دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هفدهم، شماره‌ی ۵۸
تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۱۱۰-۹۵

*مصطفی نادری[۱]
یاسر معرب[۲]
محمد جواد امیری[۳]

ارزیابی سناریوهای چرخه حیات در استراتژی‌های مدیریت پسماند شهر ماهدشت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۱/۲۲

چکیده

در سیستم مدیریت مواد زاید جامد، با توجه به میزان تولید و ترکیب پسماند، گزینه‌های مختلفی برای مدیریت آن وجود دارد که علاوه بر هزینه‌های اقتصادی، بار محیط‌زیستی مختلفی دربردارند. در این مقاله به بررسی تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای، مه دود فتوشیمیایی و خروجی‌های سمی در گزینه‌های مدیریتی مختلف پسماند شهری در شهر ماهدشت استان البرز به روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) با کاربرد نرم‌افزار IWM پرداخته شده است. به این منظور، ۲ سناریو شامل (۱) انتقال کامل و مستقیم پسماند به محل دفن و (۲) انتقال ۷٦٪ پسماند به محل دفن (۲۰٪ کمپوست و ٤٪ بازیافت) در نظر گرفته شد. داده‌های مورد نیاز سیاهه‌نویسی چرخه حیات با بررسی منابع و طرح های پژوهشی پایان یافته، تهیه پرسش‌نامه و تکمیل آن به‌وسیله ۱۸ نفر از پرسنل و نیز کار صحرایی جمع‌آوری شد. سپس، نتایج به‌دست آمده از سیاهه نویسی به ۵ طبقه اثر شامل مصرف انرژی، گازهای گلخانه‌ای، گازهای اسیدی، مه دود فتوشیمیایی و خروجی‌های سمی تخصیص داده شد. از نقطه نظر محیط‌زیستی، نتایج این مطالعه نشان داد که کمپوست کردن به‌عنوان یکی از گزینه‌های مدیریتی و نیز عملیات بازیافت، نقش مهمی در کاهش بار آلاینده‌ها و نیز مصرف انرژی ناشی از سامانه مدیریت پسماند دارد. با توجه به این‌که میزان گازهای گلخانه‌ای در سناریوی

*۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول).
E-mail: Mnaderi96@gmail.com
۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.
۳- گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

دوم (تلفیقی از بازیافت، تهیه کود کمپوست و دفن) با تولید حدود ٦٨٠١ تن در مقایسه با سناریوی اول (فقط دفن) با تولید حدود ۹۲۱۸ تن مقدار قابل توجهی کاهش را نشان می‌دهد، این‌طور نتیجه‌گیری می‌شود که در صورتی که از روش تلفیقی (سناریوی دوم) استفاده شود، می‌تواند منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ٢٦٪ شود.

کلید واژه‌ها: LCA، IWM، گازهای گلخانه‌ای، مواد زائد جامد، ماهدشت.

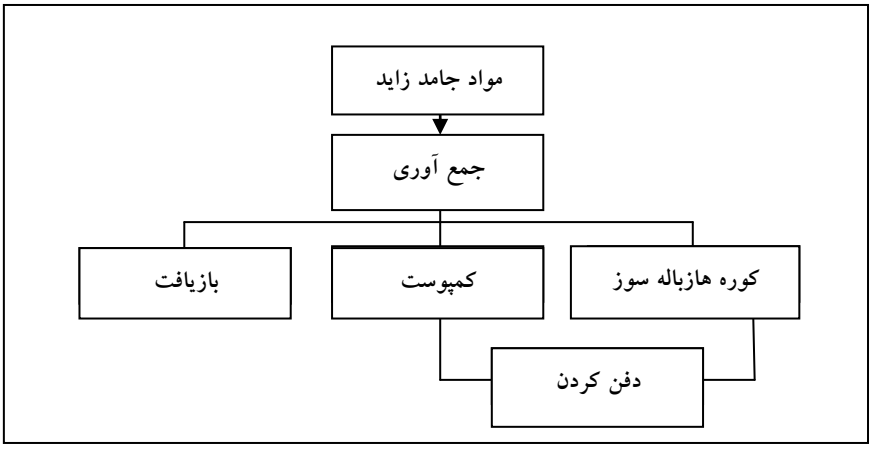
مقدمه

استفاده از روش‌های ارزیابی برای استفاده در تصمیم‌گیری‌های کلان امری اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو با وجود تاثیرگذاری پارامترهای غیر زیست‌محیطی در نتایج ارزیابی، همانند پارامترهای اجتماعی، سیاسی و غیره، نقش انکار ناپذیر این ارزیابی‌ها کاملا مشهود است. تکنیک‌های ارزیابی زیست‌محیطی مانند ارزیابی بر اساس اثرات زیست‌محیطی و ارزیابی بر اساس بهترین گزینه اجرایی زیست‌محیطی و ارزیابی بر اساس شاخص‌های اثرات زیست‌محیطی از روش‌های متداول ارزیابی می‌باشند که هر یک با دارا بودن مزایا و معایب خاص در موارد متعدد کاربرد خوبی از خود نشان داده‌اند. با این حال روش جدید ارزیابی مبتنی بر چرخه حیات فرآیندی، روشی جامع بوده و معایب روش‌های ارزیابی پیشین را پوشش می‌دهد (علیزاده اصانلو و همکاران، ۱۳۸۷). در چند دهه اخیر، آگاهی در مورد مسائل زیست‌محیطی به‌شدت افزایش یافته و عموم مردم بر این باورند که مصرف محصولات و استفاده از انواع خدمات تاثیرات زیادی بر منابع و کیفیت محیط‌زیست خواهد داشت و این اثرات می‌توانند در کلیه مراحل عمر یک محصول از استخراج مواد خام تا تولید، توزیع، مصرف و مدیریت ضایعات آن روی دهد. ارزیابی چرخه عمر از ۳۰ سال گذشته به‌عنوان ابزار تجزیه تحلیل اثرات زیست‌محیطی توسعه یافت (لوندی و همکاران، ۲۰۰۵: ٢٨٦-٢٧٥). از این ابزار حتی می‌توان جهت برنامه‌ریزی و تعیین نقاط ضعف چرخه حیات فرآیند تولید محصول و انتخاب گزینه مناسب و بهینه در بین انواع گزینه‌ها استفاده نمود. از نتایج LCA حتی می توان در بهبود تطابق‌پذیری محصول یا خدمت با محیط‌زیست سود جست (انجمن انرژی جهانی، ٢٠٠٤). در قرن بیستم، فن‌آوری‌های مدیریت پسماند توسعه قابل توجهی داشته است. تا قبل از سال ۱۹۵۰ میلادی در بیش‌تر نقاط جهان، پسماند شهری به‌طور عمده در گودال‌های روباز دفع می‌شد؛ اما امروزه مدیریت پسماند شهری شامل فن‌آوری‌های پیشرفته است که سلامت اجتماع و محیط‌زیست را بیش‌تر تامین می‌کند (دیاز و همکاران، ۲۰۰۵: ٩٠١-٨٨٦). مدیریت جامع مواد زاید جامد (IWM[٤]) راهکار اصلی در برخورد با پسماند شهری است. در مدیریت جامع پسماند، علاوه بر دفن بهداشتی و زباله سوزها روش‌های دیگری مانند کمپوست و بازیافت هم استفاده می شود (بوویا و همکاران، ٢٠٠٦: ١٣٢-١١٥) هدف از مدیریت جامع پسماند، بهینه کردن سامانه مدیریت پسماند

