مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۵۳۳ تا ۵۵۲

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

تدوین نرم افزار پشتیبان تصمیم‌گیری برای سامانه مدیریت پسماند شهری در ایران با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی

زینب موسی نیا[۱]، سیدحسن موسوی[۲]، فرزانه میرزابیاتی[۱]، رضا رفیعی[۱,*]

۱- گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- کارشناس مسئول و دبیر کارگروه محیط‌زیست و خدمات شهری، مرکز پژوهش شورای شهر کرج، کرج، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰/۰۹/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری، ارزیابی چرخه زندگی، مدیریت پسماند شهری، مدلسازی، کرج

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
rrafiee@ut.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: برای اینکه برنامه جامع مدیریت پسماند در یک شهر تهیه شود نیاز است که جوانب مختلف شامل شرایط اجتماعی منطقه موردمطالعه، بار محیط زیستی و امکان‌پذیری اقتصادی سناریوهای مدیریت پسماند برای منطقه، موردبررسی قرار گیرد. رویکرد ارزیابی چرخه زندگی یکی از مهمترین روش‌های بررسی سناریوهای مدیریت پسماند است. هدف از این پژوهش ایجاد اولین نرم افزار ایرانی جهت سیاهه نویسی چرخه زندگی سامانه مدیریت پسماند بود.

روش بررسی: این پژوهش با استفاده از ارزیابی چرخه زندگی و با هدف ایجاد یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت پسماند پایه‌گذاری شد. برای این منظور با تکیه بر پایگاه‌های داده داخلی و خارجی، مدل مدیریت یکپارچه پسماند ایران (IrIWM) توسعه داده شد. به‌منظور سادگی کاربرد مدل توسط طیف وسیعی از کاربران، این نرم افزار به‌صورت بصری و در اکسل طراحی شد. جهت آزمون مدل نیز سه سناریو برای شهر کرج موردبررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: IrIWM اولین تلاش برای خودکار نمودن تامین اطلاعات برای فرایند تصمیم‌گیری در مدیریت پسماند شهری در ایران است. نرم افزار این امکان را به کاربر می‌دهد تا به آسانی مجموعه گسترده‌ای از سناریوها را اجرا و شبیه‌سازی کند. شبیه‌سازی اصلی سناریوها و محاسبات سیاهه بر عهده نرم افزار بوده و کاربر تنها موظف به واردسازی داده‌هایی جزئی است. بررسی سناریوی وضع موجود کرج نشان داد که مهمترین منشأ آلاینده‌ها از سامانه مدیریت پسماند این شهر ناشی از مصرف بسیار بالای سوخت ماشین‌آلات جمع‌آوری بوده که عمدتا به دلیل بهینه نبودن سامانه جمع‌آوری پسماند است.

نتیجه‌گیری: این ابزار به کاربران این امکان را می‌دهد که در کنار سادگی اجرای مدل، اطلاعات و بررسی‌های دقیقی از سامانه مدیریت پسماند داشته باشند تا تجزیه و تحلیلی صحیح‌تر برای سناریوهای مختلف انجام دهند.

Please cite this article as: Mousania Z, Mousavi SH, Mirza Bayati F, Rafiee R. Development of decision support tool for municipal solid waste management system in Iran based on life cycle assessment approach. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(3):533-52.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

مقدمه

تا قبل از سال ۱۹۵۰ میلادی پسماندهای شهری عموما به‌صورت روباز دفع می‌شدند؛ اما از قرن بیستم مدیریت این نوع پسماندها به‌طور چشمگیری پیشرفت کرده است (۱). مدیریت جامع پسماند در واقع سیستمی شامل انواع تکنیک‌ها، فناوری‌ها و برنامه‌های مدیریتی است که در راستای دستیابی به اهداف خاص مدیریت پسماند عمل می‌کند (۲). ایجاد چنین سامانه‌ای نیازمند جمع‌آوری اطلاعات در زمینه ترکیب پسماند، پیشرفت از دفن کنترل نشده (روباز) تا استفاده از لندفیل‌های بهداشتی، تفکیک پسماندهای شهری و به‌کارگیری دستگاه‌های مربوطه در جمع‌آوری مواد قابل بازیافت است (۳).

لازمه این سیستم برنامه‌ای است که تمامی جنبه‌های بهداشتی، اقتصادی و اجتماعی و محیط زیستی منطقه را در نظر بگیرد (۴، ۵). این مسئله لزوم ارزیابی همه‌جانبه سیستم مدیریت جامع پسماند را نشان می‌دهد. از این‌رو بایستی تمامی فرایندهای مربوطه لحاظ شده و کمی سازی شوند که این امر به‌عنوان سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری شناخته می‌شود. ارزیابی چرخه زندگی (Life Cycle Assessment) یکی از روش‌های جامع و کمی برای ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریت پسماند است که در آن گام‌های اجرایی یک سناریو به‌طور کامل تعیین شده و آلاینده‌های مختلف ناشی از اجرای برنامه اتخاذ شده، به‌طور کمی سیاهه نویسی می‌شود (۶-۹). با این‌حال به دلیل زمان‌بر و دشوار بودن این روش، کارشناسان و تصمیم گیران این حوزه از اجرای آن سر باز می‌زنند. این مسئله خود نشان‌دهنده لزوم وجود یک ابزار قدرتمند جهت شبیه‌سازی سناریوهای مختلف در طول چرخه‌ی زندگی پسماند است.

