بررسی گزینه‌های دفع پسماند شهری با رویکرد ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: شهر توریستی رامسر)

مریم شاه‌نظری [۱]، مهدی جلیلی قاضی‌زاده *[۲] و افسانه شهبازی [۲]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی- آلاینده‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
[۲] استادیار گروه آلاینده‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

(دریافت: ۹۵/۳/۱۵، پذیرش: ۹۵/۱۱/۹، نشر آنلاین: ۹۵/۱۱/۱۰)

چکیده

پسماند از تولیدات غیر قابل اجتناب هر جامعه و مدیریت پسماند یکی از نیازهای اصلی آن جامعه است. از این‌رو استقرار سامانه مدیریت پسماند ضروری است. یکی از بخش‌هایی که اصلاح آن می‌تواند نقشی مهمی در ارتقاء سسیستم مدیریت پسماند شهری داشته باشد، انتخاب روش دفع نهایی پسماند است. انتخاب گزینه مناسب دفع پسماند یک مسأله چند معیاره و پیچیده است که باید از لحاظ محیط زیستی، اجتماعی، فنی و اقتصادی به آن توجه شود. هدف از این مطالعه مقایسه سناریوهای مختلف انواع گزینه‌های دفع مواد زائد جامد در شهر رامسر و انتخاب سناریو برتر با رویکرد ارزیابی چرخه حیات می‌باشد. بدین منظور ۱۵ سناریو در نظر گرفته شده و 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، مه دود 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 زیست‌محیطی و اقتصادی، سناریو ۶۰٪ دفن بهداشتی و ۴۰٪ کمپوست به عنوان گزینه برتر دفع پسماند شهری، شهر رامسر انتخاب گردید.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی چرخه حیات، مدیریت یکپارچه مواد زائد، دفع، شهر رامسر، مدل IWM.

۱- مقدمه

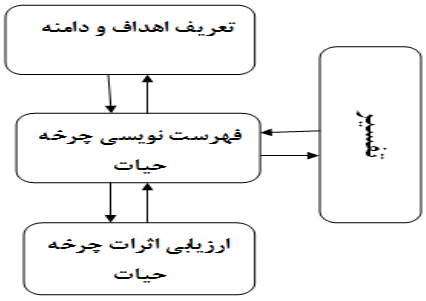
افزایش جمعیت، توسعه شهرها و تغییرات شیوه زندگی و متعاقب آن تغییر در الگوی مصرف، مسائل و مشکلاتی را برای جوامع امروزی ایجاد کرده است که از بارزترین آن می‌توان به تولید روزافزون پسماند اشاره کرد که علاوه بر ایجاد مشکل برای سلامت انسان‌ها، موجب از بین رفتن سرمایه‌های اکولوژیکی و اقتصادی جوامع نیز می‌شود (Sharholy و همکاران، ۲۰۰۸). پسماندهای‌مختلف، حاصل اجتناب‌ناپذیر استفاده گسترده از مواد شیمیایی و محصولات و فراورده‌های صنعتی و کشاورزی در زندگی روزمره می‌باشد. تجربیات جهانی نشان داده است که چنان‌چه مدیریت پسماندها به‌درستی صورت نگیرد و این مواد با شیوه‌های علمی و فنی به مواد با مخاطرات کمتر تبدیل نشوند و یا به‌طور اصولی و به‌روش مناسب دفع نگردند، منشأ مخاطرات بسیار زیاد و تهدیدات فراوانی خواهند شد (Tchobanoglous و Kreit، ۲۰۰۲).

یکی از مهم‌ترین و چالش‌انگیزترین مراحل طراحی سیستم مدیریت پسماند به ویژه در شهرهای توریستی، انتخاب روش دفع نهایی پسماند است (Agwu، ۲۰۱۲). مرور مطالعات متعدد در زمینه مدیریت پسماند حاکی از متأثر بودن این عنصر موظف از فاکتورهای بسیارمتنوع اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است که خود سرمنشأ پیچیدگی مسائل موجود در این راستا بوده و حل این گونه مسائل نیازمند مطالعات جامع و خاص برای هر شهر (به خصوص در شهرهای توریستی) می‌باشد. انتخاب گزینه مناسب دفع پسماند یک مسأله چندمعیاره و پیچیده است که می‌بایست کلیه معیارهای محیط زیستی، اجتماعی، فنی و اقتصادی به صورت توأمان مدنظر قرار گیرد (دهقانی‌کاظمی و

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۱۲۷۳۸۶۴۰۷

آدرس ایمیل: m_shnazaree@yahoo.com (م. شاه‌نظری)، ma_jalili@sbu.ac.ir (م، جلیلی قاضی‌زاده)، a.shahbazy@gmail.com (ا. شهبازی).

همکاران، ۱۳۹۱). ضمن آن‌که در لحاظ نمودن این معیارها می‌بایست اثرات هر روش در تمامی مراحل مدیریت پسماند (از قبل از تولید تا مراقبت‌های پس از دفع) مد نظر باشد و به عبارت دیگر رویکرد گهواره تا گور (Candle to Grave)، در انتخاب روش مناسب دفع مبنای تصمیم‌گیری قرار گیرد. تجربیات سالیان اخیر حاکی از آن است که هرگاه تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب روش دفع پسماند صرفاً بر مبنای یکی از معیارهای مذکور بوده است، نتیجه مناسبی در بلندمدت حاصل نشده است. از جمله روش‌هایی که اخیراً در زمینه انتخاب روش دفع پسماند شهری کاربرد زیادی پیدا کرده است، روش ارزیابی چرخه حیات [1](LCA) است. کاربرد این روش جهت ارزیابی سیستم مدیریت پسماند شهری، به‌خصوص در زمینه فرایند تصمیم‌گیری، طراحی استراتژی ها و بررسی روش های مختلف دفع رو به افزایش است (Liamsanguan و Gheewala، ۲۰۰۷). ارزیابی چرخه حیات روش استانداردی است که مطابق با استانداردهای ISO در سال ۱۹۹۸ ایجاد شد (Adu و Eshu، ۲۰۱۴). بر اساس استاندارد ISO، ارزیابی چرخه حیات از چهار گام (شکل (۱)) تشکیل شده است (ISO 14044، ۲۰۰۶).



شکل ۱- چهارگام ارزیابی چرخه حیات (ISO 14044، ۲۰۰۶)

