تحلیل استراتژیک وضعیت فناوری‌های نوین در بعد پسماند کلانشهر مشهد

چکیده

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 شهر مشهد 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. 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 راهکاری های مناسب برای مدیریت بهتر پسماند بوده است. 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 مجموعا 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 توضیح بیشتر و تخصصی‌تر و 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 فناوری های نوین در این حوزه مناسب نیست و به لحاظ موقعیت استراتژیک، در موقعیت تدافعی قرار دارد. 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 می شود و فناوری‌های استفاده شده با فناوری‌های روز جهانی این حوزه فاصله نسبتا زیادی دارد.

واژگان کلیدی: فناوری های نوین، خدمات شهری،پسماند، شهر مشهد

مقدمه

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،ص۲۸۹). 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 روش ها 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 نظام های اداری، تحقیقاتی، قضایی و حکومتی را دستخوش تغییرات و تحولات شگرفی کرده، به طوری که دامنه گسترش این فناوری به شهرداری ها 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 برنامه ها 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 (*Ziari et al.2012:4*). از جمله مشکلات رایج شهرها، می توان به جمع آوری و دفع زباله های ایجاد شده اشاره نمود که به علت حجم بالا و همین طور تفاوت نوع زباله ها و پسماندها و نداشتن تکنولوژی مناسب با جمعیت شهرها نیاز به مدیریت جامع که از علم و تجربه و تکنولوژی توامان کمک بگیرد را بیشتر کرده است(مرادی حقیقی،۱۳۹۳،ص۴۵).

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،ص۱۱۸)، این فرایند باید با اصول بهداشت عمومی، بعد اقتصادی، زیبایی‌شناختی و حفاظت از منابع و محیط زیست و... همراه باشد(نصیری و همکاران،۱۳۹۷،ص۱۹۸). 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،ص۱۶). 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،ص۱۷). 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،ص۲۳). بنابراین برای جلوگیری و کاهش آسیب هایی که زباله ها بر محیط زیست و افراد وارد می کند باید از تکنولوژی های نوین استفاده کرد. در جهان نوآوری هایی در این زمینه انجام شده مانند تولید برق از زباله و تولید انرژی حرارتی و همین‌طور تبدیل زباله ها به مواد شیمیایی کود و روغن و...، استفاده از ربات هایی در بخش بازیافت، استفاده از نرم افزارها برای شرکت های مدیریت پسماند که به مدیریت و کنترل مرکزی بهتر کمک می کند، استفاد از اینترنت اشیا، استفاده از سطل زباله های رباتیک، یا استفاده از سطل زباله موتوری که که در طول روز در محله جابه جا می‌شود (اورکا،۲۰۲۱). با این وجود در ایران به ویژه کلانشهرها، به علت مشکلات مدیریتی، وجود تحریم ها و نداشتن فناوری و زیرساخت های لازم استفاده از این نوآوری‌ها بسیار مشکل شده است، و برای مدیریت کردن پسماند باید با توجه به زیرساخت های 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 سال های گذشته، پذیرای حدود نه میلیون نفر زائر داخلی و۴۳۱۶۵۰ نفر زائر خارجی بوده است (*پشهرداری 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 می‌کند که قادر به بهینه‌سازی فرآیند مدیریت زباله است و می‌تواند نظارت را افزایش دهد و در عین حال هزینه‌های عمومی مدیریت پسماند را کاهش دهد. همچنین، یک مکانیسم پاداش برای شهروندان از نظر میزان زباله‌های تفکیک شده، ایجاد می شود و رویه‌های کاری سازمان مدیریت پسماند بهینه می‌شود.
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 می‌کند. فهرستی از چالش‌های مربوط به فرآیند مدیریت پسماند را شناسایی می‌کند و پیشنهاداتی برای رسیدگی به چالش‌های شناسایی شده ارائه می‌کند.
چن و لی[1] (۲۰۱۹)	مروری بر فناوری‌های هوشمند مدیریت زباله در قرن بیست‌ویکم:از اینترنت اشیا تا هوش مصنوعی	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.
ماوروپولوس و لیندکویست[2] (۲۰۱۸)	مدیریت هوشمند زباله برای شهرهای هوشمند	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.
گوئرو و و همکاران[3](۲۰۱۳)	بررسی چالش‌های پیش روی مدیریت پسماند	در۳۰ ناحیه شهری و ۲۲کشور در حال توسعه این تحقیق انجام شده که عوامل اثرگذار بر مدیریت پسماند را در هفت دسته فنی، محیطی، اقتصادی ـ مالی، اجتماعی–فرهنگی، سازمانی، و سیاسی بررسی می‌کند.