در سال‌های اخیر مدل‌های زیادی در سراسر جهان در زمینه ارزیابی چرخه زندگی توسعه داده شده است که در این بین می‌توان به مدل‌های ORWARE (۱۰، ۱۱)، IWM-2 (۱۲)، WARM (۱۳)، ISWM DST (۱۴)، IWM (۱۵)، و مدل WASTED (۱۶) اشاره کرد. به‌عنوان مثال مدل WASTED جنبه‌های مدیریتی سامانه مدیریت پسماند شهری را از مرحله جمع‌آوری پسماند تا مراحل نهایی مانند دفع در لندفیل یا سایر روش‌های پردازش را موردبررسی قرار می‌دهد. برای ردیابی مسیرهایی که جریان‌های مختلف اتلاف شده را دنبال می‌کنند، این مدل متکی بر تحلیل جریان مواد است. تجزیه و تحلیل جریان مواد یک ابزار تحلیلی است که از زمان ورود مواد مختلف از طریق فرایندهای متنوع تا زمانی که از مرزهای سیستم خارج می‌شوند موردبررسی قرار می‌دهد. در ایران نیز برخی پژوهشگران به مطالعه در زمینه ارزیابی چرخه زندگی محیط‌زیستی پسماند پرداخته‌اند (۱۷-۲۴). Nikkhah و همکاران (۱۷) در سال ۲۰۱۸ از مدلسازی انتشار گازهای دفن زباله هیبریدی و ارزیابی چرخه زندگی برای تعیین دوره مناسب برای نصب پروژه بازیافت بیوگاز از لندفیل سراوان به‌منظور جذب متان و کاهش گرمایش جهانی استفاده کردند. همچنین Daryabeigi Zand و همکاران (۲۵) در سال ۲۰۲۱ به کمک مدل IWM-2 به ارزیابی اثرات محیط‌زیستی سناریوهای مختلف سامانه مدیریت پسماند در شهر چالوس پرداختند. نتایج حاصل سناریوی ۶۰ درصد کمپوست، ۳۰ درصد بازیافت و ۱۰ درصد دفن بهداشتی با شاخص اکولوژیکی E+۰۵ ۲/۰۰- را به‌عنوان بهترین سناریوی مدیریت پسماند در این شهر معرفی کرده است. با این وجود تاکنون سیاهه نویسی و ارزیابی محیط‌زیستی چرخه زندگی این پسماندها در ایران به‌صورت یک الگو و مدل ارائه نشده است و تنها به استفاده از مدل‌های غیربومی بسنده شده، به‌طوری‌که توسعه مدلی آسان برای کاربرد ارزیابی چرخه زندگی در مدیریت پسماند مغفول مانده است.

به‌این‌ترتیب، با توجه به خلأ موجود در سیستم مدیریت پسماند ایران در زمینه مدلسازی اثرات محیط‌زیستی چرخه زندگی پسماند شهری، این پژوهش با هدف بهبود وضعیت موجود و تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت پسماند شهری در ایران شکل گرفت. مدل طراحی شده در این پژوهش که IrIWM (Iranian Integrated Waste Management Model) نام دارد، بر پایه رویکرد ارزیابی چرخه زندگی ساخته شد تا این قابلیت را به مدیران و کارشناسان بدهد که بتوانند به آسانی سناریوی مدیریتی مدنظر خود را شبیه‌سازی کرده و اثرات محیط‌زیستی اجرای آن را ببینند. به‌طور کلی، هدف از ایجاد IrIWM که در واقع اولین نرم افزار بومی در زمینه سیاهه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

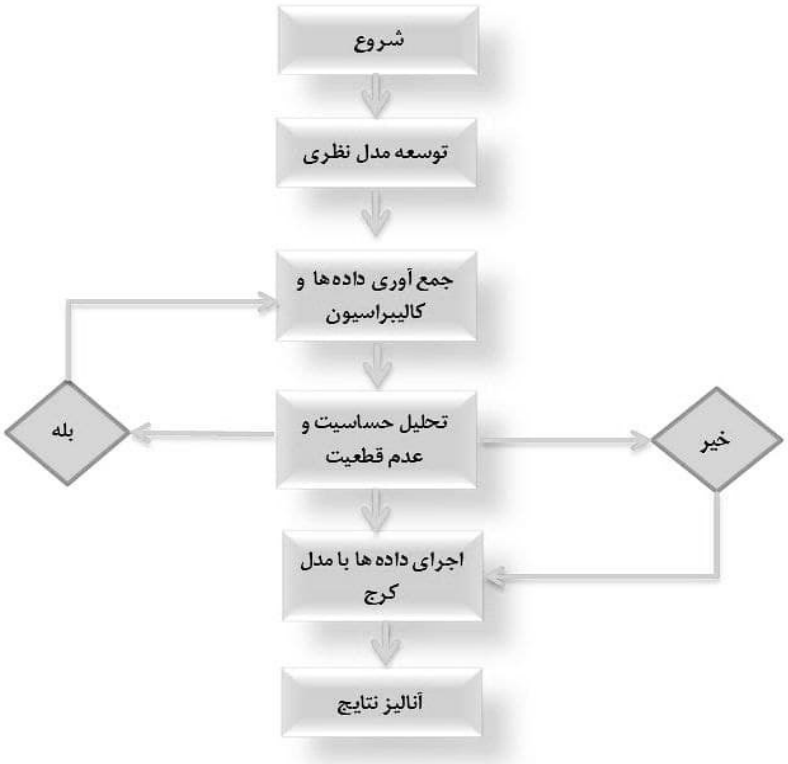
نویسی و مدیریت پسماند شهری محسوب می‌شود، ایجاد یک سیستم خودکار جهت برآورد سیاهه چرخه زندگی سامانه مدیریت پسماند در ایران بود.