گام اول تعریف هدف و دامنه است که در این مرحله همه مشخصات مطالعه از جمله هدف از مطالعه، تعریف دامنه، مرزهای سیستم، داده‌های کیفی و روند بررسی تعریف می‌شود. گام دوم فهرست‌نویسی چرخه حیات است که شامل جمع‌آوری اطلاعات، مدل‌سازی تولید محصول و تلفیق و تعیین داده‌های خروجی و ورودی در همه فرایند می‌باشد. به این ترتیب برای انجام ارزیابی چرخه‌حیات پسماندهای شهری، به تعریف و اجرای سناریوهای مختلف نیاز است (Haight، ۲۰۰۴). گام سوم تجزیه و تحلیل اثرات چرخه حیات می‌باشد که بر اساس داده‌های فهرست موجود انجام می‌شود. گام چهارم تفسیر نتایج، مهم‌ترین مرحله ارزیابی چرخه حیات می‌باشد. در این مرحله نحوه مدیریت و کاهش اثرات منفی زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی هر یک از مراحل چرخه حیات مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (Adu و Eshu، ۲۰۱۴). مطالعات مختلفی در زمینه مدیریت پسماند شهری با رویکرد LCA انجام شده است. اسکوردیلیس جهت مدیریت پسماند در یک جزیره توریستی به مطالعه معیارهای مختلف مالی و فنی، اجتماعی و زیست محیطی پرداخت که در تجزیه و تحلیل معیارهای زیست محیطی در انواع مختلف مدیریت از رویکرد ارزیابی چرخه حیات استفاده کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که مؤثرترین روش در کاهش بار زیست محیطی و در عین حال کاهش هزینه‌ها، تهیه کمپوست از بخش فسادپذیر پسماند می‌باشد (Skordilis، ۲۰۰۴). مطالعه دیگری در مشهد تحت عنوان ارزیابی محیط زیستی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری انجام پذیرفت که به این منظور، سه سناریو شامل (۱) انتقال مستقیم پسماند؛ (۲) کمپوست کردن؛ و (۳) انتقال غیر مستقیم از راه ایستگاه‌های انتقال در نظر گرفته شد. سیاهه‌نویسی چرخه حیات به کمک مدل IWM[2] صورت پذیرفت. سپس نتایج حاصل از سیاهه‌نویسی به پنج طبقه اثر، شامل مصرف انرژی، گازهای گلخانه‌ای، گازهای اسیدی، مه‌دود فتوشیمیایی و خروجی‌های سمی تخصیص داده شد. از نقطه نظر محیط زیستی، نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد ایستگاه‌های انتقال پسماند در مواردی‌که محل‌دفن و سایر تأسیسات مانند کارخانه بازیافت و کمپوست در فواصل دور از نقاط ثقل تولید قرار می‌گیرند، نقش مهمی در کاهش‌بار آلاینده‌ها و نیز مصرف انرژی ناشی از سامانه مدیریت پسماند دارد (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین، شفیعی و همکاران (۱۳۹۳) با رویکرد ارزیابی چرخه حیات به بررسی مدیریت پسماند در شاهین شهر پرداختند. در این مطالعه با استفاده از مدل IWM[2] فهرست‌نویسی انجام شد و ارزیابی اثرات خروجی هر سناریو از طریق طبقه‌بندی و وزن‌دهی به روش MET [3] انجام گردید و نتایج سناریوها باهم مقایسه شدند. بهترین سناریو از لحاظ زیست‌محیطی، بازیابی مواد قابل بازیافت، کمپوست مواد آلی و استحصال انرژی از مواد باقی‌مانده انتخاب گردید. در سال ۲۰۰۵، Ozeler و همکاران برای مقایسه روش‌های مختلف مدیریت پسماند در آنکارا رویکرد ارزیابی چرخه‌حیات را به کار بردند. در این مطالعه پنج سناریوی مختلف مدیریت پسماند تعریف شد. سپس بار زیست محیطی هر سناریو فهرست‌نویسی و ارائه شد. با مقایسه نتایج به‌دست آمده از فهرست‌نویسی چرخه حیات، گزینه مناسب مدیریتی انتخاب گردید. در این پژوهش گزینه کاهش از مبدأ کمترین اثرات زیست محیطی را داشته و به عنوان بهترین شیوه مدیریتی انتخاب گردید (Ozeler و همکاران، ۲۰۰۵). عبدلی و همکاران نیز با استفاده از ارزیابی چرخه حیات به مقایسه دو سناریو در ارتباط با مدیریت زباله در تهران

1. Life Cycle Assessment

2. Integrated Waste Management
3. Material, Energy and Toxic

پرداختند که سناریوی اول دفن بهداشتی و سناریوی دوم تلفیق کمپوست و دفن بهداشتی است. واحد کار این مطالعه شامل یک تن زباله و فرضیات این مطالعه استفاده از دفن بهداشتی دارای سیستم جمع‌آوری گاز با کارایی ۵۰٪ است. در مرحله ارزیابی اثرات چرخه حیات پنج طبقه اثر زیست‌محیطی شامل تغییرات اقلیمی، اسیدی شدن، اثرات تنفسی، سرطان زایی، زیستی، تخریب لایه ازن و استخراج انرژی مازاد بر مصرف آینده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سناریو تلفیق کمپوست و دفن بهداشتی اثرات زیست محیطی بیشتری در مقایسه با سناریوی دفن بهداشتی دارد (Abduli و همکاران، ۲۰۱۱). هدف از تحقیق حاضر مقایسه سناریوهای مختلف انواع گزینه‌های دفع پسماند شهری در شهر رامسر از لحاظ زیست محیطی و اقتصادی و انتخاب سناریو برتر در بین سناریوهای تعریف شده می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه برای انجام این پژوهش شهر رامسر می‌باشد که با مساحت ۱۸ کیلومتر مربع در غرب استان مازندران قرارگرفته و یکی‌از مناطق برتر کشور در طبیعت گردی محسوب شده وسالانه پذیرای مسافران و گردشگران بسیار زیادی است. با توجه به جمعیت ۴۰۱۰۶ نفری شهر رامسر، میانگین میزان زباله تولیده شده در این شهر، ۴۰ تن در روز می‌باشد که این مقدار در فصول مختلف بسیار متفاوت است و در ایام تعطیل به دلیل حضور گردشگر به بیشترین مقدار خود می‌رسد.

۲-۲- اندازه‌گیری مشخصات کیفی پسماند

نمونه‌برداری مطابق با دستورالعمل‌های معتبر ASTM در دو فصل (شهریور و بهمن ۱۳۹۳) به روش استاندارد انجام شد (ASTM، ۲۰۰۶، ASTM، ۲۰۰۸). خودروهای نمونه‌گیری به‌طور تصادفی در طول هر روز در یک دوره نمونه‌گیری به مدت پنج روز انتخاب شدند. در خصوص‌انتخاب‌تصادفی‌خودروها، برای دوره نمونه‌برداری هفتگی از k روز، تعداد خودروهای نمونه هر روز، تقریباً n/k خواهد بود، که n تعداد کل بارهای خودرو برای تعیین ترکیب پسماند انتخاب می‌شود (Gidarakos و همکاران، ۲۰۰۵) به این ترتیب، محوطه‌ای مسطح و صاف برای تخلیه بار خودرو انتخاب شد سپس توسط لودر با استفاده از شیوه چهار قسمتی، بار خودرو به چهار قسمت به وزن ۹۱- ۱۳۶ کیلوگرم تقسیم و اجزای زباله به روش دستی تفکیک شده و سرانجام توسط یک ترازوی دیجیتال وزن شدند. میانگین ترکیب زباله با استفاده از نتایج حاصل محاسبه گردید. همچنین اندازه‌گیری چگالی مواد زائد جامد شهری، نیز در محل انجام گردید. به این ترتیب که، به صورت تصادفی یک قسمت از چهار قسمت پسماند تفکیکی در جعبه‌ای با ابعاد ۶۰×۶۰×۶۰ سانتی‌متر ریخته شده و وزن آن اندازه‌گیری شد و چگالی طبق معادله (۱) محاسبه گردید (ASTM، ۲۰۰۹):

$$\text{وزن مخصوص} = (W-W_T) / V \quad (۱)$$

که در این رابطه W وزن جعبه پر، W_T وزن جعبه خالی و V حجم ظرف می‌باشد.

۲-۲- ارزیابی چرخه حیات

مراحل انجام ارزیابی چرخه حیات در این تحقیق به شرح زیر است:

۱) تعیین اهداف و دامنه: مقایسه سناریوهایی که در برگیرنده روش‌های مختلف دفع جهت انتخاب بهترین سناریو دفع پسماند می‌باشد. مرزهای مورد مطالعه از جمع‌آوری زباله از درب منزل شروع می‌شود و با دفن زباله در محل دفن پایان می‌پذیرد. مؤلفه‌های شاخص در برآورد بار زیست محیطی، آلودگی آب، آلودگی هوا و انرژی مصرفی و پسماند به‌جامانده است.