4- Integrated Waste Management

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

است. انتخاب اجزای سامانه مدیریت جامع و تعیین درصد سهم هر یک از اجزاء در سامانه مدیریت مواد زاید جامد به عوامل مختلف وابسته است (بوتول و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۰۷۰-۱۰۵۹). تعیین اجزاء و درصد هر یک از بخش‌های نظام مدیریت جامع نیازمند سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری است که به‌طور کمی و بر اساس آثار محیط زیستی و اقتصادی هر یک از اجزاء، مدیران و تصمیم گیران را در انتخاب اجزاء و سامان‌دهی نظام مدیریت یاری دهد (آبراستینر و همکاران، ۲۰۰۷: ۷٤-۵۸). مدیریت پسماند، به‌عنوان یکی از مسایل کلیدی محیط‌زیستی مطرح است و به همین سبب تقاضای روز افزونی برای تجزیه‌وتحلیل و مقایسه کارایی و اثرات محیط‌زیستی و فنی سیاست‌های مختلف مدیریت پسماند وجود دارد .چنین کاری را می‌توان با ابزارهای ارزیابی محیط‌زیستی انجام داد (مندس و همکاران، ۲۰۰٤: ٦۳-٤۷).



شکل ۱: نشان‌دهنده سامانه مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری (MSW)[5]

هدف LCA مقایسه بازه گسترده‌ای از آثار زیان‌بار اجتماعی و محیط‌زیستی محصول (مانند گرمایش جهانی حاصل از گازهای گلخانه‌ای، باران‌های اسیدی، مه‌دود فتوشیمیایی، تخریب لایه ازن، خوراک‌وری بوم‌سازگان‌های آبی، تخریب زیستگاه‌ها، بیابان‌زایی و ...) و انتخاب گزینه‌هایی است که کم‌ترین آثار مخرب را داشته باشد (چروبینی و همکاران،۲۰۰۹: ۲۱۲۳- ۲۱۱٦). عبارت چرخه حیات» به ارزیابی کلی اشاره دارد که نیازمند برآورد تولید مواد خام، تولید، توزیع، استفاده و دفع مواد زائد آن محصول می‌باشد. مجموع این مراحل، چرخه حیات یک محصول را تشکیل می‌دهد. نتیجه این ارزیابی، بهینه‌سازی عملکرد یک محصول یا عملکرد محیط‌زیستی یک شرکت می‌باشد؛ بنابراین می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که LCA شامل دو مرز کلی از چرخه حیات یک محصول است: مرز تولید محصول؛ از استخراج مواد خام تا زمانی که از دسترس مصرف‌کننده خارج می‌شود (پسماند) و مرز تولید پسماند؛ زمانی که از دسترس مصرف‌کننده خارج می‌شود تا زمانی که به مواد تشکیل‌دهنده اولیه برمی‌گردد (بانار و همکاران، ۲۰۰۸: ٦۲-٥٤).

5- Municipal Solid Waste

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

پیشینه تحقیق

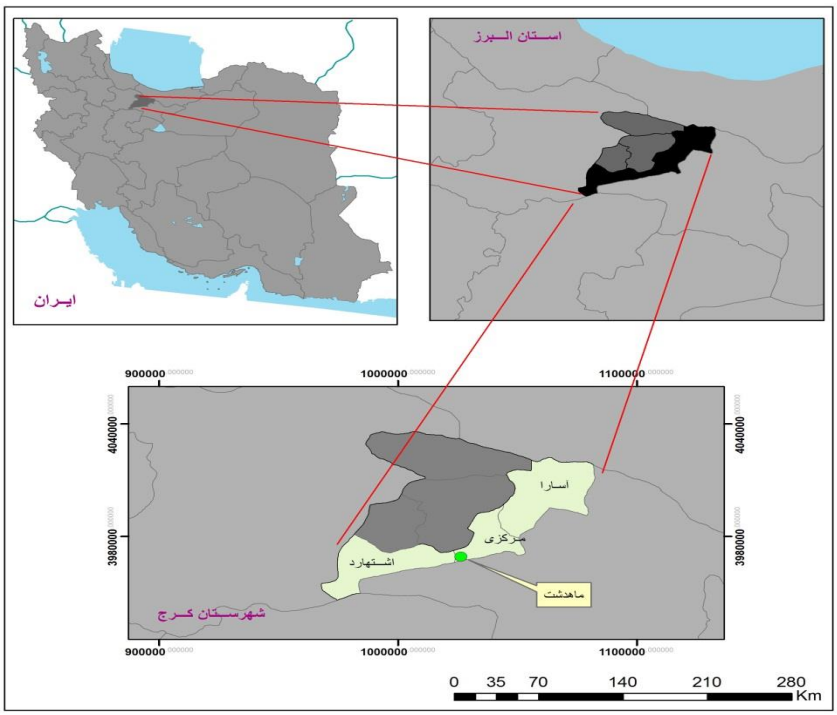
اولین بار، ارزیابی چرخه حیات در سال ۱۹۶۹ در مورد قوطی‌های نوشیدنی انجام شد. مهم‌ترین هدف این مطالعه تعیین انواع قوطی‌های نوشیدنی بود که کم‌ترین اثر را بر منابع طبیعی و محیط‌زیست داشتند (هانت و همکاران، ۱۹۹۲: ۲۶۹- ۲٤٥). اوزلر و همکاران برای مقایسه روش‌های مختلف مدیریت پسماند در آنکارا رویکرد ارزیابی چرخه حیات را به کار بردند. در این مطالعه ۵ سناریوی مختلف مدیریت پسماند موردنظر قرار گرفت، سپس بار زیست‌محیطی هر سناریو، سیاهه نویسی و ارایه شد. در این مطالعه ارزیابی اثرات چرخه حیات انجام شد و با مقایسه نتایج به‌دست آمده از سیاهه نویسی چرخه حیات گزینه مناسب مدیریتی انتخاب و در اختیار تصمیم گیران قرار گرفت. در این پژوهش کاهش از مبدا کم‌ترین اثرات زیست‌محیطی را داشت و به‌عنوان بهترین روش مدیریت پسماند شهری معرفی شد (اوزلر و همکاران، ۲۰۰۵: ٤۱۱-٤۰۵). بوویا و پاول به‌منظور مشخص کردن نقش ایستگاه‌های انتقال در بخش جمع‌آوری و انتقال پسماند شهر در کاهش بار زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل، رویکرد ارزیابی چرخه حیات را به‌کار بردند. در این پژوهش دو سناریو جهت حمل‌ونقل در نظر گرفته شد. سناریوی اول حمل بدون ایستگاه انتقال و سناریوی دوم حمل به کمک ایستگاه انتقال بود. مقایسه نتایج ارزیابی چرخه حیات نشان داد که به‌کارگیری ایستگاه انتقال ۱٦/۸ درصد در کاهش بار زیست‌محیطی نقش دارد (بوویا و همکاران، ۲۰۰٦: ۱۳۲-۱۱٥). اسکوردیلیس نظام جامع مدیریت پسماند جامد در یک جزیره توریستی را ارایه کرد. در این مطالعه معیارهای مختلف مالی، فنی و اجتماعی و زیست‌محیطی در انتخاب نوع مدیریت پسماند مورد نظر قرارگرفت. در تجزیه‌وتحلیل معیارهای زیست‌محیطی در انواع مختلف مدیریت از رویکرد ارزیابی چرخه حیات استفاده کرد و نتایج این مطالعه نشان داد که مؤثرترین روش در کاهش بار زیست‌محیطی و در عین حال کاهش هزینه‌ها، تهیه کمپوست از بخش آلی آن می‌باشد (اسکوردیلیس، ۲۰۰٤: ۲٥٤-۲٤۳). فینودن و همکاران دو شیوه مدیریتی بازیافت یا سوزاندن کاغذهای جعبه‌های بسته‌بندی را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه از ارزیابی چرخه حیات به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری، در نظام مدیریت پسماند استفاده شد. دو سناریو مورد نظر از نقطه نظر محیط زیستی مورد توجه قرار گرفت و بار محیط زیستی مراحل مختلف چرخه آن سیاهه نویسی شد. نتایج نشان داد که چنانچه سوخت جایگزین در مورد کوره‌های زباله‌سوز کاغذ، سوخت‌های فسیلی باشد، سوزاندن کاغذ و تولید انرژی از آن موجب کاهش بار CO_2 می‌شود. چنانچه سوخت جایگزین بیوگاز حاصل شده از محل دفن باشد سوزاندن کاغذ بستگی به تصمیم‌گیری‌های طولانی مدت اتخاذ شده در سامانه مدیریت پسماند در ارتباط با بازیافت یا کاهش از مبدا دارد (فینودن و همکاران، ۱۹۹۸: ۲٥٦-۲۳٥). چایا و همکاران در مطالعه دو گزینه تولید انرژی از پسماند در تایلند از نقطه نظر محیط زیستی رویکرد ارزیابی چرخه حیات را مورد استفاده قرار دادند. در این مطالعه تولید انرژی در کوره‌های زباله‌سوز و نیز هضم هوازی مورد نظر قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که آثار بالقوه کوره‌های زباله‌سوز در مقابل تولید انرژی الکتریکی یکسان بیش‌تر از هضم هوازی است (چایا و همکاران، ۲۰۰٦: ۱٤٦۸-۱٤٦۳). دیاز و واریث به‌منظور ارایه مدل کامل‌تر در ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جامد شهری مدل WASTED را ارایه نمودند. این مدل با هدف در اختیار گذاردن مدل رایانه‌ای ارزیابی چرخه حیات پسماند شهری ارایه شد (دیاز و همکاران، ۲۰۰۵: ۹۰۱-۸۸۶). واعظزاده و همکاران به بررسی میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO_2-CH_4) حاصل از مدیریت پسماند شهری به روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) در شهر بردسکن خراسان رضوی پرداختند و بدین نتیجه رسیدند که اجرای عملیاتی چون کمپوست و بازیافت به میزان زیادی در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی موثر است (واعظزاده و همکاران، ۲۰۱۱). رفیعی و همکاران نیز در سال ۲۰۰۹ به بررسی پسماند شهر مشهد به روش ارزیابی چرخه حیات پرداختند و بدین نتیجه رسیدند که ایجاد ایستگاه‌های انتقال و همچنین عملیاتی چون کمپوست و بازیافت کمک شایانی در مدیریت صحیح و بهینه پسماند این شهر می‌کند (رفیعی و همکاران، ۲۰۰۹). نقیب و همکاران نیز در سال ۲۰۱۱ به بررسی پسماند شهر تهران با تکنیک ارزیابی چرخه حیات پرداخت و به نتیجه رسید که کمپوست و بازیافت نقش مهمی در کاهش شیرابه‌ها و مصرف سوخت دارند (نقیب و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۹۸-۴۸۷).

