می کنندو سرمایه گذاری بر ایده های نو (w7,w8,o2,o3,o2,o4)	۲- استفاده از تجربه و مهارت افراد مطلع در این حوزه و تجارب موفق سایر شهرداری ها (s3,s5,s6,o3,o7)
۳- تعامل مناسب با دانشگاه جهت تربیت افراد متخصص و آگاه در ای زمینه (w8,w13,o2)	۳- ارتباط موثر با شرکت های دانش بنیان برگزاری استارت اپ های مرتبط و به اشتراک گذاشتن تجارب و ایده ها (s3,s5,s6,s10,o2,o3,o4,o5,o7)
	۴- فرهنگ سازی برای کاهش تولید زباله و تفکیک از مبدا آن از طریق آموزش و ایجاد مشوق ها (s1,s7,o1,o4,o10)

۱۰. به دلیل جلوگیری از طولانی شدن و تکرار عوامل داخلی و خارجی، تنها استراتژی‌های چهار موقعیت استراتژیک در این جدول آمده است.

<p>۴- توجه به بستر اینترنت و تلاش جهت ارتقا آن با طراحی اپلیکیشن هایی در حوزه های آموزش شهروندان و تفکیک از مبدا و جمع آوری جداگانه انواع زباله (خشک تر و عفونی) (w1,w3,w11,w12,o1,o3,o6)</p>	<p>۵- توسعه فعالیت هایی مانند تولید کمپوست و بیوگاز برای جلوگیری از دفن پسماند (s4,s5,s11,o7,o9,o10)</p>
WT	ST
<p>۱- ارتقای وضعیت اینترنت و توسعه اپلیکیشن هایی در حوزه های آموزش شهروندان، تفکیک از مبدا، و جمع آوری جداگانه انواع زباله (خشک تر و عفونی) (w1,w10,t1,t4,t13)</p> <p>۲- جذب سرمایه گذار خصوصی از طریق دادن تسهیلات به بخش خصوصی و کاهش بوروکراسی اداری (w2,w3,w4,w6,w7,t5,t6,t10)</p> <p>۳- افزایش حمایت از شرکت های دانش بنیان و ایده های نو در زمینه پسماند (w2,w6,t5,t6,t7,t8)</p> <p>۴- تلاش برای ارتقاء زیرساخت ها با امکانات داخلی و افزایش اثربخشی و کارایی (w6,w7,t1,t6,t13)</p> <p>۵- فرهنگ سازی برای کاهش تولید زباله و تفکیک از مبدا از طریق آموزش و ایجاد مشوق ها (w1,w3,w8,t1,t4,t7)</p>	<p>۱- ایجاد تعامل مناسب با شهروندان جهت آگاهی یافتن از برنامه ها و سیاست ها در مدیریت پسماند و استفاده از نظرات و ایده های آنها برای مدیریت بهتر (s2,t1,t13)</p> <p>۲- توجه به افراد و ایده های داخلی جهت جایگزینی با موارد مشابه خارجی (s2,s3,s4,s5,s6,s7,s8,s10,t3,t6,t8,t12)</p> <p>۳- تعامل سازمان با دانشگاه برای اجرای طرح و پایان نامه های کاربردی (s2,s3,s5,s6,t6,t8)</p> <p>۴- جذب سرمایه گذار خصوصی از طریق دادن تسهیلات به بخش خصوصی و کاهش بوروکراسی اداری (s6,s8,s10,t5,t6,t13)</p> <p>۵- هماهنگی مناسب سازمان های مربوطه با یکدیگر و مشخص کردن وظایف برای جلوگیری از هرج و مرج و فعالیت افراد سودجو (s2,s6,t4,t9,t10,t11)</p>

