

ارائه بهترین گزینه دفع پسماند با هدف به حداکثر رساندن بازیابی انرژی توسط ابزار ارزیابی

چرخه حیات (مطالعه موردی: شهر چهارباغ کرج)

علی سعیدیان راد^۱ ، حسن هویدی^۲ و مریم پازکی^{*۳}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۲- دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

*۳- دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۰۱

*ایمیل نویسنده مسئول: mpazoki@ut.ac.ir

چکیده

امروزه یکی از نیازهای کنونی در جوامع طراحی سیستم مدیریت پسماند شهری به منظور پایش پسماند می باشد. این در حالی است که درسیستم مدیریت پسماند، با توجه به میزان تولید و ترکیب پسماند، گزینه های مختلفی برای مدیریت وجود دارد که علاوه بر هزینه های اقتصادی، بار محیط زیستی مختلفی را در بردارند. لذا ضروری است نگاهی جامع به روش های مختلف مدیریت پسماند در جوامع، به لحاظ دست یابی به گزینه ای که از نظر محیط زیستی کمترین آسیب را در پی داشته باشد، شود. بنابراین مطالعه حاضر به بررسی اثرات محیط زیستی گزینه های مختلف مدیریت پسماند شهر چهارباغ با استفاده از رویکرد چرخه حیات پرداخته است. بدین منظور پس از بررسی و شناسایی وضعیت موجود مدیریت پسماند چهارباغ و کمیت و کیفیت انواع پسماند و روش های موجود جهت دفع پسماند تولید شده شهر، اقدام به تعریف و مدل سازی سناریوهای مختلف با توجه به شرایط شهر چهارباغ کرده است. نتایج نشان داده است که از بین پنج سناریوی مدل سازی شده برای سیستم مدیریت پسماند چهارباغ، سناریوی چهارم، به عنوان بهترین گزینه هم از لحاظ محیط زیستی انتخاب گردید. همچنین سناریوی سوم، که به نوعی نشان دهنده شرایط کنونی مدیریت پسماند در شهر چهارباغ است، به عنوان بدترین سناریو از لحاظ محیط زیستی انتخاب گردید.

واژه های کلیدی

"پسماند"، "محیط زیست"، "چرخه حیات"

Provide the best waste disposal option with the aim of maximizing energy recovery by life cycle assessment tools (Case study: Chaharbagh city of Karaj)

Ali Saeidian Rad¹, Hassan Howidi² and Maryam Pazaki^{*3}

1- M.Sc. student of the Faculty of Environment, University of Tehran

2- School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

*3- School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

*Email Address : mpazoki@ut.ac.ir

Abstract

Today, one of the current needs in municipal waste management system design communities is to monitor waste. However, in the waste management system, depending on the amount of waste generation and composition, there are different management options that involve different environmental burdens in addition to economic costs. Therefore, it is necessary to take a comprehensive look at the different ways of waste management in societies in order to find the option that has the least environmental impact. Therefore, the present study investigates the environmental impacts of different waste management options in Chahar Bagh using life cycle approach. For this purpose, after reviewing and identifying the current status of waste management of Chahar Bagh and the quantity and quality of the types of waste and existing methods for waste disposal in the city, it has attempted to define and model different scenarios according to the conditions of Chahar Bagh. The results showed that out of the five scenarios modeled for the Chahar Bagh waste management system, the fourth scenario was selected as the best environmental option. Also the third scenario, which somehow reflects the current conditions of waste management in Chahar Bagh, was selected as the worst scenario in terms of environment.

Keywords

"Waste", "Environment", "Life Cycle"

۱- مقدمه

پسماند یکی از عوامل اصلی در انتشار آلاینده‌ها، تخریب محیط‌زیست و ایجاد انواع آلودگی‌ها و بیماری‌ها در بین جوامع امروزی می‌باشد. براساس گزارش‌های بانک جهانی، میانگین سرانه تولید پسماند در خاورمیانه در حدود ۱/۱ کیلوگرم برای هر نفر در روز می‌باشد و پیش بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ به میزان ۱/۴۳ کیلوگرم برای هر نفر در روز برسد. این حجم پسماند نه تنها باعث پراکنده شدن آلودگی‌ها و آلودگی محیط‌زیست می‌شود، بلکه عامل ایجاد بیماری‌های واگیردار و بروز مشکلات عدیده‌ای برای سلامتی انسان‌ها می‌شود (سانتیر^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). لذا امروزه، سیستم مدیریت پسماند شهری یکی از مهمترین سیستم‌های شهری به منظور جلوگیری و کاهش معضلات محیط‌زیستی و سلامتی مرتبط با پسماند می‌باشد. در این راستا، یکی از نیازهای کنونی در کلان شهرها طراحی سیستم مدیریت پسماند شهری به منظور پایش پسماند می‌باشد. طراحی و ساخت روش‌های پایش پسماند مانند احداث کارخانه‌های کمپوست‌سازی، زباله‌سوز، راکتورهای تجزیه‌بی‌هوازی، بازیافت و فعالیت‌هایی نظیر کاهش از مبدأ و استفاده مجدد از پسماند، از جمله راهکارهایی است که امروزه با صرف هزینه‌های بالایی در کلان شهرها در حال انجام می‌باشد (دامغانی و همکاران، ۲۰۰۸). یکی از بهترین روش‌های کاهش مقدار پسماند دفعی، کاهش مصرف مواد خام و افزایش بازیافت و استفاده مجدد از پسماند است. اگرچه این ایده ساده است ولی ایجاد این تغییرات در جوامع مدرن صنعتی بسیار مشکل است. بنابراین جوامع مدیریت پسماند را پذیرفتند و به جستجو برای محل‌های دائمی برای دفع پسماند پرداختند (چوبانگلوس^۲ و همکاران، ۲۰۰۲). در ایران از دهه ۱۳۸۰ مسأله پردازش و بازیافت به طور جدی مطرح گردید و در چندین شهر از جمله کلان‌شهرهای تهران و مشهد به مرحله اجرا درآمد. در سطح جهانی هم کشورهای مانند فیلیپین و انگلیس در زمینه تفکیک و پردازش فعالیت‌های گسترده‌ای داشته‌اند. همچنین شهرهای پائیناس و ارنجکانتی در فلوریدا، و شهرهای سلیندرو و سفرانسیسکو در کالیفرنیا، در زمینه تفکیک و پردازش پسماند خشک فعالیت‌های زیادی داشته‌اند (کریمی‌زاده، ۱۳۹۵). این در حالی است که در ایران، تنها ۸ درصد پسماند‌های شهری بازیافت، کمپوست و استفاده مجدد می‌شوند درحالی‌که ۹۲ درصد مواد زاید دفن می‌شوند که از این روش مدیریتی مواد زاید جامد، حدود ۲۵ درصد دفن اصولی و تقریباً بهداشتی است و مابقی به شکل غیر بهداشتی دفن و تلبار می‌باشند (سایت بهداشت محیط ایران، ۱۳۹۵). البته لازم به‌ذکر است که در بحث مدیریت پسماند به‌دلیل ناهمگون بودن پسماند به لحاظ کمی و کیفی، گسترش بی‌رویه مناطق شهری، محدودیت‌های اقتصادی شهرداری‌ها در خدمات‌رسانی، انواع مواد خام و انرژی مورد استفاده در تولیدات و فناوری‌های روز مورد استفاده، مسائل بسیار پیچیده‌ای مطرح می‌شود (چوبانگلوس و همکاران، ۲۰۰۲). کشور ایران سالیانی است که به دلیل ازدیاد جمعیت و روند رو به رشد صنعت، فناوری و رفاه گرفتار معضل پسماند گردیده که جدای از مضرات ذاتی آن (نظیر آلودگی محیط زیست و تهدید سلامت انسان) هزینه‌های کلان حمل و نقل و دفن و غیره و نیز از دست‌رفتن سرمایه کشور و غیره را هم به‌همراه داشته است. این معضل یکی از موانع اصلی رسیدن به اهداف برنامه‌ی پنجم توسعه می‌باشد که اهمیت توجه به راهکارهای کاهش، تفکیک و بازیافت را

