



تحلیل اقتصادی روش‌های مدیریت پسماند شهری و نقش آن‌ها در

تحقق اقتصاد چرخشی

اقتصاد محیط زیست و پایداری

استاد درس: دکتر ایرج صالح

فریمه فروزان فرد

فهرست مطالب :

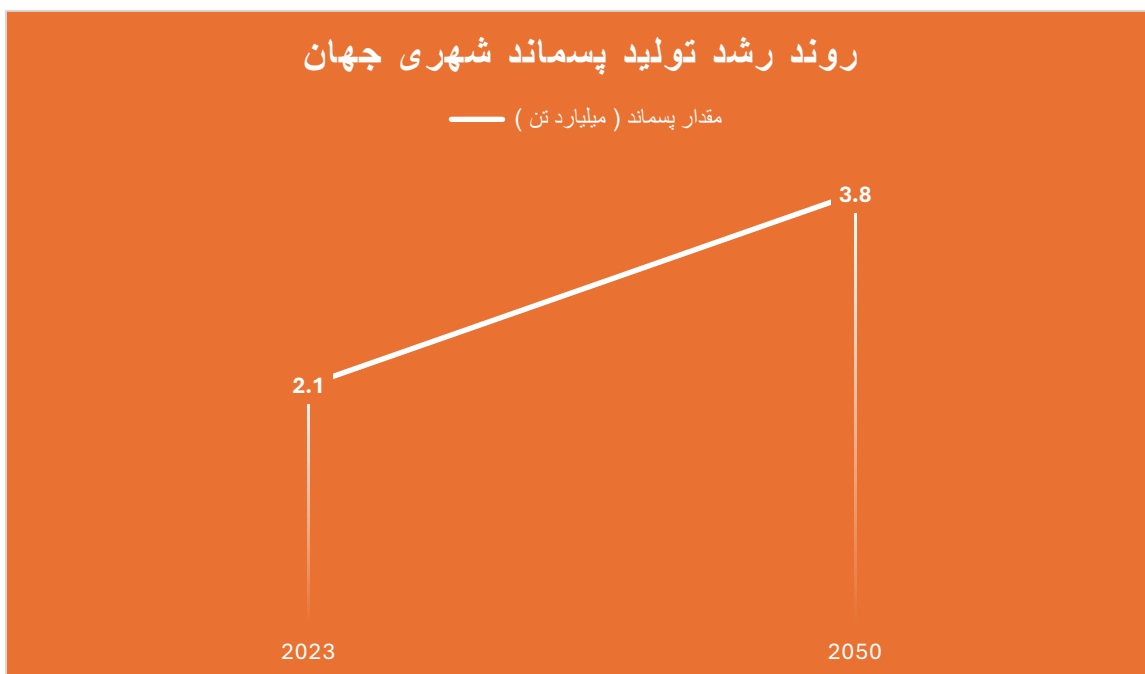
3	مقدمه :
8	مبانی نظری و پیشینه موضوع :
18	روش تحقیق :
14	نتایج و تحلیل اقتصادی :
23	پیشنهادهای و نتیجه گیری :
26	منابع :

مقدمه

1.1 مقدمه :

رشد سریع جمعیت، توسعه شهرنشینی، گسترش فعالیت‌های صنعتی و تغییر الگوهای مصرف در دهه‌های اخیر موجب افزایش چشمگیر تولید پسماند در سراسر جهان شده است. امروزه پسماندهای شهری یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی جهان محسوب می‌شوند و مدیریت صحیح آن‌ها به یکی از اولویت‌های اصلی دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی تبدیل شده است. در گذشته پسماندها عمدتاً به عنوان مواد زائد و فاقد ارزش اقتصادی شناخته می‌شدند، اما در سال‌های اخیر با توسعه مفاهیم توسعه پایدار و اقتصاد چرخشی، نگاه به پسماند تغییر کرده و این مواد به عنوان منابع بالقوه‌ای برای تولید مواد اولیه، انرژی و ارزش افزوده اقتصادی مورد توجه قرار گرفته‌اند. (1،5،6)

بر اساس گزارش برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)، میزان تولید پسماند جامد شهری در جهان در سال ۲۰۲۳ حدود ۲٫۱ میلیارد تن برآورد شده است. همچنین پیش‌بینی می‌شود در صورت ادامه روند فعلی رشد جمعیت و مصرف، این مقدار تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۳٫۸ میلیارد تن افزایش یابد. این روند نشان می‌دهد که مسئله مدیریت پسماند در دهه‌های آینده به یکی از مهم‌ترین چالش‌های سیاست‌گذاری اقتصادی و زیست‌محیطی جهان تبدیل خواهد شد. (2)



افزایش حجم پسماند علاوه بر آثار زیست محیطی، پیامدهای اقتصادی گسترده‌ای نیز به همراه دارد. هزینه‌های مربوط به جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش و دفع پسماندها سالانه میلیاردها دلار از منابع مالی دولت‌ها را به خود اختصاص می‌دهد. در صورت عدم مدیریت صحیح، این هزینه‌ها در سال‌های آینده افزایش بیشتری خواهند یافت و فشار مضاعفی بر بودجه عمومی کشورها وارد خواهند کرد. (2،4،3)

از دیدگاه اقتصاد محیط زیست، پسماند تنها یک مشکل زیست محیطی نیست، بلکه نشان‌دهنده اتلاف منابع اقتصادی نیز محسوب می‌شود. بسیاری از مواد موجود در پسماندها مانند فلزات، کاغذ، پلاستیک و مواد آلی قابلیت بازگشت به چرخه تولید را دارند و در صورت مدیریت صحیح می‌توانند به منبع درآمد و اشتغال تبدیل شوند. به همین دلیل امروزه تحلیل اقتصادی روش‌های مختلف مدیریت پسماند اهمیت فراوانی یافته است.