مواد و روش‌ها

_ توسعه مدل

به‌طورکلی ارزیابی چرخه زندگی یک روش‌شناسی برای ارزیابی بارهای اقتصادی و محیط‌زیستی فرایندها و محصولات در تمام طول چرخه زندگی آنها از استخراج و فرآوری مواد خام، ساخت، حمل‌ونقل و توزیع، استفاده، تعمیر و نگهداری، استفاده مجدد گرفته تا بازیافت و دفع نهایی است (۲۶). براساس استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ مرحله اول ارزیابی که هدف و دامنه آن است، تعیین‌کننده چارچوب تحقیق و کل برنامه کاری ارزیابی چرخه زندگی است و در آن کلیه تصمیمات برای راه‌اندازی مدل ارزیابی چرخه زندگی ساخته می‌شود (۲۷). به دلیل کارایی مناسب این روش، مدل حاضر نیز بر پایه آن توسعه داده شده است. همچنین برای راحتی در به‌کارگیری، IrIWM در محیط وی بی ای (Visual Basic for Applications (VBA)) اکسل طرح‌ریزی شد.

مرزهای سیستم به‌گونه‌ای بسته شد که ورودی‌ها و خروجی‌ها «از گهواره تا گور» - یعنی از جایی که پسماند تولید می‌شود تا زمانی که به یکی از روش‌های پردازش دفع شود- دنبال شوند. در واقع ورودی‌های مدل همان پسماندهای جامد هستند و خروجی‌ها موادی هستند که بازیافت، باز استفاده و یا دور انداخته می‌شوند و همچنین انرژی که در ارتباط با این عملیات تولید و یا مصرف می‌شود (۲۸). واحد کارکردی در این مدل میزان پسماند مدیریت شده در واحد زمان تعیین شده است. این پارامتر در کنار ترکیب پسماند از عوامل مهم تعیین روش مدیریتی پسماند به شمار می‌رود (۱۰، ۱۵، ۱۶). شکل ۱ چارچوب اجرای تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۱- چارچوب انجام تحقیق

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

توصیف زیر مدل‌ها

نرم افزار IrIWM فرایندهای مختلف در حال اجرا در سیستم مدیریت پسماند شهری را از طریق زیرمدل‌های تولید، حمل‌ونقل و پردازش پسماند و لندفیل را مورد بررسی قرار داده و به ارزیابی اثرات محیط‌زیستی آن می‌پردازد. سناریوسازی و کلیه محاسبات سیاهه بر عهده خود نرم افزار بوده و کاربر تنها داده‌های موردنیاز را به نرم افزار وارد می‌کند. درنهایت نتایج به کمک زیر مدل تهیه خروجی (۲-۲-۵) به‌صورت آماده در اختیار کاربر قرار داده می‌شود.

ـ زیر مدل تولید پسماند

ترکیب پسماند اهمیت بسیار زیادی در مدلسازی‌ها دارد به‌طوری‌که محاسبه پارامترهایی همچون مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، انتشار گازهای اسیدی، انتشار اجزای تشکیل‌دهنده مه دود، انتشار فلزات سنگین و مواد آلی در هوا و ذرات معلق، انتشار فلزات، سنگین و مواد آلی در آب و پسماندهای جامد باقیمانده، نیازمند واردسازی ترکیب پسماند در مدل است. به این ترتیب برآورد و پیش‌بینی میزان تولید و ترکیب پسماندهای جامد اولین و مهمترین گام در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از سیستم مدیریت پسماند در نظر گرفته می‌شود (۲۹). پیش‌بینی دقیق این دو پارامتر به کمک مدلسازی آن نقش مهمی را در برنامه‌ریزی و مدیریت پسماند شهری ایفا می‌کند. با این‌حال به دلیل کمبود تاریخچه آماری در کشورهای در حال توسعه همچون ایران، اعتماد به نتایج مدل‌های پیش‌بینی کننده موجود کار دشواری است (۳۰). در واقع عدم توانایی در پیش‌بینی دقیق ترکیب پسماند، باعث ایجاد ناهماهنگی بین ظرفیت سامانه مدیریت پسماند و وضعیت موجود می‌شود که درنهایت به معضلات محیط‌زیستی و نیز مشکلات مدیریتی در سامانه مدیریت پسماند شهری منجر خواهد شد (۳۱).

