محاسبهٔ شاخص اکولوژیکی سناریوهای مدیریت پسماند سیرجان با رویکرد ارزیابی چرخه حیات

علیرضا راستی کردار*؛ دانشگاه صنعتی سیرجان

تاریخ: دریافت ۹۵/۱۰/۱۷ پذیرش ۹۶/۰۲/۰۳

چکیده

پسماند از تولیدات غیرقابل اجتناب هر جامعه و مدیریت پسماند یکی از نیازهای اصلی آن جامعه است. از این‌رو استقرار سامانه مدیریت پسماند ضروری است. در سیستم مدیریت مواد زائد جامد، با توجه به میزان تولید و ترکیب پسماند گزینه‌های مختلفی برای مدیریت آن وجود دارد. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی چرخهٔ حیات این گزینه‌ها نقش به‌سزایی در کاهش و حل مشکلات مدیریت خدمات شهری به‌عهده دارد. هدف از این پژوهش مقایسهٔ سناریوهای مختلف مدیریت پسماند در شهرستان سیرجان و انتخاب سناریو برتر با رویکرد ارزیابی چرخه حیات است. بدین‌منظور ٤ سناریو در نظر گرفته شد و فهرست‌نویسی چرخه حیات در هر سناریو به‌کمک مدل یک‌پارچه پسماند (IWM-2) انجام شد. نتایج به‌دست آمده از فهرست‌نویسی به ۵ طبقه اثرشامل مصرف انرژی، گازهای گلخانه‌ای، گازهای اسیدی، مه دود فتوشیمیایی، خروجی‌های سمی تخصیص داده شد. مقادیر فهرست شده در فاکتورهای ویژگی سازی ضرب شد و شاخص اکولوژیکی برای هر یک از سناریوها به‌دست آمد. با مقایسه سناریوها از نظر زیست‌محیطی، سناریوی دوم (٦٨/٤ درصد کمپوست، ۱۹/۲درصد بازیافت،۱۲/٤درصد لندفیل) به‌عنوان گزینهٔ برتر دفع پسماند شهری شهرستان سیرجان انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پسماند، ارزیابی چرخه حیات، شاخص اکولوژیکی، سیرجان

*نویسنده مسئول alirezarstkrd@yahoo.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

مقدمه

تداوم زندگی انسان در گرو مصرف مداوم و تولید و کشف مواد جدید است. در این میان، هر جا مصرفی در کار است، پسماندها و مواد زائد برجای می‌مانند. بشر از دیرباز با مسئلهٔ مواد زائد و چگونگی دور کردن آن از محیط‌زیست خود رو به‌رو بوده است. افزایش جمعیت کره زمین، مهاجرت به شهرهای بزرگ، تمرکز جمعیت در شهرها، بهتر شدن سطح زندگی، افزایش مصرف شهروندان و تولید فرآورده های مصرفی، تولید انبوه زباله‌ها را به دنبال دارد [۱].

از شروع سبک یک جانشینی انسان‌ها، نیاز به مدیریت مواد زائد تولیدی احساس شده است [۲]. در گذشته نه‌چندان دور، صنعت باعث افزایش چشم‌گیر استفاده از مواد اولیه برای تولید محصولات و در نتیجه افزایش مواد زائد شد، که این امر نیاز به درک بهتر مفهوم پسماند را ایجاب کرده است. تغییرات زیاد در تولید مواد زائد در دنیای مدرن امروزی به جامعه انسانی و محیط‌زیست وابسته است [۳]. بی‌توجهی به امر جمع‌آوری و دفع مواد زائد در جامعه امروزی به‌علت کمیت و کیفیت گوناگون مواد، توسعهٔ بی‌رویه شهرها، محدودیت‌های وضع شده برای خدمات عمومی در شهرهای بزرگ و فقدان تکنولوژی مناسب باعث ایجاد مشکلات ویژه‌ای شده است که رفع آنها از طریق هماهنگی علم و تجربه در چهارچوب مدیریت صحیح امکان‌پذیر است. مسلماً تشویق مردم به تولید زباله کم‌تر از طریق پرهیز از اسراف و تبذیر و جداسازی اجزای قابل بازیافت زباله در مراکز تولید موجب می‌شود که برای مدیریت صحیح زباله آینده بهتری پیش‌بینی شود [٤]. پسماندهای مختلف، حاصل اجتناب‌ناپذیر استفاده گسترده از مواد شیمیایی و محصولات و فرآورده‌های صنعتی و کشاورزی در زندگی روزمره‌اند. تجربیات جهانی نشان داده است که چنان‌چه بر پسماندها مدیریت مناسب صورت نگرفته و این مواد با شیوه‌های علمی و فنی به مواد با مخاطرات کمتر تبدیل نشوند و یا به‌طور اصولی و به‌روش مناسب دفع نشوند، منشأ مخاطرات بسیار زیاد و تهدیدات فراوانی می‌شوند. با توجه به اثرات منفی متعدد ناشی از زباله‌های شهری تولید شده، نیاز به اعمال مدیریت صحیح و انتخاب راهکارهای مناسب برای به حداقل رساندن این اثرات و بهبود محیط‌زیست به‌شدت احساس می‌شود. در این راستا به‌کارگیری

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

روش‌های علمی محیط‌زیستی می‌تواند اطمینان کافی از رعایت سیاست‌ها و اهداف تعیین‌شده در برنامه‌ها، طرح‌ها و فعالیت‌های طرح‌ها را برای تأمین ضوابط، معیارها و قوانین محیط‌زیستی فراهم آورد. ابزارهای متعددی برای پیش‌بینی و کاهش اثرات طرح‌ها و گزینه‌های مدیریت پسماند وجود دارد که یکی از آن‌ها ارزیابی چرخه حیات است [۵]. روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) امروزه به‌عنوان روش استاندارد بین‌المللی که قادر است ورودی‌ها و انتشارات خروجی از یک سیستم مدیریت پسماند را متناسب با چرخه عمر محصولات یا فرآیندها مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد، در کانون توجه متخصصان زیست‌محیطی قرارگرفته است [٦]. کاربرد این روش برای ارزیابی سیستم مدیریت پسماند شهری، به‌ویژه در زمینه فرآیند تصمیم گیری، طراحی استراتژی ها و بررسی روش های مختلف دفع رو به افزایش است.

پژوهش‌های مختلفی در زمینهٔ مدیریت پسماند شهری با رویکرد LCA[1] انجام شده است.