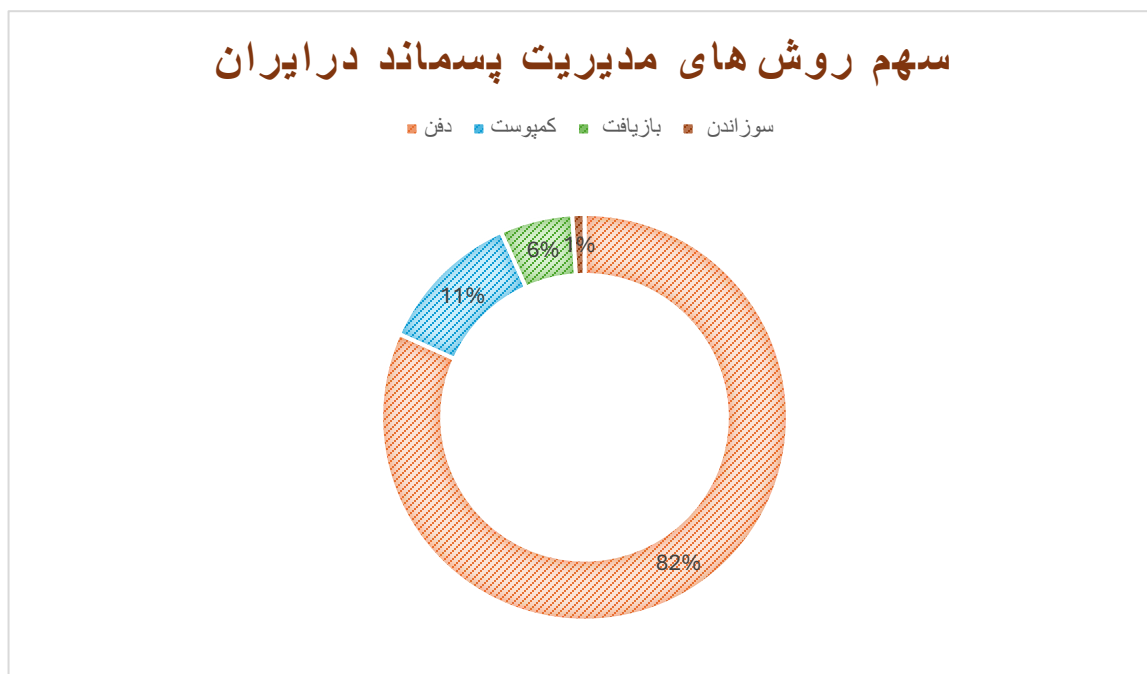
یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش اهمیت مدیریت پسماند در دهه‌های اخیر، محدود بودن منابع طبیعی و افزایش هزینه تأمین مواد اولیه است. در چنین شرایطی استفاده مجدد از منابع موجود در پسماندها می‌تواند علاوه بر کاهش آلودگی محیط زیست، به افزایش بهره‌وری اقتصادی نیز کمک کند.

1.2 وضعیت مدیریت پسماند در ایران:

ایران نیز همانند بسیاری از کشورهای در حال توسعه با چالش‌های متعددی در زمینه مدیریت پسماند روبه‌رو است. افزایش جمعیت شهری، توسعه اقتصادی و تغییر الگوی مصرف خانوارها موجب رشد مستمر حجم پسماندهای تولیدی شده است. بر اساس گزارش‌های منتشر شده، سالانه حدود ۲۰ تا ۲۲ میلیون تن پسماند شهری در کشور تولید می‌شود که بخش عمده آن از طریق دفن مدیریت می‌شود. (10،11،12،14)

مطالعات نشان می‌دهد حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد پسماندهای شهری ایران به محل‌های دفن منتقل می‌شوند. در مقابل سهم بازیافت حدود ۵ تا ۸ درصد، سهم کمپوست حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد و سهم سوزاندن کمتر از یک درصد برآورد

می‌شود. این ارقام نشان می‌دهند که بخش بزرگی از مواد قابل استفاده موجود در پسماندها همچنان از چرخه اقتصادی خارج می‌شوند. (10، 11، 14)



وابستگی زیاد به دفن پسماند در ایران پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی متعددی به همراه دارد. تولید شیرابه، انتشار گاز متان، آلودگی آب‌های زیرزمینی و اشغال اراضی از جمله مهم‌ترین آثار منفی این روش محسوب می‌شوند. از سوی دیگر پایین بودن نرخ بازیافت موجب از دست رفتن فرصت‌های اقتصادی قابل توجهی می‌شود که می‌توانند از طریق فروش مواد بازیافتی و ایجاد اشتغال حاصل شوند. (1، 3، 17)

مهم‌ترین چالش مدیریت پسماند در ایران کمبود فناوری نیست، بلکه ضعف در تفکیک از مبدأ، نبود فرهنگ‌سازی کافی و پایین بودن انگیزه‌های اقتصادی برای مشارکت شهروندان در فرآیند بازیافت است.

1.3 بیان مسئله :

با وجود توسعه فناوری‌های مدیریت پسماند در بسیاری از کشورها، بخش قابل توجهی از پسماندهای تولیدی جهان همچنان از طریق دفن یا سایر روش‌های کم‌بازده مدیریت می‌شوند. این مسئله علاوه بر افزایش هزینه‌های زیست‌محیطی، موجب اتلاف منابع ارزشمندی می‌شود که می‌توانند مجدداً وارد چرخه تولید شوند.

در سال‌های اخیر مفهوم اقتصاد چرخشی به عنوان یکی از مهم‌ترین راهبردهای توسعه پایدار مطرح شده است. در این رویکرد، هدف اصلی کاهش تولید پسماند و استفاده مجدد از مواد و منابع موجود در اقتصاد است. با این حال میزان سازگاری روش‌های مختلف مدیریت پسماند با اصول اقتصاد چرخشی یکسان نیست و هر یک از روش‌ها دارای مزایا و محدودیت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی خاص خود هستند.

در ایران نیز وابستگی بالا به دفن پسماند و پایین بودن نرخ بازیافت باعث شده است که بخش قابل توجهی از ظرفیت‌های اقتصادی موجود در پسماندها مورد استفاده قرار نگیرد. بنابراین بررسی اقتصادی روش‌های مختلف مدیریت پسماند و ارزیابی نقش آن‌ها در تحقق اقتصاد چرخشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

1.4 ضرورت انجام تحقیق :

ضرورت انجام این پژوهش از چند جنبه قابل بررسی است:

نخست آنکه افزایش حجم پسماندها موجب رشد هزینه‌های مدیریت شهری و افزایش فشار بر منابع مالی دولت‌ها شده است. دوم آنکه بسیاری از روش‌های سنتی دفع پسماند آثار منفی گسترده‌ای بر محیط زیست و سلامت عمومی دارند. سوم آنکه بخش قابل توجهی از مواد موجود در پسماندها دارای ارزش اقتصادی هستند و می‌توانند به عنوان مواد اولیه صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، حرکت جهانی به سمت اقتصاد چرخشی و توسعه پایدار ضرورت بازنگری در شیوه‌های سنتی مدیریت پسماند را بیش از پیش آشکار کرده است. از این رو تحلیل اقتصادی روش‌های

مختلف مدیریت پسماند می تواند اطلاعات ارزشمندی را برای تصمیم گیری مدیران، سیاست گذاران و برنامه ریزان فراهم کند.

1.5 اهداف تحقیق :

هدف اصلی این پژوهش، تحلیل اقتصادی روش های مدیریت پسماند شامل دفن، سوزاندن، بازیافت و کمپوست و بررسی نقش آن ها در تحقق اقتصاد چرخشی است.