روش‌های پیش‌بینی تولید پسماند جامد به‌صورت سنتی اغلب براساس عواملی از قبیل جمعیت شناختی و اجتماعی و اقتصادی و طبق سرانه مصرف است (۳۲). در صورت انتخاب مدلسازی جمعیت، میزان پسماند در بازه زمانی موردمطالعه از طریق شبیه‌سازی جمعیت و لحاظ کردن سهم سرانه تولید پسماند تخمین زده می‌شود. این روش‌شناسی در مدل‌های مختلف ارزیابی چرخه زندگی سامانه مدیریت پسماند به کار گرفته شده است (۱۶، ۳۳).

در این پژوهش در کنار مدلسازی میزان تولید پسماند، یک ماژول دیگر به نرم افزار اضافه شده است تا چنانچه کاربر فایل داده‌های دقیق و ثبت شده را در دسترس داشته باشد از آن استفاده کند. این ماژول این امکان را به کاربر می‌دهد تا با واردسازی خودکار از خطاهای ذاتی همراه با مدلسازی جلوگیری کند. در هر صورت، داده‌های ترکیب پسماند بایستی به‌صورت درصد وزنی اندازه‌گیری و واردسازی شوند.

ـ زیر مدل حمل‌ونقل پسماند

پس از اینکه میزان و ترکیب پسماند مشخص شد، نیاز است که جریان پسماند در زیرمجموعه‌های مدیریت پسماند مشخص شود. این زیر مدل مهمترین عنصر در تعیین سناریوهای مختلف مدیریت پسماند است (شکل ۲). جمع‌آوری پسماند به دو صورت تفکیک از مبدأ و جمع‌آوری مخلوط انجام می‌پذیرد (۱۶). مهمترین اجزا و تأسیسات بخش جمع‌آوری پسماند شامل وسایل انتقال و ایستگاه انتقال است (۳۴). بدین ترتیب در این بخش عواملی مانند حجم ماشین‌آلات جمع‌آوری، میزان تولید پسماند، مسافت طی شده بین تأسیسات مدیریت پسماند، نحوه جمع‌آوری (جدا یا مخلوط) و مصرف سوخت ماشین‌آلات و نیز مصرف در ایستگاه‌های انتقال مدل می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲-الف قابل مشاهده است، در صورت وجود داده‌های مربوط به انتقال پسماند تفکیک شده از مبدأ، امکان بررسی دقیق‌تر سیاهه نویسی توسط نرم افزار وجود دارد.

در ایران انواع مختلف ماشین‌آلات از وانت نیسان و مزدا تا کامیونت‌های دیزلی برای جمع‌آوری پسماند از داخل شهر و از سمی‌تریلرها برای انتقال پسماند از ایستگاه‌های انتقال تا لندفیل استفاده می‌شود. این مدل که مناطق خدمات جمع‌آوری را به بخش‌های مسکونی، تجاری، فضای سبز و صنعتی اختصاص می‌دهد، شامل بیش از ۵۰ پارامتر ورودی برای مشخص کردن هزینه و عملکرد سیستم‌های جمع‌آوری پسماند جامد شهری است که از مهمترین آنها تعداد مکان‌های جمع‌آوری، ظرفیت وسایل جمع‌آوری، تراکم پسماند درون خودرو، نوع سوخت (دیزل یا CNG)، بازده سوخت و زمان جمع‌آوری است (۳۵).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

در این رابطه، پارامترهای مربوط به کامیون‌هایی با منبع گازی از گزارش سازمان حفاظت محیط‌زیست، و میزان آلاینده‌های خروجی از احتراق سوخت دیزل، براساس گزارش Haight (۱۵) ارائه شده است.

جهت سیاهه نویسی چرخه زندگی این زیر مدل، ابتدا سهم هر یک از روش‌های جمع‌آوری پسماند توسط کاربر مشخص می‌شود. در مرحله بعد، میزان فاصله‌ها، میزان تولید پسماند و نیز نحوه جمع‌آوری و تعداد افراد مشارکت‌کننده در فرایند جمع‌آوری، ساعات موردنیاز کارکرد ماشین برآورد شده و میزان آلاینده‌های وارد شده به محیط‌زیست سیاهه نویسی می‌شود. از طرف دیگر، چنانچه ایستگاه انتقال در سامانه وجود داشته باشد (شکل ۲-ب)، میزان مصرف انرژی و سایر آلاینده‌های محیط‌زیستی نیز برحسب کارکرد ماشین‌آلات و برق مصرفی محاسبه می‌شود. زمان لازم برای جمع‌آوری پسماند، توقف جهت جمع‌آوری در هر ایستگاه و همچنین سفر به ایستگاه بعدی از طریق معادلات مربوطه محاسبه می‌شود (۳۶).