1 . Chen & Li
2 . Mavropoulos & Lindhqvist
3. Abarca Guerrero et al

مارشال[4]و فرحبخش(۲۰۱۳)	رویکرد سیستمی برای مدیریت پسماند جامع در کشورهای در حال توسعه	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.
دیویدسون[5](۲۰۱۱)	مروری بر ادبیات پسماند	به بررسی اجزا، مفاهیم و چارچوب های مدیریت پسماند می پردازد.
خواجه شاهکوهی و همکاران(۱۳۹۴)	برررسی میزان مشارکت شهروندان در مدیریت پسماند خانگی(موردشناسی: شهر مشهد)	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 می پردازد.
استادی(۱۳۹۳)	بررسی وضعیت پسماندهای ویژه شهر مشهد، مدیریت و راه‌های دفع پسماند خطرناک خانگی	به علت پیچیدگی و چند جانبه بودن موضوع برای مدیریت آن باید افراد جامعه و سازمان ها با همکاری هم این مسئله را مدیریت کنند.
طیبی 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 کم خطر 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 می دهد که سرمایه گذاری‌های فناوری هدفمند می‌تواند فرصت‌هایی برای رشد شهری، پایداری محیطی و بهبود رفاه اجتماعی ایجاد کند.

روش‌شناسی

این پژوهش از نظر روش توصیفی ـ تحلیلی و کاربردی است. جمع‌آوری اطلاعات در بخش کتابخانه‌ای، با مراجعه به کتاب‌ها، مقالات، گزارش های 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 مجموعا 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، از نتایج پرسشنامه‌های تکمیل شده و در قالب مدل SWOT و سپس مراحل کمی‌سازی آن یعنی ماتریس‌های(QSPM,TOWS,IFE,EFE)؛ و 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.

[4]. Marshall
[5] . Gary Davidson

در کمی‌سازی ماتریس ارزیابی عوامل داخلی(IFE)، به نقاط قوت و ضعف از صفر تا یک ضریب اهمیت داده می شود به صورتی که مجموع این ضرایب برابر یک شود. سپس به عوامل نمره داده می‌شود(نمره ۱برای ضعف اساسی، ۲ برای ضعف عادی، ۳ برای قوت عادی، و۴ برای قوت بسیار بالا). در انتها برای مشخص کردن نمره نهایی ضریب هر عامل در نمره آن ضرب می‌شود که جمع نمره‌ها بین۱تا ۴ خواهد بود. مراحل کمی‌سازی عوامل خارجی نیز در ماتریس مربوطه(EFE)، همانند ماتریس عوامل داخلی است با این تفاوت که به هرکدام 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

فناوری های نوین

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،ص۲۵). راه‌حل‌های فن‌آوری جدید می‌توانند تولید کمتر زباله‌های خانگی و سطوح بالاتر تفکیک زباله را تشویق کنند(وروبوا و همکاران،۲۰۲۱،ص۱۷) . 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 حل های فناوری باید برای کمک به برابری و دسترسی به خدمات شهری برای همه، از جمله گروه‌های آسیب پذیر، مناسب باشد) اتحادیه بین المللی،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 دلمشغولی های مدیران شهری در این زمینه می باشد. در این زمینه کارالیو و نجکمپ[6] (۲۰۱۱) و هلندز[7](۲۰۰۸) بر این باورند که شهرهای هوشمند پتانسیل بهبود خدمات شهری و کیفیت زندگی را از طریق مشارکت و مشارکت شهروندان دارند.