۲) جمع‌آوری داده‌ها و مرحله فهرست‌نویسی: ابزار مختلفی جهت فهرست‌نویسی چرخه حیات توسعه یافته است که یکی از این ابزار مدل IWM می‌باشد. مدل IWM یکی‌از مدل‌های ارزیابی چرخه حیات است که با کمک آن می‌توان سناریوهای مختلف را تعریف و سپس آثار زیست محیطی هر سناریو را با هم مقایسه و ارزیابی کرد. این مدل در سال ۱۹۹۶ توسط شورای محیط‌زیست و صنعت پلاستیک و دانشگاه واترلو کانادا، بر پایه ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند شهری طرح‌ریزی و ارائه شده و شامل ۱۲ پنجره برای ورود داده‌هاست که پاسخ به پرسش‌های ارائه‌شده وضعیت سامانه مدیریت مورد بررسی را مشخص می‌کند. با استفاده از داده‌های تعریف شده استاندارد در مدل IWM، می‌توان میزان آلاینده ناشی از هر کدام از سناریوها و نیز انرژی مصرفی در آنها را به دست آورد. مؤلفه‌های مورد ارزیابی در برآورد بار محیط زیستی شامل آلودگی آب، آلودگی هوا، انرژی مصرفی و پسماند به جا مانده می‌باشد (Haight، ۲۰۰۴). داده‌های مورد نیاز برای انجام این پژوهش از مصاحبه با پرسنل بخش مدیریت پسماند شهرداری رامسر و نیز از طریق آنالیز فیزیکی پسماند و تعیین مقدار پسماند تولیدی به‌دست آمده است. در این مرحله داده‌های حاصل از آنالیز فیزیکی و مقدار تولیدی پسماند، همچنین مراحل تفکیک در مبدأ و جمع‌آوری و حمل و نقل و دفع نهایی در هر مرحله، جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در نهایت با استفاده از داده‌های موجود منطقه مورد مطالعه و نیز داده‌های استاندارد در مدل IWM، میزان آلاینده ناشی از هر کدام از سناریوها و انرژی مصرفی در

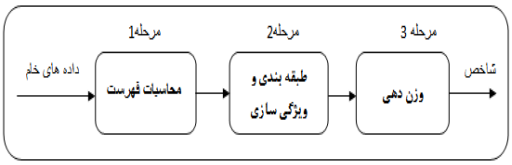
آنها تعیین شد.

۳) ارزیابی اثرات چرخه حیات: ارزیابی اثرات چرخه حیات مرحله‌ای از ارزیابی چرخه‌حیات است که با هدف درک و ارزیابی بزرگی و اهمیت اثرات محیط زیستی بالقوه یک محصول یا خدمات انجام می‌شود. در این مرحله اطلاعات و داده‌های متنوع و زیادی که در مرحله فهرست‌نویسی به دست آمده‌اند، به شاخص‌ها و طبقات کمتری تنزل می‌یابند تا تفسیر این اطلاعات آسان‌تر شود و نتایج روشن‌تری در اختیار تصمیم‌گیران و مدیران قرار گیرد. تقریباً همه روش‌های ارزیابی اثرات زیست محیطی چرخه حیات شامل سه مرحله اساسی می‌باشد (شکل (۲)) که توسط انجمن سم‌شناسی محیط زیست و شیمی تشریح شده است (Boustead و همکاران، ۲۰۰۰).

در مرحله ارزیابی اثرات چرخه حیات نتایج به دست آمده از فهرست‌نویسی به واحدهای فیزیکی تبدیل می‌شوند تا از آن‌ها روش‌های مدیریتی به‌دست آیند. در مرحله دوم طبقه‌بندی بارهای زیست محیطی برآورد شده در مرحله فهرست‌نویسی به یک یا چند طبقه تخصیص داده می شوند. در جدول (۱) طبقات در نظر گرفته و پارامترهای تخصیص داده شده و واحد معادل در هر طبقه ارائه شده است. سپس لازم است که برای تعیین مجموع اثر بار زیست محیطی هر طبقه، پارامترهای تخصیص داده شده در هر طبقه با استفاده از فرمول ویژگی‌سازی محاسبه شوند و شاخص هر طبقه اثر به دست آید. هدف در واقع تخمین تأثیر بالقوه پارامترهای مختلف در اثر و جمع‌بندی مقادیر مختلف در یک عدد می‌باشد. در ارزیابی چرخه حیات فرمول اساسی ویژگی‌سازی و محاسبه شاخص‌های طبقه اثر به صورت معادله (۲) است:

$$Ii=\Sigma Cij*Xj \qquad (۲)$$

که در آن Ii شاخص طبقه اثر و Cij فاکتور ویژگی‌سازی و Xj مقدار ماده j است. به این ترتیب مجموع بار زیست محیطی هر طبقه بر اساس واحد معادل محاسبه خواهد شد.



شکل ۲- سه مرحله ارزیابی اثرات چرخه حیات (Boustead و همکاران، ۲۰۰۰)

فاکتورهای ویژگی‌سازی هریک‌از طبقات در جدول (۲)، ارائه شده است. به این ترتیب، در پایان ویژگی‌سازی برای هر طبقه اثر نمایه‌ای محاسبه می‌شود که نشان‌دهنده مجموع اثر بار زیست‌محیطی ایجاد شده در طبقه یاد شده خواهد بود. در این جدول M_i مقدار سیاهه تولید شده می‌باشد. در پایان پس از محاسبه مجموع اثر بار زیست محیطی هر طبقه، باید اهمیت نسبی هر یک از طبقات را نیز تعیین کنیم تا شاخص های به دست آمده در هر یک از طبقات در وزن نسبی آن طبقه ضرب شود و نمایه‌ها قابل جمع کردن با هم باشند. بنابراین بر اساس وزن‌های نسبی ارائه شده در جدول (۳)، مورد استفاده واقع شدند (Boustead و همکاران، ۲۰۰۰).

به این منظور جهت محاسبه مقدار اثر ناشی از یک سناریو از معادله (۳) استفاده می‌شود.

$$I=\Sigma Ni=1\ W_i I_n \qquad (۳)$$

شاخص به دست آمده معیار کمی برای مقایسه دو سناریو است. هرچه شاخص I کوچکتر باشد بار زیست محیطی سناریو کمتر خواهد بود. که در آن I معیار کمی مقایسه دو سناریو و Wi وزن نسبی طبقات اثر و In شاخص طبقه اثر است. به این ترتیب برای هریک از سناریوها یک نمایه بوم‌شناختی به عنوان معیار کمی برای مقایسه بار محیط زیستی هر یک از سناریو ها در نظر گرفته می‌شود. هر سناریو که امتیاز پایین‌تری کسب کرده باشد بار زیست‌محیطی کمتری دربر دارد.

جدول ۱- پارامترهای تخصیص داده شده و واحد معادل هر طبقه اثر (Ferreira و همکاران، ۲۰۱۲)

واحد معادل	پارامترهای اختصاص داده شده	طبقات اثر
Gj	میزان مصرف انرژی برحسب گیگاژول	مصرف منابع انرژی
KgCO2	CO2- NOX- CH4	گازهای گلخانه ای
KgSO2	NOX- SOX- HCL	گازهای اسیدی
KgC2H4	PM- NOX- VOCS	مه دود فتوشیمیایی
Kg 1-4 DioxinCdBOD	Pb Air, Hg Air, Cd Air, Dioxin Air P bwater, Hg water, Cd water, Dioxin water, BOD	خروجی‌های سمی

جدول ۲- فاکتورهای ویژگی‌سازی طبقات اثر (Tukker و همکاران، ۲۰۰۶)