بنا بر نتایج ماتریس TOWS شکل (۹)، مدیریت پسماند در کلانشهر مشهد باید پنج استراتژی را در دستور کار خود قرار دهد. ولی این که این پنج استراتژی را با چه اولویتی به ترتیب مد نظر قرار دهید، با استفاده از ماتریس QSPM و از تناظر هر یک از عوامل داخلی و خارجی با هر یک از استراتژی های موقعیت تدافعی و اعمال نمره جذابیت به دست آمد. پس از آن، به منظور ارائه راهکارهای عملیاتی در راستای این استراتژی ها، از پرسش شوندگان درباره راهکارهای ممکن برای برون رفت از مسائل موجود سوال شد. مجموعه ای از راهکارهای پیشنهاد شده، پس از ویرایش اولیه، موارد قابل ادغام با هم ترکیب شدند و مجدداً با تعدادی از مدیران مرتبط با پسماند مرور و نهایی شد. سپس با استفاده از ماتریس اثربخشی / امکان پذیری میزان اهمیت آنها مشخص شد. فرایندهای یاد شده برای پرهیز از طولانی شدن مراحل در این مقاله، با هم ادغام گردیده و نتیجه حاصل از آن به صورت زیر ارائه می شود:

۱. افزایش حمایت از شرکت‌های دانش بنیان و ایده های نو در زمینه پسماند(نمره جذابیت:۵,۵۹): حمایت از اپلیکشین ها و شرکت های دانش بنیان و ایده های جدید و شرکت‌های خصوصی فعال در زمینه پسماند و کمک به ارتقا آنها، بهره مندی از تجربیات مشترک در سایر نقاط سطح ملی و یا بین المللی
۲. ارتقای وضعیت اینترنت و توسعه اپلیکشین‌هایی در حوزه‌های آموزش شهروندان، تفکیک از مبدا، و جمع‌آوری جداگانه انواع زباله(خشک، تر و عفونی) (نمره جذابیت ۵,۵): همکاری و استفاده از ظرفیت‌های نهادهای مردمی (NGO)، نظارت و پیگیری در زمینه تولیدات و ترغیب به تولید زباله کمتر
۳. جذب سرمایه‌گذار از طریق ارائه تسهیلات به بخش خصوصی و کاهش بوروکراسی اداری(نمره جذابیت ۴,۵۱): استفاده از ظرفیت‌های دانشگاه‌ها و مراکز علمی، استفاده از نیروهای متخصص در حوزه پسماند، عقد تفاهم نامه‌های مشارکتی با شرکت‌های موفق و فعال در این حوزه، کاهش بوروکراسی اداری
۴. تلاش برای ارتقاء زیرساخت‌ها با امکانات داخلی و افزایش اثربخشی و کارایی(نمره جذابیت ۴,۲۵): احداث کارخانه شماره دو کمپوست جهت جلوگیری از دفن حداکثری، توسعه و به‌روز رسانی زیرساخت‌های مورد نیاز و استفاده از فناوری های نوین در فرایند مدیریت پسماند، جذب سرمایه گذار در مدیریت پسماند با توجه به کلانشهر بودن مشهد، ساخت نیروگاه‌های زباله سوز، استفاده از سیستم‌های پیرولیز، اجرای کاربردی و نتیجه محور پایان نامه‌های دانشجویی، استفاده از مخازن زیرزمینی هوشمند، استفاده از بارکد در سطل زباله‌ها
۵. فرهنگ‌سازی برای کاهش تولید زباله و تفکیک از مبدا از طریق آموزش و ارائه مشوق‌ها (نمره جذابیت ۳,۸۷): استفاده از روش‌های تبلیغاتی مانند شبکه‌های صدا و سیما، فضای مجازی و یا آموزش و پرورش، ارائه مشوق‌هایی جهت تفکیک از مبدا.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف از این پژوهش، بررسی وضع موجود استفاده از فناوری‌های نوین در حوزه مدیریت پسماند کلانشهر مشهد و شناسایی مهمترین نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدهای آن و در نهایت ارائه راهبردها و راهکارهای مناسب برای مدیریت بهتر پسماند بوده است. نتایج نشان می‌دهد که با تمام تلاش‌ها و پیشرفت‌هایی که در مدیریت پسماند شهر مشهد صورت گرفته است، به طور کلی وضعیت استفاده از فناوری های نوین در این حوزه مناسب نیست. به طوری که از مجموع ۲۹ فناوری شناسایی شده در بخش‌های جمع‌آوری و انتقال پسماند، پردازش و بازیافت، دفع پسماند، در کل ۱۴ فناوری در شهر مشهد استفاده می‌شود. فناوری‌هایی که با جریان جهانی این حوزه فاصله نسبتاً زیادی دارد. به عنوان مثال از فناوری‌هایی مانند بلاک چین که طبق مطالعه کاستیلیونه و همکاران (۲۰۲۳) ضمن بهینه‌سازی فرآیند مدیریت زباله، نظارت را افزایش داده و هزینه‌های عمومی مدیریت پسماند را کاهش می‌دهد، استفاده نمی‌کند. با این حال، در کنار قوت‌ها و ضعف‌هایی که برای مدیریت پسماند در مشهد از بعد فناوری های نوین شناسایی شد، فرصت‌ها و تهدیدهای فراوانی هست که بایستی در فرایند مدیریت پسماند در نظر گرفته شود. از مهمترین چالش‌ها و تهدیدهایی که حوزه فناوری های نوین پسماند با آن مواجه است، به تبعیت از شرایط کلان سیاسی و اقتصادی کشور، مرتبط با ضعف زیرساخت‌ها، عدم دسترسی به فناوری های نوین به دلایلی مانند روابط سیاسی و تحریم و مشکلات اقتصادی، مسائل داخلی مرتبط با ضعف زیرساخت‌های اینترنتی، مشکلات مربوط به حمایت از شرکت های دانش بنیان و می باشد. مشکلات گفته شده خود را در مسائلی چون شکاف