(الف)

(ب)

شکل ۲- واردسازی داده‌های مرتبط با جمع‌آوری و انتقال پسماند

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

_ *زیر مدل‌های پردازش پسماند*

محتوای انرژی پسماند را به روش‌های هضم هوازی (کمپوست) و بی‌هوازی پسماندهای آلی، سوختن مستقیم پسماندها در زباله‌سوز و یا سایر تیمارهای حرارتی مانند پیرولیز، گازی سازی (Gasification) و RDF (Refuse-derived fuel) می‌توان استحصال کرد (۲۸، ۳۷). در این بین اغلب رویکردهای سوزاندن، کمپوست کردن، لندفیل کردن و هضم بی‌هوازی، به‌طور کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۳۸).

۱- کمپوست کردن

کمپوست یک فرایند هوازی است که طی آن بخش آلی پسماند تجزیه شده و مقدار زیادی از کربن آلی تجزیه‌پذیر در آن به دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود (۳۹، ۴۰). چنانچه شرایط بهینه نباشد، مقادیر کمی متان در بخش‌های بی‌هوازی از کمپوست شکل می‌گیرد (۴۱). متان تولید شده، در بخش‌های هوازی کمپوست اکسید شده و درنهایت میزان انتشار کلی متان از پشته‌ها اندک خواهد بود. همچنین کمپوست باعث انتشار گازهای نیتروژن نیز می‌شود که محدوده انتشارات آن از کمتر از ۰/۵-۵ درصد محتوای اولیه نیتروژن در مواد تخمین زده شده است (۴۲-۴۴). به‌طورکلی نتیجه فرایند کمپوست تثبیت مواد آلی موجود در پسماند و استفاده از آن برای اهداف کشاورزی یا فضای سبز شهری است (۴۵). با این حال به دلیل آنکه در ایران پسماندهای شهری عموما به‌صورت مخلوط جمع‌آوری می‌شوند، احتمال آلودگی کمپوست ناشی از پردازش آنها به فلزات سنگین بسیار بالا است. همچنین حجم بالای آب مصرفی از نکات مهمی است که بایستی در سیاهه نویسی این روش مورد توجه قرار گیرد (۴۶).

نرم افزار دو شیوه کمپوست کردن را مدلسازی می‌کند. شیوه اول روشی است که در آن انتشارات حاصل شده به اتمسفر راه می‌یابد. در روش دوم که عملیات در محفظه بسته انجام می‌شود، فرض بر این است که انتشارات قبل از ورود به اتمسفر تجزیه می‌شود. درخصوص فرایند پردازش، دو سناریو توسط کاربر قابل اجرا است: ۱) کمپوست تولید شده قابل فروش باشد و بخش آلی از چرخه مدیریت پسماند خارج شود، ۲) کمپوست تولید شده قابل فروش نباشد و در لندفیل دفن شود (شکل ۳).

در این حالت مدل فرض می‌کند که هوادهی و تجزیه پسماند آلی به‌طور کامل انجام شده است و میزان کاهش حجم پسماند محاسبه می‌شود. پسماند دفن شده در لندفیل در محاسبات تولید گاز و شیرابه در نظر گرفته نمی‌شود. با این وجود میزان مصرف انرژی و تولید آلاینده‌های فرایند کمپوست محاسبه شده و در سیاهه نویسی لحاظ می‌شود.