محدوده مورد مطالعه

شهر ماهدشت واقع در شهرستان کرج و بخش مرکزی با جمعیتی در حدود ۵۵۰۰۰ نفر و مساحت ۶۱۱۶/۷ هکتار می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا این شهر ۱۱۵۰ متر و مختصات جغرافیایی آن E ″۴۴/۰۴ ″۴۳ °۳۵ و N ″۴۶/۰۸ ′۴۸ °۵۰ است (شکل ۲).



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی ماهدشت

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- وضعیت کنونی شهر ماهدشت

در شهر ماهدشت یک ایستگاه انتقال از نوع زمین باز به مساحت ۵۰۰۰ مترمربع وجود دارد. در ماهدشت مسئولیت زباله‌های عفونی و بیمارستانی بر عهده مسئولان بیمارستان است و تنها زباله‌های آشپزخانه و بی‌خطر بیمارستان‌ها توسط شهرداری جمع‌آوری می‌شود. نوع و تعداد ماشین‌آلات جمع‌آوری پسماند شهر ماهدشت به‌ترتیب (جدول ۱) زیر است:

جدول ۱- نوع و تعداد ماشین‌آلات جمع‌آوری پسماند شهر ماهدشت

	گاری‌دستی	وانت نیسان	کامیون	خاور روباز	تراکتور
تعداد	۲۸	۳	۱	۱	۱
ظرفیت (kg)	۹۰	۲۰۰۰	۷۰۰۰	۳۰۰۰	_

- روش جمع‌آوری زباله و ساعات جمع‌آوری:

این شهر فاقد سیستم مکانیزه جمع‌آوری زباله بوده و ٦٠٪ آن به‌صورت نیمه مکانیزه و ٤٠٪ آن به‌صورت سنتی جمع‌آوری می‌شود. تعداد دفعات جمع‌آوری ۷ مرتبه در طول هفته می‌باشد که ۳۰٪ آن‌ها بین ساعات ۹-٦ و ۷۰٪ آن‌ها بین ساعات ٦-۲۱ جمع‌آوری می‌گردد.

هیچ‌گونه سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از سیستم‌های ذخیره‌سازی در این شهر صورت نگرفته (سطل‌های فلزی و پلاستیکی، بشکه و سایر ظروف) و ۱۰۰٪ زباله‌ها در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری می‌شوند.

هیچ‌گونه مطالعات مدیریتی تاکنون برای این شهر در نظر گرفته نشده است و مدیریت جمع‌آوری به عهده بخش خصوصی می‌باشد. فاصله ایستگاه انتقال تا محل دفن زباله (حلقه دره) ۱۸ کیلومتر می‌باشد که توسط یک کامیون با ۳ سرویس در روز صورت می‌گیرد (پرسش‌های میدانی).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از روش ارزیابی چرخه حیاتی (LCA) استفاده گردید که عبارت است از روشی که در آن کلیه اثرات زیست‌محیطی مرتبط با یک محصول در کل چرخه حیاتی آن ارزیابی می‌شود. بدین منظور ابتدا داده‌های مختلف موردنیاز جمع‌آوری شدند. سپس کلیه مواد و منابع محیطی و تکنولوژی مورد استفاده و میزان انتشار مواد مختلف به محیط‌زیست برآورد (صورت‌برداری) شدند. سرانجام، تاثیر این مواد در قالب تعدادی شاخص‌های زیست‌محیطی کمی شدند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نرم‌افزار مورد استفاده برای دریافت خروجی‌های حاصل از پژوهش نیزIWM-1 بوده که شورای محیط‌زیست و صنعت پلاستیک[6] در کانادا به کمک دانشگاه واترلو به‌منظور کمک به تصمیم‌گیران، این مدل را ارایه کردند (هایت، ۲۰۰٤). این مدل بر پایه ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند شهری طرح‌ریزی و ارایه شده و در اختیار کاربران قرار گرفت که در نهایت برای حل بعضی از مشکلات خاص، عناصر مختلف را با یکدیگر ترکیب می‌نماید؛ به عبارت دیگر این مدل ما را در انتخاب و کاربرد تکنیک‌ها، تکنولوژی‌ها و برنامه‌های مدیریت مناسب جهت دستیابی به اهداف مدیریت خاص مواد زائد یاری می‌رساند. بررسی‌های اولیه نیز نشان داد که تاکنون ارزیابی چرخه حیات به روش مدل IWM-1 در ایران به‌طور کامل انجام نشده است بنابراین، در این بررسی به‌منظور نشان دادن قابلیت‌ها و نیز کمبودهای اطلاعاتی از مدل ذکر شده، برای شهر ماهدشت استفاده شده است.