دیجیتالی نشان می‌دهد که در میان اقشار مختلف جامعه وجود دارد و گروه‌های مختلف شهروندان، دسترسی محدودی به فناوری لازم برای مشارکت در فرآیندهای مدیریت زباله دارند، که این عامل به نوعی در ضعف‌ها و همچنین در مطالعات کوماری و همکاری‌ها (۲۰۱۹)، در رابطه با چالش‌های فناوری هم اشاره شده است.

همچنین، نتایج این مطالعه با یافته‌های کارالیو و نجکمپ (۲۰۱۱) و هلندز (۲۰۰۸) که بر بهبود خدمات شهری و کیفیت زندگی از طریق مشارکت شهروندان در قالب شهرهای هوشمند تأکید دارند، هم‌راستا است. چرا که در مدیریت پسماند شهری مهمترین عنصر این است که از سمت منابع عرضه پسماند که عمدتاً شهروندان هستند، با ارتقاء فرهنگ و رعایت وظایف شهروندی، اساساً پسماند کمتری وارد چرخه شود. اهمیت این عامل به گونه‌ای است که یکی از استراتژی‌های مهم مدیریت پسماند در مشهد فرهنگ سازی برای کاهش پسماند به دست آمده است. این فرهنگ‌سازی با استفاده از پتانسیل فناوری‌های نوین همچون اپلیکیشن‌ها، فضای مجازی، تبلیغات رسانه‌ای قابل ارتقاء می‌باشد.

در پایان می‌توان گفت، چندین زمینه نیز وجود دارد که تحقیقات بیشتر در این موضوع ضروری است. یکی از زمینه‌های مهم، توسعه روش‌های مؤثرتر برای پایش و ارزیابی تأثیر نوآوری‌های فناوری در بخش مدیریت پسماند، به‌ویژه با توجه به تأثیر آنها بر سلامت عمومی، محیط‌زیست و پیامدهای اجتماعی و اقتصادی است. علاوه بر این، نیاز به تحقیقات بیشتر در مورد پتانسیل فناوری‌های جدید برای حمایت از مدل‌های اقتصاد دایره‌ای در بخش زباله شهری، از جمله استفاده از زباله به عنوان منبعی برای تولید محصولات و خدمات جدید وجود دارد. در نهایت، تحقیقات بیشتری برای درک بهتر موانع اجتماعی و فرهنگی که ممکن است مانع پذیرش فناوری‌های جدید مدیریت پسماند، به ویژه در بین شهروندان کم درآمد و حاشیه‌نشین شوند، مورد نیاز است.