پسماند شهری

خدمات شهری ابعاد مختلفی همچون، زباله‌های شهری، فاضلاب شهری، بهداشت شهری، فضای سبز، رضایت شهروندان، و ساماندهی فرهنگ مصرف را شامل می شود. توجه همزمان به همه این ابعاد لازمه کیفیت بخشی به شهر است. با این حال از مهمترین ابعاد خدمات شهری، پسماندها

[6] Caragliu & Nijkamp
[7] . Hollands

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 می شود (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، جمع آوری، جا به جایی و حمل و نقل، پردازش، بازیافت، دفن و بطور کلی از نقطه تولید تا محل دفن را شامل می شود(ناظم و همکاران؛۱۳۸۷،ص۹۳۶). وظایفی که مدیریت پسماند در این فرایند انجام می دهد عبارت است از: برنامه‌ریزی، سازماندهی، تامین نیروی انسانی، هدایت و رهبری، و کنترل و نظارت را در بر می گیرد (مختارپور و همکاران،۱۳۹۹،ص۲۹۵). 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 می‌توان عمده‌ترین فناوری‌های مورد استفاده در حوزه پسماند را به سه دسته تقسیم کرد: فناوری‌های جمع‌آوری پسماند؛ فناوری های بازیافت و پردازش؛ و فناوری‌های دفع پسماند (شکل۲).

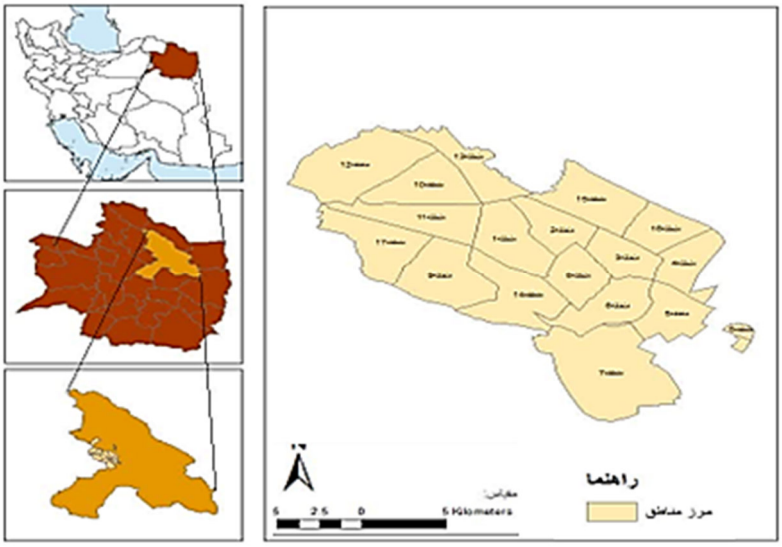
شکل۲- فناوری‌های نوین مورد استفاده در مراحل مختلف حوزه پسماند

مراحل	فناوری‌های مورد استفاده
جمع آوری پسماند	اینترنت اشیا[8]، رادیو شناسه[9]، 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 نخاله‌های ساختمانی، بازیافت پسماند الکترونیک، ربات بازیافت، کمپوست، اپلیکیشن.
دفع پسماند	لندفیل مهندسی، بیوگاز، پردازش، بلاک چین، گازی‌سازی، تولید متان به روش تخمیر، تولید گرانوله، 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 حدفاصل رشته کوه های بینالود و هزار مسجد واقع شده است(شادل و همکاران،۱۴۰۱،ص۶۶). مشهد دارای۱۳ منطقه شهرداری و جمعیت ۳۰۶۲۲۴۲نفر می‌باشد. 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. 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. شکل۳ محدوده مناطق شهرداری و موقعیت شهر مشهد را در استان و کشور نشان می دهد.