- تعیین اهداف و برد

در این کار ۲ سناریو (حالت مدیریتی) برای شهر ماهدشت تعریف شد:

سناریوی اول: در سناریوی اول این‌گونه فرض شده است که تمامی پسماند تولید شده (۸۳۹۵ تن) جمع‌آوری و به مرکز دفن زباله‌ها در ۱۸ کیلومتری شهر منتقل می‌شود (وضعیت فعلی شهر ماهدشت).

سناریوی دوم: در سناریوی دوم فرض بر این است که با احداث کارخانه کود کمپوست بخشی از زباله تولید شده (حدود ۲۰٪ از کل پسماندها معادل ۱٦۷۹ تن در سال) به کود کمپوست تبدیل شده و حدود ٤٪ آن (معادل ۳۳٦ تن در سال) بازیافت شده مابقی زباله شهر حدود ۷٦٪ و معادل ٦۳۸۰ تن به مرکز دفن زباله در ۱۸ کیلومتری شهر ماهدشت منتقل می‌شود. درصد انتخاب سناریوها در این روش ارزیابی انتخابی بوده و صرفا برای نشان دادن میزان کاهش آلاینده‌ها می‌باشد و استاندارد یا شاخص معینی ندارد. برای مثال در پژوهشی با عنوان ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید گیاهان زراعی با روش LCA: گندم در گرگان با سناریوهای انتخابی خود ابتدا داده‌های مختلف مزرعه‌ای جمع‌آوری شدند. سپس کلیه مواد و منابع محیطی و تکنولوژی مورد استفاده و میزان انتشار مواد مختلف به محیط‌زیست به ازای تولید یک تن گندم برآورد (صورت‌برداری) شدند. سرانجام، تاثیر این مواد در قالب تعدادی شاخص‌های زیست‌محیطی کمی شدند. نتایج نشان داد که تولید گندم در گرگان دارای اثرات زیست‌محیطی قابل توجهی از نظر تخلیه انرژی غیر تجدید شونده، گرمایش جهانی، یوتریفیکاسیون، اکسیداسیون فتوشیمیایی، اسیدی شدن و تخلیه اوزون می‌باشد (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۱۸-۲۰۱) یا در تحقیقی با عنوان ارزیابی چرخه حیات پسماند شهری با استفاده از نرم‌افزار IWM و تحلیل اثرات با استفاده از روش MET (مطالعه موردی: شاهین‌شهر) پس از شناسایی منطقه و پارامترهای مورد نیاز، داده‌های مورد نظر هر سناریو وارد نرم‌افزار IWM گردید و خروجی‌های هر سناریو توسط روش MET ارزیابی اثرات و نتایج سناریوها با یکدیگر مقایسه گردید. چهار سناریو به شرح سناری اول: کلیه پسماندها بدون پردازش به محل دفن منتقل گردد، سناریو دوم: کلیه مواد آلی (مواد غذایی) موجود در پسماند برای تولید کمپوست و بقیه آن‌ها به محل دفن منتقل گردد، سناریو سوم: مواد قابل بازیافت

6- EPIC

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بازیافت گردیده و مواد آلی برای کمپوست‌سازی و باقیمانده مواد به محل دفن منتقل می‌گردد. سناریو چهارم: مواد قابل بازیافت گردیده و مواد آلی برای کمپوست‌سازی و باقی‌مانده مواد برای تولید انرژی کاربرد دارد تعریف گردیده است. شاخص اکولوژیکی سناریو اول بیش‌تر از بقیه سناریوها یعنی بار زیست‌محیطی آن بیش‌تر از بقیه سناریوها بوده و شاخص اکولوژیکی سناریو چهارم کم‌تر از بقیه‌ی سناریوها است در نتیجه بار زیست‌محیطی آن نیز کم‌تر از بقیه سناریوها می‌باشد. در نتیجه بهترین سناریو از نظر زیست‌محیطی سناریو چهارم و بدترین سناریو از نظر زیست‌محیطی سناریو اول می‌باشد (شفیعی و همکاران، ۲۰۱٤).

- مولفه‌های LCA

ارزیابی جامع چرخه حیات در برگیرنده سه مرحله الف) موجودی چرخه حیات، ب) ارزیابی اثرات چرخه حیات و ج) تجزیه تحلیل چرخه حیات می‌باشد. در مرحله نخست اثرات زیست‌محیطی به شکل کمی بیان شده (میزان انتشار آلاینده‌ها، تولید ضایعات و...) و در مرحله دوم اثرات زیست‌محیطی هر یک از آن‌ها ارزیابی می‌گردد. مرحله آخر تجزیه تحلیل فرصت‌های موجود جهت کاهش یا تخفیف تبعات زیست‌محیطی در کل چرخه تولید محصول یا فرآیند به‌شمار می‌رود. این فرآیند مشتمل بر کلیه اقدامات (چه کیفی و چه کمی) شده و مواردی مانند تغییر در طراحی محصول، چگونگی مصرف مواد خام و مدیریت ضایعات را شامل می‌گردد. اولین گام در ارزیابی چرخه حیات، تعیین موجودی (LCI[۷]) به‌شمار می‌رود. نتیجه این فرآیند، فهرستی از کلیه آثار زیست‌محیطی طی دوره عمر یک محصول یا فناوری است. این فهرست پایه و اساس ارزیابی چرخه حیات محسوب می‌گردد. لازم به ذکر است که تعیین مرز بین تعیین موجودی و ارزیابی چرخه حیات دشوار می‌باشد (بالداسانو و همکاران، ۲۰۰۳: ۸۰٦-۷۹۵).