اهداف فرعی عبارت اند از:

- بررسی ویژگی های اقتصادی و زیست محیطی روش های مختلف مدیریت پسماند
- مقایسه هزینه ها و منافع هر روش
- بررسی وضعیت مدیریت پسماند در ایران و جهان
- ارزیابی میزان سازگاری هر روش با اصول اقتصاد چرخشی
- ارائه راهکارهای مناسب برای بهبود مدیریت پسماند در ایران

1.6 سؤالات تحقیق :

1. هر یک از روش های مدیریت پسماند چه مزایا و معایب اقتصادی دارند؟
2. کدام روش از نظر اقتصادی و زیست محیطی کارآمدتر است؟
3. وضعیت مدیریت پسماند ایران در مقایسه با میانگین جهانی چگونه است؟
4. اقتصاد چرخشی چه نقشی در بهبود مدیریت پسماند ایفا می کند؟
5. چه راهکارهایی می تواند موجب افزایش بهره وری اقتصادی مدیریت پسماند در ایران شود؟

مبانی نظری و پیشینه موضوع

2.1 مفهوم مدیریت پسماند :

مدیریت پسماند به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها شامل تولید، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، پردازش، بازیافت، بازیابی و دفع نهایی پسماند گفته می‌شود که با هدف کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری منابع انجام می‌گیرد. امروزه مدیریت پسماند یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار محسوب می‌شود و نقش مهمی در حفظ محیط زیست، سلامت عمومی و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی ایفا می‌کند. (1،2،6)

در گذشته پسماندها عمدتاً به عنوان مواد زائد و فاقد ارزش اقتصادی در نظر گرفته می‌شدند، اما با گسترش مفاهیم اقتصاد محیط زیست و اقتصاد چرخشی، دیدگاه نسبت به پسماندها تغییر کرده است. در رویکردهای جدید، پسماندها نه به عنوان یک مشکل بلکه به عنوان یک منبع بالقوه برای تولید مواد اولیه، انرژی و ایجاد ارزش افزوده اقتصادی شناخته می‌شوند. (5،6،15،20)

افزایش حجم پسماندهای شهری و صنعتی در جهان موجب شده است دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی توجه ویژه‌ای به توسعه سیستم‌های نوین مدیریت پسماند داشته باشند. انتخاب روش مناسب مدیریت پسماند می‌تواند علاوه بر کاهش آلودگی محیط زیست، موجب صرفه‌جویی اقتصادی و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید شود. (1،2،3،6)

مدیریت پسماند در قرن حاضر دیگر صرفاً یک خدمت شهری محسوب نمی‌شود، بلکه بخشی از مدیریت منابع اقتصادی

کشورها است و می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری و کاهش اتلاف منابع ایفا کند.

2.2 دفن بهداشتی پسماند (Sanitary Landfill):

دفن بهداشتی یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین روش‌های مدیریت پسماند در جهان است. در این روش، پسماندها در محل‌های مشخص و مهندسی‌شده دفن می‌شوند تا اثرات منفی آن‌ها بر محیط زیست به حداقل برسد. محل‌های دفن بهداشتی معمولاً دارای لایه‌های عایق، سیستم جمع‌آوری شیرابه و تجهیزات کنترل گازهای حاصل از تجزیه مواد آلی هستند. (2،4،17)

مهم‌ترین مزیت دفن بهداشتی، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً پایین آن در مقایسه با سایر روش‌های مدیریت پسماند است. همچنین اجرای این روش به فناوری پیچیده‌ای نیاز ندارد و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به عنوان روش اصلی دفع پسماند مورد استفاده قرار می‌گیرد. (2،14،17)

با وجود مزایای مذکور، دفن پسماند دارای پیامدهای منفی قابل توجهی نیز است. تولید گاز متان، آلودگی آب‌های زیرزمینی، اشغال اراضی وسیع و از بین رفتن مواد قابل بازیافت از جمله مهم‌ترین معایب این روش محسوب می‌شوند. از دیدگاه اقتصاد محیط زیست، بسیاری از هزینه‌های ناشی از دفن به صورت هزینه‌های خارجی ظاهر می‌شوند و در محاسبات مالی مستقیم منعکس نمی‌شوند. (8، 17)

مزایا و معایب دفن بهداشتی (2،4،17)

مزایا	معایب
هزینه اولیه پایین	تولید متان
فناوری ساده	آلودگی آب‌های زیرزمینی
قابلیت اجرا در مقیاس وسیع	اشغال زمین
نیاز کم به نیروی متخصص	اتلاف مواد قابل بازیافت

2.3 سوزاندن پسماند (Incineration):

سوزاندن یکی از روش‌های پیشرفته مدیریت پسماند است که در آن پسماندها در دمای بالا سوزانده می‌شوند و حجم آن‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. این روش می‌تواند حجم پسماند را تا حدود ۹۰ درصد کاهش دهد و در بسیاری از کشورها به عنوان ابزاری برای مدیریت پسماند و تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرد. (9،18)

در سال‌های اخیر فناوری‌های بازیابی انرژی از پسماند (Waste-to-Energy) توسعه یافته‌اند و امکان تولید برق و حرارت از طریق سوزاندن پسماند فراهم شده است. این موضوع باعث شده است برخی کشورها سوزاندن را به عنوان یک گزینه اقتصادی برای مدیریت بخشی از پسماندهای خود انتخاب کنند. (9،18)

با این حال احداث و بهره‌برداری از نیروگاه‌های سوزاندن نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجهی است. علاوه بر این، انتشار گاز دی‌اکسید کربن و سایر آلاینده‌های هوا از جمله نگرانی‌های مهم زیست‌محیطی این روش محسوب می‌شود. (8،18)

استفاده از سوزاندن در کشورهایی که با کمبود زمین برای دفن مواجه هستند می‌تواند راهکار مناسبی باشد، اما در

کشورهایی مانند ایران که هنوز ظرفیت قابل توجهی برای توسعه بازیافت وجود دارد، اولویت باید با بازیافت و کاهش

تولید پسماند باشد.

مزایا و معایب سوزاندن (8،9،18)

مزایا	معایب
کاهش شدید حجم پسماند	سرمایه گذاری اولیه بالا
امکان تولید انرژی	هزینه بهره برداری زیاد
کاهش نیاز به زمین	انتشار آلاینده‌های هوا
کاهش حجم دفن نهایی	احتمال کاهش انگیزه بازیافت

2.4 بازیافت (Recycling):

بازیافت فرآیندی است که طی آن مواد موجود در پسماندها جمع‌آوری، تفکیک و پردازش شده و مجدداً به چرخه تولید بازگردانده می‌شوند. مواد مختلفی از جمله فلزات، پلاستیک، کاغذ و شیشه قابلیت بازیافت دارند و می‌توانند بارها مورد استفاده قرار گیرند. (13،15)

بازیافت یکی از مهم‌ترین ابزارهای کاهش مصرف منابع طبیعی محسوب می‌شود. استفاده از مواد بازیافتی موجب کاهش استخراج مواد خام، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. به همین دلیل بازیافت یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار و اقتصاد چرخشی به شمار می‌رود. (5،6،15،20)

از دیدگاه اقتصادی، بازیافت علاوه بر کاهش هزینه‌های دفع پسماند، می‌تواند موجب ایجاد اشتغال و تولید درآمد شود. مطالعات نشان داده‌اند که صنایع بازیافت نسبت به روش‌های دفن و سوزاندن ظرفیت اشتغال‌زایی بیشتری دارند و می‌توانند نقش مهمی در توسعه اقتصاد سبز ایفا کنند. (6،15،16)

مزایا و معایب بازیافت (6،15،16)

مزایا	معایب
حفظ منابع طبیعی	نیاز به تفکیک از مبدأ
اشتغال‌زایی بالا	هزینه جمع‌آوری
کاهش آلودگی	وابستگی به بازار مواد بازیافتی
ایجاد درآمد	نیاز به فرهنگ‌سازی

2.5 کمپوست (Composting):

کمپوست فرآیندی زیستی است که طی آن مواد آلی موجود در پسماندها توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و به کود آلی تبدیل می‌شوند. این روش به ویژه برای پسماندهای غذایی، بقایای کشاورزی و سایر مواد آلی مناسب است. (7)

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، بیش از نیمی از پسماندهای شهری را مواد آلی تشکیل می‌دهند. در چنین شرایطی کمپوست می‌تواند نقش مهمی در کاهش حجم پسماندهای دفنی ایفا کند. همچنین تولید کود آلی موجب بهبود کیفیت خاک و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی می‌شود. (7،19)

استفاده از کمپوست علاوه بر مزایای کشاورزی، موجب کاهش انتشار گاز متان نیز می‌شود. هنگامی که مواد آلی دفن می‌شوند، در شرایط بی‌هوازی متان تولید می‌کنند، در حالی که تبدیل آن‌ها به کمپوست می‌تواند این مشکل را تا حد زیادی کاهش دهد. (7،8،19)

با توجه به سهم بالای مواد آلی در ترکیب پسماندهای شهری ایران، توسعه واحدهای کمپوست می‌تواند یکی از اقتصادی‌ترین و سازگارترین گزینه‌ها با شرایط کشور باشد.