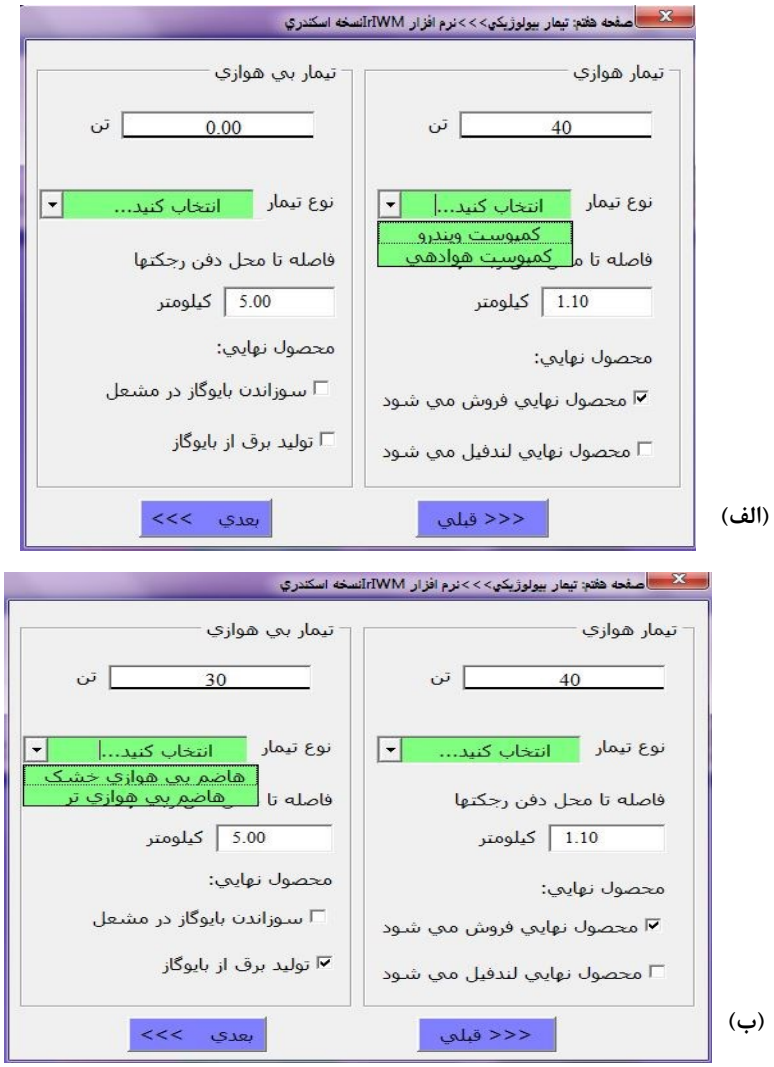
در عمل اگرچه از نظر فنی امکان حذف ایجاد مناطق بی‌هوازی در پشته‌ها وجود دارد اما از نظر اقتصادی حذف کامل آن مناسب نیست. درخصوص مصرف اکسیژن و تاثیر این پارامتر در فرایند کمپوست بایستی توجه شود که: ۱- فشار جزئی اکسیژن (یا غلظت) بیشتر از ۱۴ درصد در جریان خروجی زمانی که کمپوست کردن در راکتور یا به‌صورت هوادهی انجام می‌شود، نشان می‌دهد که بیشتر از یک سوم اکسیژن ورودی از طریق هوادهی مصرف نشده است و احتمالا مواد قابل تجزیه در توده پسماند به پایان رسیده‌اند؛ ۲- سطح اکسیژن مطلوب داخل پشته‌ها ۱۴ تا ۱۷ درصد است؛ اگر غلظت اکسیژن به ۱۰ درصد افت کند، تولید کمپوست هوازی متوقف می‌شود (۲).

۲- هضم بی‌هوازی

مواد آلی پسماندهای شهری به دلیل پایه کربنی که دارند به‌عنوان بهترین انتخاب برای هضم بی‌هوازی پذیرفته شده‌اند (۳۳). نتیجه این فرایند تولید بیوگاز است که ۴۰-۷۰ درصد آن را متان و مابقی را دی اکسید کربن و مقادیر بسیار ناچیز سایر گازها تشکیل می‌دهد (۴۷). این در حالی است که اثر گلخانه‌ای دی اکسید کربن در برابر متان اندک بوده، به‌طوری‌که متان در حدود ۲۸ برابر دی اکسید کربن پتانسیل گرمایش کره زمین را دارد (۴۸). با این وجود، ازآنجاکه محتوای حرارتی گاز متان ۳۰ تا ۵۵ GJ/Mg برآورد شده است (۱۵، ۴۹، ۵۰)، در صورت مدیریت و استحصال مناسب، این گاز می‌تواند جایگزین پاکی برای سوخت‌های فسیلی باشد (۵۱).

برای سیاهه نویسی چرخه زندگی هضم بی‌هوازی پسماندهای آلی، پسماندهای غذایی، کاغذ و برگ درختان دارای قابلیت هضم در نظر گرفته می‌شوند. در این زیر مدل ابتدا میزان پتانسیل متان پسماند با توجه به ترکیب آن محاسبه می‌شود. فرض بر این است که تمام متان تولید شده جمع‌آوری شده و

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]



شکل ۳- بررسی میزان و چگونگی تیمارهای هوازی (الف) و بی‌هوازی (ب) در سامانه مدیریت پسماند

در تولید برق استفاده می‌شود و یا در مشعل سوزانده می‌شود. با توجه به زیست منشأ بودن کربن آن، انتشار دی‌اکسید کربن حاصل به‌عنوان اثر گلخانه‌ای محسوب نمی‌شود (۳۸). با توجه به پیشینه مطالعاتی انجام شده، در طراحی IrIWM، ضریب کارایی استفاده از متان در تولید برق ۲۰ درصد در نظر گرفته شد (۱۵).

۳- زباله‌سوز

یکی از روش‌های مدیریتی پسماندها، تیمارهای حرارتی است که سه فرایند پیرولیز، گازی سازی و زباله‌سوز را شامل می‌شود (۵۲). پیرولیز و گازی سازی دارای فناوری حرفه‌ای هستند لذا در نسخه حاضر نرم افزار (نسخه اسکندری) آورده نشده‌اند و تنها زباله‌سوز لحاظ شد. برای برآورد سیاهه نویسی این فرایند ابتدا ارزش حرارتی پسماند براساس ترکیب و نیز محتوای رطوبت آن برآورد شد. دو گزینه زباله‌سوز با بازیافت حرارتی و بدون بازیافت حرارتی در این مدل لحاظ شد. خروجی زباله‌سوزها درواقع آلاینده‌های ورودی به هوا و خاکستر باقیمانده است

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

که به لندفیل منتقل می‌شود. تاثیری که این فرایند بر ارزیابی چرخه زندگی پسماند می‌گذارد، علاوه بر جایگزینی انرژی تولید شده، به‌جای استفاده از سوخت فسیلی در تولید انرژی، کاهش حجم مواد فرستاده شده به لندفیل است. در اینجا بین کربن با منبع زیستی و غیرزیستی تمایز وجود دارد. به‌طوری‌که کربن ناشی از پلاستیک ۱۰۰ درصد غیر زیستی در نظر گرفته شده است. برآورد سهم کربن با منشأ زیستی بسیار مشکل است، لذا به مقادیر اعلام شده در مطالعات که بین ۱۵-۳۵ درصد از کربن پسماند با منشأ انسانی لحاظ شده است، بسنده می‌شود (۳۳).