بوانو و همکاران (۲۰۱۵) به مقایسهٔ دو سناریوی بازیابی انرژی از پسماندهای مخلوط باقی‌مانده در یک کارخانه زباله‌سوزی و بازیافت مواد جمع‌آوری‌شده با رویکرد ارزیابی چرخه حیات در استان Gipuzkoa در شمال اسپانیا پرداختند. نتایج نشان داد بازیافت مواد نتایج بهتری را در طبقات زیست‌محیطی که به‌شدت با مصرف انرژی فسیلی مرتبط هستند فراهم می‌کند [۷].

بنگ جنسن و همکاران (۲۰۱٦) به مقایسهٔ سیستم‌های مدیریت پسماندهای آلی در منطقه مرزی دانمارک- آلمان با استفاده از ارزیابی چرخه حیات و مدل EASETECK پرداختند. در این پژوهش تصفیه زباله‌های آلی از خانوارها در هر طرف مرز بسیار متفاوت است. دانمارک تنها از زباله‌سوز برای تصفیه زباله‌ها استفاده می‌کند در حالی‌که روش‌های مدیریت پسماند در آلمان شامل ترکیب بیوماس و کمپوست، تصفیه مکانیکی و بیولوژیکی و سوزاندن است. نتایج نشان داد دو منطقه مختلف در دانمارک در ۱۰ مورد از ١٤ طبقه اثر بهتر عمل می‌کنند [۸].

1. Life Cycle Assessment

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

فیلیپو و همکاران (۲۰۱٦) به بررسی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مرتبط با دو گزینه مدیریت مختلف (لندفیل و بازیافت) برای خاکستر تولید شده از طریق تصفیه حرارتی (زباله‌سوز، Gasification) با ارزیابی چرخه حیات و مدل EASETECK پرداختند. نتایج LCA نشان داد که برای هر دو نوع خاکستر، لندفیل بیش‌ترین تأثیرات زیست‌محیطی در ارتباط با طبقات بدون سم دارد. برای طبقات مربوط به سمیت، خاکستر Gasification نسبت به خاکستر زباله‌سوز آلاینده‌های کم‌تری منتشر می‌کرد [۹].

ریپا و همکاران (۲۰۱۷) پس از مواجهه با بحران تولید و دفع زباله‌ها به بررسی استراتژی‌های مدیریتی پسماند در کلان شهر ناپل با رویکرد ارزیابی چرخه حیات پرداختند. نتایج LCA نشان داد که بارهای اصلی ناشی از تصفیه پسماندهای جامد شهری (به‌عنوان مثال تصفیه بیولوژیکی مکانیکی، لندفیل، تبدیل زباله به انرژی) است. هم‌چنین این پژوهش تأیید می‌کند که LCA اگر با دقت انجام شود، پتانسیل بهبود استراتژی‌های مدیریتی جدید و اجازه شناسایی بحران‌ها را دارد [۱۰].

هم‌چنین پژوهش‌های دیگری با همین رویکرد در ایران و سایر نقاط جهان انجام شده است. به‌کارگیری چنین تحقیقاتی فرصتی را فراهم می‌کند تا مدیران و تصمیم سازان امور شهری ضمن آگاهی از وضعیت کنونی مدیریت پسماند، با استفاده از بهترین الگوی پردازش و دفع (کم‌ترین نشر آلاینده‌های زیستی) طرح‌ریزی‌های لازم را برای رسیدن به محیط‌زیست پایدار انجام دهند.

هدف از تحقیق حاضر، به‌دست آوردن شاخص اکولوژیکی و مقایسه سناریوهای مختلف انواع گزینه های دفع پسماند شهری در شهر سیرجان از لحاظ زیست محیطی است.

منطقهٔ بررسی شده

شهرستان سیرجان یکی از یازده شهرستان‌های استان کرمان است که با وسعت حدود ۱۷٤۸۱ کیلومترمربع معادل ۷/۱٦ درصد از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده است و از نظر وسعت دومین شهر بزرگ استان کرمان محسوب می‌شود. این شهرستان ازنظر جغرافیایی بین ٥٤ درجه و ٥۷ دقیقه تا ٥٦ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ٤۲ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۰۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. شهرستان مذکور در غرب

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

استان واقع شده و از شمال به شهرستان‌های رفسنجان و شهربابک، از شمال شرق به شهرستان بردسیر، از شرق به شهرستان بافت، از جنوب به استان هرمزگان و از غرب به استان فارس محدود می‌شود شهرستان سیرجان دارای آب و هوای کویری سرد و خشک در زمستان و گرم و خشک در تابستان و معتدل در بهار همراه با بارش است. نوع آب و هوای آن از نوع بیابانی، رطوبت متوسط آن ۳٦ درصد، متوسط بارندگی سالانه ۱٤۲ میلی‌متر و دارای ارتفاع ۱۷٤۳ متر از سطح دریا است. تعداد چاه‌های عمیق برای دسترسی به آب‌های زیرزمینی در این شهرستان، ۹۲٦ حلقه است که از ۷۸٤ حلقه آن بهره‌برداری می‌شود. حداقل عمق آن ۵۰ متر و حداکثر۲۵۵ متر و عمق متوسط بین ۱۰۷ تا ۱۱٦ متر است. حداقل دبی این چاه ها ٤ لیتر در ثانیه و حداکثر دبی بین ۵۷ تا ۷۹ لیتر در ثانیه و دبی متوسط آنها ۲۷ لیتر در ثانیه است. تعداد قنوات این شهرستان، ۸٦ رشته بوده است که حداکثر دبی آنها ۱۳۰ لیتر، دبی متوسط آنها ۲۰ لیتر در ثانیه و میزان تخلیه قنوات ۵٤ میلیون مترمکعب است هم‌چنین تعداد چشمه‌های دائمی و غیردائمی این شهرستان بیش از ۱۰۰ دهانه است [۱۱].

شهرستان سیرجان یکی از مراکز عمده کشاورزی استان کرمان محسوب می‌شود که نقش زیادی در تولیدات کشاورزی مخصوصاً تولید پسته بر عهده دارد اما به‌دلیل نبود آب‌های سطحی مناسب در سطح شهرستان در حال حاضر امر کشاورزی متکی بر منابع آب‌های زیرزمینی است. منطقه سیرجان به‌دلیل وضعیت خاص زمین‌شناسی که بیش‌تر از مواد آتش‌فشانی و سنگ‌های آذرین است معادن غنی و عظیمی ازجمله معادن آهن گل گهر را در خود جای داده است. در سال‌های اخیر صنعت شهرستان سیرجان به پیشرفت‌هایی نائل‌آمده، از جمله بهره‌برداری از مجتمع صنعتی (گل گهر) و پارک صنعتی که مشتمل بر کارخانه‌های تولید گچ، پلاستیک‌سازی، سرامیک‌سازی و صنعت پیچ و مهره است. شهرک صنعتی شمارهٔ یک سیرجان واقع در کیلومتر دو جاده توانیر شهر سیرجان در مساحتی برابر با ۱۱٤ هکتار بنا شده که وسعت زمین صنعتی آن ۷۹/۸ هکتار است صنایع مستقر در این شهرک شامل کانی غیرفلزی، شیمیایی، سلولزی، فلزی، غذایی، برق و الکترونیک است [۱۲].