مزایا و معایب کمپوست (7،19)

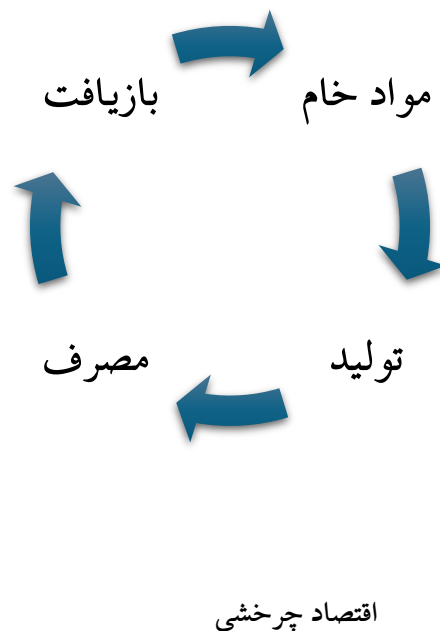
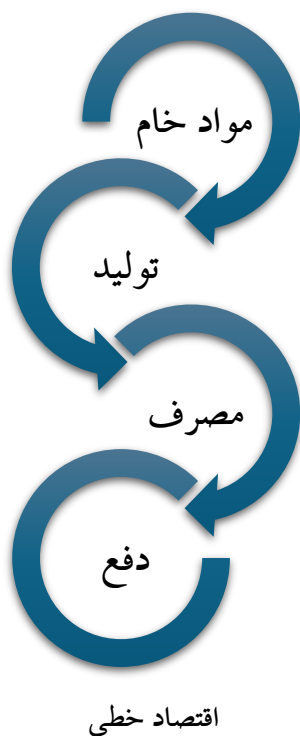
مزایا	معایب
تولید کود آلی	نیاز به تفکیک از مبدأ
کاهش دفن پسماند	محدودیت بازار فروش
کاهش انتشار متان	نیاز به مدیریت مناسب
بهبود کیفیت خاک	حساسیت به کیفیت مواد ورودی

2.6 اقتصاد چرخشی (Circular Economy):

اقتصاد چرخشی یک الگوی اقتصادی نوین است که هدف آن حفظ ارزش مواد و محصولات در طولانی‌ترین زمان ممکن و کاهش تولید پسماند است. برخلاف اقتصاد خطی که بر پایه «استخراج، تولید، مصرف و دفع» بنا شده است، اقتصاد چرخشی تلاش می‌کند مواد را پس از مصرف مجدداً به چرخه تولید بازگرداند. (5،6،15،20)

اصول اصلی اقتصاد چرخشی شامل کاهش مصرف منابع (Reduce)، استفاده مجدد (Reuse)، بازیافت (Recycle) و بازیابی انرژی (Recovery) است. اجرای این اصول موجب افزایش بهره‌وری منابع، کاهش فشار بر محیط زیست و کاهش هزینه‌های اقتصادی در بلندمدت می‌شود. (5،6،20)

امروزه بسیاری از کشورها اقتصاد چرخشی را به عنوان یکی از مهم‌ترین راهبردهای دستیابی به توسعه پایدار پذیرفته‌اند. در این رویکرد، پسماند نه به عنوان یک ماده بی‌ارزش، بلکه به عنوان منبعی برای تولید مجدد و ایجاد ارزش اقتصادی در نظر گرفته می‌شود. (5،6،15)



تحقق اقتصاد چرخشی در ایران مستلزم تغییر نگرش از «دفع پسماند» به «مدیریت منابع» است؛ زیرا بخش قابل توجهی از مواد موجود در پسماندها هنوز دارای ارزش اقتصادی هستند و می‌توانند دوباره وارد چرخه تولید شوند.

بررسی مبانی نظری نشان می‌دهد که هر یک از روش‌های مدیریت پسماند دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود هستند. دفن بهداشتی اگرچه کم‌هزینه‌ترین روش محسوب می‌شود، اما پیامدهای زیست‌محیطی قابل توجهی دارد. سوزاندن امکان بازیابی انرژی را فراهم می‌کند اما به سرمایه‌گذاری بالایی نیاز دارد. در مقابل، بازیافت و کمپوست ضمن کاهش آلودگی محیط زیست، سازگاری بیشتری با اصول اقتصاد چرخشی دارند و می‌توانند منافع اقتصادی بیشتری در بلندمدت ایجاد کنند.

روش تحقیق

3.1 نوع تحقیق :

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش اجرا، توصیفی - تحلیلی است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی و مقایسه اقتصادی روش‌های مختلف مدیریت پسماند شامل دفن بهداشتی، سوزاندن، بازیافت و کمپوست و همچنین ارزیابی نقش این روش‌ها در تحقق اقتصاد چرخشی است.

در پژوهش‌های توصیفی، وضعیت موجود یک پدیده مورد بررسی قرار می‌گیرد و در پژوهش‌های تحلیلی، روابط میان متغیرها و نتایج حاصل از آن‌ها ارزیابی می‌شود. از آنجا که این تحقیق علاوه بر توصیف وضعیت مدیریت پسماند در ایران و جهان، به تحلیل اقتصادی روش‌های مختلف نیز می‌پردازد، استفاده از روش توصیفی - تحلیلی مناسب‌ترین گزینه برای دستیابی به اهداف پژوهش محسوب می‌شود.

3.2 روش جمع‌آوری اطلاعات :

اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی منابع علمی معتبر جمع‌آوری شده است.
در این راستا از گزارش‌های سازمان‌های بین‌المللی، مقالات علمی، کتب تخصصی و گزارش‌های رسمی منتشر شده
توسط نهادهای مرتبط با مدیریت پسماند استفاده شده است.

منابع مورد استفاده شامل گزارش‌های برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) ،

بانک جهانی (World Bank) ، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) ، سازمان حفاظت محیط زیست
ایران، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و همچنین مقالات علمی منتشر شده در مجلات معتبر بین‌المللی بوده
است.

استفاده از منابع معتبر بین‌المللی موجب شده است اطلاعات آماری مربوط به وضعیت مدیریت پسماند در جهان و ایران با
دقت بیشتری مورد بررسی قرار گیرد و امکان مقایسه نتایج فراهم شود.