نشان می‌دهد این طرح هرچند به صورت ناکافی در سال‌های اخیر آغاز شده است ولی مسلماً برای پیشرفت و فراگیر شدن این طرح نیاز به تبدیلات وسیع و فرهنگ‌سازی عمده وجود دارد که بی‌شک در ای خصوص راهکارهای اجتماعی و فرهنگی به‌عنوان مهمترین ابزار جهت این امر می‌بایست به‌کار گرفته شود (کریمی، ۱۳۹۴). با در نظر گرفتن مسائل مذکور و افزایش جمعیت و پدیده‌های اکولوژیکی مانند آلودگی آب و هوا و غیره، که با مدیریت نامناسب پسماند مربوط می‌باشند، انجام مطالعاتی که منجر به ارائه سناریوهای مدیریتی آینده‌نگر و منطقی برای حل مشکل مناطق شهری و روستایی می‌گردد، از اهمیت و ضرورت اساسی برخوردار است. از این‌رو، در داخل و خارج کشور مطالعات مختلفی در این زمینه صورت گرفته است. به عنوان مثال، گولارت کولپو و لنگ^۳ (۲۰۱۶)، در مطالعه خود راه‌حل‌های سازگار مدیریت پسماند بر اساس رویکرد چرخه حیات را برای شهر ریود ژانیرو برزیل ارائه نمودند. بدین منظور آنها هشت استراتژی مدیریتی بررسی کردند که سناریوها شامل جمع‌آوری زباله مخلوط و زباله تفکیک شده در مبدأ و نیز بازیافت مواد و انرژی از پسماند بودند. نتایج آنها نشان داد که شرایط کنونی پسماند جامد شهری در این شهر، بدترین کارایی را از نظر مجموع بارهای محیط‌زیستی ارائه داده که نشان‌دهنده ضرورت اجرای استراتژی‌های جدید در جهت یک سیستم مدیریت MSW سازگارتر و دوست‌دار محیط‌زیست بود. همچنین کارایی‌های بهتر LCA در سناریوهایی با نرخ بالای جمع‌آوری پسماند تفکیک شده، مشاهده شد. پنیپینتو^۴ و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعه خود، برنامه‌ریزی راه‌حل‌های نوآورانه تحت شرایط محلی خاص، برای تصفیه پسماند جامد شهری را مورد بررسی قرار دادند. آنها در این مطالعه دو سناریو را مورد مقایسه قرار دادند: در سناریو اول باقی‌مانده پسماند پس از جمع‌آوری جداگانه تحت تصفیه حرارتی به گاز تبدیل شده و استفاده از انرژی گازی سنتزی تولید شده، پیش‌بینی گردیده و در نهایت باقیمانده عملیات، دفن می‌گردد؛ سناریو دوم براساس جداسازی مکانیکی باقی‌مانده پسماند در سه بخش تعریف شد. نتایج آنها نشان داد که گزینه تصفیه بیولوژیکی-مکانیکی از لحاظ محیط‌زیستی ارجح‌تر بوده، در حالی که گزینه تبدیل به گاز از نقطه نظر اقتصادی تحت شرایط عملیاتی در نظر گرفته شده، بهتر بوده است. خان‌پور قدم و همکاران (۱۳۹۷)، در مطالعه خود به ارزیابی گزینه‌های دفع نهایی پسماند جامد شهری با استفاده از تلفیق روش‌های ارزیابی چرخه عمر و تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که بیشترین انتشارات گلخانه-ای طی سناریوی A و کمترین آن در سناریوی B اتفاق می‌افتد. حداکثر تخفیف در انتشارات بواسطه سوزاندن زایدات غذایی و کاغذ و مقوا، در سناریوی B حاصل می‌شود. برخلاف آن، در سناریوهای A و C، دفن این قبیل زایدات عامل اصلی تولید گاز متان بوده است. سوزاندن زایدات پلاستیکی اگرچه می‌تواند منجر به استحصال انرژی بیشتری در سناریوی B شود، ولی تولید CO₂ غیربیولوژیک اثر افزایشی در انتشار GHGs دارد. سناریوهای A و C از منظر اغلب معیارهای فنی برتری نسبتاً بالایی در مقایسه با سناریوی B داشته‌اند لیکن امکان شیرابه‌زایی در این سناریوها امتیاز فنی آنها را کاهش می‌دهد. شاه‌نظری و همکاران (۱۳۹۶)، در مطالعه خود به بررسی گزینه‌های دفع پسماند شهری با رویکرد ارزیابی چرخه حیات پرداختند. بدین منظور ۱۵ سناریو در نظر گرفته شده و

محصول تولید شده یک ایده کلی و جامع زیست‌محیطی بدست آید، به صورتی که بتوان از آن در تصمیم‌گیری‌ها استفاده نمود. به تمامی سیستم مرتبط با یک محصول که باعث تولید، انتقال، استفاده و دفع آن محصول می‌شود، سیستم محصول می‌گویند. سیستم محصول، ما را در شناسایی اجزای دخیل در تولید یک محصول کمک کرده و راه را برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای بررسی و ارزیابی تأثیرات محیط‌زیستی محصول آسان می‌کند. با بررسی اثرات محیط‌زیستی یک محصول یا سیستم، می‌توان قبل از تولید و به راه‌اندازی آن، از خطرات بالقوه جلوگیری نمود و یا با ارائه راهکارهایی آنها را کاهش داد. این تأثیرات در تمامی مراحل و فرایندها مورد پژوهش قرار می‌گیرد (آدیت^۸ و همکاران، ۱۹۵۰).