بر اساس پرسشنامه‌های تکمیل‌شده به‌وسیلهٔ شهرداری سیرجان، جمعیت شهر سیرجان ۲٦۷٦۹۷ نفر اعلام شده که از این تعداد ۱۳۷۳۰٤ نفر مرد و ۱۳۰۳۹۳ نفر زن هستند. تعداد کل خانوارهای سیرجان نیز ۷۳۵٦۰ خانوار اعلام شده است [۱۲].

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

شکل ۱. موقعیت شهرستان سیرجان روی نقشه

ترکیب زباله

کیفیت فیزیکی زباله‌های شهر سیرجان در جدول ۱ نشان داده شده است. چنان‌که مشاهده می‌کنید مواد فسادپذیر با ٦٨/٤ درصد، بیش‌ترین مقدار از پسماندهای شهری سیرجان را تشکیل می‌دهند. مقدار زباله تولیدی در سیرجان به‌طور متوسط ۱۵۰/۵۱۱ تن در روز وسرانه زباله ٦٨٥ گرم بر نفر است. لازم به ذکر است که:

مدیریت اجرایی پسماندهای بیمارستانی به عهده تولید کننده آنها است [۱۳] ازاین‌رو، در این پژوهش فقط پسماندهای شبه‌خانگی بیمارستانی که به‌وسیلهٔ شهرداری جمع‌آوری شده تفکیک شده است.

پسماندهای ساختمانی، لاستیک‌ها و سایر موادی که در دسته‌بندی‌های در نظر گرفته شده در جدول ۱ نیست در گروه متفرقه قرار گرفته‌اند.

به‌طور پیش فرض ۹۰ درصد فلزات را فلزات آهنی و ۱۰ درصد آن را فلزات غیرآهنی تشکیل می‌دهند [١٤].

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

جدول ۱. ترکیب زباله شهرستان سیرجان [۱۲]

نوع زباله	جرم زباله (Kg/day)	درصد وزنی زباله
فلزات	۳٦٥٦	۲/٤
شیشه	۳۰٥٦	۲
متفرقه	۱۳٥٤٥	۹
پارچه و منسوجات	۲۰٤۰	۱/٤
پلاستیک و PET	۱۲۷۰۸	۸/٤
کاغذ و کارتن	۱۲٦۱٦	۸/٤
مواد فسادپذیر	۱۰۲۸۹۰	٦۸/٤
کل	۱٥۰٥۱۱	۱۰۰

در سیرجان، جمع‌آوری زباله به‌صورت یک روز در میان برای چهار منطقه شهر است. معمولاً جمع‌آوری به این صورت است که زباله‌ها خانه به‌خانه از درب منازل برداشته می‌شوند و با ماشین‌آلات مربوط به ایستگاه انتقال برده می‌شوند در ایستگاه‌های انتقال، برای انتقال پسماند از وسایل جمع‌آوری کوچک به تجهیزات حمل‌ونقل بزرگ‌تر اقدام می‌شود. در آن‌جا هر یک از خودروهای جمع‌آوری زباله‌ها نسبت به تخلیه بار خود به درون سمی‌تریلی‌های موجود اقدام می‌کند سمی‌تریلی‌ها نیز پس از پر شدن، نسبت به انتقال پسماندها از ایستگاه انتقال به مراکز پردازش و دفع اقدام می‌کنند [۱٥].

روش‌شناسی انجام کار

برای انجام ارزیابی چرخه حیات پسماندهای شهری، چهار سناریو بر اساس داده‌های موجود در منطقه و تفکیک فیزیکی در نظر گرفته شد. میزان آلاینده ناشی از هریک از سناریوها و انرژی مصرفی در آن‌ها با نرم‌افزار IWM-2 محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده از IWM-2 به ۵ طبقه اثرشامل مصرف انرژی، گازهای گلخانه‌ای، گازهای اسیدی، مه دود فتوشیمیایی، خروجی‌های سمی تخصیص داده شد. مقادیر فهرست شده در فاکتورهای ویژگی سازی ضرب شد و شاخص اکولوژیکی برای هر یک از سناریوها به‌دست آمد و در نهایت سناریو منتخب از لحاظ زیست‌محیطی انتخاب شد. در ادامه این مراحل به‌طور کامل توضیح داده شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

ارزیابی چرخه حیات

مراحل انجام ارزیابی چرخه حیات در این تحقیق بدین‌شرح است:

۱. **تعیین اهداف و دامنه:** هدف ما در این پژوهش، مقایسهٔ محیط‌زیستی سناریوهایی است که در برگیرنده روش‌های مختلف دفع است. مرزهای مجموعهٔ بررسی شده از جمع‌آوری پسماندهای جامد شهری از ایستگاه انتقال شروع می‌شود و با دفع نهایی زباله پایان می‌پذیرد. چهار سناریو در این پژوهش از نظر محیط‌زیستی ارزیابی شده است. تفاوت این سناریوها بیش‌تر در بخش دفع نهایی بوده است و فرض شده است که تمامی این گزینه‌ها در یک محل مستقر می‌شوند بنابراین می‌توان با تقریب خوبی از آثار ناشی از بخش ذخیره‌سازی موقت و جمع‌آوری و حمل تا محل دفع نهایی، به‌دلیل تشابه در سناریوها در انجام مقایسه‌ها چشم‌پوشی کرد. واحد عملکردی در نظر گرفته شده به‌ازای پسماند تولید شده بر حسب تن و محدودهٔ زمانی پژوهش سال ۱۳۹۶ است.