3.3 روش تحلیل داده‌ها :

در این پژوهش برای ارزیابی اقتصادی روش‌های مدیریت پسماند از رویکرد تحلیل هزینه - منفعت یا همان
(Cost-Benefit Analysis) استفاده شده است. تحلیل هزینه - منفعت یکی از مهم‌ترین ابزارهای اقتصاد محیط
زیست محسوب می‌شود و امکان مقایسه گزینه‌های مختلف را از طریق ارزیابی هزینه‌ها و منافع فراهم می‌کند.
در این روش، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه‌های بهره‌برداری، هزینه‌های زیست‌محیطی و هزینه‌های اجتماعی هر
روش مورد بررسی قرار گرفته و در مقابل، منافع اقتصادی حاصل از بازیافت مواد، تولید انرژی، تولید کمپوست و
صرفه‌جویی در مصرف منابع طبیعی محاسبه می‌شود.

فرمول کلی تحلیل هزینه - منفعت به صورت زیر است:

$$NB = TB - TC$$

که در آن:

NB = منفعت خالص (Net Benefit)

TB = کل منافع (Total Benefits)

TC = کل هزینه‌ها (Total Costs)

هرچه مقدار NB بزرگتر باشد، روش مورد نظر از دیدگاه اقتصادی مطلوب‌تر ارزیابی می‌شود. (کلاس اقتصاد مهندسی)

3.4 شاخص‌های مورد بررسی :

برای مقایسه روش‌های مختلف مدیریت پسماند از مجموعه‌ای از شاخص‌های اقتصادی و زیست‌محیطی استفاده شده

است. مهم‌ترین شاخص‌های مورد بررسی عبارت‌اند از:

- هزینه اولیه سرمایه‌گذاری
- هزینه بهره‌برداری و نگهداری
- میزان درآمدزایی
- میزان اشتغال‌زایی
- میزان کاهش آلودگی محیط زیست
- میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای
- میزان سازگاری با اقتصاد چرخشی

استفاده از این شاخص‌ها امکان مقایسه جامع روش‌های مختلف مدیریت پسماند را فراهم می‌کند و به شناسایی گزینه‌های مناسب‌تر از منظر توسعه پایدار کمک می‌نماید.

3.5 چارچوب کلی پژوهش :

فرآیند انجام پژوهش در پنج مرحله اصلی صورت گرفته است:

1. جمع‌آوری داده‌های آماری مربوط به وضعیت مدیریت پسماند در ایران و جهان

2. بررسی ویژگی‌ها، مزایا و معایب روش‌های مختلف مدیریت پسماند

3. مقایسه اقتصادی روش‌های دفن، سوزاندن، بازیافت و کمپوست

4. ارزیابی میزان سازگاری هر روش با اصول اقتصاد چرخشی

5. استخراج نتایج و ارائه پیشنهادهای اجرایی

ارزیابی اقتصادی روش‌های مدیریت پسماند تنها بر اساس هزینه‌های مالی مستقیم نمی‌تواند تصویر دقیقی از کارایی این

روش‌ها ارائه دهد؛ زیرا بسیاری از آثار زیست‌محیطی و اجتماعی آن‌ها در بلندمدت ظاهر می‌شوند. از این رو در

تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت پسماند باید هزینه‌های خارجی نیز مورد توجه قرار گیرند.

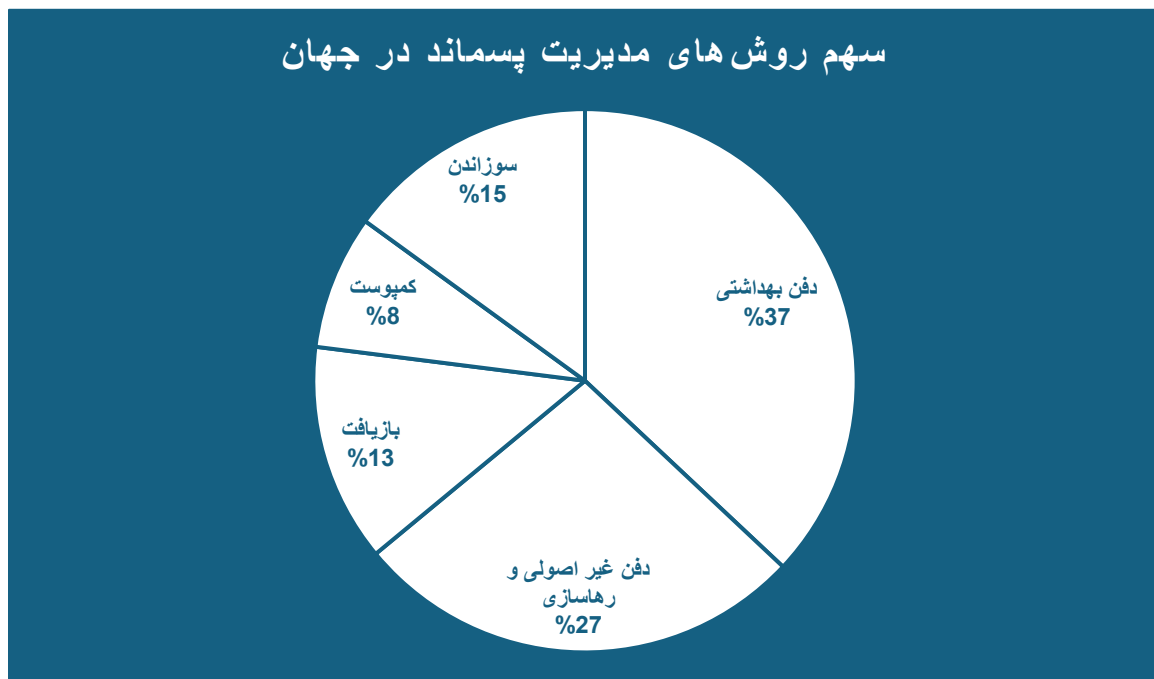
استفاده از تحلیل هزینه - منفعت و شاخص‌های اقتصادی و زیست‌محیطی، چارچوب مناسبی را برای ارزیابی روش‌های

مختلف مدیریت پسماند فراهم می‌کند.

نتایج و تحلیل اقتصادی

4.1 وضعیت مدیریت پسماند در جهان :

بر اساس گزارش برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)، میزان تولید پسماند جامد شهری در جهان در سال ۲۰۲۳ حدود ۲٫۱ میلیارد تن برآورد شده است. بررسی وضعیت مدیریت این پسماندها نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از آن‌ها همچنان از طریق دفن یا دفع کنترل نشده مدیریت می‌شوند و تنها بخشی از آن‌ها وارد چرخه بازیافت یا کمپوست می‌شوند. (۱،۲)