در دهه‌های اخیر، ارزیابی چرخه حیات نه تنها در بخش‌هایی مانند تولید محصولات، بلکه در حوزه‌هایی مانند سیستم پسماند شهری مورد استفاده قرار گرفته است. این ارزیابی در بخش‌هایی که مرتبط با تولید محصولات می‌باشد، بر مواردی همچون استخراج منابع، تولید، استفاده، حمل‌ونقل و دفع نهایی محصول تمرکز دارد، در حالی که این ارزیابی در سیستم مدیریت پسماند تنها به انتهای عمر محصولات (همگی محصولات موجود در پسماند) توجه دارد.

۳- مواد ورودی‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، چهارباغ شهری است در استان البرز از توابع شهرستان ساوجبلاغ و دارای سه منطقه غیر رسمی چهارباغ، ملک آباد و مهدی آباد می‌باشد. مساحت این شهر ۵۷۷۲ هکتار و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۳۱ متر می‌باشد. جمعیت چهارباغ در سال ۱۳۸۵، برابر با ۵۶۱۸ نفر بوده است ولی با پیوستن دو روستای پرجمعیت مهدی‌آباد و ملک‌آباد (دو روستا با ۴۰ هزار نفر جمعیت) به این شهر در سال ۱۳۸۷ و مهاجری جمعیت آن به حدود ۶۵ هزار نفر رسید. طبق سرشماری ۱۳۹۵ با توجه به مهاجرت معکوس صورت گرفته جمعیت چهارباغ به ۴۸۸۲۸ نفر تقلیل یافت.

تعیین اهداف: اهداف این مطالعه مقایسه ۵ سناریوی که در برگزیده روش‌های مختلف دفع پسماند، سیستم مدیریت پسماند شهر چهارباغ است. اجزای و قسمت‌های سیستم مدیریت پسماند چهارباغ که توسط سناریوها بررسی گردیدند عبارتند: مرحله جمع‌آوری و حمل و نقل زباله، مرحله کاهش در مبدأ، واحد و تجهیزات بازیافت مواد، کمپوست و هاضم-های بی‌هوازی، زباله‌سوز و لندفیل است.

دامنه برد: مرزهای مجموعه مورد مطالعه از جمع‌آوری زباله از درب منازل شروع می‌شود و با دفن زباله در محل دفن یا تبدیل به کمپوست در کارخانه کود آلی پایان می‌پذیرد. مؤلفه‌های مورد ارزیابی در برآورد بار محیط زیستی شامل: آلودگی آب، آلودگی هوا، انرژی مصرفی و پسماند به جا مانده است. مقدار بار آلودگی و مصرف انرژی در سناریوی تولید کمپوست بر اساس میزان متان تولید شده (در صورتی که کمپوست به صورت غیر هوازی تهیه شود و یا اینکه هوادهی به اندازه کافی صورت نگیرد، گازمتان تولید می‌شود)، مقدار شیرابه و انرژی مصرفی ماشین‌آلات و سوخت‌های مورد استفاده در فرایند تولید کمپوست در نظر گرفته شد. مقدار بار آلودگی و مصرف انرژی در سناریوی زباله‌سوز بر اساس میزان آلاینده‌های رها شده از دودکش و تجهیزات کنترلی گاز، خاکستر فرار و خاکستر کف، مقدار شیرابه و انرژی مصرفی ماشین‌آلات و تجهیزات

فهرست‌نویسی چرخه حیات در هر سناریو به کمک مدل مدیریت یکپارچه پسماند (IWM) صورت پذیرفت. نتایج به دست آمده از فهرست‌نویسی به ۵ طبقه اثر شامل مصرف انرژی، گازهای گلخانه‌ای، گازهای اسیدی، مه‌دود فتوشیمیایی و خروجی‌های سمی تخصیص داده شد. مقادیر فهرست شده در فاکتورهای ویژگی‌سازی ضرب گردید و شاخص اکولوژیکی برای هر یک از سناریوها به دست آمد و در نهایت برآورد اقتصادی هر یک از سناریوها انجام شد. با مقایسه سناریوها از نظر زیست محیطی و اقتصادی، سناریو ۶۰٪ دفن بهداشتی و ۴۰٪ کمپوست به عنوان گزینه برتر دفع پسماند شهری، شهر رامسر انتخاب گردید. بنابر مطالعات فوق درمی‌یابیم که بحث مدیریت پسماند شهری اهمیت فوق‌العاده‌ای داشته و فقدان استراتژی صحیح در جهت ساماندهی وضعیت نامطلوب مدیریت پسماند، منجر به توجه بیشتر، محققان، مسولان و برنامه‌ریزان در زمینه مدیریت پسماند گردیده است. از این رو هدف اصلی پژوهش حاضر ارائه بهترین گزینه دفع پسماند با هدف به حداکثر رساندن بازیابی انرژی توسط ابزار ارزیابی چرخه حیات شهر چهارباغ کرج می‌باشد.