مفروضات در نظر گرفته شده برای سناریوها طبق طرح جامع مدیریت پسماند شهرستان سیرجان و پیش فرض‌های نرم‌افزار IWM-2 که منطبق بر آیین‌نامه USEPA[1] است، انتخاب شده است. فرض بر این است که ۵۰ درصد از گازهای لندفیل و شیرابه جمع‌آوری می‌شوند و بازیابی انرژی از این گازها ۵۰ درصد، بازده تولید الکتریسیته از گازها ۳۰ درصد، بازده تصفیه شیرابه ۵۰ درصد و بازدهی جمع‌آوری و فرآیندهای تصفیه شیرابه ۲۵ درصد در نظر گرفته شده است.روش استفاده شده در تولید کمپوست ویندرو است و افت جرم در این فرآیند ۵۰ درصد در نظر گرفته شده است. تکنولوژی زباله سوزی مورد نظر برای استفاده در شهرستان سیرجان، روش توده‌سوزی است و بازدهی بازیابی انرژی از زباله سوز ۳۰ درصد فرض شده است.

۲. **جمع‌آوری داده‌ها و مرحله فهرست‌نویسی:** داده‌های موردنیاز برای فهرست‌نویسی چرخهٔ حیات از گزارش‌های شهرداری سیرجان و طرح‌ها و پژوهش‌های انجام شده و نیز مصاحبهٔ حضوری با کارکنان خدمات شهری شهرداری سیرجان به‌دست آمد. این داده‌ها شامل جمعیت و تعداد خانوارهای موجود در شهرستان سیرجان، مقدار پسماند

1. United States Environmental Protection Agency

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

تولید شده در سال، ترکیب پسماند تولیدی، مقدار انرژی الکتریکی و سوخت دیزل مصرف شده در ایستگاه انتقال، اطلاعات مربوط به نحوه جمع آوری پسماندها، تعداد و حجم ماشین آلات انتقال پسماند و میزان سوخت دیزل مصرفی آنها است. در تهیهٔ فهرست‌نویسی سناریوها از نرم‌افزار IWM-2 با استفاده از داده‌های ذکر شده بهره گرفته شده است. ابزارهای مختلفی برای فهرست‌نویسی چرخهٔ حیات توسعه یافته است که یکی از این ابزارها نرم‌افزار IWM-2 است. نرم‌افزار IWM-2 یکی از مدل‌های ارزیابی چرخهٔ حیات است که با کمک آن می‌توان سناریوهای مختلف را تعریف و سپس آثار زیست‌محیطی هر سناریو را با هم مقایسه و ارزیابی کرد. این مدل در سال ۱۹۹٦ به‌وسیلهٔ شورای محیط‌زیست و صنعت پلاستیک و دانشگاه واترلو کانادا، بر پایهٔ ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند شهری طرح‌ریزی و ارائه شده و شامل پنجره‌های مختلفی برای ورود داده‌ها است که پاسخ به پرسش‌های ارائه شده وضعیت سامانه مدیریت بررسی شده را مشخص می‌کند. با استفاده از داده‌های تعریف شده استاندارد در مدل IWM-2، می‌توان میزان آلاینده ناشی از هر کدام از سناریوها و نیز انرژی مصرفی در آنها را به‌دست آورد. مؤلفه‌های ارزیابی شده در برآورد بار محیط‌زیستی شامل آلودگی آب، آلودگی هوا، انرژی مصرفی و پسماند به‌جا مانده است [۱٦]. در این مرحله داده‌های حاصل از تفکیک فیزیکی و مقدار تولیدی پسماند، هم‌چنین مراحل تفکیک در مبدأ و جمع‌آوری و حمل و نقل و دفع نهایی در هر مرحله، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شد و سناریونویسی انجام شد در نهایت میزان آلایندهٔ ناشی از هر کدام از سناریوها و انرژی مصرفی در آنها تعیین شد. سناریوهای تعریف شده در این پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. تعریف سناریوهای ارزیابی چرخهٔ حیات پسماندهای شهری سیرجان

سناریو	کمپوست (٪)	بازیافت (٪)	زباله‌سوز (٪)	لندفیل (٪)	باقی‌مانده‌های کمپوست (٪)	باقی‌مانده‌های بازیافت (٪)	باقی‌مانده‌های زباله‌سوز (٪)
۱	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰
۲	٦۸/٤	۱۹/۲	۰	۱۲/٤	۱٤	۳۰	۰
۳	۱۷/۱	۱۵	۵۵/۹	۱۲	۱٤	۳۰	۱٤
٤	۰	۱۹/۲	٦۹/۸	۱۱	۰	۳۰	۱٤

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

۳. **ارزیابی اثرات چرخه حیات:** ارزیابی اثرات چرخهٔ حیات مرحله‌ای از ارزیابی چرخه حیات است که با هدف درک و ارزیابی بزرگی و اهمیت اثرات محیط‌زیستی بالقوه یک محصول یا خدمات انجام می‌شود. در این مرحله اطلاعات و داده‌های متنوع و زیادی که در مرحلهٔ فهرست‌نویسی به‌دست آمده‌اند، به شاخص‌ها و طبقات کم‌تری تنزل می‌یابند تا تفسیر این اطلاعات آسان‌تر شود و نتایج روشن‌تری در اختیار تصمیم‌گیران و مدیران قرار گیرد [۱۷].

در مرحلهٔ ارزیابی اثرات چرخه حیات مقادیر به‌دست آمده شده در مرحلهٔ فهرست‌نویسی چرخه حیات به یک یا چند طبقه تخصیص داده می‌شوند. در جدول ۳ طبقات در نظر گرفته شده و واحد معادل در هر طبقه ارائه شده است. سپس لازم است که برای تعیین مجموع اثر بار زیست‌محیطی هر طبقه، پارامترهای تخصیص داده شده در هر طبقه با استفاده از فرمول ویژگی سازی محاسبه شوند وشاخص هر طبقه بدست آید. در ارزیابی چرخه حیات فرمول اساسی ویژگی‌سازی و محاسبه شاخص‌های طبقه اثر به‌صورت معادله (۱) است:

$$I_i = \sum C_{ij} * X_j \quad (۱)$$

که در آن I_i شاخص طبقه اثر و C_{ij} فاکتور ویژگی‌سازی و X_j مقدار ماده j است. به این ترتیب مجموع بار زیست‌محیطی هر طبقه بر اساس واحد معادل محاسبه می‌شود. فاکتورهای ویژگی‌سازی هر طبقه در جدول ٤ ارائه شده است.