فاکتور ویژگی‌سازی معادل	پارامترهای فهرست شده	طبقه اثر
۱	CO2	گازهای گلخانه‌ای معادل CO2
۲۱	CH4	
۳۲۰	N2O	
۴۰۰۰	CFC11	
۲	CO	
۱۱۰	TCA	
۱	SOX	گازهای اسیدی معادل SO2
۱/۰۷	NOX	
۰/۸۸	HCL	
۰/۶	VOC	مه‌دود فتو شیمیایی معادل C2H4
۰/۳	CO	
۰/۰۰۷	CH4	
۰/۰۲۸	NOX	
۰/۰۷	PM	
$۴/۷ \times ۱۰^{۲}$	سرب در هوا	خروجی های سمی معادل CO2
۶×۱۰^{۲}	جیوه در هوا	
$۱/۵ \times ۱۰^{۵}$	کادمیوم در هوا	
$۱/۰۵ \times ۱۰^{۲}$	دی اکسین در هوا	
$۱/۲ \times ۱۰^{۱}$	سرب در آب	
$۱/۴ \times ۱۰^{۳}$	جیوه در آب	
$۲/۳ \times ۱۰^{۱}$	کادمیوم در آب	
$۱/۰۸ \times ۱۰^{۱}$	دی اکسین در آب	
$۱/۰۶ \times ۱۰^{۲}$	اکسیژن‌خواهی زیستی	
	$IGGP = \Sigma_i GGPi * M$	

جدول ۳- وزن‌های نسبی طبقات اثر (Boustead و همکاران، ۲۰۰۰)

وزن	طبقه اثر
۰/۸۸	مصرف منابع انرژی
۰/۸۹	گازهای گلخانه‌ای
۰/۴۰	گازهای اسیدی
۰/۲۹	مه‌دود فتوشیمیایی
۰/۱۳	خروجی‌های سمی

۲-۴- آنالیز اقتصادی- زیست‌محیطی با استفاده از شاخص Eco-efficiency

مقایسه سناریوهای مختلف بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی چرخه حیات صرفاً بر مبنای شاخص‌های محیط زیستی می‌باشد.

حال آن که نکته حائز اهمیت در اجرایی شدن یک راهبرد در سیستم‌های مدیریت شهری در نظر گرفتن مسائلی همچون هزینه‌های احداث و وجود فناوری مطمئن در خصوص یک سیستم است. لذا علاوه بر انتخاب بهترین سناریو از لحاظ زیست‌محیطی، لازم است سناریوهای تعریف شده از نظر اقتصادی نیز مورد بررسی قرار گیرند و درنهایت سناریو منتخب با لحاظ نمودن جمیع جهات مشخص گردد. بدین منظور لازم است ابتدا هزینه مربوط به گزینه‌های مختلف دفع پسماند به ازاء مقدار واحد پسماند مشخص شود. از این‌رو با مطالعه منابع مختلف ابتدا هزینه تقریبی هر یک از گزینه‌های دفع پسماند شامل بازیافت، کمپوست، دفن بهداشتی و زباله‌سوز مشخص شد (جدول (۴)) و بر اساس آن هزینه اقتصادی هر یک از سناریوها محاسبه گردید.

جدول ۴- هزینه اقتصادی سناریوها به ازای هر کیلوگرم (WRAP، ۲۰۱۰)

سناریو	هزینه (به ازای هر تن)
دفن بهداشتی	۲۲ £ (۱۰۱۰۰۰۰ ریال)
کمپوست	۲۴ £ (۱۱۰۰۰۰۰ ریال)
بازیافت	۳۳£ (۱۵۲۸۰۰۰ ریال)
دریافت انرژی از زباله	۷۱£ (۳۲۶۰۰۰۰ ریال)

از جمله بهترین ابزار جهت مقایسه هم‌زمان محیط زیستی- اقتصادی سناریوهای مختلف، شاخص Eco-efficincy می‌باشد. بر این اساس ابتدا یکی از سناریوها به عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود. سپس برای تک‌تک سناریوها، درصد تغییرات بار زیست‌محیطی (که از فرایند ارزیابی چرخه حیات محاسبه شده است) و هزینه‌های اقتصادی نسبت به سناریو مرجع مطابق با معادله (۴) محاسبه می‌شود.

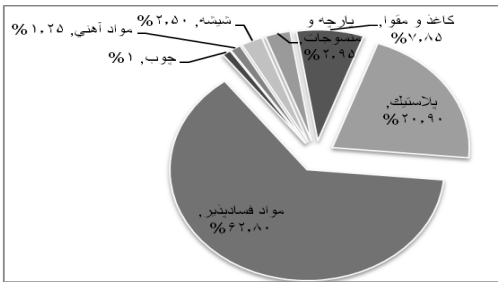
$$V = \frac{CS - BS}{BS} \times 100 \quad (۴)$$

در این رابطه CS سناریو مدنظر، BS سناریو مرجع و V درصد تغیرات می‌باشد. درادامه درصد تغییرات بار محیط زیستی و هزینه اقتصادی برای هر سناریو به عنوان دو بعد یک دستگاه مختصات دکارتی در نظر گرفته شده و موقعیت هر سناریو بر روی این دستگاه مختصات نمایش داده می‌شود. نتایج مثبت نشان‌دهنده وضعیت وخیم‌تر (از دو بُعد اقتصادی و محیط زیستی) سناریوی موردنظر نسبت به سناریوی مرجع بوده و نتایج منفی نیز به‌معنی آن‌است که سناریوی موردنظر نسبت به سناریوی مرجع شرایط بهتری دارد. بدین صورت، سناریوهای مورد بررسی بر اساس تلفیقی از دو شاخص محیط زیستی و اقتصادی با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز کیفی مواد زائد جامد شهرستان رامسر در (شکل (۳)) نشان داده شده است. مواد فسادپذیر حدود ۶۲/۸۰٪، پلاستیک ۲۰/۹۰٪، کاغذ و مقوا ۷/۸۵٪، سهم شیشه حدود ۲/۵۰٪، منسوجات ۲/۹۵٪ ، مواد آهنی ۱/۲۵٪، چوب ۱٪ و چرم ۰/۷۵٪ را تشکیل می‌دهند.

جهت انجام ارزیابی چرخه حیات زباله‌های شهری، نیاز به تعریف سناریو می باشد از این جهت سناریوهای تعریف شده در جدول (۵) ارائه شده است. بنابر این با استفاده از داده‌های موجود در منطقه مورد مطالعه و نیز داده‌های استاندارد و قرارداد موجود در مدل IWM، میزان آلاینده ناشی از هر یک از سناریوها و انرژی مصرفی در آن‌ها محاسبه گردید.



شکل ۳- میانگین اجزاء مواد زائد جامد شهری رامسر

سپس بارهای زیست‌محیطی هر سناریو به پنج طبقه تخصیص داده شد و برای تعیین مجموع اثر بار زیست محیطی هر طبقه پارامترهای تخصیص داده شده در هر طبقه با استفاده از فرمول ویژگی سازی محاسبه شدند و شاخص هر طبقه اثر به دست آمد و در پایان پس از محاسبه مجموع اثر بار زیست محیطی هر طبقه، اهمیت نسبی هر یک از طبقات نیز تعیین گردید تا شاخص‌های به دست آمده در هر یک از طبقات در وزن نسبی آن طبقه ضرب شوند و نمایه‌ها قابل جمع کردن با هم باشند، به این ترتیب وزن‌های نسبی هر طبقه محاسبه شدند و به عنوان شاخص اکولوژیکی برای بار محیط زیستی از سناریوها در نظر گرفته می‌شود. هر سناریو که امتیاز پایین‌تری کسب کرده باشد بار محیط زیستی کمتری در بر دارد. در ادامه نتایج حاصل از سناریوهای هر یک از گزینه‌ها با هم مقایسه و سناریو منتخب برای هر یک از گزینه‌ها انتخاب گردید.