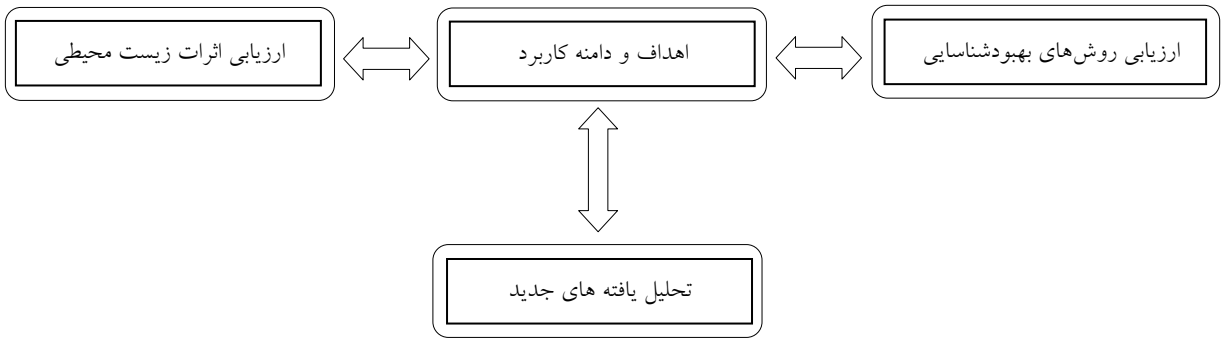
- روش اجرایی ارزیابی چرخه حیات

تاریخچه این روش به دهه ۱۹۷۰میلادی بر می‌گردد که در آن زمان محاسبات ساده‌ای مانند مواد زائد جامد و میزان انرژی مورد نیاز برای پردازش آن مبنای اصلی این روش محسوب می‌گردید. اصلاح و بهبود این روش در زمان اوج‌گیری بحران نفتی اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی و گسترش روزافزون صنایع انجام یافته است. روش عمومی انجام ارزیابی به روش ارزیابی چرخه حیات طی سالیان گذشته تغییر فراوانی یافته است. در دهه ۱۹۸۰میلادی روش ارزیابی چرخه حیات با تشخیص اجزای جدید در مقایسه با اجزای آثار زیست‌محیطی به‌وجود آمده و واقعی اصلاح شده و در دهه ۱۹۹۰ میلادی بود که در این روش ارتباط ارزیابی زیست‌محیطی با مدیریت منابع و آلاینده-های منتشر یافته به محیط پیرامون و غیره به‌صورت مقادیر کمی وارد شده و مبنای ارزیابی کامل‌تر و دقیق‌تری از فعالیت‌ها را فراهم نماید. از دهه ۱۹۹۰ میلادی انجمن سم‌شناسی و شیمی محیط‌زیست ایالات متحد در صدد یکنواخت سازی و استاندارد نمودن روش ارزیابی چرخه حیات بر آمده است. سازمان جهانی استاندارد

7- Life Cycle Inventory

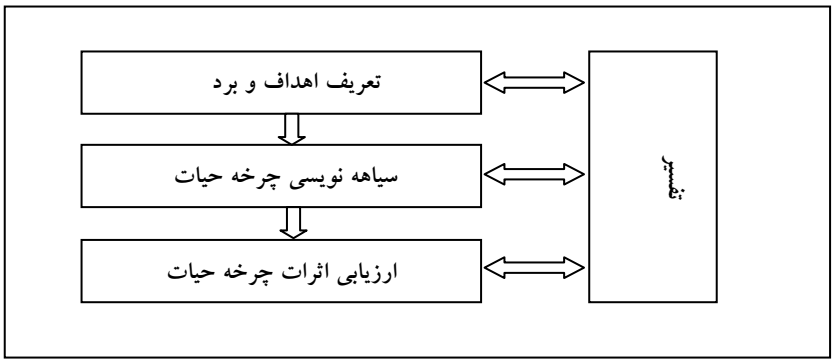
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نیز بر اساس تکمیل روش مورد تایید انجمن سم‌شناسی، روشی شبیه به آن و با جزییات تحلیلی بیش‌تر و با نمایه‌های زیر منتشر نموده است (لی و همکاران، ۲۰۰۷: ۵۳-۴۲). استاندارد ISO ۱٤۰٤۰ در مورد استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات فرآیندها در سیستم‌های مدیریت زیست‌محیطی (اصول و چارچوب)، استاندارد ISO۱٤۰٤۱ در مورد شناسایی و تحلیل بر اساس روش فوق (تعریف اهداف و برد و تحلیل سیاهه) و استاندارد ISO ۱٤۰٤۲ در مورد روش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی بر اساس روش فوق (ارزیابی اثرات چرخه حیات) ارائه شده اند.



شکل ۳: مراحل کلی اجرایی ارزیابی چرخه حیات

همان‌گونه که در (شکل ۳) مشخص می‌باشد، تعیین اهداف و برنامه‌ها به‌عنوان عامل کلیدی روش ارزیابی در نظر گرفته شده و با تمامی اجزای آن ارتباط دارد. در قسمت تحلیل یافته‌ها مقادیر کمیتی مانند موازنه جرم و انرژی مواد ورودی و محصولات و مقادیر انتشار آلاینده‌ها به هوا، آب‌وخاک برای کلیه فرآیندهای مورد مطالعه شناسایی گردیده و برای اصلاح اهداف و برنامه‌های کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در قسمت ارزیابی اثرات روش چرخه حیات نیز عملیات شناسایی کمی و کیفی فرآیندها، تعیین مشخصه‌های موثر استاندارد ISO ۱٤۰٤۳ در مورد روش اجرایی ارزیابی چرخه حیات فرآیندها (تفسیر) آن‌ها و در نهایت ارزیابی این شاخص‌ها با توجه به تاثیر آن‌ها در محیط‌زیست انجام می‌گیرد؛ به عبارت دیگر طبق استاندارد ISO به طورکلی ارزیابی چرخه حیات شامل ٤ گام است که می‌توان به طور خلاصه به (شکل ٤) زیر نشان داد:



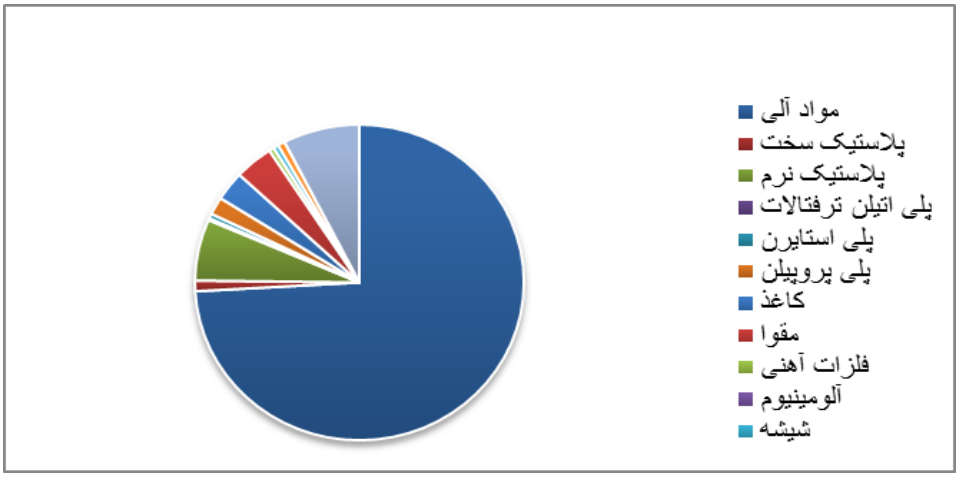
شکل ٤: چهار گام در انجام ارزیابی چرخه حیات و نحوه ارتباط آن‌ها با یکدیگر. ارتباط دو طرفه تفسیر با ۳ گام اول به این مفهوم است که تفسیر در هر مرحله می‌تواند انجام شود و روند را تصحیح کند

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

آنالیز فیزیکی زباله‌های شهر به تفکیک از طریق عملیات میدانی همچنین اطلاعات موجود در شهرداری به‌صورت (جدول ۲) مشاهده شد:

جدول ۲- آنالیز فیزیکی پسماند شهر ماهدشت

مقدار (تن بر سال)	درصد اجزای تشکیل‌دهنده	اجزای تشکیل‌دهنده	مقدار (تن بر سال)	درصد اجزای تشکیل‌دهنده	اجزای تشکیل‌دهنده
۳۲۰	۳/۸	مقوا	٦۲۱٥	۷٤/۱	مواد آلی
٤۲	۰/٥	فلزات آهنی	۹۲	۱/۱	پلاستیک سخت
۰	۰/۰	آلومینیوم	٥۳۰	٦/۳	پلاستیک نرم
٤۲	۰/٥	شیشه	۱۷	۰/۲	پلی‌اتیلن ترفتالات
٥۹	۰/۷	ضایعات باغی	٤۲	۰/٥	پلی استایرن
٦۳۰	۷/٥	سایر	۱٥۲	۱/۸	پلی‌پروپیلن
-	-	-	۲٥۲	۳/۰	کاغذ



شکل ٥: آنالیز فیزیکی زباله‌های شهری

بر اساس (شکل ٥) ۷٤/۱٪ از زباله‌ها را پسماند تر و ۲٥/۹٪ از آن را پسماند خشک تشکیل می‌دهد (درصد نسبی هر یک از پسماندهای خشک نیز به تفکیک در شکل قابل مشاهده است). سرانه تولید زباله روزانه به‌طور میانگین چیزی در حدود ٥۰۰ گرم در روز می‌باشد. اعداد حاصل از دو سناریوی تعریف شده (در سناریوی اول کل پسماند تولیدی دفن می‌گردد و در سناریوی دوم ۲۰٪ تبدیل به کمپوست و ٤٪ آن بازیافت می‌شود) به نرم‌افزار IWM وارد شده و پس از انجام محاسبات در نرم‌افزار نتایج هر یک از سناریوها (که در بالا به آن اشاره شد) به‌طور خلاصه و مجزا به نمایش گذاشته شده است تا بتوان با مقایسه نتایج حاصل بهینه‌ترین گزینه را انتخاب نمود.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- اجزای تخصیص داده شده در مطالعه حاضر و نحوه تخصیص مقادیر سیاهه شده به هر طبقه (رفیعی و همکاران، ۲۰۰۹)

طبقه اثر	اجزای تخصیص داده شده
مصرف منابع انرژی	میزان مصرف انرژی بر گیگا ژول
گازهای گلخانه‌ای	CO_2, NO_X, CH_4
مه دود فتوشیمیایی	NO_X,PM, VOC_S
خروجی‌های سمی	Pb, Hg, Cd, Dioxins, Pb_{water}, Hg_{water}, Cd_{water}, BOD_{water}, $Dioxins_{water}$

یافته‌ها و بحث

در این تحقیق دو سناریو (حالت مدیریتی) برای شهر ماهدشت تعریف شد:

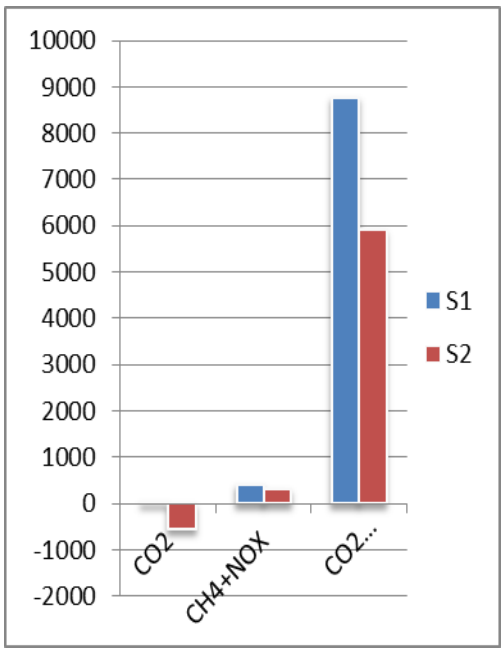
در سناریوی اول فرض بر این است که کل زباله تولیدی به محل دفن منتقل گشته که ۸۳۹۵ تن در سال می‌باشد. در این حالت مقدار انرژی مصرفی معادل ۶۰۸GJ می‌باشد. مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در این حالت به‌ترتیب شامل ۴۲ تن CO_2، ۴۱۱ تن CH_4+NO_X و ۸۷۶۵ تن گازهای معادل CO_2 می‌باشد. مقدار تولید گازهای اسیدی به‌ترتیب شامل ۰/۲۸ تن NO_X، ۰/۰۷ تن SO_X و ۰/۰۴ تن HCl می‌باشد. میزان انتشار مه دودها به‌ترتیب شامل ۰/۳ تن NO_X، ۲/۳ تن PM و ۱/۴ تن VOCs می‌باشد. میزان انتشار فلزات سنگین در هوا تقریبا برابر با صفر بوده و انتشار آن‌ها در آب به‌ترتیب شامل ۰/۴۲ کیلوگرم سرب (Pb)، ۰/۰۰۶ کیلوگرم جیوه (Hg)، ۰/۵۷ کیلوگرم کادمیم (Cd)، ۷/۵۵۶ کیلوگرم BOD و ۰/۰۰۰۱ گرم دی اکسین‌ها می‌باشد.

در سناریوی دوم اول فرض بر این است که از مقدار کل زباله تولیدی مقدار ۲۰٪ آن (معادل ۱۶۷۹ تن) تبدیل به کمپوست و ٪۴ آن (معادل ۳۳۶ تن) وارد چرخه بازیافت شود. در این حالت مقدار زباله ارسالی به لند فیل به مقدار ۶۳۸۰ تن کاهش می‌یابد. مقدار انرژی مصرفی در این حالت برای لندفیل GJ ۳۳۱، کمپوست GJ ۳۷۱ و بازیافت GJ ۲۵ شد. مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در این حالت به‌ترتیب شامل ۵۶۰- تن CO_2، ۳۰۶ تن CH_4+NO_X و ۵۹۱۰ تن گازهای معادل CO2 می‌باشد. مقدار تولید گازهای اسیدی به‌ترتیب شامل ۰/۱۳ تن NO_X، ۰/۰۳ تن SO_X و ۰/۰۲۸ تن HCl می‌باشد. میزان انتشار مه دودها به ترتیب شامل ۰/۱۳ تن NO_X، ۲ تن PM و ۱ تن VOCs می‌باشد. میزان انتشار فلزات سنگین در هوا تقریبا برابر با صفر بوده و انتشار آن‌ها در آب به‌ترتیب شامل ۰/۳۵ کیلوگرم سرب (Pb)، ۰/۰۰۵کیلوگرم جیوه (Hg)، ۰/۴۹ کیلوگرم کادمیم (Cd)، ۶/۴۹۶ کیلوگرم BOD و ۰/۰۰۰۰۶گرم دی اکسین‌ها می‌باشد (شکل ۶).