در پایان پس از محاسبه مجموع اثر بار زیست‌محیطی هر طبقه، باید اهمیت نسبی هریک از طبقات را نیز تعیین کنیم تا شاخص‌های به‌دست آمده در هریک از طبقات در وزن نسبی آن طبقه ضرب شود و نمایه‌ها قابل جمع کردن با یک‌دیگر باشند. وزن‌های نسبی هر طبقه در جدول ۵ ارائه شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

جدول ۳. پارامترهای تخصیص داده شده و واحد معادل هر طبقه اثر

واحد معادل	پارامترهای اختصاص داده شده	طبقات اثر
Gj	میزان مصرف انرژی برحسب گیگاژول	مصرف منابع انرژی
Kg CO_2	CO_2-N_2O-CH_4	گازهای گلخانه‌ای
Kg SO_2	NO_X-SO_X-HCL	گازهای اسیدی
Kg C_2H_4	PM-NO_X-CO-CH_4	مه دود فتوشیمیایی
Kg 1-4DCB	Pb Air, Hg Air, Cd Air, Pb Water, Hg Water, Cd Water, BOD	خروجی‌های سمی

جدول ٤. فاکتورهای ویژگی سازی طبقات اثر [۱۸]

فاکتور ویژگی سازی معادل	پارامترهای فهرست شده	طبقه اثر
۱	کربن دی اکسید	گازهای گلخانه‌ای معادل CO_2
۲۱	متان	
۳۲۰	دی نیتروژن مونواکسید	
۱	اکسیدهای گوگرد	گازهای اسیدی معادل SO_2
۱/۰۷	اکسیدهای نیتروژن	
۰/۸۸	هیدروکلریک اسید	
۰/۳	کربن مونواکسید	مه دود فتوشیمیایی معادل C_2H_4
۰/۰۰۷	متان	
۰/۰۲۸	اکسیدهای نیتروژن	
۰/۰۷	ذرات معلق	
٤۷۰	سرب در هوا	خروجی‌های سمی معادل CO_2
٦۰۰	جیوه در هوا	
۱۵۰۰۰۰	کادمیوم در هوا	
۱۲	سرب در آب	
۱٤۰۰	جیوه در آب	
۲۳	کادمیوم در آب	
۱۰٦	نیاز بیولوژیکی به اکسیژن	

بدین‌این منظور برای محاسبه مقدار اثر ناشی از یک سناریو از معادلهٔ (۲) استفاده می‌شود:

$$I = \sum N_i = \sum W_i I_n \qquad (۲)$$

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

شاخص به‌دست آمده معیار کمی برای مقایسه دو سناریو است. هرچه شاخص I کوچک‌تر باشد بار زیست‌محیطی سناریو کم‌تر است. که در آن I معیار کمی مقایسه دو سناریو و W_i وزن نسبی طبقات اثر و I_n شاخص طبقه اثر است. به این ترتیب برای هر یک از سناریوها یک نمایه بوم‌شناختی به‌عنوان معیار کمی برای مقایسه بار زیست‌محیطی هر یک از سناریوها در نظر گرفته می‌شود. هر سناریو که امتیاز پایین‌تری کسب کرده باشد بار زیست‌محیطی کم‌تری در بر دارد.

جدول ۵. وزن‌های نسبی طبقات اثر [۱۹]

طبقه اثر	وزن
مصرف منابع انرژی	۰/۸۸
گازهای گلخانه ای	۰/۸۹
گازهای اسیدی	۰/٤
مه دود فتوشیمیایی	۰/۲۹
خروجی های سمی	۰/۱۳

٤. **تفسیر نتایج**: در این مرحله نتایج مراحل صورت‌برداری و ارزیابی اثر ارزیابی می‌شود تا مراحل یا نقاطی که در مسیر تولید و مصرف محصول بیش‌ترین و کم‌ترین اثر سوء برای محیط‌زیست را داشته‌اند، مشخص شود و در نهایت نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها بررسی می‌شوند [۱۷].

نتایج و بحث

برای انجام ارزیابی چرخهٔ حیات زباله‌های شهری، سناریونویسی بر اساس داده‌های موجود در منطقه و داده‌های استاندارد با استفاده از مدل IWM-2 انجام شد. میزان آلاینده ناشی از هریک از سناریوها و انرژی مصرفی در آن‌ها محاسبه شد. خروجی‌های نرم‌افزار IWM-2 در جدول‌های ٦، ۷ و ۸ آورده شده است. در نهایت با روش ذکر شده شاخص اکولوژیکی هر سناریو به‌دست آمد و نتایج حاصل از سناریوها با هم مقایسه و سناریو منتخب از لحاظ زیست‌محیطی انتخاب شد. نتایج به‌دست آمده در جدول ۹ نشان داده شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

جدول ٦. انرژی مصرف شده در سناریوهای مختلف به‌ازای واحد عملکردی (تناژ پسماند تولیدی در سال)

مشخصات	واحد	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ٤
انرژی الکتریکی مصرف شده	کیلووات ساعت	۱۵۳۸۱۵	۱٦۱٤۷٤۹	۲٤۰۰۰۲۳	۲۵٦٦۵۱۳
انرژی الکتریکی تولیدشده	کیلووات ساعت	-٤۰۳۰۵۷۱	-۱۳۳٤۱۵۳	-۱۰۱۸۷۵٦۵	-۱۱۳۰۷۸٤۲
انرژی الکتریکی بازیابی شده در مرحلهٔ بازیافت	کیلووات ساعت	۰	-۲۷۲۱٤۰۸۷	-۲۵۲۵۸۱۲۵	-۲۷۲۱٤۰۸۷
سوخت دیزل	لیتر	۵۲۵۱۷	۱۵۰۰۹	۱۰۲۲۷	۱۰۰۵۲
گاز طبیعی	مترمکعب	۰	۲۱۰۹	۷٦٦٤	۹٦٤۱
کل	گیگاژول	-۳٦۳۱۱	-۲٦۹۷٤۲	-۳۳۱۱۱۳	-۳٦۰۲۵۷

جدول ۷. انتشار آلاینده‌ها به هوا در سناریوهای مختلف به‌ازای واحد عملکردی (تناژ پسماند تولیدی در سال)