۴- زیرمدل سامانه جبرانی

بازیافت مواد از پسماند تولید شده موجب کاهش پسماند و به‌تبع آن کاهش اثرات محیط‌زیستی سامانه مدیریت پسماند می‌شود (۱۳). به‌عنوان مثال کاغذ سهم مهمی در تولید گاز گلخانه‌ای در لندفیل دارد (۱۶، ۵۳). بررسی‌ها نشان می‌دهد، بخش اعظم پسماندهای خانگی و تجاری در ایستگاه انتقال بازیافت می‌شود که از قابل بازیافت‌ترین مواد موجود در آنها آلومینیوم، فلزات، شیشه، پلاستیک و کاغذ هستند (۵۴). پلاستیک‌های موجود در پسماند شهری معمولا شامل طیف گسترده‌ای از پلیمرها هستند. شایع‌ترین شکل پلاستیک پلی اتیلن در اشکال مختلف (HDPE، LDPE و LLDPE) و پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) است. دیگر پلاستیک‌های جدید مانند پلی وینیل کلرید (PVC)، پلی استایرن (PS) و رزین‌های دیگر نیز در مقادیر کم یافت می‌شوند. این زیر مدل به کاربر اجازه می‌دهد که درصد هر رزین پلاستیکی مورد انتظار در جریان بازیافت را تعریف کند.

مهمترین کارکرد این زیر مدل برآورد توابع جبرانی است، به این معنی که با استفاده از مدلسازی فرایندهای تولید، برآورد خواهد شد که بازیافت مواد از جریان پسماند تا چه اندازه در کاهش استخراج این مواد از محیط‌زیست سهم خواهد داشت (۵۵)؛ بنابراین مشخص خواهد شد به چه میزان در مصرف انرژی و نیز تولید آلاینده‌ها صرفه‌جویی خواهد شد. در واقع بازیابی از پسماند، منابعی را در اختیار قرار می‌دهد که چنانچه بازیافت نمی‌شدند باید از منابع طبیعی با هزینه بالاتر برداشت می‌شدند. البته بازیافت پسماند نیز نیازمند مصرف انرژی بوده، اما انرژی لازم برای آن بسیار کمتر از انرژی مورد نیاز برای تولید محصولات جدید از مواد خام است (۵۶). همان‌طور که در بالا اشاره شد، به این نگرش روش‌های جبرانی گفته می‌شود.

در مدل حاضر، دو فرایند برای بازیافت مواد از جریان پسماند در نظر گرفته شده است. در بخش اول میزان پسماندی که از مبدأ جداسازی شده‌اند، محاسبه می‌شود. به این بخش از بازیافت، بازیافت تمیز گفته می‌شود. در بخش بعدی نیز مقدار پسماندی که در جریان‌های پایین‌دستی از پسماند جدا شده‌اند، لحاظ می‌گردد. به این ترتیب که چنانچه در سامانه مدیریت پسماند، تسهیلات بازیابی مواد (Material Recovery Facility (MRF)) یا هر نوع سازه دیگری که به افزایش بازیافت از پسماند مخلوط کمک کند- اضافه شود، به‌عنوان بازیافت پایین‌دستی لحاظ شده و بازیافت کثیف قلمداد می‌شود.

_ *زیر مدل لندفیل*

لندفیل نقطه پایانی سامانه مدیریت پسماند است که پسماندها به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم (باقیمانده پردازش سایر روش‌های مدیریتی) در آن دفن می‌شود. آلاینده‌های خروجی ناشی از لندفیل به سه صورت زمین مورد استفاده، ورود گاز لندفیل به اتمسفر و ورود شیرابه به آب‌های زیرزمینی، در سیاهه نویسی چرخه زندگی سامانه مدیریت پسماند مدنظر قرار می‌گیرد. به عنوان مثال بایستی توجه شود که هضم بیولوژیکی در لندفیل‌های پسماند جامد شهری حجم زیادی بیوگاز منتشر می‌کند (۵۷) که براساس پنجمین گزارش هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC))، متان منتشرشده از آن یکی از منابع مهم انسان منشأ تولید متان است (۵۸). البته این فرایند محصولات گازی دیگری همچون مقدار کمی سولفید هیدروژن، آمونیاك، بخارآب و گازهای دیگری چون NO_2 تولید می‌کند که اغلب با وجود اثرات مخربی که دارند، به دلیل درصد ناچیز آنها نادیده گرفته می‌شوند (۵۹، ۶۰). از طرف دیگر هر تن پسماند در حدود L ۵۰۰ شیرابه تولید می‌کند و هر لیتر شیرابه می‌تواند L ۴۰۰۰