در مجموع، علاوه بر زمینه‌های پژوهشی گفته شده، به طور مشخص پیشنهاد‌های این مقاله همان راهبردهایی هستند که طی فرایند ماتریس QSPM اولویت‌بندی شد که عبارت است از: ۱. افزایش حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان و ایده‌های نو در زمینه پسماند ۲. ارتقای وضعیت اینترنت و توسعه اپلیکیشن‌هایی در حوزه‌های آموزش شهروندان، تفکیک از مبدأ، و جمع‌آوری جداگانه انواع زباله (خشک، تر و عفونی) ۳. جذب سرمایه‌گذار از طریق ارائه تسهیلات به بخش خصوصی و کاهش بوروکراسی اداری ۴. تلاش برای ارتقای زیرساخت‌ها با امکانات داخلی و افزایش اثربخشی و کارایی ۵. فرهنگ‌سازی برای کاهش تولید زباله و تفکیک از مبدأ از طریق آموزش و ارائه مشوق‌ها

منابع

احمدی، ژ.؛ چلاوی، س. (۱۳۹۸). تحلیل بر تاثیر سرمایه اجتماعی در مدیریت پسماند. دومین همایش بین المللی دانشگاه سبز. دانشگاه اصفهان

پوراحمدی، گ.؛ ایراندوست، م.؛ ادهمی، ج. (۱۴۰۱). پیشایندها و پسایندهای مدیریت منابع انسانی پایدار در سازمان‌های مدیریت پسماند. فصلنامه مطالعات مدیریت و توسعه پایدار، ۲(۳)، ۱۲۸-۱۰۹.

خداوردی ازغندی، زینب، کلاهی، مهدی. (۱۳۹۸). افق پیش‌روی سیاست‌گذاری و مدیریت پسماند. رهیافت، ۲۹(۷۳)، ۷۲-۵۷. doi:

۱۰.۲۲۰۳۴/rahyaft.2019.13752

زیاری، ک.؛ موسی خانی، ک.؛ اباذرلو، ش.؛ اباذرلو، س. (۱۳۹۱) مکان یابی دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از مدل (نمونه موردی شهرستان جلفا). جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۱، شماره ۳، ۱۴-۲۸

شاددل، ر.؛ مافی، ع.؛ رجبی، م. (۱۴۰۱). تحلیل روابط مدیریت شهری با مسئولیت‌پذیری از دیدگاه گردشگران (مطالعه موردی: شهر مشهد). مطالعات مدیریت شهری، ۱۴(۵۰)، ۶۳-۷۴. doi: 10.30495/ums.2022.20841

شهرداری مشهد (۱۳۹۸). گزارش برنامه عملیاتی (میان مدت ۱۳۹۷-۱۴۰۰)

شهرداری مشهد (۱۴۰۰). گزارش سالانه سازمان مدیریت پسماند مشهد

عبدلی، م.؛ اکبرپور شیرازی، م.؛ امیدوار، ب.؛ سمیعی فرد، ر. (۱۳۹۴). بررسی تولید پسماند شهری در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با رویکرد کاهش پسماند طی سال های ۱۳۹۲-۱۳۸۹. طلوع بهداشت، ۱۴(۲) (مسلسل ۵۰)، ۳۳-۲۳.