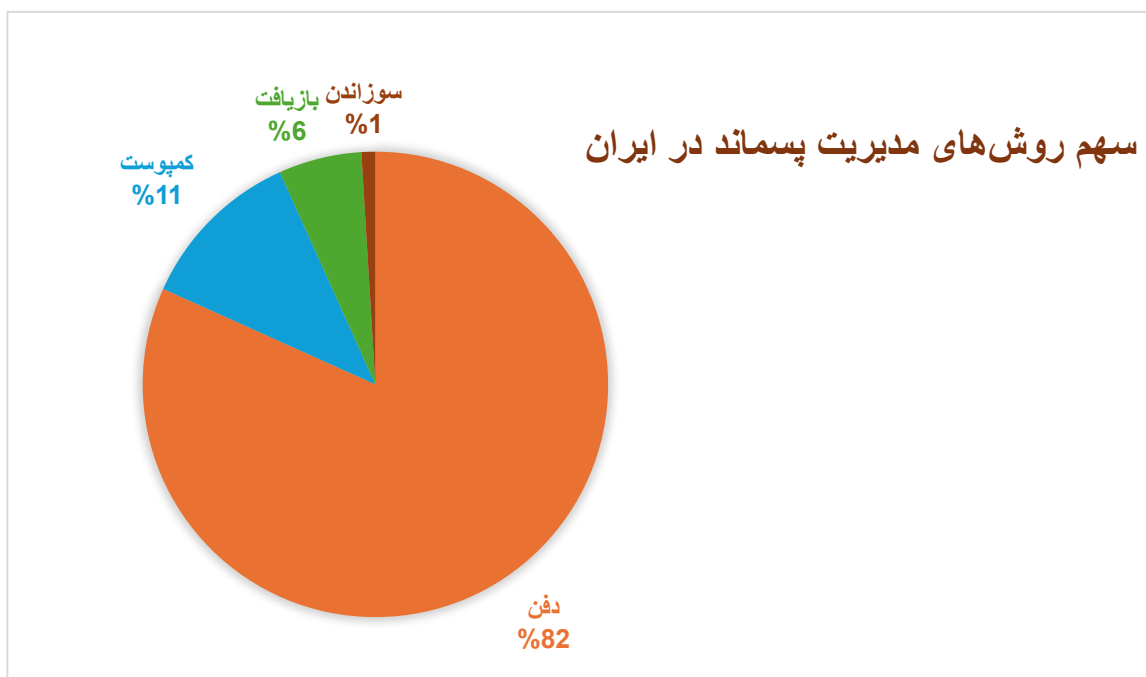


بررسی نمودار فوق نشان می‌دهد که حدود ۶۴ درصد پسماندهای جهان هنوز از طریق دفن یا دفع غیر اصولی مدیریت می‌شوند. این موضوع بیانگر آن است که بخش بزرگی از منابع بالقوه اقتصادی موجود در پسماندها همچنان از چرخه تولید خارج می‌شوند. در مقابل، مجموع سهم بازیافت و کمپوست تنها حدود ۲۱ درصد است که نشان می‌دهد اقتصاد جهانی هنوز فاصله قابل توجهی با اهداف اقتصاد چرخشی دارد.

مهم‌ترین پیام این آمار آن است که حتی کشورهای توسعه‌یافته نیز هنوز نتوانسته‌اند به طور کامل از الگوی اقتصاد خطی فاصله بگیرند و همچنان بخش قابل توجهی از منابع ارزشمند را از طریق دفن از دست می‌دهند.

4.2 وضعیت مدیریت پسماند در ایران :

بررسی آمارهای منتشر شده در ایران نشان می‌دهد که دفن همچنان روش غالب مدیریت پسماند محسوب می‌شود. این وضعیت با الگوی رایج در بسیاری از کشورهای در حال توسعه مشابه است و نشان‌دهنده وابستگی بالای سیستم مدیریت پسماند کشور به روش‌های سنتی دفع است. (10،11،12)

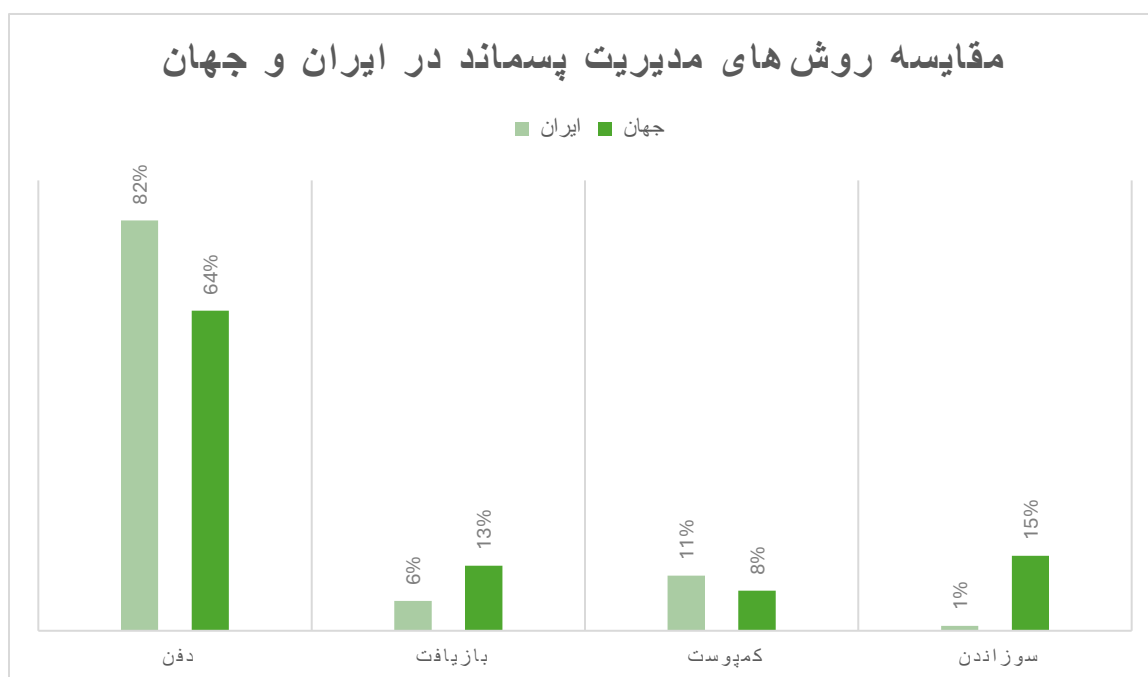


بر اساس آمارهای موجود، حدود ۸۵ درصد پسماندهای شهری ایران دفن می‌شوند. این در حالی است که سهم بازیافت کمتر از میانگین جهانی است. وابستگی شدید به دفن باعث می‌شود هزینه‌های زیست‌محیطی بلندمدت افزایش یافته و فرصت‌های اقتصادی ناشی از بازیافت مواد از بین برود. در مقابل، سهم کمپوست در ایران نسبت به بسیاری از کشورها

بالا تر است که علت آن درصد زیاد مواد آلی در ترکیب پسماندهای شهری کشور است. این موضوع می تواند فرصت مناسبی برای توسعه بیشتر واحدهای تولید کمپوست فراهم کند. (7،14،11،10)

4.3 مقایسه ایران و جهان :

برای ارزیابی بهتر وضعیت مدیریت پسماند در ایران، مقایسه آن با میانگین جهانی ضروری است.



بررسی جدول فوق نشان می دهد که سهم دفن در ایران بیش از دو برابر میانگین جهانی است. از سوی دیگر سهم بازیافت در کشور تقریباً نصف میانگین جهانی برآورد می شود. این اختلاف نشان دهنده وجود ظرفیت های قابل توجه برای توسعه بازیافت و کاهش دفن پسماند در ایران است. (1،2،11)

مهم ترین ضعف نظام مدیریت پسماند ایران پایین بودن نرخ بازیافت نیست، بلکه وابستگی شدید به دفن است. کاهش تدریجی دفن و جایگزینی آن با بازیافت و کمپوست می تواند یکی از مهم ترین سیاست های مدیریت پسماند کشور در

سال های آینده باشد.