[8] Internet of Things
[9] RFID



شکل۳- 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 ۴اطلاعات عمومی پاسخگویان مانند جنسیت، سن، شغل، سابقه کار و تحصیلات پاسخگویان آمده است.

شکل ۴_اطلاعات توصیفی پاسخگویان

جنسیت		
مرد: ۳۰نفر (۷۸.۹٪)		زن: ۸نفر (۲۱.۱٪)
شغل		
استخدام رسمی: ۳۴نفر (۸۹.۵٪)		پیمانی : ۴ نفر (۱۰.۵٪)
سن (سال)		
۲۵-۳۵: ۷نفر (۱۸.۴٪)	۳۵-۴۵: ۲۵نفر (۶۵.۸٪)	بالا ۴۵: ۶نفر (۱۵.۸٪)
سابقه کار		
کمتر از ۵: ۲نفر (۵.۳٪)	۵-۱۰: ۷نفر (۱۸.۴٪)	۱۰بیشتر: ۲۹نفر (۷۶.۳٪)
تحصیلات		
کارشناسی:۱۳ نفر(۳۴.۲٪)	کارشناسی ارشد:۱۶ نفر(۴۲.۱٪)	دکتری:۹نفر(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 ازعمده‌ترین 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.

شکل۵- فناوری‌های نوین در مراحل مدیریت پسماند

مرحله جمع‌آوری و انتقال پسماند	وضعیت استفاده در مشهد	مرحله پردازش و بازفت 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	✓	پلاسما	😐
–	–	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 برج های 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 ربات 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 حدود۴۱ درصد از آن‌ها در مشهد استفاده می شود. 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 اپلیکشین‌های 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 اپلیکشین‌های جمع‌اوری هوشمند پسماند خشک و سامانه عرضه و تقاضای خاک و نخاله‌های 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 نواوری و فعالیت شرکت‌های 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 موفق‌ترین ها در استفاده از فناوری	۰.۰۵	۳	۰.۱۵
۷	جمع اوری اطلاعات بصورت هوشمند روزانه بلافاصله پس از جمع اوری و تخلیه پسماند	۰.۰۲	۳	۰.۰۶
۸	وجود زیرساخت های لجستیکی و ساماندهی هوشمند مانندSPi	۰.۰۸	۳	۰.۲۴
۹	امکانات ازمایشگاهی 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 اوری 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
۷	نبود امکانات کافی جهت مکانیزه کردن تمامی فرایندهای اداری	۰.۰۳	۲	۰.۰۶
۸	ضعف در اموزش	۰.۰۲	۲	۰.۰۴
۹	ضعف در مراحل کنترل	۰.۰۳	۱	۰.۰۳

۱۰	ضعف نظارت هوشمند بر جمع آوری و حمل و نقل پسماند	۰.۰۳	۲	۰.۰۶
۱۱	کمبود در تنوع اپلیکیشن های هوشمند در حوزه های مختلف مدیریت پسماند	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۱۲	مشکلات جمع اوری خاک و نخاله های حاصل از فعالیت های عمرانی و ساختمانی	۰.۰۳	۱	۰.۰۳
۱۳	نبود کارکنان متخصص در بخش خصوصی و عدم تسلط به مشکلات	۰.۰۲	۲	۰.۰۴
جمع		**۱**		**۲.۴۲**

منبع: یافته‌های پژوهش

در بین عوامل خارجی، مهم‌ترین فرصت‌ها شامل: امکان فرهنگ‌سازی مناسب از طریق اموزش 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 اگاهی شهروندان از فرایند مدیریت پسماند و نیاز به جلب حمایت و همکاری مناسب انان، نوسانات قیمت ارز و هزینه بالای فناوری‌ها و تحریم‌ها می‌باشد (شکل۷).