جدول ۵- تعریف سناریوهای ارزیابی چرخه حیات پسماندهای شهری

گزینه‌های دفع	سناریوهای تعریف شده
۱. دفن بهداشتی	۱-۱- کلیه پسماندهای شهری بدون پردازش به محل دفن انتقال یابد (بدون آستر نفوذناپذیر). ۱-۲- کلیه پسماندهای شهری بدون پردازش به محل دفن انتقال یابد (همراه با آستر نفوذناپذیر).
۲. کمپوست و دفن بهداشتی	۲-۱- ۴۰٪ پسماند برای تولید کمپوست و۶۰٪ به محل دفن بهداشتی منتقل گردد. ۲-۲- ۶۰٪ پسماند برای تولید کمپوست و ۴۰٪ به محل دفن بهداشتی منتقل گردد. ۲-۳- ۸۰٪ پسماند برای تولید کمپوست و ۲۰٪ به محل دفن بهداشتی منتقل گردد. ۲-۴- ۲۰٪ پسماند برای تولید کمپوست و ۸۰٪ به محل دفن بهداشتی منتقل گردد.
۳. دفن بهداشتی و بازیافت	۳-۱- ۱۰٪ مواد قابل بازیافت، بازیافت گردیده و باقی‌مانده به محل دفن بهداشتی منتقل گردد. ۳-۲- تمام مواد قابل بازیافت، بازیافت گردیده و باقی‌مانده به محل دفن منتقل گردد.
۴. دفن بهداشتی و بازیافت و کمپوست	۴-۱- ۳۰٪ بازیافت، ۶۰٪ کمپوست و ۱۰٪ دفن بهداشتی ۴-۲- ۱۰٪ بازیافت، ۸۰٪ کمپوست و ۱۰٪ دفن بهداشتی ۴-۳- ۳۰٪ بازیافت، ۱۰٪ کمپوست و ۶۰٪ دفن بهداشتی ۴-۴- ۱۰٪ بازیافت، ۱۰٪ کمپوست و ۸۰٪ دفن بهداشتی ۴-۵- ۳۰٪ بازیافت، ۳۰٪ کمپوست و ۴۰٪ دفن بهداشتی
۵. دفن بهداشتی،کمپوست و بازیابی انرژی	۵-۱- ۷۰٪ دفن بهداشتی و ۳۰٪ بازیابی انرژی. ۵-۲- ۵۰٪ دفن بهداشتی و۲۰٪ بازیابی انرژی و۳۰٪ کمپوست.

جدول ۶- مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از گزینه دفن بهداشتی

سناریو	مصرف منابع انرژی Gj	گازهای گلخانه‌ای Kg CO2	گازهای اسیدی Kg SO2	مه‌دود فتوشیمیایی Kg C2H4	خروجی‌های سمی Kg DCB	شاخص
۱- دفن بهداشتی بدون آستر نفوذناپذیر	۷۷۶۰	۶۹۲	۶/۲۸۳۲	۱/۴۵۷۴	۲۹۱۸۱/۶۶	۱۱۲۴۱/۲
۲- دفن بهداشتی با آستر نفوذناپذیر	۷۷۶۰	۶۹۲	۶/۲۸۳۲	۱/۴۵۷۴	۱۱۹۰۱/۵۴	۸۹۹۴/۸

جدول ۷- مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از گزینه کمپوست و دفن بهداشتی

سناریو	مصرف منابع انرژی Gj	گازهای گلخانه‌ای KgCO2	گازهای اسیدی KgSO2	مه‌دود فتوشیمیایی KgC2H4	خروجی‌های سمی Kg DCB	شاخص
۱- کمپوست ۴۰٪، دفن بهداشتی ۶۰٪	۷۷۶۲	۶۷۱	۶/۲۹۳۲	۱/۴۵۷۴	۵۵۰۱/۵۴	۸۱۴۵/۹
۲- کمپوست ۶۰٪، دفن بهداشتی ۴۰٪	۷۷۶۳	۶۷۱	۶/۲۹۳۲	۱/۴۵۷۴	۱۳۵۰۱/۵۴	۸۶۹۱/۸
۳- کمپوست ۸۰٪، دفن بهداشتی ۲۰٪	۷۷۶۴	۶۹۲	۶/۲۹۳۲	۱/۴۵۷۴	۲۳۹۰۱/۵۴	۱۰۵۵۸/۳
۴- کمپوست ۲۰٪، دفن بهداشتی ۸۰٪	۷۷۶۵	۶۵۰	۶/۲۹۳۲	۱/۴۵۷۴	۸۲۲۱/۵۴	۸۴۸۳/۴

جدول ۸- مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از گزینه دفن بهداشتی و بازیافت

سناریو	مصرف منابع انرژی Gj	گازهای گلخانه‌ای Kg CO2	گازهای اسیدی Kg SO2	مه‌دود فتوشیمیایی Kg C2H4	خروجی‌های سمی Kg DCB	شاخص
۱- بازیافت ۱۰٪، دفن بهداشتی ۹۰٪	۹/۰۵۵	۷۸۳	۷/۳۳۹۲	۱/۶۶۶۸	۲۲۳۰۱/۵۵	۱۱۵۶۸
۲- بازیافت ۳۰٪، دفن بهداشتی ۷۰٪	۹/۰۵۵	۸۰۳	۷/۳۳۹۲	۱/۶۶۶۸	۲۲۷۸۱/۷۸	۱۱۶۴۸

جدول ۹- مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از گزینه کمپوست و دفن بهداشتی و بازیافت

سناریو	مصرف منابع انرژی Gj	گازهای گلخانه‌ای Kg CO2	گازهای اسیدی Kg SO2	مه‌دود فتوشیمیایی Kg C2H4	خروجی‌های سمی Kg DCB	شاخص
۱- بازیافت ۳۰٪، کمپوست ۶۰٪، دفن بهداشتی ۱۰٪	۹/۵۸	۷۶۲	۷/۳۴۹۲	۱/۶۶۶۸	۶۶۲۱/۴	۹۵۱۳/۴
۲- بازیافت ۱۰٪، کمپوست ۸۰٪، دفن بهداشتی ۱۰٪	۱۳۰۲	۹۱	۱/۰۵۶	۰/۲۰۹۴	۱۶۰/۲۴	۱۲۴۸
۳- بازیافت ۳۰٪، کمپوست ۱۰٪، دفن بهداشتی ۶۰٪	۹۰۵۶	۸۰۳	۷/۳۳۹۲	۱/۶۶۶۸	۱۹۷۴۱/۷۸	۱۱۲۵۳/۸
۴- بازیافت ۱۰٪، کمپوست ۱۰٪، دفن بهداشتی ۸۰٪	۹۰۵۶	۸۰۳	۷/۳۳۹۲	۱/۶۶۶۸	۲۰۰۶۱/۷۸	۱۱۲۹۵/۴
۵- بازیافت ۳۰٪، کمپوست ۳۰٪، دفن بهداشتی ۴۰٪	۹۰۵۷	۷۸۳	۷/۳۳۹۲	۱/۶۶۶۸	۱۴۴۶۱/۷۸	۱۱۹۸۰/۷

جدول ۱۰- مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از گزینه دفن بهداشتی و بازیابی انرژی

سناریو	مصرف منابع انرژی Gj	گازهای گلخانه‌ای Kg CO2	گازهای اسیدی Kg SO2	مه‌دود فتوشیمیایی Kg C2H4	خروجی‌های سمی Kg DCB	شاخص
۱- دفن بهداشتی ۷۰٪، بازیابی انرژی ۳۰٪	۷۷۳۱	۶۷۳	۶/۳۰۳۹	۱/۴۵۷۴	۲۰۸۶۱/۵۴	۱۰۱۱۷
۲- دفن بهداشتی ۵۰٪، بازیابی انرژی ۲۰٪، کمپوست ۳۰٪	۷۷۳۸	۶۷۳	۶/۳۰۳۹	۱/۴۵۷۴	۱۵۹۰۱/۵۴	۹۴۷۸/۵

با مقایسه اعداد سناریوها در گزینه دفن بهداشتی (جدول (۶)) می‌توان دریافت، سناریو دوم خروجی های سمی کمتری نسبت به سناریو اول دارد. شاخص اکولوژیکی سناریو اول بیشتر از سناریو دوم می‌باشد. هر چقدر میزان شاخص اکولوژیکی کمتر، بار زیست محیطی کمتر خواهد بود لذا شاخص اکولوژیکی سناریو دوم کمتر از سناریو اول است و بار زیست‌محیطی آن نیز کمتر می‌باشد و به عنوان سناریو منتخب در این گزینه انتخاب می‌شود.