آلاینده‌ها	واحد	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ٤
ذرات معلق(PM10)	گرم	-۱۸۹۲۰٦۳	-۲٦۷۵۰٦۸	-۷۵٦۱٤۸۸	-۷۲۹۱۰۵۳
کربن مونواکسید(CO)	گرم	٤۹۹۸٤۸٤	-۱۳۹۰۰۷۲۲	-۱۵۱۱۰٤۷۵	-۱۵۲۲۷۸۰٦
دی‌اکسید کربن(CO_2)	گرم	۱۳۷۹۰۱۳۲۱۸۵	۵۲۲۸۹۹۵۱	۱۱۱۸۲۹۰٤۵۷۷	۱۳۰٦۱۵۱۵۳۱٤
متان(CH_4)	گرم	۲۱۰۵۸۳٦۲۲۳	٦۹۲۰٤۸۹٦٤	٤۲٦٤٦۸۷۲	۳٤۳۷۱٤۳۵۷
اکسیدهای نیتروژن(NO_X)	گرم	-۱۸۰٤۰۰	-۲۱۱٤۰۱۵۳	-۲۹۲۷۸٦۹٤	-۲۹۷٦۵۲۵۲
دی نیتروژن مونواکسید	گرم	-۱٦۰٤٤	۸۸٦۰٦	۷۲٤۲۱	۸۵۸۰۵
اکسیدهای گوگرد(SO_X)	گرم	-۸۳۸۰٤۰۱	-۱۰۱۷۹٤٤۷	-۲۵٤۹۹۰۵۷	-۳۰۵۷۸۰۲۷
هیدروکلریک اسید(HCl)	گرم	۱۱۸٦۷٦	۱۷۲٦۲۱	-۵۱۰۱۷۰	-۵۷۸۹۵٦
هیدروژن سولفید(H_2S)	گرم	۱۰۷۵۷۳۲	۳۵٦۸۵۸	۲۱۸۰۳۰	۱۷۹۵۹۲
هیدروفلوئوریک اسید(HF)	گرم	٤۰۹۲۰	۲٦۱٤۹	۱۱۰۹۷	۹۵٦۷
آمونیاک(NH_3)	گرم	-٤٦۸۹	۲۳۵۳٤٤	۱۱٦٤۳٦	۲۳٤۵۲۵
آرسنیک(As)	گرم	۰	۰	۱	۱
کادمیوم(Cd)	گرم	-۵	-۸۰	-۱۱۹	-۱۱٦
کروم(Cr)	گرم	٤	۳۸	۱۰۰	۱۱۹
مس(Cu)	گرم	۰	۱۹٦	۲۲۷	۲۳۸
سرب(Pb)	گرم	-۳۲۸	۳۵۳٦	۳۰۸۱	۳۱۰۲
منگنز(Mn)	گرم	-۱۵۳	۱۱	-۱۰	-۱٦
جیوه(Hg)	گرم	-٤۷	۷	۷۲۰	۹٤٤
نیکل(Ni)	گرم	-۲۲۱٦	-۱۳۱۰	-۵۸۵۵	-٦۱٦۵
روی(Zn)	گرم	-۱۰۸	۸۱	-٦۲٤	-۵۳۳
کل هیدروکربن	گرم	۱۱۰٦۱۷۸۵	۳٦٦۱۵٤۵	۲۲۷۵۰٤۱	۱۸۳۸۷۱۷
هیدروکربن کلرینه شده	گرم	۲٤۱٦٤۰	۷۹۹۸۵	٤۹٦۹۷	٤۰۱٦٦

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

جدول ۸. انتشار آلاینده‌ها به آب در سناریوهای مختلف به‌ازای واحد عملکردی (تناژ پسماند تولیدی در سال)

آلاینده‌ها	واحد	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ٤
نیاز بیولوژیکی به اکسیژن	گرم	۱۵۳۰۵۱٤۸	۹۱۹۳۷۳۲	٦٦۰۷۲۵۲	٦۳۳٤۲۵۱
نیاز شیمیایی به اکسیژن	گرم	۱۵۲۹۷۷۹۰	-۱۰٦۹٦٦٤٤۵	-۵۰٤۵۲٦۷۳	-۱۱۱٦۲٦۱۲۲
آمونیوم(NH_4)	گرم	۱۱٦۸۳۲	۵۱۷۳۳۵	۱۵٦۹۹۹	٦۲۳۳۲
آرسنیک(As)	گرم	-۱۳۱۸	-۲۵٤۹	-۲۸۷٦	-۲۸۰۸
باریم(Ba)	گرم	-۷۰۳٦۵	-۱۰۱۷۲۹	-۱۲۳۸۵٦	-۱۱٤۰۰۹
کادمیوم(Cd)	گرم	٤۱	۱۲	-۳	۲
کروم(Cr)	گرم	-٦٦۲۲	-۱۳۰٦۱	-۱٤۷۱۷	-۱٤۳۷۲
مس(Cu)	گرم	-۳۱۲۳	-۳۳۷۸	-٤۱۹۸	-٤۰٤۰
سرب(Pb)	گرم	-۳۸۵۹	-٦۱۹۹	-۷۳۰۷	-٦۹٦۷
جیوه(Hg)	گرم	۲	۷	۷	۷
نیکل(Ni)	گرم	-۲٤٦۵	-۵۸۲۲	-٦۷۸٦	-٦٦٦۲
نیترات(NO_3^-)	گرم	-۲۰٦۰۸	۲۰۸٦۵۰٤	۱۰۳۰٦۵۵	۲۰۸۲۹۰۸
فسفات(PO_4^{3-})	گرم	-٤۱۳۷۰	-۲۱۹۵۱	-۵۸۸٤۸	-۲۹۱۷۰
سولفات(SO_4^{2-})	گرم	-۷۸۸۷۰۸۷	۱۵۳۷۵٦٦۸	۳۹۸۰۷۵۵	۱۳۹۸۷۰۵۸
سولفید(SO_3^{2-})	گرم	-۲۰۸	۹٤	-۲۹	۵۸
روی(Zn)	گرم	-۲۸۵۵	-۱۰۵٦۰	-۱۲٦۰۸	-۱۲۳۷۲
ذرات معلق(ss)	گرم	-۳۹۷۱۷٦	۷۱٦٤۷۵٦	۳۲۵۸٦۳۸	۷۰۵۵۵۷۷
کل کربن آلی(TOC)	گرم	-۱۰۹۲۷۰	۷۳٤۱٦۲۹	۳٦۲۰۷٤۰	۷۳۱۹۵۵٤
AOX	گرم	۱۲۳۳۹	-۱۱۷۸٦۹۰	-۵۷۱۸۲٦	-۱۱۸۰۳۹۰
هیدروکربن کلرینه شده	گرم	٦۳۵۹	۲۵۱۷	۲۲۰٦	۲۱۱۹
فنول	گرم	۱٤٦۲	-۱۰۷٦	-۱۸۱۳	-۱٤۳۷
کلراید	گرم	-٦۰۸۹۵۵٦	۳۹۷۱۱۰۹۰	۱۸٤۲٤۸۹٤	۳۸۰۸۹۸۵۲
سیانید	گرم	-٤٦	-۳۳۷۱۸۱۳	-۱٦۸۳۹۲۳	-۳۳۷۱۸۲۱
فلوراید	گرم	۲٤۱۰	۷۲۱	٦٤۹	٦۱٦
آهن	گرم	-۳۵۲۸٤۰	۱۱۰۰۳۲	-۸۰٤۲۰	-٦۳۱۸۹
آلومینیوم	گرم	-۷۰۲۹۷۲	-۱۲۰۹۲۹۲	-۱۳۷۱۰۱۱	-۱۳۳۱۹٦۱