۲- مبانی نظری

امروزه مدیریت پسماند، به عنوان یکی از مهمترین مسایل محیط‌زیستی مطرح است و به همین دلیل تقاضای روز افزونی برای تجزیه و تحلیل و مقایسه کارایی سیستم و اثرات زیست‌محیطی آن در سیاست‌های مختلف مدیریت شهری وجود دارد. برای رسیدن به این اهداف ابزارهای ارزیابی محیط‌زیستی بهترین گزینه می‌باشند. ابزارهای مختلفی به منظور ارزیابی سامانه مدیریت پسماند وجود دارد که می‌توان به ممیزی محیط‌زیستی، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، ارزیابی احتمال خطر زیست‌محیطی، تحلیل جریان مواد و منابع و ارزیابی چرخه حیات اشاره کرد. ارزیابی چرخه حیات، رهیافتی است که به کمک آن جنبه‌های محیط‌زیستی در ارتباط با یک محصول یا فرآیند یا خدمات، در تمام طول حیات آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. رویکرد حاکم بر انجام مطالعه چرخه‌حیات، بدین صورت است که مراحل مختلف انجام یک فرآیند مانند سامانه‌های مدیریت شهری یا تولید یک محصول، از استخراج مواد اولیه تا دفع نهایی مورد بررسی قرار می‌گیرد (گونی^۵ و همکاران، ۲۰۰۲). به بیان دیگر، ارزیابی چرخه حیات یک ابزار مدیریت است که اجازه می‌دهد تا پیش‌بینی بارهای محیط‌زیستی در ارتباط با یک محصول یا سرویس در سراسر چرخه‌حیات مورد بررسی قرار گیرد. این تکنیک می‌تواند در مدیریت پسماند برای ارزیابی پایداری محیط‌زیستی اعمال گردد. در همان زمان، یک ارزیابی اقتصادی موازی می‌تواند پایداری اقتصادی سیستم‌های مدیریت پسماند را تعیین نماید (عبدلی و همکاران، ۱۳۹۱). براساس تعریف ایزو ۱۴۰۴۰، به ارزیابی داده‌های ورودی، خروجی و تأثیرات بالقوه داده‌ها بر فاکتورهای محیط‌زیستی در طول چرخه حیات یک محصول یا سیستم، ارزیابی چرخه حیات می‌گویند. در واقع ارزیابی چرخه حیات ابزاری است، برای آنالیز تأثیرات محیط‌زیستی^۶ هر مرحله تولید محصول که شامل استخراج منابع، تولید محصول، استفاده و دفع آن می‌باشد. این ابزار با استفاده از داده‌های ورودی (مواد خام، منابع مصرفی و انرژی) و داده‌های خروجی (مانند آلاینده‌های جوی، آبی و خاکی) به ارزیابی فاکتورهای محیط‌زیستی می‌پردازد (مک‌دوگال^۷ و همکاران، ۲۰۰۳). ارزیابی محیط‌زیستی ابزاری جامع‌نگر است به صورتی که سبب می‌شود که نسبت به سیستم یا

7. McDougall

8. Audit

5. Guinea

6. Environmental Burden

ارزیابی چرخه حیات فرمول اساسی ویژگی‌سازی و محاسبه شاخص‌های طبقه اثر به صورت زیر می‌باشد (زارع، ۱۳۹۴):

$$I_i = \sum C_{ij} * X_j \quad (1)$$

در رابطه (۱)، I_i شاخص طبقه اثر؛ C_{ij} فاکتور ویژگی‌سازی؛ X_j مقدار ماده j می‌باشد. به این ترتیب در پایان ویژگی‌سازی برای هر طبقه اثر نمایه‌ای محاسبه می‌شود که نشان‌دهنده مجموع اثر بار محیط‌زیستی ایجاد شده در طبقه یاد شده خواهد بود. در این پژوهش از فاکتورهای ویژگی‌سازی طبقات که توسط مرکز علوم محیط‌زیست دانشگاه لیدن هلند برای تمام جهان تهیه شده، استفاده شده است (شفیعی، ۱۳۹۲). فاکتورهای ویژگی‌سازی مواد مختلف در هر یک از طبقات اثر مطابق جدول‌های (۲) تا (۵) است. در این جداول M_i مقدار ماده سیاه‌نویسی- شده تولیدی است.

جدول ۲- ضرایب ویژگی‌سازی طبقه اثر گازهای گلخانه‌ای (شفیعی، ۱۳۹۲)

ماده سیاه‌نویسی شده	ضرایب ویژگی‌سازی معادل CO ₂
CO ₂	۱
CH ₄	۲۱
$I_i = \sum C_{ij} * X_j$	

جدول ۳- ضرایب ویژگی‌سازی طبقه اثر گازهای اسیدی (شفیعی، ۱۳۹۲)

ماده سیاه‌نویسی شده	ضرایب ویژگی‌سازی معادل SO ₂
NO _x	۱/۰۷
SO _x	۱
HCL	۰/۸۸
$I_i = \sum C_{ij} * X_j$	

جدول ۴- ضرایب ویژگی‌سازی طبقه اثر مه‌دود فتوشیمیایی (شفیعی، ۱۳۹۲)

ماده سیاه‌نویسی شده	ضرایب ویژگی‌سازی معادل CH ₄
NO _x	۰/۰۲۸
PM	۰/۰۷
VOC	۰/۶
$I_i = \sum C_{ij} * X_j$	

جدول ۵- ضرایب ویژگی‌سازی طبقه اثر خروجی‌های سمی (شفیعی، ۱۳۹۲)

ماده سیاه‌نویسی شده	ضرایب ویژگی‌سازی معادل 1-4DCB
PAir	۳۴/۷۲
Hg Air	۱۲۰/۵
CD Air	۲۲۲/۶۲
Dioxin Air	۷/۶
Pb water	۳/۲۶
Hg water	۲۸/۱۲
CD water	۶/۲۵
Dioxin water	۲/۹۳
BOD	۱۱/۸۲
$I_i = \sum C_{ij} * X_j$	

کوره زباله‌سوز در نظر گرفته شد. مقدار بار زیست‌محیطی مرحله جمع-آوری و حمل و نقل نیز از انرژی مصرفی و آلاینده‌ای تولیدی کامیون-های حمل و نقل محاسبه گردید. مقدار بار محیط‌زیستی سناریوی لندفیل، بر اساس میزان مصرف سوخت ماشین‌های مورد استفاده و نیز آلودگی‌های ناشی از آنها و نیز آلودگی حاصل از شیرابه و گازمتان تولید شده (این آلودگی‌ها توسط مدل IWM-2 در یک دوره زمانی ۱۰۰ ساله مدل‌سازی می‌شوند) برآورده و محاسبه شدند و در ارزیابی نهایی مورد استفاده قرار گیرد.

سیاه‌نویسی چرخه حیات: سیاه‌نویسی شامل جمع‌آوری داده‌ها و رویه‌های محاسباتی جهت کمی‌سازی درون‌داده‌ای و برون‌داده‌ای مرتبط با یک سیستم محصول می‌باشد. داده‌های لازم برای انجام این پژوهش عمدتاً از شهرداری شهر چهارباغ دریافت گردیده است که شامل امکانات بازیافتی، مقادیر پسماند تولیدی، اجزا و درصد اجزای پسماند، ماشین‌آلات حمل و نقل و میزان مصرف سوخت و مسافت طی شده در حین جمع-آوری و غیره می‌باشد. همچنین از گزارش تهیه شده از شهرداری شهر چهارباغ از وضعیت مدیریت پسماند منطقه، سازمان هواشناسی استان البرز، مرکز آمار ایران و غیره داده‌هایی نظیر درصد مواد قابل بازیافت، زمان و نحوه جمع‌آوری پسماند، جمعیت و میزان بارش و غیره استخراج گردیده است. از پیش‌فرض موجود در مدل در مواردی مانند باقیمانده پروسه هضم بی‌هوازی، مقدار آب مورد نیاز برای پروسه، میزان آلودگی تولیدی و میزان بیوگاز تولیدی و انتشارات به هوا استفاده شده است.