با مقایسه اعداد جدول (۷) می‌توان دریافت، کمترین میزان مصرف انرژی و خروجی های سمی در سناریو اول و کمترین تولید گازهای گلخانه ای در سناریو چهارم می‌باشد. به این ترتیب شاخص اکولوژیکی سناریوی اول کمتر از سناریوهای دیگر بوده و

لذا بار زیست‌محیطی آن نیز کمتر می‌باشد. از این‌رو سناریو اول (۴۰٪ کمپوست و ۶۰٪ دفن بهداشتی) به عنوان سناریو منتخب در این گزینه انتخاب می‌شود.

همچنین با مقایسه اعداد (جدول (۸)) می‌توان دریافت، تولید گازهای گلخانه‌ای و خروجی‌های سمی سناریو اول کمتر از سناریو دوم می‌باشد. بنابر این شاخص اکولوژیکی سناریو اول کمتر و بار زیست محیطی آن نیز کمتر می باشد. لذا سناریو اول (۱۰٪ بازیافت و باقی‌مانده دفن بهداشتی) به عنوان سناریو برتر در این گزینه انتخاب می‌شود.

با مقایسه اعداد (جدول (۹)) می‌توان دریافت، بیشترین میزان مصرف انرژی سناریو اول و بیشترین خروجی‌های سمی سناریو چهارم می باشد، شاخص اکولوژیکی سناریو پنجم بیشتر و بار زیست‌محیطی آن نیز از همه بیشتر است. اما سناریو دوم (۱۰٪ بازیافت، ۸۰٪ کمپوست و ۱۰٪ دفن بهداشتی) شاخص اکولوژیکی کمتر بنابر این بار زیست محیطی آن نیز کم می‌باشد و به عنوان سناریو برتر در این گزینه انتخاب می‌شود.

با مقایسه اعداد (جدول (۱۰)) می‌توان دریافت خروجی‌های سمی سناریو اول بیشتر از سناریو دوم و میزان مصرف انرژی سناریو اول کمتر از سناریو دوم بوده و شاخص اکولوژیکی سناریو دوم (۵۰٪ دفن بهداشتی و ۲۰٪ بازیابی انرژی و ۳۰٪ کمپوست) کمتر از سناریو اول است. لذا بار زیست محیطی آن نیز کمتر بوده و به عنوان سناریوی منتخب این گزینه انتخاب می‌گردد. با مشخص شدن سناریوهای منتخب در هر گزینه، مقایسه سناریوهای منتخب در گزینه‌های مختلف در قالب جدول (۱۱) انجام شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که سناریو بازیافت۱۰٪، کمپوست۸۰٪، دفن بهداشتی ۱۰٪ دارای بار زیست‌محیطی کمتری نسبت به سناریوهای دیگر بوده و در نتیجه بهترین گزینه دفع از لحاظ زیست‌محیطی می‌باشد. همچنین به منظور ارزیابی توأمان اقتصادی- زیست‌محیطی با استفاده از شاخص Eco-efficiency، گزینه دفن بهداشتی با آستر نفوذناپذیر به‌عنوان گزینه مرجع در نظر گرفته شده و درصد تغییرات بار محیط زیستی سایر گزینه‌ها نسبت به آن محاسبه شده است.

بررسی اقتصادی سناریوهای منتخب در گزینه‌های مختلف برای دفع پسماند تولیدی در شهر رامسر طی یک سال، در جدول (۱۲) نشان داده شده است. بی‌شک گران‌ترین سناریو بازیابی انرژی و ارزان‌ترین سناریو، دفن بهداشتی می‌باشد. همچنین با در نظر گرفتن سناریو دفن بهداشتی به عنوان سناریو مرجع و با استفاده از معادله (۴)، درصد تغییرات هزینه‌های اقتصادی نسبت به این سناریو محاسبه شده است.

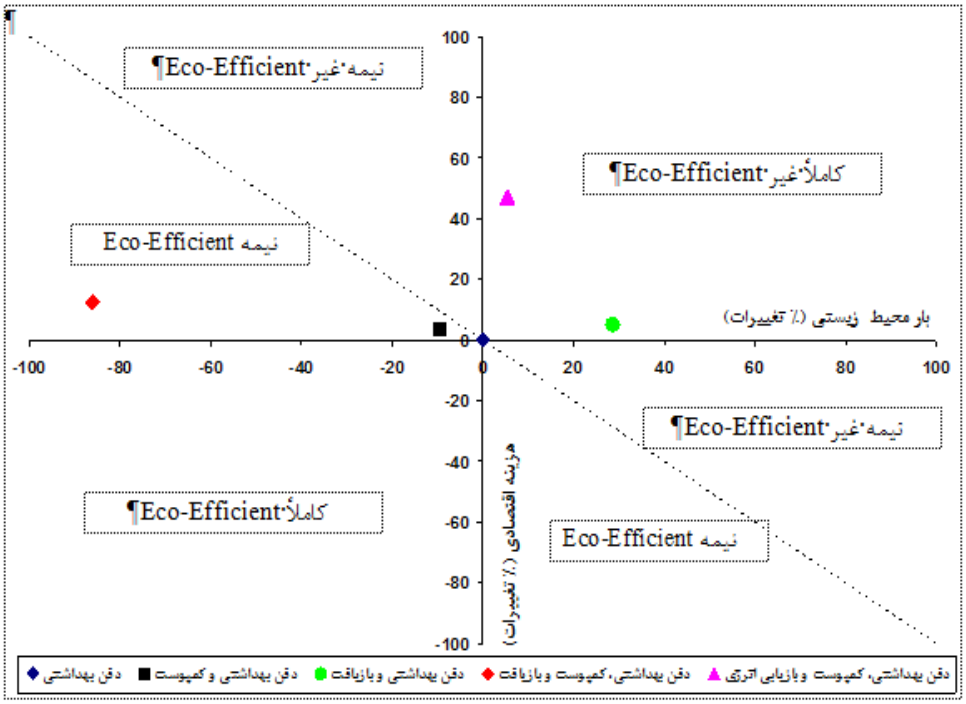
در شکل (۳) موقعیت گزینه‌های مختلف بر روی دستگاه مختصات Eco-efficiency نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود از دیدگاه اقتصادی تمامی گزینه‌های نسبت به گزینه دفن بهداشتی گران‌تر بوده و لذا در نیمه بالایی دستگاه مختصات واقع شده‌اند. حال آنکه از نظر زیست‌محیطی گزینه ۶۰٪ دفن بهداشتی و ۴۰٪ کمپوست و همچنین ۸۰ درصد کمپوست، ۱۰٪ بازیافت و ۱۰ درصد دفن بهداشتی وضعیت بهتری نسبت به گزینه مرجع داشته و در قسمت منفی دستگاه مختصات قرار دارند.