4.4 تحلیل اقتصادی روش‌های مختلف مدیریت پسماند :

روش‌های مختلف مدیریت پسماند دارای هزینه‌ها و منافع متفاوتی هستند. در این بخش این روش‌ها از منظر اقتصادی مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

مقایسه اقتصادی روش‌های مدیریت پسماند (از کمترین 1 تا بیشترین 5) (16،17،18،19)

اشتغال زایی	درآمد زایی	هزینه اولیه	روش
2	1	2	دفن
3	3	5	سوزاندن
5	5	3	بازیافت
3	3	3	کمپوست

بررسی جدول فوق نشان می‌دهد که اگرچه دفن کمترین هزینه اولیه را دارد، اما کمترین میزان درآمدزایی و بیشترین آثار منفی زیست‌محیطی را نیز به همراه دارد. در مقابل، بازیافت ضمن ایجاد درآمد از طریق فروش مواد بازیافتی، ظرفیت اشتغال‌زایی بالایی نیز دارد و در مقایسه با سایر روش‌ها آثار زیست‌محیطی کمتری ایجاد می‌کند.

امتیاز نسبی هزینه روش‌های مدیریت پسماند (از 1 کمترین تا 10 بیشترین) (17،18)

امتیاز هزینه	روش
2	دفن
4	کمپوست
5	بازیافت
9	سوزاندن

بررسی این جدول نشان می‌دهد که سوزاندن پرهزینه‌ترین روش مدیریت پسماند است، در حالی که دفن کمترین هزینه اولیه را دارد. با این حال در تحلیل‌های اقتصادی بلندمدت، هزینه‌های خارجی ناشی از دفن باید در نظر گرفته شوند.

4.5 نقش روش‌های مختلف در اقتصاد چرخشی :

اقتصاد چرخشی بر حفظ ارزش مواد و بازگرداندن آن‌ها به چرخه تولید تأکید دارد. از این منظر، روش‌های مختلف مدیریت پسماند دارای جایگاه متفاوتی هستند.

میزان سازگاری روش‌های مدیریت پسماند با اقتصاد چرخشی (از 1 کمترین تا 10 بیشترین) (20،6،5)

روش	امتیاز سازگاری
دفن	1
سوزاندن	4
کمپوست	8
بازیافت	10

بر اساس جدول فوق، بازیافت بیشترین سازگاری را با اصول اقتصاد چرخشی دارد؛ زیرا مواد را مستقیماً به چرخه تولید بازمی‌گرداند. کمپوست نیز با تبدیل مواد آلی به کود، امکان بازگشت مواد مغذی به خاک را فراهم می‌کند. در مقابل، دفن کمترین سازگاری را با اقتصاد چرخشی دارد؛ زیرا منابع را از چرخه اقتصادی خارج می‌کند.

دستیابی به اقتصاد چرخشی در ایران بدون توسعه گسترده بازیافت و تفکیک از مبدأ امکان‌پذیر نخواهد بود؛ زیرا بخش بزرگی از مواد قابل استفاده موجود در پسماندها هنوز مستقیماً دفن می‌شوند.

نتایج این فصل نشان داد که دفن همچنان روش غالب مدیریت پسماند در جهان و به ویژه در ایران است. با این حال، از دیدگاه اقتصاد محیط زیست و اقتصاد چرخشی، بازیافت و کمپوست کارآمدترین گزینه‌ها محسوب می‌شوند. همچنین مقایسه ایران و جهان نشان داد که کشور از نظر نرخ دفن فاصله قابل توجهی با میانگین جهانی دارد و توسعه زیرساخت‌های بازیافت می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و افزایش منافع اقتصادی شود.

پیشنهادهای، نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

5.1 پیشنهادات :

با توجه به نتایج حاصل از بررسی روش‌های مختلف مدیریت پسماند و مقایسه وضعیت ایران با میانگین جهانی، می‌توان مجموعه‌ای از راهکارها را برای بهبود نظام مدیریت پسماند کشور ارائه کرد. این پیشنهادها با هدف کاهش هزینه‌های اقتصادی، افزایش بهره‌وری منابع و حرکت به سمت اقتصاد چرخشی مطرح می‌شوند.

1. توسعه تفکیک پسماند از مبدأ :

یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای موفقیت برنامه‌های بازیافت و کمپوست، تفکیک پسماند در محل تولید است. در بسیاری از کشورهای موفق در زمینه مدیریت پسماند، بخش عمده مواد قابل بازیافت پیش از ورود به سیستم جمع‌آوری شهری تفکیک می‌شوند. این اقدام موجب کاهش هزینه‌های پردازش، افزایش کیفیت مواد بازیافتی و افزایش درآمد حاصل از فروش آن‌ها می‌شود.

در ایران هنوز بخش قابل توجهی از پسماندهای قابل بازیافت همراه سایر زباله‌ها جمع‌آوری و دفن می‌شوند. توسعه برنامه‌های آموزشی، افزایش آگاهی عمومی و ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای تفکیک پسماند می‌تواند نقش مهمی در افزایش نرخ بازیافت ایفا کند.

ارائه مشوق‌های مالی به خانوارهایی که پسماندهای خود را به صورت تفکیک‌شده تحویل می‌دهند، می‌تواند یکی از مؤثرترین ابزارهای افزایش مشارکت شهروندان در مدیریت پسماند باشد.

2. سرمایه‌گذاری در صنایع بازیافت :

بازیافت علاوه بر کاهش فشار بر محیط زیست، می‌تواند فرصت‌های اقتصادی قابل توجهی ایجاد کند. توسعه صنایع بازیافت موجب افزایش اشتغال، کاهش وابستگی به مواد خام و افزایش ارزش افزوده اقتصادی می‌شود. با توجه به پایین بودن نرخ بازیافت در ایران نسبت به میانگین جهانی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های بازیافت می‌تواند یکی از مهم‌ترین

سیاست‌های مدیریت پسماند در کشور باشد. حمایت‌های دولتی، تسهیلات مالی و تشویق بخش خصوصی می‌تواند زمینه توسعه این صنعت را فراهم کند.

3. گسترش واحدهای تولید کمپوست :

بخش عمده پسماندهای شهری ایران را مواد آلی تشکیل می‌دهند. این ویژگی شرایط مناسبی را برای توسعه واحدهای کمپوست فراهم می‌کند. تولید کمپوست علاوه بر کاهش حجم پسماندهای دفنی، موجب تولید کود آلی و بهبود کیفیت خاک نیز می‌شود.

استفاده از کمپوست در بخش کشاورزی می‌تواند وابستگی به کودهای شیمیایی را کاهش داده و در بلندمدت موجب بهبود پایداری سیستم‌های تولید کشاورزی شود.

با توجه به ماهیت کشاورزی بسیاری از مناطق کشور، توسعه صنایع کمپوست می‌تواند همزمان به حل مشکل پسماند شهری و بهبود حاصلخیزی خاک کمک کند.