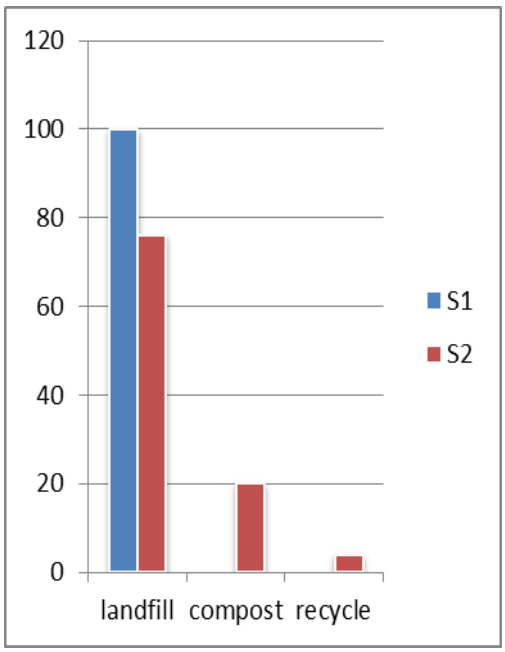
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

با مقایسه دو سناریو (شکل ۷) متوجه می‌شویم که عملیاتی چون کمپوست و بازیافت به مقدار قابل توجهی در کاهش فضای مورد نیاز برای دفن، کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش انتشار گازهای اسیدی، کاهش انتشار مه دودها، کاهش انتشار فلزات سنگین می‌شود. به‌طوری که در سناریوی دوم مقدار زباله ارسالی به لندفیل از ۸۳۹۵ تن به ۶۳۸۰ تن در سال رسید که باعث صرفه‌جویی فضای قابل توجهی با توجه به محدودیت اراضی برای دفن می‌شود. همچنین میزان انتشار آلودگی‌ها همچون نشت شیرابه‌های زباله‌ها به آب‌های زیرزمینی و خروج گازهای سمی همچون متان به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد (شکل ۸). مقدار انرژی مصرفی از ۶۰۸ گیگاژول به ۳۳۱ گیگاژول کاهش پیدا کرد (شکل ۱۱) که خود یک صرفه‌جویی بزرگ (با توجه به افزایش قیمت حامل‌های انرژی و محدودیت آن) محسوب می‌شود.

کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر که در مورد CO_2 از ۴۲ تن به ۵۶۰- تن، CH_4+NO_X از ۴۱۱ تن به ۳۰۶ تن و گازهای معادل CO_2 از ۸۷۶۵ تن به ۵۹۱۰ تن؛ کاهش میزان انتشار گازهای اسیدی به جو که در مورد NO_X از ۰/۲۸ تن به ۰/۱۳ تن، SO_X از ۰/۰۷ تن به ۰/۰۳ تن و HCl از ۰/۰۴ تن به ۰/۰۲۸ تن؛ مه دودها (شکل ۹) که در مورد NO_X از ۰/۳ تن به ۰/۱۳ تن، PM از ۲/۳ تن به ۲ تن و VOCs از ۱/۴ تن به ۱ تن؛ کاهش انتشار فلزات سنگین محلول در آب (شکل ۱۰) که در مورد سرب (Pb) از ۰/۴۲ کیلوگرم به ۰/۳۵ کیلوگرم، جیوه (Hg) از ۰/۰۰۶ کیلوگرم به ۰/۰۰۵ کیلوگرم، کادمیم (Cd) از ۰/۵۷ کیلوگرم به ۰/۴۹ کیلوگرم، BOD از ۷/۵۵۶۷ کیلوگرم به ۶/۴۹۶ کیلوگرم و دی اکسین‌ها از ۰/۰۰۰۱ گرم به ۰/۰۰۰۶ گرم می‌باشد (نتایج فوق حاصل محاسبات نرم‌افزار IWM می‌باشد).

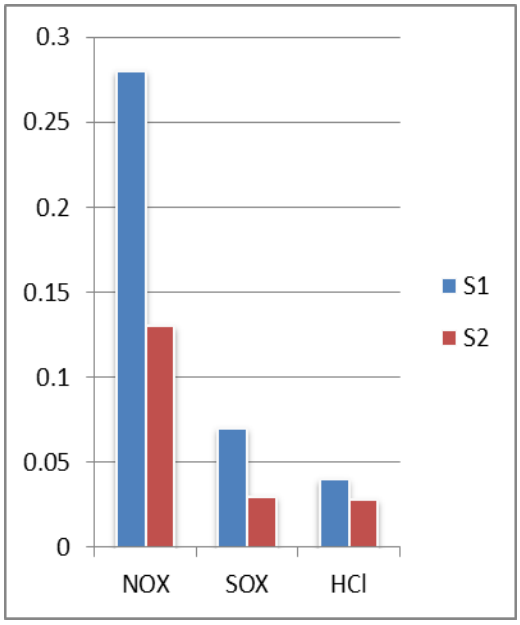


شکل ٦: مقایسه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در ۲ سناریو (تن)

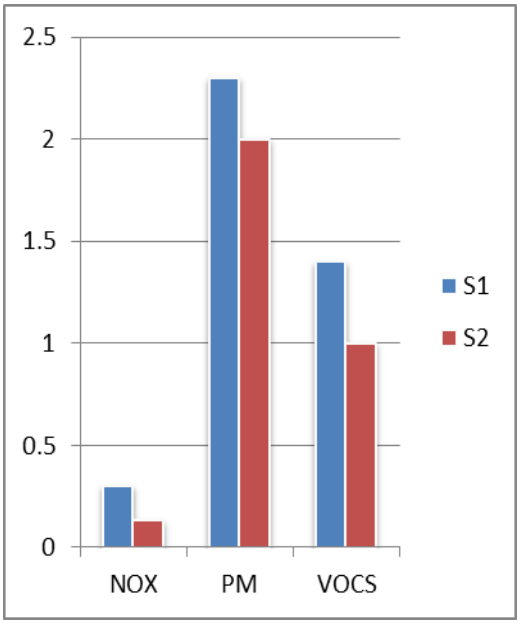


شکل ۷: مقایسه المان‌های دو سناریو (میزان دفن، کمپوست و بازیافت به درصد)

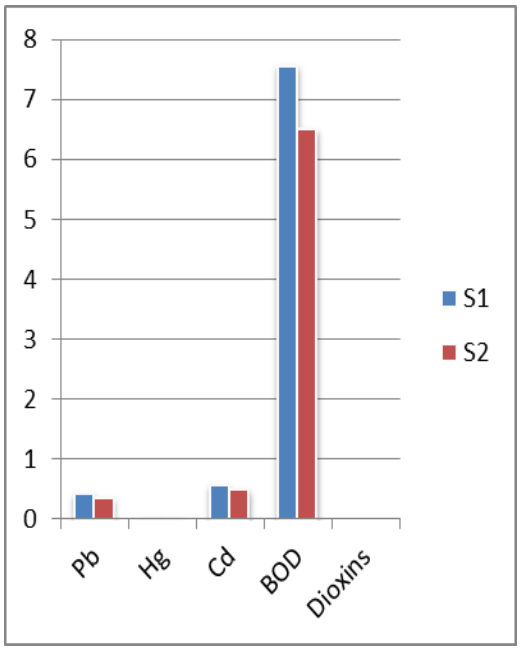
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



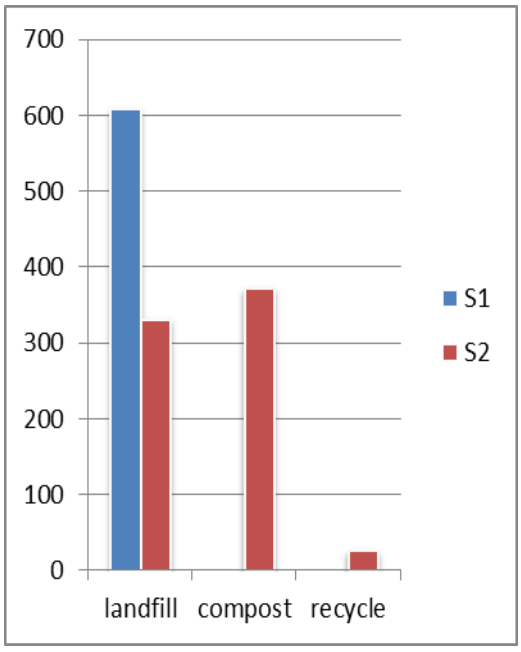
شکل ۸: مقایسه میزان انتشار گازهای اسیدی در ۲ سناریو (تن)