شکل۷- ماتریس ارزیابی عوامل خارجی

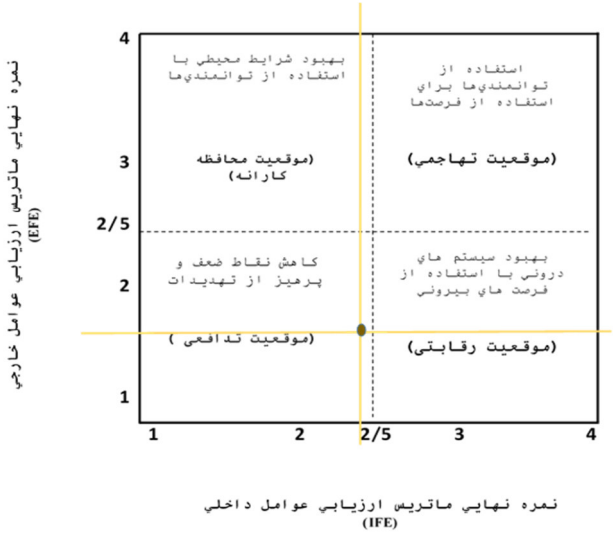
ردیف	عوامل اصلی خارجی	ضریب	نمره	نمره نهایی
	فرصت ها			
۱	امکان فرهنگ سازی مناسب از طریق اموزش شهروندان در فضای مجازی و تبلیغات رسانه ای صدا و سیما	۰.۰۶	۲	۰.۱۲
۲	تسهیل و ایجاد انگیزه در جهت جذب پیمانکاران بخش خصوصی، شرکت های دانش بنیان و مراکز دانشگاهی جهت مشارکت و استفاده از فناوری های نوین در حوزه پسماند	۰.۰۵	۲	۰.۱۰
3	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
4	برگزاری استارت اپ های موثر و مرتبط	۰.۰۳	۳	۰.۰۹
5	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
6	تمایل و صرفه اقتصادی جهت پیاده سازی و اجرای فرایند مدیریت پسماند توسط بخش خصوصی یا دولتی	۰.۰۳	۲	۰.۰۶
7	تامین تجهیزات مورد نیاز از مبادی مربوطه و اختصاص بودجه مناسب به این حوزه	۰.۰۳	۱	۰.۰۳
8	ایجاد مشوق هایی جهت همکاری شهروندان با سازمان به ویژه در تفکیک از مبدا	۰.۰۵	۲	۰.۱۰
9	کارخانه شماره دو کمپوست احداث شود تا از دفن حداکثری جلوگیری گردد	۰.۰۴	۱	۰.۰۴
10	هوشمندسازی و استفاده از تکنولوژی جدید جهت تعامل بیشتر با شهروندان در جمع اوری پسماند تر	۰.۰۶	۲	۰.۱۲

	تهدیدات			
۱	ضعف آگاهی شهروندان از فرایند مدیریت پسماند و نیاز به جلب حمایت شهروندان	۰.۰۵	۲	۰.۱۰
۲	نوسانات قیمت ارز و هزینه بالای فناوری ها	۰.۰۷	۱	۰.۰۷
۳	تحریم ها و عدم ارتباط با فناوری های برتر دنیا	۰.۰۷	۱	۰.۰۷
۴	عدم فرهنگ سازی مناسب و عدم حمایت نهادهای مرتبط از جمله صدا و سیما	۰.۰۳	۱	۰.۰۳
۵	نبود سرمایه گذاران تخصصی و قوی در این حوزه	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۶	کمبود شرکت های دانش بنیان و فناوری تخصصی حوزه پسماند	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۷	عدم تمایل شهروندان جهت کمک به بهبود وضعیت تفکیک از مبدا	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۸	کاربردی نبودن پایان نامه های دانشجویی با موضوع پسماند	۰.۰۳	۲	۰.۰۶
۹	فعالیت افراد سودجو به طور گسترده در زباله گردی	۰.۰۲	۲	۰.۰۴
10	بوروکراسی اداری و قوانین بالادستی که مانع ورود شرکت های جدید می شود	۰.۰۴	۱	۰.۰۴
11	عدم هماهنگی بین برخی از سازمان ها	۰.۰۵	۱	۰.۰۵
12	چالش امنیتی در خصوص انتقال فناوریهای مورد نیاز در مدیریت پسماند	۰.۰۲	۱	۰.۰۲
13	بستر اینترنتی نامناسب	۰.۰۵	۱	۰.۰۵
جمع		**۱**		۱.۶۳