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

جدول ۹. مقایسه و تحلیل نتایج سناریوهای مختلف

سناریو	مصرف منابع انرژی GJ	گازهای گلخانه ای Kg CO_2	گازهای اسیدی Kg SO_2	مه دود فتوشیمیایی Kg C_2H_4	خروجی های سمی Kg 1-4DCB	شاخص اکولوژیکی
۱	-۰/٦٦۰۹	۱۰۵۵/۹۰۱۷	۱/۷٤۵	۰/۲۹۳۱	۲۳/۲۳۰۱	۹۹٤/۰۱۳۸
۲	-٦/۷٤۲۸	۱۹۷/۰۷٤۲	۲/۰۲٤۷	-۰/۰٤٦۸	۱۹/۲۹۰۳	۱۷۲/۷٦٦۳
۳	-۷/۷۳۲٦	۳۱۲/٤۱٤۱	-۱/۲۵٤۱	-۰/۰۹٤۳	۲۲/۲۹۵۸	۲۷۳/٦۱۳۳
٤	-۸/۵٦۱۰	۲۲۲/٤۹۱۸	-۱/٤۳۲	۳/۵٤٤٤	۹/۹۹۸٦	۱۹۲/۲۳۹٦

با مقایسهٔ اعداد سناریوها در طبقه اثر مصرف منابع انرژی می‌توان دریافت، کم‌ترین مصرف انرژی مربوط به سناریو چهارم است زیرا در این سناریو ٦۹/۸ درصد از زباله‌ها به زباله‌سوز فرستاده می‌شوند و مقدار انرژی تولیدی در آنها از انرژی مصرف شده بیش‌تر است. به‌همین دلیل از علامت منفی استفاده شده است. علامت منفی نشان‌دهندهٔ قابلیت زیاد فرآیند بازیافت و هم‌چنین بازیابی انرژی در کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی است. سناریوی چهارم با فراهم آوردن امکان بازیافت مواد و تولید انرژی (الکتریسیته) نقش به‌سزایی در کاهش بارهای زیست‌محیطی ایفا می‌کند. در این طبقه اثر، سناریوی اول که همان دفن بهداشتی تمام زباله‌ها است بیش‌ترین مصرف انرژی را به‌خود اختصاص داده است.

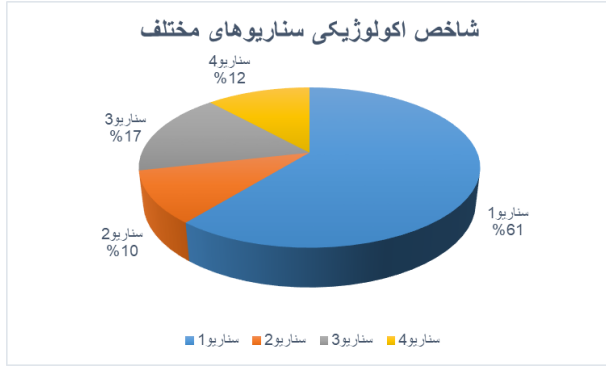
در طبقه اثر گازهای گلخانه‌ای، سناریوی اول با اختلاف بسیار نسبت به سایر سناریوها بیش‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص داده است و سناریوی دوم که در آن مواد آلی با ٦۸/٤ درصد کمپوست می‌شوند کم‌ترین مقدار را داشته است. اگر فرآیند کمپوست به‌طور مناسبی انجام شود گاز متان تولید نمی‌شود. گاز متان که در فرآیند تجزیهٔ بی‌هوازی مواد آلی به‌وجود می‌آید (مانند دفن بهداشتی) ۲۱ برابر CO_2 پتانسیل اثر گلخانه‌ای دارد [۲۰].

در طبقه گازهای اسیدی، سناریوی دوم بیش‌ترین مقدار و سناریوی چهارم کم‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص داده‌اند. بیش‌ترین مقدار مه دود فتوشیمیایی مربوط به سناریوی چهارم است جایی که حجم بیش‌تری از زباله‌ها به زباله‌سوز وارد می‌شوند و باعث انتشار آلاینده‌هایی نظیر ذرات معلق، اکسیدهای نیتروژن، متان، مونو اکسید کربن در هوا می‌شوند.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

بیش‌ترین خروجی‌های سمی به‌ترتیب به سناریوی اول، سوم، دوم و چهارم مربوط می‌شود. چنان‌که در جدول ۹ مشخص است سناریوی اول که در آن همهٔ زباله‌ها به لندفیل وارد می‌شوند سهم چشم‌گیری در انتشار مواد سمی به محیط دارد.

با مقایسهٔ ۵ طبقه اثر تخصیص داده شده و به‌دست آوردن شاخص اکولوژیکی آنها از روش ذکر شده متوجه می‌شویم که بیش‌ترین آثار زیست‌محیطی مربوط به سناریوی اول است و اولویت آخر ما برای تصمیم‌گیری در زمینهٔ مدیریت پسماند شهرستان سیرجان است. کم‌ترین آثار زیست‌محیطی به سناریوی دوم مربوط می‌شود جایی که کمپوست در آن نقش اساسی در مدیریت پسماند ایفا می‌کند. اولویت اول ما در این پژوهش، سناریوی دوم و سناریوهای بعدی به‌ترتیب سناریوی چهارم، سناریوی سوم و سناریوی اول هستند چنان‌که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. مقایسهٔ شاخص اکولوژیکی سناریوهای مختلف

نتیجه‌گیری

هدف از مدیریت یکپارچه مواد زائد، مدیریت پسماند به‌صورتی است که اهداف توسعه پایدار را دنبال کند. برای ارزیابی توسعهٔ پایدار، به ابزارهایی که می‌توانند بارهای زیست‌محیطی هر سیستم را پیش‌بینی کند نیاز است. از این‌رو، در این پژوهش از رویکرد ارزیابی چرخه حیات به‌عنوان ابزار تصمیم‌گیری برای انتخاب گزینهٔ مناسب دفع پسماند شهری سیرجان استفاده شد. بدین‌منظور ٤ سناریو در نظر گرفته شده و از نرم‌افزار IWM-2 برای محاسبهٔ بار