شکل ۹: مقایسه میزان انتشار مه دودها در ۲ سناریو (تن)



شکل ۱۰: مقایسه میزان انتشار فلزات سنگین در ۲ سناریو (تن)



شکل ۱۱: مقایسه میزان مصرف انرژی در ۲ سناریو (گیگا ژول)

در این مطالعه، زمین مورد نیاز هریک از سناریوها مورد قضاوت قرار نگرفت. مطالعه زمین مورد نیاز در هر یک از سناریوها تصویر کامل‌تری از تنش‌های محیط‌زیستی ارایه خواهد کرد. مطالعه حاضر، ارزیابی چرخه حیات سامانه کنونی مدیریت پسماند شهر ماهدشت از نقطه نظر محیط‌زیستی است و عوامل اقتصادی و اجتماعی مورد نظر قرار نگرفته‌اند. بنابراین، نتایج به‌دست آمده فقط از نقطه نظر محیط‌زیستی قابل ارایه به تصمیم‌گیران است. به منظور

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تصمیم‌گیری همه‌جانبه باید فاکتورهای اقتصادی (مانند محاسبه هزینه‌های سوخت)، اجتماعی (مانند افزایش بیماری‌های تنفسی و غیره) و روان‌شناختی (مانند صداهای ناهنجار وسایل جمع‌آوری و حمل‌ونقل زباله) نیز در ارزیابی و تصمیم‌گیری با عوامل محیط‌زیستی تلفیق شوند. نتایج این پژوهش نشان داد که ارزیابی چرخه حیات می‌تواند تصویر کاملی از سامانه مدیریت پسماند شهری را از نقطه نظر محیط‌زیستی ارایه کند و به‌عنوان ابزار ارزشمندی در اختیار تصمیم‌گیران قرار گیرد. نتایج مطالعه حاضر در خصوص وضعیت کنونی سامانه مدیریت پسماند شهر ماهدشت مصداق دارد و بنابراین ممکن است با نتایج به‌دست آمده از مطالعات مشابه در مکان‌های دیگر به دلیل ویژگی‌های متفاوت پسماند، فن‌آوری و فاکتورهای زمانی و مکانی متفاوت باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- Alizadeh Esonloo, A., KeyNezhad, M., (2008), "Lifecycle environmental impact assessment process and its application in petrochemical industry", ***Fourth National Congress on Civil Engineering***, Tehran, Tehran University.

- Bovea, M. D., Powell, J. C., (2005), "Alternative scenario to meet the demands of sustainable waste management", ***Environmental Management***, 79: 115-132.
- Baldasano, J. M., Gasso, S., Pe'rez, C., (2003), "Environmental performance review and cost analysis of MSW landfilling by baling–wrapping technology versus conventional system". ***Waste Management***, 23, 795–806.
- Banar, M., Cokaygil, Z., Ozkan, A., (2008), "Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir Turkey", ***Waste Management***, 29: 54–62.
- Buttol, P., Masoni, P., Bonoli, A., Goldoni, S., Belladonna, V., Cavazzuti, C., (2007), "LCA of integrated MSW management systems: case study of the Bologna district", ***Waste Management***, 27: 1059–1070.
- Chaya, W., Gheewalla, H. S., (2006), "Life cycle assessment of MSW to energy schemes in Thailand", ***J. Cleaner Production***, 15: 1463-1468.
- Cherubini, F., Bargigli, S., Ulgiati, S., (2009), "Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration", ***Energy***, 34: 2116–2123.

- Diaz, R., (2004), "Life cycle assessment of municipal solid wastes: development of wasted software", Master's thesis. Ryerson University.
- Diaz, R., Warith, M., (2005). Life-cycle assessment of municipal solid wastes: development of the wasted model. ***Waste Management***, 26: (8): 886-901.
- Finnveden, G., Ekvall, T., (1998), "Life cycle assessment as a decision support tool - The case of recycling versus incineration of paper", ***Resource Conservation and Recycling***, 24 (3-4): 235-256.
- Haight, M., (2004), ***"Technical report: Integrated solid waste management mode***, School of Planning.University of Waterloo. Canada.
- Hunt, R. G., Sellers, J. D., Franklin, W., (1992), "Resource and environmental profile analysis: A life cycle environmental assessment for products and producers", ***Environmental Impact Assessment***, Review, 12 (45): 245-269.
- Lundie, S., Peters, G. M., (2005), "Life cycle assessment of food waste management options", ***Journal of Cleaner Production***, 13: 275–286.
- Lee, S. H., Choi, K. I., Osako, M., Dong, J. I., (2007), "Evaluation of environmental burdens caused by changes of food waste management systems in Seoul, Korea", ***Science of the Total Environment***, 387: 42–53.
- Mendes, M., Aramaki, T., Hanaki, K., (2004), "Comparison of the environmental impact incineration and landfilling in São Paulo City as determined by LCA", ***Resources Conservation and Recycling***, 41: 47–63.
- Naghib, A., Abduli, M. A., Yonesi, M., Akbari, A., (2010), ***Life cycle assessment (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: landfill and composting plus landfill***. Environ Monit Assess , 178:487–498.
- Ozeler, D., Yetis, U., Demirer, G. N., (2005), "Life cycle assessment of MSW managemen methods: Ankara case study", ***Environment International***, 405-411.
- Obersteiner, G., Binner, E., Mostbauer, P., Salhofer, S., (2007), "Land II modelling in LCA-a contribution based on empirical data", ***Waste Management***, 27: S58–S74.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Rafiee1, R., Salman Mahiny, A. R., Khorasani, N., (2009), "Environmental life cycle assessment of municipal solid waste management system (Case study: Mashad City)", ***J. Agric. Sci. Natur. Resour***., 16 (2): 213-230.
- Shafie, A., Jafarzadeh Haghighatfar, N., Thaghavi, L., Omrani, Gh., (2014), "Life cycle assessment (LCA) of municipal waste management strategies in Shahinshahr city with MET method", First National Conference on Environmental Assessment and Management Planning in Iran.
- Skordilis, A., (2004), "Modeling of integrated solid waste management systems in an island", ***Resources, Conservation and Recycling***, 41: 243-254.
- Soltani, A., Rajabi, MH., Zeinali,E., Soltani, E., (2010), "Environmental Impact assessment of crop production with LCA: wheat in Gorgan", ***Electronic Journal of Crop Production***, 3: 201-218.
- Vaezzadeh, H., Taheri Nick, S., Yousefi, Z., Gohari Mokamel, P., (2011), "Evaluation of greenhouse gas emissions from waste management (A Case Study Bardeskan city, Khorasan-e-Razavai Province)", The Ninth Conference on Environmental Impact Assessment.
- World Energy Council, (2004), "Comparison of Energy Systems Using Life Cycle Assessment".

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]