جدول ۱۱- مقایسه سناریوهای منتخب از دیدگاه محیط زیستی و تعیین درصد تغییرات نسبت به سناریو مرجع

سناریو	مصرف منابع انرژی Gj	گازهای گلخانه‌ای Kg CO2	گازهای اسیدی Kg SO2	مه‌دود فتوشیمیایی Kg C2H4	خروجی‌های سمی Kg DCB	شاخص	تغییرات (درصد)
دفن بهداشتی با آستر نفوذناپذیر (گزینه مرجع)	۷۷۶۰	۶۹۲	۶/۲۸۳۲	۱/۴۵۷۴	۱۱۹۰۱/۵۴	۸۹۹۴/۸	۰
۶۰٪ دفن بهداشتی و ۴۰٪ کمپوست	۷۷۶۲	۶۷۱	۶/۲۹۳۲	۱/۴۵۷۴	۵۵۰۱/۵۴	۸۱۴۵/۹	-۹/۵
۹۰٪ دفن بهداشتی و ۱۰٪ بازیافت	۹/۰۵۵	۷۸۳	۷/۳۳۹۲	۱/۶۶۶۸	۲۲۳۰۱/۵۵	۱۱۵۶۸	۲۸/۶
۸۰٪ کمپوست و ۱۰٪ بازیافت و دفن بهداشتی ۱۰٪	۱۳۰۲	۹۱	۱/۰۵۶	۰/۲۰۹۴	۱۶۰/۲۴	۱۲۴۸	-۸۶/۱
۵۰٪ دفن بهداشتی و ۳۰٪ کمپوست و ۲۰٪ بازیابی انرژی	۷۷۳۸	۶۷۳	۶.۳۰۳۹	۱/۴۵۷۴	۱۵۹۰۱/۵۴	۹۴۷۸/۵	۵/۴

جدول ۱۲- مقایسه هزینه اقتصادی سناریوهای برتر و تعیین درصد تغییرات نسبت به سناریو مرجع

سناریو	هزینه در روز (ریال)	هزینه در سال (ریال)	میزان تغییرات نسبت به سناریو مرجع (درصد)
دفن بهداشتی با آستر نفوذناپذیر (سناریوی مرجع)	۴۰۴۰۰۰۰۰	۱۴۷۴۶ ×۱۰^{۶}	۰
۶۰٪ دفن بهداشتی و ۴۰٪ کمپوست	۴۱۸۴۰۰۰۰	۱۵۲۷۱۶ ×۱۰^{۵}	۳/۶
۹۰٪ دفن بهداشتی و ۱۰٪ بازیافت	۴۲۴۷۲۰۰۰	۱۵۵۰۲۲۸ ×۱۰^{۴}	۵/۱
۸۰٪ کمپوست و ۱۰٪ بازیافت و دفن بهداشتی ۱۰٪	۴۵۳۵۲۰۰۰	۱۶۵۵۳۴۸ ×۱۰^{۴}	۱۲/۳
۵۰٪ دفن بهداشتی و ۳۰٪ کمپوست و ۲۰٪ بازیابی انرژی	۵۹۴۸۰۰۰۰	۲۱۷۱۰۲ ×۱۰^{۵}	۴۷/۲



شکل ۳- موقعیت گزینه‌های منتخب در دستگاه مختصات Eco-Efficiency و مقایسه گزینه‌ها از دیدگاه اقتصادی و محیط‌زیستی

در نهایت همان‌گونه که در شکل مشخص است دو گزینه ۹۰٪ دفن بهداشتی و ۱۰٪ بازیافت و همچنین گزینه بازیابی انرژی از پسماند در ناحیه‌ای قرار دارند که نسبت به دفن بهداشتی در شرایط کاملاً غیر Eco-efficient بوده و از این نظر مناسب نمی‌باشند. از طرفی از آنجا که دفن بهداشتی ارزان‌ترین گزینه می‌باشد، لذا هیچ گزینه‌ای بصورت کاملاً Eco-efficient وجود ندارد. با این وجود دو گزینه ۶۰٪ دفن بهداشتی و ۴۰ درصد کمپوست و گزینه ۸۰٪ کمپوست، ۱۰٪ بازیافت و ۱۰٪ دفن بهداشتی نسبت به دفن بهداشتی در شرایط نیمه Eco-efficient قرار داشته و لذا در اولویت بالاتری قرار دارند.

۴- نتیجه‌گیری

هدف از مدیریت یکپارچه مواد زائد (IWM)، مدیریت پسماند به‌شکلی است که اهداف توسعه پایدار را دنبال نماید، به‌گونه‌ای‌که تعادل بین آثار محیط زیستی و اقتصادی ایجاد گردد و از نظر اجتماع نیز قابل قبول باشد. برای ارزیابی توسعه پایدار، به ابزارهایی که می‌تواند بارهای زیست محیطی و هزینه-های هر سیستم را پیش‌بینی کند نیاز است. لذا در این مطالعه از رویکرد ارزیابی چرخه حیات به عنوان ابزار تصمیم‌گیری جهت انتخاب گزینه مناسب دفع پسماند شهری رامسر استفاده گردید. بدین منظور ۱۵ سناریوی مختلف جهت انتخاب روش نهایی دفع پسماند شهر رامسر در نظر گرفته شده و از نرم‌افزار IWM جهت محاسبه بار زیست‌محیطی گزینه‌های مختلف و از شاخص Eco-efficiency جهت ارزیابی هم‌زمان آثار اقتصادی و محیط‌زیستی گزینه‌های منتخب استفاده شده است. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می‌دهد سهم بالای درصد مواد فسادپذیر در ترکیب پسماند تولیدی در شهر رامسر باعث شده است که نقش استفاده از روش کمپوست کاملاً چشمگیر باشد. از طرفی دفن بهداشتی به‌عنوان یک روش غیر قابل حذف در تمامی گزینه‌ها وجود داشته و صرفاً سهم آن متغیر است. بر اساس نتایج به دست آمده دو گزینه شامل:

الف) ۶۰٪ دفن بهداشتی و ۴۰٪ کمپوست؛

ب) ۸۰٪ کمپوست، ۱۰٪ بازیافت و ۱۰٪ دفن بهداشتی از هر دو دیدگاه اقتصادی و زیست‌محیطی نسبت به سایر گزینه‌ها دارای اولویت بیشتری جهت دفع پسماند شهری رامسر می‌باشد. از آنجا که گزینه ۶۰٪ دفن بهداشتی و ۴۰٪ کمپوست دارای هزینه‌های سرمایه‌گذاری و راهبری کمتری نسبت به گزینه منتخب دیگر است، لذا با توجه به شرایط فعلی شهرداری‌ها و مشکلات تامین بودجه، پیشنهاد می‌شود این گزینه در کوتاه-مدت (پنج سال آتی) مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه با پیشرفت برنامه‌های تفکیک از مبداء می‌توان سهم دفن بهداشتی را کاهش داده و در یک بازه ده ساله، گزینه منتخب بعدی را که شامل ۸۰٪ کمپوست، ۱۰٪ بازیافت و ۱۰٪ دفن بهداشتی است، اجرایی نمود.

۵- مراجع

دهقانی‌کاظمی و، جعفری ح، یگانه‌کیا ز، صالحی ا، "بهبود سیستم مدیریت پسماند شهر تهران با تأکید بر دفع نهایی"، مدیریت شهری، ۱۳۹۱، شماره ۳۲، ۱۵۳-۱۶۲.

رفیعی ر، ماهینی ع س، خراسانی ن، " ارزیابی محیط زیستی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری (مطالعه موردی: شهر مشهد)"، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳۸۸، جلد شانزدهم. ویژه نامه دوم.

شفیعی ا، جعفرزاده حقیقت‌فرد ن، تقوی ل، عمرانی ق، محمد شفیعی م، "ارزیابی چرخه حیات پسماند شهری با استفاده از نرم‌افزار IWM و تحلیل اثرات با استفاده از روش MET (مطالعه موردی شاهین‌شهر)"، اولین همایش ملی ارزیابی، مدیریت و آماش محیط زیستی در ایران، ۱۳۹۳.

Abduli MA, Naqhib A, Yonesi M, Akbari A, “Life cycle assessment (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: landfill and composting plus landfill”, Environ mental monitoring and Assessment, 2011, 178 (1-4), 487-98.

Adu GA, Eshu JF, “Life Cycle Assessment for Environmental Product Declaration of Tropical African Mahogany (Khaya) Lumber Produced in Ghana”, International Tropical Timber Organisation (ITTO), 2014.

Agwu, MO, “Issues and challenges of solid waste management practices in Port Harcourt city, Nigeria", Am. Journal of Management and Social Sciences, 2012, 3.2.83-92.

ASTM D4687–95, “American standard guide for general planning of waste sampling”, 2006.

ASTM D5231–92, “American standard test method for determination of the composition of unprocessed municipal solid waste", 2008.

ASTM E1109-86, “Standard Test Method for Determining the Bulk Density of Solid Waste Fractions”, 2009.