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

زیست‌محیطی سناریوهای مختلف استفاده شده است. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می‌دهد سهم بالای درصد مواد فسادپذیر در ترکیب پسماند تولیدی در شهر سیرجان باعث شده است که نقش استفاده از روش کمپوست کاملاً چشم‌گیر باشد. به‌گونه‌ای که سناریوی دوم که در آن تمام مواد آلی به کمپوست تبدیل می‌شوند به‌عنوان گزینهٔ برتر از لحاظ زیست‌محیطی معرفی شود. تبدیل پسماند به کمپوست از چند جنبه مورد حمایت است: اول آن که می‌توان از آنها به‌منظور اصلاح خاک استفاده کرد، بدون این که نگرانی‌های محیط‌زیستی طولانی مدت ایجاد کند. دوم این که چنان‌چه فرآیند کمپوست به‌طور مناسبی انجام شود گاز متان تولید نخواهد شد. از طرف دیگر، فرآیند کمپوست منجر به کاهش حجم ورودی به محل دفن می‌شود.

نتایج نشان داد در یک سامانه یکپارچه مدیریت پسماند شهری هر چقدر نرخ تفکیک و بازیافت افزایش یابد، با توجه به افزایش مقدار مواد برای بازیافت و باز استفاده و هم‌چنین جلوگیری از انتشارات ناشی از تولید مواد اولیه، میزان نشر آلاینده‌های زیست‌محیطی نیز به‌طور چشم‌گیری کاهش پیدا می‌کند. هم‌چنین طبق نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از زیرسامانه‌های مولد انرژی مانند زباله‌سوزها در کنار زیرسامانه‌های سنتی مانند لندفیل آثار زیست‌محیطی کم‌تری نسبت به استفاده تنها از زیرسامانه لندفیل دارد. در این پژوهش کم‌ترین آثار زیست‌محیطی به‌ترتیب مربوط به سناریوی دوم ،چهارم، سوم و اول است. پژوهش حاضر ارزیابی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهر سیرجان از نقطه نظر زیست‌محیطی است و به عوامل اقتصادی و اجتماعی توجه نشده است. نتایج این پژوهش در خصوص وضعیت کنونی سامانه مدیریت پسماند سیرجان مصداق دارد بنابراین ممکن است با نتایج پژوهش‌های دیگر به‌علت ویژگی‌های متفاوت پسماند، فناوری، عامل‌های زمانی و مکانی، انتخاب روش‌های ارزیابی اثرات مختلف، متفاوت باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که ارزیابی چرخه حیات می‌تواند تصویر کاملی از سامانه مدیریت پسماند شهری را از نقطه نظر زیست‌محیطی ارائه کند و به‌عنوان ابزار ارزشمندی در اختیار تصمیم گیران قرار گیرد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

منابع

۱. عبدلی م.، "بازیافت مواد زائد جامد شهری (چاپ دوم)"، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۸۵) 414.

2. Hardy-Smith T., Edwards P. C., "The Garbage Crisis in prehistory: artefact discard patterns at the Early Natufian site of Wadi Hammeh 27 and the origins of household refuse disposal strategies", Journal of Anthropological Archaeology, 23(3) (2004) 253-289.

3. Davidson D. J., Frickel S., "Understanding Environmental Governance: A Critical Review", Organization & Environment, 17(4) (2004) 471-492.

4. Key Neghad M., Ebrahimi A., "Environmental Engineering", (First ed). Sahand University Publication (1999).

5. Panahandeh M., Abedinzadeh N., Ravanbakhsh M., "Environmental impact assessment of compost plant in Yazd", Journal of Environmental Science and Technology (2013) 12(3), 87-99.

6. Cherubini F., Bargigli S., Ulgiati S., "Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration", Energy, 34 (12) (2009) 2116-2123.

7. Bueno G., Latasa I., Lozano P., "Comparative LCA of two approaches with different emphasis on energy or material recovery for a municipal solid waste management system in Gipuzkoa", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 51 (2015) 449-459.

8. Jensen M. B., Møller J., Scheutz C., "Comparison of the organic waste management systems in the Danish-German border region using life cycle assessment (LCA)", Waste Management, 49 (2016) 491-504.

9. Di Gianfilippo M., Costa G., Pantini S., Allegrini E., Lombardi F., Astrup T. F., "LCA of management strategies for RDF incineration and

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

gasification bottom ash based on experimental leaching data", Waste Management, 47 (2016) 285-298.

10. Ripa M., Fiorentino G., Vacca V., Ulgiati S., "The relevance of site-specific data in Life Cycle Assessment (LCA)", The case of the municipal solid waste management in the metropolitan city of Naples (Italy). Journal of Cleaner Production, 142 (2017) 445-460.

۱۱. "طرح جامع مدیریت پسماند شهرستان سیرجان"، گزارش نهایی (ویرایش سوم) (۱۳۹۵) ۵۷۶.

۱۲. "طرح توجیهی پردازش و بازیافت زباله سیرجان"، سازمان شهرداری سیرجان (۱۳۹۶) ۶۸.

۱۳. "طرح جامع مدیریت پسماند کشور"، (۱۳۸۷) ۱۰۷.

14. "U. S. Environmental Protection Agency", Solid waste disposal facility criteria technical manual (Final report). SW Publication, Washington, D. C (2006) 349.

15 . Vahidi H., Rastikerdar A., "Evaluation of the Life Cycle of Household Waste ManagementScenarios in Moderate Iranian Cities, Case Study: Sirjan City", Environmental Energy and Economic Research (2018) 1-11.

16. Haight M., "Technical report: Integrated solid waste management model. University of Waterloo. Canada (2004) 101.

17. Nasrollahi-Sarvaghaji S., Alimardani R., Sharifi M., "Taghizadeh Yazdi, M. 2016. Comparison of the environmental impacts of different municipal solid waste treatments using life cycle assessment (LCA)(Case Study: Tehran)", Iranian Journal of Health and Environment, 9 (2) (2004) 273-288.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]

18. Huijbregts M. A., Schopp W., Verkuijlen E., Heijungs R., Reijnders L., "Spatially explicit characterization of acidifying and eutrifying air pollution in life cycle assessment", J. Ind. Eco. 4: 3 (2000) 125-142.
19. Boustead I., Chaffee C., Dove W. T., Yaros R. B., "Eco-Indices: What can they tell us. Boustead Consulting (2000) 53.
20. "International Panel on Climate Change (IPCC)", Guidelines for national greenhouse gas inventories workbook (1996). https://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol1.pdf.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2025-01-02]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1399.14.2.6.6]