کریمی کندزی، ساجده. (۱۳۹۸). مدیریت پسماند شهر اصفهان با بهره‌گیری از فناوری های نوین، اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، اردبیل، <https://civilica.com/doc/961379>

مختارپور، م.؛ شکاری، ح.؛ زعفرانی معطر، م. (۱۳۹۹). اندازه‌گیری حلالیت داروی ناپروکسن در برخی حلال‌های اتکتیک عمیق بر پایه کولین بعنوان حلال-های سبز نوین در صنعت داروسازی و کارایی مدل UNIIFAC در پیش‌بینی آن. شیمی کاربردی، ۱۵(۵۴)، ۲۸۹-۲۹۸.

مرادی حقیقی، م. (۱۳۹۳). مدیریت پسماند شهری فرایند ها و چالش ها با رویکرد فرا تحلیلی مورد مطالعه تحقیقات دانشگاهی. (پایان نامه منتشر نشده کارشناسی ارشد مدیریت) دانشگاه تهران، ایران

مرکز آمار ایران (۱۳۹۳). تعاریف و مفاهیم استاندارد آماری (برای استفاده در طرحها و گزارشهای آماری). تهران: مرکز آمار ایران. ویرایش سوم

موسسه تبیین آفاق پویا. (۱۳۹۴). اثرسنجی اجرای طرح پایلوت تفکیک پسماند در مبدا. تهران، ایران: سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران. <https://sid.ir/paper/786229/fa>

ناظم، ف.؛ عبدلی، م.؛ ریاحی بختیاری، ع.؛ مساح، ا. (۱۳۸۷). ارزیابی اولویت ها و پتانسیل بازیافت از پسماندهای شهری شهرضا. منابع طبیعی ایران، ۶۱(۴)، ۹۴۱-۹۳۳.

نجفی، ع.؛ آدینه نیاباجگیران، ع.؛ عبدالله زاده، ر.؛ سهرابی، م. (۱۳۸۸). استفاده از سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری در تعیین راهبردهای مدیریت پردازش و دفع پسماند با رویکرد اصلا الگویمصرف (مورد مطالعاتی شهر مشهد)، مدیریت شهری و روستایی، شماره ۲۴، ۷-۱۶.

نصیری، ف.؛ ناصحی، ف.؛ حضرتی، ص.؛ ریسی، ا.؛ کرامتی، ا. (۱۳۹۷). بررسی مواجهه کارگران بخش پسماند شهرداری اردبیل با بیوآژن‌سول‌های باکتریایی در سال ۱۳۹۶. سلامت و بهداشت اردبیل، ۹(۲) (ویژه نامه)، ۲۰۳-۱۹۶.

Castiglione, A., Cimmino, L., Di Nardo, M., & Murino, T. (2023). A framework for achieving a circular economy using the blockchain technology in a sustainable waste management system. *Computers & Industrial Engineering*, 180, 109263. DOI: 10.1016/j.cie.2023.109263

Evreka (2021). 7 ways technology is innovating waste management. [Weblog comment] .Retrieved 2022, Feb. 15, from <https://evreka.co/blog/7-ways-technology-is-innovating-waste-management/>.

Kumari Jyoti , Shrivastava Gulshan *, Sinha Akash and Kumar Prabhat , Role of Technology in Solid Waste Management: A Review, *Recent Patents on Computer Science* 2019; 12(4) . <https://dx.doi.org/10.2174/2213275912666181127124147>

Mahmood, H. M., & Mahdi, K. H. (2021, February). Modern technologies as urban management tools that work to sustain and develop urbanization in cities. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1773, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.

Tan, X., Zhu, K., Meng, X., Gu, B., Wang, Y., Meng, F., ... & Li, H. (2021). Research on the status and priority needs of developing countries to address climate change. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125669. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125669>

United Nations (2017).Policy paper 9 : urban services and technology

Vorobeva, D., Scott, I. J., Oliveira, T., & Neto, M. (2022). Adoption of new household waste management technologies: The role of financial incentives and pro-environmental behavior. *Journal of Cleaner Production*, 362, 132328. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132328>