Boustead I, Chaffee C, Dove WT, Yaros RB “Eco-Indices: What can they tell us?” Boustead Consulting, 2000, 53-58.

Ferreira S, Cabral M, Cruz N, Simões P, Marques RC, “Life cycle assessment of waste management operation”, International EIMPack Congress, 2012.

Gidarakos E, Havas G, Ntzamilis P, “Municipal solid waste composi tion determiation supporting the integrated solid waste management system in the Island of Crete”, Waste management, 2005, 26(6), 668-679.

Haight M, “Integrated Solid Waste Management Model (Technical Report)”, School of Planning, University of waterloo, 2004. ISO 14044, “Environmental Management–Life Cycle Assessment Requirements and guidelines”, TC/SC: ISO/TC 207/SC 5, 2006, 46-57.

Liamsanguan C, Gheewala SH, “LCA: A Decision Support Tool for Environmental Assesment of MSW management Systems”, Journal of Environmental Management, 2007, 87(1), 132-138.

Ozeler D, Yetis U, Demirer GN, “Life cycle assessment of MSW management methods: Ankara case study”, Environment International, 2005, 32(3), 405-411.

Sharholy M Ahmad K, Mahmood G, Trivedi RC, “Municipal solid waste manage-ment in Indian cities, A review”, Waste Management, 2008, 28: 459-467.

Skordilis A, “Modeling of integrated solid waste management systems in an Island”, Resources, Conservation and Recycling, 2004. 41, 243-254.

Tchobanoglous G, Kreit f, “Hand-book of solid waste management”, second edition. 2002, DOI: 10.1036/0071356231.

Tukker A, Huppes G, Guinée J, Heijungs R, Koning A, Oers LV, Suh S, “Environmental Impact of Producys (EIPRO)”, Report EUR 22284 EN., Enviro-nmental Impact of Products (EIPRO), 2006.

WRAP Gate Fees Report., “Comparing the cost of alternative waste treatment options”, Summary information on gate fees: 2010. www.wrap.org.uk/marketknowledge.

University of Tabriz

Journal of Civil and Environmental Engineering
Volume 47 (2017), Issue 2 (Summer), 29-38

EXTENDED ABSTRACT

Investigation of Different Alternatives on Municipal Solid Waste Disposal by Using Life Cycle Assessment(LCA) Approach (Case Study: Ramsar)

Maryam Shahnazary [a], Mehdi Jalili Ghazizadeh*[,b], Afsaneh Shahbazi [b]

[a] *Environmental Pollutants, Environmental Sciences Research Institute,, University of Shahid beheshti, Tehran*
[b] *Department of Environmental Technologies, Environmental Sciences Research Institute, University of Shahid beheshti, Tehran*

Received: 04 June 2016; **Accepted:** 28 January 2017

Keywords:
Fatigue, Stress concentration factor (SCF), Tubular KT-joint, Internal ring-stiffener, Parametric equation

1. Introduction

Solid Waste is one of the unavoidable products of every society that necessitates the establishment of municipal solid waste management (MSWM) system. One of the most important parts that could play an important role in promoting municipal waste management system is waste disposal method. Selecting appropriate waste disposal method is a complicated and multi criteria issue that should be considered regarding environmental, social, economic and technological aspects (ASTM, 2006). The aim of this study was to compare different scenarios of municipal solid waste disposal options in terms of environmental and economic and select the best scenario using Life Cycle Assessment (LCA) approach. In accordance with the ISO standard ISO- 14044 (2006), an LCA consists of four interrelated phases (Fig. 1) (ISO 14044, 2006), and are presented as follows:

Goal definition and scoping. inventory analysis whereby the resources consumed and pollutants released over the defined life cycle of a product or service are inventoried. 3-impact analysis whereby the inventoried parameters are aggregated to produce an overall indication of environmental impact; and interpretation analysis, whereby the significance and relevance of results of the inventory and/or impact analysis are used to improve the environmental performance of the system.

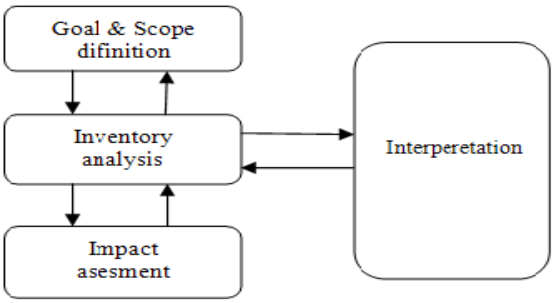


Fig. 1. The phases of an LCA according to ISO 14044 (2006)

* Corresponding Author
E-mail addresses: m_shnazaree@yahoo.com (Maryam Shahnazary), jalili1981@gmail.com (Mehdi Jalili Ghazizadeh), a.shahbazy@gmail.com (Afsaneh Shahbazi).

2. Methodology

Waste sampling was performed according to Standard Test Methods ASTM D5231–92 (ASTM, 2008), ASTM D4687– 95 (ASTM, 2001) and ASTM D6009-12 (ASTM, 2009). Stages of life cycle assessment in this study are as follows:

a) goal definition and scoping: Compare scenarios for selecting the best-case scenario is waste disposal. Components of the burden of environmental assessment, water pollution, air pollution and energy consumption and waste has left. For this purpose, 15 defferent scenarios were considered

b) data collection and Inventory stage: The Life Cycle Inventory (LCI) was accomplished using Integrated Waste Management (IWM) model.

c) The life cycle impact assessment: In general, this taxonomy is consistent with that identified by the International Organization for Standardization (ISO) for conducting the life cycle inventory and life cycle impact assessment phases of a complete LCA:

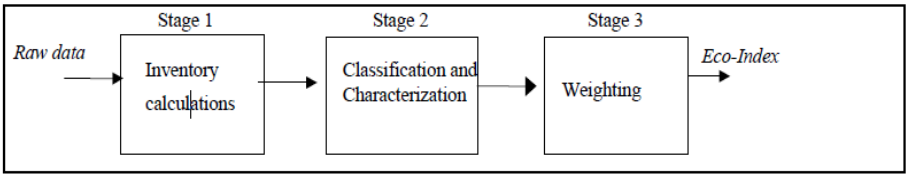


Fig. 2. Three stages of the life cycle impact assessment (Boustead et al., 2000)

- Inventory compiling a list of relevant inputs and outputs of a system.
- The classification and characterization stages, where the inventory data are grouped together and summed in an appropriate manner so that each of the grouped data sets describes some environmental facet of the system.
- These grouped data sets are multiplied by some weighting factor and summed to give an overall index or limited set of indices. So based on modeling MET, the relative weight of each category are calculated (Boustead et al., 2000).

3. Results and Discussion

Results of the model were allocated to five categories consisting of energy consumption, greenhouse gases, acid gases, photochemical gases and toxic emissions. In every category, the ecological index as a quantitative measure to compare scenarios was calculated and finally the economic assessment of each scenario was conducted.

4. Conclusion

Using option including 60% landfills and 40% compost was selected as a short time preferred choice of municipal waste disposal in Ramsar regarding both environmental and economic aspects. Also integration of compost, landfill and recycling (by ratio 80%, 10% and 10% respectively) was considered as a long time plan for municipal solid waste disposal in Ramsar city.

5. References

ASTM D4687–95, "American standard guide for general planning of waste sampling", 2006.

ASTM D5231–92, "American standard test method for determination of the composition of unprocessed municipal solid waste", 2008.

ASTM E1109-86, "Standard Test Method for Determining the Bulk Density of Solid Waste Fractions", 2009.

Boustead, I., Chaffee, C., Dove, W.T., Yaros, R.B. "Eco-Indices: What can they tell us? Boustead Consulting", 2000, 53p.

ISO 14044," Environmental Management– Life Cycle Assessment Requirements and guidelines", TC/SC: ISO/TC 207/SC 5, 2006, P: 46.