4. اجرای سیاست مسئولیت توسعه‌یافته تولیدکننده (EPR) :

مسئولیت توسعه‌یافته تولیدکننده (Extended Producer Responsibility) یکی از سیاست‌های موفق در کشورهای توسعه‌یافته است. بر اساس این رویکرد، تولیدکنندگان بخشی از مسئولیت جمع‌آوری و بازیافت محصولات خود را پس از مصرف بر عهده می‌گیرند. (5)

اجرای این سیاست موجب می‌شود تولیدکنندگان در طراحی محصولات قابل بازیافت و کاهش تولید پسماند انگیزه بیشتری داشته باشند. همچنین بخشی از هزینه‌های مدیریت پسماند از دوش دولت‌ها برداشته می‌شود.

5. کاهش وابستگی به دفن پسماند :

با وجود پایین بودن هزینه اولیه دفن، این روش دارای هزینه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی قابل توجهی است. بنابراین لازم است سهم دفن در مدیریت پسماند کشور به تدریج کاهش یافته و روش‌های جایگزین توسعه یابند. در بسیاری از

کشورهای توسعه‌یافته محدودیت‌های قانونی برای دفن مواد قابل بازیافت اعمال شده است. استفاده از تجربیات موفق جهانی می‌تواند در کاهش وابستگی ایران به دفن مؤثر باشد.

5.2 نتیجه‌گیری :

مدیریت پسماند یکی از مهم‌ترین چالش‌های اقتصادی و زیست‌محیطی قرن حاضر محسوب می‌شود. افزایش حجم پسماندهای شهری در جهان و ایران ضرورت استفاده از روش‌های کارآمدتر مدیریت پسماند را بیش از پیش آشکار کرده است.

نتایج این پژوهش نشان داد که دفن همچنان مهم‌ترین روش مدیریت پسماند در ایران و بخش قابل توجهی از جهان است. اگرچه این روش هزینه اولیه نسبتاً کمی دارد، اما به دلیل تولید گازهای گلخانه‌ای، آلودگی منابع آب و از بین رفتن مواد قابل استفاده، از دیدگاه اقتصاد محیط زیست گزینه مطلوبی محسوب نمی‌شود.

بررسی روش سوزاندن نشان داد که این روش می‌تواند در کاهش حجم پسماند و تولید انرژی مؤثر باشد، اما به سرمایه‌گذاری بالا نیاز دارد و ممکن است موجب انتشار آلاینده‌های جوی شود. در مقابل، بازیافت و کمپوست علاوه بر کاهش آلودگی محیط زیست، امکان ایجاد ارزش افزوده اقتصادی و اشتغال را فراهم می‌کنند.

مقایسه وضعیت ایران و جهان نشان داد که سهم دفن در کشور بیش از دو برابر میانگین جهانی است و نرخ بازیافت نیز پایین‌تر از سطح مطلوب قرار دارد. این موضوع بیانگر وجود ظرفیت‌های قابل توجه برای توسعه بازیافت، کمپوست و سایر روش‌های سازگار با اقتصاد چرخشی در کشور است.

اقتصاد چرخشی به عنوان یکی از مهم‌ترین رویکردهای توسعه پایدار، بر حفظ ارزش مواد و بازگرداندن آن‌ها به چرخه تولید تأکید دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که بازیافت و کمپوست بیشترین سازگاری را با اصول اقتصاد چرخشی دارند و می‌توانند نقش مهمی در کاهش مصرف منابع طبیعی و افزایش بهره‌وری اقتصادی ایفا کنند.

مهم‌ترین مسیر پیش روی ایران در حوزه مدیریت پسماند، حرکت تدریجی از اقتصاد خطی مبتنی بر دفن به سمت اقتصاد

چرخشی مبتنی بر بازیافت، کمپوست و استفاده مجدد از منابع است. تحقق این هدف نیازمند سرمایه‌گذاری در

زیرساخت‌ها، آموزش عمومی، حمایت از صنایع بازیافت و اصلاح سیاست‌های مدیریت پسماند خواهد بود.

5.3 جمع‌بندی نهایی :

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که هرچند دفن همچنان رایج‌ترین روش مدیریت پسماند در ایران است، اما از

دیدگاه اقتصادی و زیست‌محیطی گزینه بهینه‌ای برای آینده محسوب نمی‌شود. در مقابل، توسعه بازیافت و کمپوست

می‌تواند علاوه بر کاهش آلودگی محیط زیست، موجب افزایش اشتغال، کاهش هزینه‌های مدیریت پسماند و تحقق

اهداف اقتصاد چرخشی شود. از این رو حرکت به سمت توسعه زیرساخت‌های بازیافت و کاهش وابستگی به دفن باید

در اولویت برنامه‌های مدیریت پسماند کشور قرار گیرد.

منابع

[1] United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). Global Waste Management Outlook 2024. Nairobi, Kenya: UNEP.

[2] Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank.

[3] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). Waste Statistics Database. Paris, France: OECD Publishing.

[4] European Environment Agency (EEA). (2023). Municipal Waste Management and Circular Economy in Europe. Copenhagen, Denmark: EEA.

[5] European Commission. (2024). Circular Economy Action Plan: For a Cleaner and More Competitive Europe. Brussels, Belgium: European Commission.

[6] United Nations Development Programme (UNDP). (2023). Circular Economy and Sustainable Development: Policy Approaches and Practices. New York, NY: UNDP.

[7] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). Composting and Organic Waste Management for Sustainable Agriculture. Rome, Italy: FAO.

[8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). Climate Change 2023: Mitigation of Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC.

[9] International Solid Waste Association (ISWA). (2023). Waste-to-Energy Report 2023. Vienna, Austria: ISWA.

[10] سازمان حفاظت محیط زیست. (۱۴۰۳). گزارش وضعیت مدیریت پسماند در ایران. تهران: سازمان حفاظت محیط زیست.

[11] سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. (۱۴۰۳). گزارش مدیریت پسماند شهری و روستایی ایران. تهران: وزارت کشور.

[12] وزارت کشور. (۱۴۰۳). گزارش آماری مدیریت پسماندهای شهری ایران. تهران: وزارت کشور.

[13] سازمان برنامه و بودجه کشور. (۱۴۰۳). گزارش شاخص‌های محیط زیست و توسعه پایدار ایران. تهران: سازمان برنامه و بودجه کشور.

[14] Aghdam, E. F., et al. (2024). "Municipal Solid Waste Management in Iran: Challenges and Future Perspectives." Journal of Environmental Management, 365, Article 121234.

- [15] Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2024). "Circular Economy and Waste Management: Concepts, Challenges and Opportunities." *Journal of Cleaner Production*, 455, Article 141983.
- [16] Kumar, S., & Samadder, S. R. (2023). "Economic Analysis of Recycling Systems and Resource Recovery." *Resources, Conservation and Recycling*, 196, Article 107083.
- [17] Ferronato, N., & Torretta, V. (2023). "Environmental Economics of Landfills and Sustainable Waste Disposal." *Waste Management*, 169, 12–24.
- [18] Zhao, X., et al. (2024). "Waste-to-Energy Technologies: A Comprehensive Review of Environmental and Economic Performance." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, Article 114174.
- [19] Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2023). "Composting and Sustainable Agriculture: Impacts on Soil Quality and Resource Recovery." *Agronomy*, 13(9), 2314.
- [20] Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2024). "Circular Economy Indicators and Assessment Methods: A Review." *Journal of Industrial Ecology*, 28(2), 315–332.