ارزیابی چرخه حیات: در ارزیابی اثرات چرخه حیات، نتایج به دست آمده از سیاه‌نویسی چرخه حیات به واحدهای فیزیکی تبدیل می‌شوند تا از آنها روش‌های مدیریتی به دست آیند. این مرحله خود شامل مراحل زیر است: الف) طبقه‌بندی و ویژگی‌سازی اثرات به دست آمده از مرحله فهرست‌نویسی؛ ب) وزندهی به هر طبقه بر طبق فرمول مربوطه و به دست آوردن شاخص هر اثر (زارع، ۱۳۹۴). در این پژوهش از طبقه‌بندی و وزندهی روش MET استفاده گردید. در این روش طبقه آثار شاخص محیط‌زیستی عبارتند از: آثار گرمایش جهانی (گازهای گلخانه‌ای)، پدیده اسیدی شدن و بارش باران‌های اسیدی (گازهای اسیدی)، کاهش منابع تجدیدناپذیر، اکسیداسیون فتوشیمیایی و تشکیل مه‌دود فتوشیمیایی، و خروجی‌های سمی و آثار سمی بر انسان (شفیعی، ۱۳۹۲). در جدول (۱)، واحد معادل هر طبقه اثر مشاهده می‌شود:

جدول ۱- طبقات اثر مد نظر در این پژوهش و واحدهای معادل

واحد معادل	طبقه اثر
Gj	مصرف منابع انرژی
Kg CO ₂	گازهای گلخانه‌ای
Kg SO ₂	گازهای اسیدی
Kg C ₂ H ₄	مه‌دود فتوشیمیایی
Kg 1-4DCB	خروجی‌های سمی

در این مرحله با استفاده از فرمول اساسی ویژگی‌سازی شاخص هر طبقه اثر به دست می‌آید. هدف ویژگی‌سازی در ارزیابی اثرات چرخه حیات، تخمین آثار بالقوه تنش‌های مختلف در اثر و جمع‌بندی مقادیر مختلف به صورت یک عدد در هر یک از طبقات است. به عنوان مثال می‌توان اثرات به دست آمده در طبقه گازهای گلخانه‌ای را بر اساس CO₂ ویژگی‌سازی کرد. بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۴۳، ویژگی‌سازی باید بر اساس تحلیل علمی و فرایندهای آشکار محیط‌زیست استوار باشد. در

کمی برای مقایسه بار محیط‌زیستی هر یک از سناریوها در نظر گرفته شده و در نهایت هر سناریو که امتیاز پایین‌تری کسب کرده باشد، بار محیط‌زیستی کمتری دارد (شفیعی، ۱۳۹۲).

سناریوها: پسماند بعد از جمع‌آوری به مرکز تخصصی بازیافت شهر چهارباغ تحویل داده می‌شوند، که کل پسماند وارد شده این سناریو ۱۷۷۶۴۲ تن است.

• سناریو اول: جمع‌آوری، تفکیک، کمپوست کردن، دفن غیر بهداشتی تمامی پسماندها.

• سناریو دوم: جمع‌آوری، تفکیک، کمپوست کردن (۱۵ درصد) و هضم بی‌هوازی (۱۵ درصد)، نیروگاه زباله‌سوز (۱۵ درصد)، دفن باقیمانده‌ی پسماندها (۵۵ درصد).

• سناریو سوم: جمع‌آوری، تفکیک (۱۵ درصد)، نیروگاه زباله‌سوز (۳۰ درصد)، دفن باقی مانده‌ها و خاکستر در لندفیل بهداشتی همراه با جمع‌آوری گازمتان و استحصال انرژی (۵۵ درصد).

• سناریوی چهارم: جمع‌آوری زباله، تفکیک در مبدأ (۲۵ درصد)، کمپوست کردن (۳۰ درصد)، دفن در لندفیل بهداشتی همراه با جمع‌آوری گازمتان و استحصال انرژی (۴۵ درصد).

• سناریوی پنجم: جمع‌آوری زباله، تفکیک (۲۵ درصد)، دفن مستقیم در لندفیل بهداشتی همراه با جمع‌آوری گازمتان و استحصال انرژی (۷۵ درصد).

۴- نتایج

در این پژوهش به بررسی روش مدیریتی پسماند شهرستان چهارباغ و روش‌های موجود پردازش و دفع پسماند پرداخته شده است. بدین منظور، ابتدا داده‌های ورودی به نرم‌افزار که از داده‌های خام اولیه و با استفاده از نرم‌افزار اکسل تهیه شده و سپس نتایج حاصل از نرم‌افزار IWM و آثار محیط‌زیستی مرتبط (اجزای سناریوها) و ارزیابی سناریوها ارایه می‌گردد.

براساس رابطه (۱)، مقادیر در ضرایب ویژگی‌سازی ضرب شدند تا در هر یک از طبقات اثر مورد نظر مقادیر سیاهه شده بر اساس واحد معادل محاسبه گردد. در نتیجه آن، بار محیط‌زیستی هر یک از طبقات بر اساس واحد معادل محاسبه گردید. به این ترتیب در پایان مرحله ویژگی‌سازی، برای هر طبقه اثر یک شاخص طبقه اثر محاسبه می‌شود که نشان‌دهنده مجموع اثر بار محیط‌زیستی ایجاد شده در طبقه‌های یاد شده خواهد بود. به منظور ترکیب داده‌هایی که نشان‌دهنده طبقات اثر محیط‌زیستی است، باید اهمیت نسبی این طبقات شناسایی شود. به عنوان مثال، طبقه اثر گازهای گلخانه‌ای باید با طبقه اثر گازهای اسیدی مقایسه شود و بر اساس مدل‌سازی علمی، وزن نسبی هر یک از طبقات مشخص شود. در این پژوهش وزن‌های نسبی بر اساس روش MET جدول (۶)، محاسبه گردیده است.