منبع: یافته‌های پژوهش

پس از ضریب‌گذاری عوامل داخلی و خارجی، نتیجه حاصل از آن، برای تعیین موقعیت استراتژیک مدیریت پسماند مشهد 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 فناوری‌های 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. بنا بر نتایج، مدیریت پسماند در کلانشهر مشهد باید پنج استراتژی را در دستور کار خود قرار دهد. ولی این که این پنج استرتژی 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 استراتژی‌های موقعیت تدافعی و اعمال نمره جذابیت به دست آمد. پس از آن، به منظور ارائه راهکارهای عملیاتی در راستای این استراتژی‌ها، از پرسش شوندگان درباره راهکارهای ممکن برای برون رفت از مسائل موجود سوال شد. مجموعه‌ای از راهکارهای پیشنهاد شده، پس از ویرایش اولیه، موارد قابل ادغام با هم ترکیب شدند و مجددا 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 می‌شود:

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 انها، بهره مندی از تجربیات مشترک در سایر نقاط سطح ملی و یا بین المللی
۲. ارتقای وضعیت اینترنت و توسعه اپلیکیشن‌هایی 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 جذابیت۴.۵۱): 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
٤. 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
٥. فرهنگ‌سازی برای کاهش تولید زباله و تفکیک از مبدا از طریق آموزش و ارائه مشوق‌ها (نمره جذابیت۳.۸۷): 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 راهکاری های مناسب برای مدیریت بهتر پسماند بوده است. نتایج نشان می دهد که با تمام تلاش ها و پیشرفت هایی 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 می شود. فناوری هایی که با جریان جهانی این حوزه فاصله نسبتا 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 چالش ها و تهدیدهایی که حوزه فناوری های نوین پسماند با آن مواجه است، به تبعیت از شرایط کلان سیاسی و اقتصادی کشور، مرتبط با ضعف زیرساخت ها، عدم دسترسی به فناوری های نوین به دلایلی مانند روابط سیاسی و تحریم و مشکلات اقتصادی، مسائل داخلی مرتبط با ضعف زیرساخت های 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 ضعف ها و همچنین در مطالعات کوماری و همکاران (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 عمدتا شهروندان هستند، با ارتقاء فرهنگ و رعایت وظایف شهروندی، اساسا 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 اپلیکشین‌ها، فضای مجازی، تبلیغات رسانه‌ای قابل ارتقاء می‌باشد.

در پایان می‌توان گفت، چندین زمینه نیز وجود دارد که تحقیقات بیشتر در این زمینه 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.

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), ۱۰۹-۱۲۸.

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 (میان‌مدت ۱۳۹۷-۱۴۰۰)

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

عبدلی، م.؛ اکبرپورشیرازی، 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))، ۲۳-۳۳.

مرادی حقیقی، م .(۱۳۹۳)مدیریت پسماند شهری فرایند ها و چالش ها با رویکرد فرا تحلیلی موردمطالعه 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

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 پیش بینی آن. شیمی کاربردی, ۱۵(۵۴), ۲۸۹-۲۹۸.

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)، ۹۳۳-۹۴۱.

نجفی ،ع .؛آدینه نیاباجگیران، ع .؛ عبدالله زاده ،ر .؛سهرابی ، م.(۱۳۸۸).استفاده از سامانه پشتیبان تصمیم گیری درتعیین راهبردهایمدیریت 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.؛رییسی، ا .؛ کرامتی، ا. (۱۳۹۷). بررسی مواجهه کارگران بخش پسماند شهرداری اردبیل با بیوآئرسول های باکتریایی در سال ۱۳۹۶. سلامت و بهداشت اردبیل، ۹(۲ (ویژه نامه))، ۱۹۶-۲۰۳.

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 of Waste Management Technology to Boost Profits .[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