جدول ۶- وزن‌های نسبی طبقات اثر مورد مطالعه د مدل‌سازی

طبقه اثر	وزن
مصرف منابع انرژی	۰/۸۸
گازهای گلخانه‌ای	۰/۸۹
گازهای اسیدی	۰/۴۰
مهدود فتوشیمیایی	۰/۳۹
خروجی‌های سمی	۰/۱۳

همچنین به منظور محاسبه مقدار کل اثر ناشی از یک سامانه از رابطه (۲)، استفاده شد. شاخص به‌دست آمده، معیار کمی برای مقایسه دو سامانه است. هر چه شاخص I کوچکتر باشد، بار محیط‌زیستی سامانه کوچکتر خواهد بود.

$$I = \sum W_i * I_n \quad (2)$$

در رابطه (۲)، I معیار کمی مقایسه دو سامانه، W_i وزن نسبی طبقات اثر و I_n شاخص طبقه اثر است. به این ترتیب برای هر یک از سناریوها یک نمایه بوم‌شناختی به‌دست آمد. نمایه بوم‌شناختی به عنوان معیار

جدول ۷- مقادیر نرمال سیاهه چرخه حیات پسماند شهری چهارباغ بر حسب پسماند مدیریت شده در هر یک از

سناریوها

نوع تنش	واحد	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم	سناریو پنجم
انرژی مصرف شده	گیگاژول/تن پسماند	-۳۱۳,۹۲۶	-۳,۶۴۸E+۰۶	-۲,۸۷۵E+۰۶	-۱,۷۹۸E+۰۶	-۳,۱۴۳E+۰۶
پتانسیل گرمایش جهانی	گرم/تن پسماند	۳,۱۵۳E+۱۱	۱,۱۶۱E+۱۱	۲,۱۸۱E+۱۱	۳,۶۶۴E+۱۰	۷,۵۷۱E+۱۰
CO ₂	گرم/تن پسماند	۲,۴۸۰E+۱۰	۱,۱۲۳E+۱۱	۲,۲۸۶E+۱۱	۲,۲۱۵E+۱۰	۳,۷۶۴E+۱۰
CO	گرم/تن پسماند	۲,۸۴۱E+۰۷	۵,۲۳۷E+۰۵	۳,۷۷۴E+۰۶	۳,۷۰۱E+۰۷	۲,۳۳۸E+۰۷
CH ₄	گرم/تن پسماند	۲,۸۱۷E+۱۰	۵,۱۲۰E+۰۸	۴,۲۷۶E+۰۶	۳,۶۸۹E+۰۹	۳,۷۵۰E+۰۹
NO _x	گرم/تن پسماند	۱,۴۴۷E+۰۷	-۱,۴۲۷E+۰۸	-۴,۲۵۷E+۰۸	-۱,۰۲۳E+۰۸	-۲,۳۴۳E+۰۸
SO _x	گرم/تن پسماند	۲,۴۸۲E+۰۶	-۴,۴۲۲E+۰۸	-۲,۵۳۰E+۰۸	-۱,۰۳۴E+۰۸	-۳,۶۷۲E+۰۸
HCL	گرم/تن پسماند	۴,۱۷۰E+۰۶	-۱,۵۶۰E+۰۷	-۶,۹۵۸E+۰۶	-۳,۱۲۲E+۰۶	-۷,۵۶۲E+۰۶
N ₂ O	گرم/تن پسماند	-۲,۵۱۳E+۰۶	-۲,۱۴۰E+۰۶	۲,۰۲۰E+۰۶	-۳,۲۶۱E+۰۶	-۵,۵۴۴E+۰۵

PM	گرم/تن پسماند	$-3,585E+06$	$-1,125E+08$	$-8,830E+07$	$-6,656E+07$	$-2,033E+08$
VOCs	گرم/تن پسماند	$6,256E+07$	$4,154E+06$	$4,183E+05$	$1,170E+07$	$2,274E+07$
Pb	گرم/تن پسماند	$6,210E+04$	$2,101E+05$	$2,406E+05$	$1,145E+05$	$1,875E+05$
Hg	گرم/تن پسماند	$3,172E+01$	$2,517E+03$	$6,389E+03$	$-7,029E+02$	$-2,089E+03$
Cd	گرم/تن پسماند	$4,283E+01$	$-2,724E+03$	$-2,700E+02$	$-1,125E+03$	$-2,545E+03$
Dioxins	گرم/تن پسماند	$-2,000E-04$	$2,310E-02$	$2,290E-02$	$3,020E-02$	$4,340E-02$
Pbwater	گرم/تن پسماند	$-2,169E+04$	$-7,477E+04$	$-4594+04$	$-1,157E+05$	$-2,607E+05$
Hgwater	گرم/تن پسماند	$4,046E+01$	$2,554E+01$	$4,683E+01$	$2,173E+01$	$7,653E+01$
Cdwater	گرم/تن پسماند	$5,886E+02$	$-7,417E+02$	$-2,190$	$9,125E+02$	$-2,111E+03$
BOD	گرم/تن پسماند	$2,008E+08$	$2,258E+07$	$3,696E+07$	$4,156E+07$	$5,666E+07$
COD	گرم/تن پسماند	$3,434E+07$	$-3,169E+07$	$-2,419E+08$	$-1,029E+08$	$-3,019E+08$
Dioxins _{water}	گرم/تن پسماند	$2,290E-02$	$2,000E-04$	$1,099E-04$	$2,030E-03$	$2,000E-03$

توضیح: در اکثر مطالعات LAC، چون واحد کار معمولاً بر حسب تن است، نتایج حاصل از فهرست‌نویسی اعداد بسیار بزرگی هستند، که برای سادگی مقایسه، این نتایج را بصورت نماد علمی نمایش می‌دهند.

از طبقات طبق رابطه (۲)، در وزن نسبی آن طبقه ضرب شد تا نمایه‌ها قابل جمع کردن با یکدیگر باشند. بدین ترتیب برای سناریوی یک، یک نمایه بوم شناختی به دست آمد. نمایه بوم شناختی به عنوان معیاری کمی برای مقایسه بار محیط‌زیستی هر یک از سناریوها در نظر گرفته شد؛ و در نهایت هر سناریو که امتیاز پایین‌تری کسب کرده باشد بار محیط‌زیست کمتر دارد.

در مرحله بعد، این مقادیر در فاکتورهای ویژگی‌سازی بر طبق فرمول اساسی ویژگی‌سازی، ضرب شدند تا در هر یک از طبقات اثرات مدنظر، مقادیر سیاهه شده بر اساس واحد معادل محاسبه شوند. در نتیجه آن، بار محیط‌زیستی هر یک از طبقات بر اساس واحد معادل محاسبه گردید. به این ترتیب، در پایان مرحله ویژگی‌سازی برای هر طبقه اثر شاخص طبقه اثر، محاسبه شد که نشان‌دهنده مجموع اثر بار محیط‌زیستی ایجاد شده در طبقه‌های یاد شده است. سپس شاخص‌های به دست آمده در هر یک

جدول ۸- شاخص اکولوژیکی، سناریوی یک

طبقه اثر	شاخص نرمال	وزن	ضرب در وزن
مصرف منابع انرژی	$-3,139E+05$	۰/۸۸	$-2,762E+05$
گازهای گلخانه‌ای	$3,151E+11$	۰/۸۹	$2,804E+11$
گازهای اسیدی	$3,358E+07$	۰/۴۰	$1,343E+07$
مه‌دود فتوشیمیایی	$2,877E+08$	۰/۲۹	$8,343E+07$
خروجی‌های سمی	$2,614E+11$	۰/۱۳	$3,398E+10$

$$I = \sum W_i * I_n = 1.312 + 11$$

جدول ۹- شاخص اکولوژیکی، سناریوی دوم

طبقه اثر	شاخص نرمال	وزن	ضرب در وزن
مصرف منابع انرژی	$-3,608E+06$	۰/۸۸	$-3,175E+06$
گازهای گلخانه‌ای	$2,109E+11$	۰/۸۹	$1,877E+11$
گازهای اسیدی	$-4,324E+08$	۰/۴۰	$-1,729E+08$
مه‌دود فتوشیمیایی	$-5,020E+06$	۰/۲۹	$-1,455E+06$
خروجی‌های سمی	$4,002E+09$	۰/۱۳	$5,202E+08$

$$I = \sum W_i * I_n = 1.072E + 11$$

جدول ۱۰- شاخص اکولوژیکی، سناریوی سوم

طبقه اثر	شاخص نرمال	وزن	ضرب در وزن
مصرف منابع انرژی	-۲,۸۷۵E+۰۶	۰/۸۸	-۲,۵۳۰E+۰۶
گازهای گلخانه‌ای	۲,۱۹۱E+۱۱	۰/۸۹	۱,۹۴۹E+۱۱
گازهای اسیدی	-۴,۰۸۵E+۰۸	۰/۴۰	-۱,۶۳۴E+۰۸
مهدود فتوشیمیایی	۳,۴۹۱E+۰۷	۰/۲۹	۱,۰۱۲E+۰۷
خروجی‌های سمی	۵,۴۵۴E+۰۹	۰/۱۳	۷,۰۹۰E+۰۸
$I = \sum W_i * I_n = 5.432E + 11$			

جدول ۱۱- شاخص اکولوژیکی، سناریوی چهارم

طبقه اثر	شاخص نرمال	وزن	ضرب در وزن
مصرف منابع انرژی	-۲,۶۹۸E+۰۶	۰/۸۸	-۲,۳۷۴E+۰۶
گازهای گلخانه‌ای	۴,۶۶۴E+۱۰	۰/۸۹	۴,۱۵۰E+۰۹
گازهای اسیدی	-۳,۶۲۷E+۰۸	۰/۴۰	-۱,۴۵۰E+۰۸
مهدود فتوشیمیایی	۲,۶۹۲E+۰۷	۰/۲۹	۷,۸۰۶E+۰۶
خروجی‌های سمی	۵,۶۸۷E+۰۹	۰/۱۳	۷,۳۹۳E+۰۸
$I = \sum W_i * I_n = 1.516E + 09$			

جدول ۱۲- شاخص اکولوژیکی، سناریوی پنجم

طبقه اثر	شاخص نرمال	وزن	ضرب در وزن
مصرف منابع انرژی	-۳,۱۴۳E+۰۶	۰/۸۸	-۲,۷۶۵E+۰۶
گازهای گلخانه‌ای	۵,۵۷۱E+۱۰	۰/۸۹	۴,۹۵۸E+۱۰
گازهای اسیدی	-۴,۲۷۸E+۰۸	۰/۴۰	-۱,۷۱۱E+۰۸
مهدود فتوشیمیایی	۲,۳۵۲E+۰۷	۰/۲۹	۶,۸۲۰E+۰۶
خروجی‌های سمی	۳,۰۴۹E+۱۰	۰/۱۳	۳,۹۶۳E+۰۹
$I = \sum W_i * I_n = 1.265E + 10$			

سناریوی یک و سناریوی دوم دارند. در طبقه اثر خروجی‌های سمی به ترتیب بیشترین و کمترین وزن یا بار آلودگی را سناریوی یک و سناریوی دوم دارند. لذا می‌توان گفت به جزء طبقه گرمایش جهانی، در دیگر طبقات سناریوی دوم وزن کمتری دارد. ولی همان‌گونه که در جدول (۱۳) مشاهده می‌شود، با در نظر گرفتن شاخص اکولوژیکی، به ترتیب بیشترین و کمترین بار محیط‌زیستی متعلق به سناریو سوم و سناریو چهارم است.

در نهایت جدول (۱۳)، پنج طبقه اثر به همراه شاخص اکولوژیکی همه سناریوها با یکدیگر مقایسه می‌شوند. همان‌گونه که در جدول (۱۳)، مشاهده می‌شود در طبقه گازهای گلخانه‌ای به ترتیب بیشترین و کمترین بار متعلق به یک و چهار است. در طبقه اثر گازهای اسیدی به ترتیب بیشترین و کمترین وزن یا بار آلودگی را سناریوی دو و سناریوی یک دارند. در طبقه اثر مهدود فتوشیمیایی به ترتیب بیشترین و کمترین وزن یا بار آلودگی را

جدول ۱۳- مقایسه طبقات اثر و شاخص اکولوژیکی تمام سناریوها

سناریو	مصرف منابع انرژی	گازهای گلخانه‌ای	گازهای اسیدی	مهدود فتوشیمیایی	خروجی‌های سمی	شاخص اکولوژیکی
۱	-۲,۷۶۲E+۰۵	۲,۸۰۴E+۱۱	۱,۳۴۳E+۰۷	۸,۳۴۳E+۰۷	۳,۳۹۸E+۱۰	۱,۳۱۲E+۱۱
۲	-۳,۱۷۵E+۰۶	۱,۸۷۷E+۱۱	-۱,۷۲۹E+۰۸	-۱,۴۵۵E+۰۶	۵,۲۰۲E+۰۸	۱,۰۵۲E+۱۱
۳	-۲,۵۳۰E+۰۶	۱,۹۴۹E+۱۱	-۱,۶۳۴E+۰۸	۱,۰۱۲E+۰۷	۷,۰۹۰E+۰۸	۵,۴۳۲E+۱۱
۴	-۲,۳۷۴E+۰۶	۴,۱۵۰E+۰۹	-۱,۴۵۰E+۰۸	۷,۸۰۶E+۰۶	۷,۳۹۳E+۰۸	۱,۵۱۶E+۰۹
۵	-۲,۷۶۵E+۰۶	۴,۹۵۸E+۱۰	-۱,۷۱۱E+۰۸	۶,۸۲۰E+۰۶	۳,۹۶۳E+۰۹	۱,۲۶۵E+۱۰

۵- بحث

در لندفیل چهارباغ است. همچنین می‌توان گفت سناریوی چهارم از لحاظ محیط‌زیستی برترین سناریو است. پس با توجه به نتایج این مطالعه برای مدیریت صحیح سیستم پسماند چهارباغ به جای هزینه و سرمایه‌گذاری زیاد در زمینه به‌کارگیری سیستم‌های جدید تصفیه و دفن پسماند، می‌توان درصدی از این هزینه صرف آموزش و بهبود سیستم تفکیک و کاهش از مبدأ پسماند شود، که به سیستمی قابل قبول از لحاظ محیط‌زیستی تبدیل شود. در این راستا، با توجه به نتایج پژوهش حاضر بر این مبنی که سناریوی سوم که به نوعی شرایطی و روش‌های مدیریت کنونی پسماند چهارباغ را مدل‌سازی نموده، به عنوان بدترین سناریو انتخاب گردید به دلیل فقدان سیستم جمع‌آوری و تصفیه گازمتان تولیدی در کارخانه کمپوست و محل ذخیره موقت پسماند، مقدار تولید گازمتان این سناریو نسبت به دیگر سناریوها بسیار بالا است. لذا پیشنهاد می‌شود، جهت کاهش اثرات مخرب این گاز در محل دفن پسماند از سیستم کنترل گاز، استفاده گردد. همچنین، با توجه به نتایج این مطالعه که سناریوی چهارم به عنوان گزینه مدیریتی مناسب، با توجه به شرایط و ویژگی پسماند چهارباغ انتخاب شد؛ لذا پیشنهاد می‌شود تصمیم‌گیران این حوزه در تصمیمات مدیریتی نتایج این تحقیق را مدنظر بگیرند.

افزایش سریع جمعیت، توسعه صنایع، پیشرفت تکنولوژی و تمایل بشر به افزایش مواد مصرفی باعث افزایش تولید پسماند در جوامع شهری شده است. در صورتی که سیستم مدیریت مناسبی برای تصفیه و دفن این پسماندها پیدا نشود، این مواد باعث آلودگی‌های زیستی و محیطی زیادی می‌شوند و سلامت بشر را به خطر می‌اندازند. از سوی دیگر، یکی از مهم‌ترین اثراتی که مدیریت پسماند بر محیط‌زیست می‌تواند وارد کند، اثر مدیریت پسماند بر بر گرمایش جهانی است، گاز دی‌اکسید کربن و گازمتان از جمله گازهای اصلی مشارکت‌کننده در بحث گرمایش جهانی است، یکی از منابع اصلی این دو گاز به خصوص گازمتان، محل‌های دفن بهداشتی و غیر بهداشتی پسماند است. بر همین اساس پژوهش حاضر به ارزیابی و برآورد اثرات محیط‌زیستی و تعیین نحوه عملکرد محیط‌زیستی مدیریت پسماند شهر چهارباغ توسط مدل IWM-2 پرداخته است. نتایج ارزیابی چرخه حیات پنج سناریوی سیستم مدیریت پسماند چهارباغ نشان داده است که، سناریوی سوم از لحاظ محیط‌زیستی نسبت به دیگر سناریوهای تعریف شده برای این مطالعه وضعیت بدتری دارد، شاید بتوان گفت یکی از دلایل اصلی بیشتر بودن بار آلاینده‌های سناریوی سوم به خاطر شرایط کنونی دفن پسماند

منابع

- خان پوراقدم، س.، قنبرزاده لک، م.، مهتدی، م.، صبور، م.، ۱۳۹۷. ارزیابی گزینه‌های دفع نهایی پسماند جامد شهری با استفاده از تلفیق روش‌های ارزیابی چرخه عمر و تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهر تهران). علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۲۰، شماره ۶
- زارع، م. ا. ۱۳۹۴. ارزیابی چرخه حیات در تولید انرژی زیست‌توده از پسماند شهری در محل دفن مطالعه موردی: شهراوه‌از. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- سایت بهداشت محیط ایران، بررسی معیارهای انتخاب محل دفن لندفیل مشاهده شده در خرداد ۱۳۹۵.
- شاه‌نظری، م.، جلیلی قاضی زاده، م.، شهبازی، ا. ۱۳۹۶. بررسی گزینه‌های دفع پسماند شهری با رویکرد ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: شهر توریستی رامسر). مهندسی عمران و محیط‌زیست، دوره ۴۷، شماره ۲.
- شفیعی، ا.، جعفرزاده، ن. ا.، تقوی، ل.، عمرانی، ق. ع. ۱۳۹۳. ارزیابی چرخه حیات پسماند شهری با رویکرد تعیین مولفه اصلی (مطالعه موردی: شهر اهواز). کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز.
- عبدلی، م. ع.، اخوان لیموده‌ی، ف.، وحیدی، ح.، خلیلی، ا. ۱۳۹۱. لزوم انجام مطالعات ارزیابی چرخه عمر در مدیریت جامع مواد زاید، دومی کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه تهران.
- کرمی زاده، ن. ۱۳۹۵. مکان‌یابی و امکان‌سنجی احداث مرکز تفکیک و پردازش پسماند قابل بازیافت، مطالعه موردی شهر شیراز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش عمران و محیط زیست، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز.
- کریمی، ن. ۱۳۹۴. بررسی نحوه مدیریت پسماند استان آذربایجان شرقی و ارائه راهکارهایی برای آینده باتوجه به وضعیت آماری پسماند و کارهای صورت گرفته، سومی همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران.
- Damghani, A. M., Savarypour, G., Zand, E., & Deihimfard, R. 2008. Municipal solid waste management in Tehran: Current practices, opportunities and challenges. *Waste Management*, 28(5), 929-934.
- Goulart Coelho L.M. and L.C. Lange. 2016. Applying life cycle assessment to support environmentally sustainable waste management strategies in Brazil, *Resources, Conservation and Recycling G* (3376).
- Guinee, J., Bruijn, H., & Duin, R. 2002. Handbook on Life Cycle Assessment (Operational Guide to the ISO Standards) (Volume 7). NC: Kluwer Academic Publishers.
- McDougall, F. R., White, P. (Peter), Franke, M., & Hindle, P. 2003. *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory* (Second Edi). Blackwell Science.

- Panepinto D., Blengini G.A. ,and G. Genon. 2015., Economic and environmental comparison between two scenarios of waste management: MBT vs thermal treatment, Resources, Conservation and Recycling (97) 16–23.
- Steiner, A., & Newman, D. 2015. Global Waste Management Outlook. (U. N. E. Programme, Ed.). Vienna, Austria: UNEP, ISWA. Retrieved from www.iswa.org.
- Tchobanoglous, G., Kreith, F. 2002. Handbook of solid waste management, 2nd ed. , New York: McGraw–Hill Book Co., Inc, p.13.3 .