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

آب را آلوده کند (۶۱) شیرابه تولید شده اغلب دارای غلظت‌های بالایی از آلاینده‌ها مانند نیتروژن آمونیاکی، فلزات سنگین و ترکیبات آلی است که اگر مهار و مدیریت نشود می‌تواند بر منابع آب سطحی و زیرزمینی تاثیر بگذارند (۶۲). بنابراین برای برآورد آلاینده‌ها و مصرف انرژی در هر کدام از بخش‌ها، زیر مدل مناسب برای لندفیل مدنظر نیاز است.

در این مدل، برای برآورد سیاهه انتشار آلاینده‌ها به اتمسفر از مدل درجه یک هضم بی‌هوازی استفاده شد. میزان انتشار تابعی از ترکیب و میزان پسماند ورودی به لندفیل، نوع مدیریت لندفیل و اقلیم منطقه محاسبه می‌شود. برای برآورد میزان شیرابه، رطوبت پسماند ورودی و بارندگی منطقه لحاظ شدند. کاربر می‌تواند مشخص کند که آیا گاز و شیرابه از لندفیل جمع‌آوری و مدیریت می‌شود که در این صورت فرض بر این است که گازها به اتمسفر رها نمی‌شود و شیرابه نیز مدیریت شده، لذا آلاینده‌ای به محیط‌زیست وارد نمی‌کند. گفتنی است، IPCC میزان اکسیداسیون متان در خاک پوشش را ۱۰ درصد بیان کرده است (۵۸)، با این وجود بررسی‌های اخیر نشان داده که ۳۶ درصد مقدار مناسب‌تری است (۶۳).

ـ زیر مدل تهیه خروجی

در این زیر مدل یک ماژول به نرم افزار اضافه شده است تا کاربر بتواند بدون نیاز به تنظیمات خاص و ایجاد تغییرات تمامی خروجی‌های موردنیاز برای تصمیم‌گیری را به‌صورت گردآوری شده ذخیره نماید. در واقع نرم افزار پس از دریافت داده‌های مورد نیاز خود، محاسبات سیاهه نویسی را انجام داده و ورودی‌ها و نتایج محاسبات را به همراه جداول مربوطه طی یک فایل به دو صورت اکسل و یا پی دی اف در اختیار کاربر قرار می‌دهد. در این زیر مدل کاربر تنها اطلاعات موردنیاز جهت تهیه سربرگ گزارش را وارد می‌کند.

اجرای IrIWM برای کرج

در این مطالعه به کمک داده‌های مدیریت پسماند شهر کرج سناریوهای مدیریتی قابل اجرای مدل IrIWM مورد آزمون قرار گرفت. لازم به ذکر است، به دلیل عدم قطعیت در داده‌های موجود درخصوص میزان و ترکیب پسماند، افق موردمطالعه در این تحقیق داده‌های شش سال مدیریت پسماند در شهر کرج در نظر گرفته شده است. داده‌های وارد شده به مدل برحسب محتوا، از طرح جامع مدیریت پسماند کلان شهر کرج، گوگل مپ و مصاحبه با مسئولین ذی‌ربط جمع‌آوری شد.

در شهر کرج بخش اصلی پسماند در لندفیل حلقه‌دره دفن می‌شود. لندفیل بدون لاینر بوده، دارای خاک پوشش و فاقد سامانه جمع‌آوری گاز است. این مرکز دارای سیستم پردازش پسماند و کمپوست ویندرو است. از ۱۲۰۰ تن پسماند روزانه ورودی در سال ۱۳۹۶ حدود ۳۷۰ تن در روز پردازش شده است و نرخ بازیافت ۰/۹۸ درصد گزارش شد. مواد آلی پس از هوادهی به‌صورت ویندرو در لندفیل دفن می‌شود. اگرچه بخش اندکی از پلاستیک‌ها در کارگاه پیرولیز به سوخت تبدیل می‌شود، اما این تاسیسات مواد بازیافتی را از جریان اصلی پسماند جدا نمی‌کنند. به هر حال بازیافت از مبدا حدود ۲۰ درصد در نظر گرفته شد (۶۳).

سیستم انتقال پسماند کرج به‌گونه‌ای است که دو منطقه سه و چهار، پسماند را مستقیما و بقیه مناطق از طریق ایستگاه‌های انتقال به لندفیل منتقل می‌کنند. دو ایستگاه انتقال خلج آباد و حصارک در سطح شهر فعال است که از آنها پسماند از طریق سمی-تریلر به لندفیل منتقل می‌شود (۶۳). داده‌های مربوط به فواصل مربوطه با استفاده از نرم افزار گوگل مپ و افزونه مسیریابی آن تعیین شد. به عنوان مثال میانگین فاصله حمل تا ایستگاه خلج آباد و حصارک به ترتیب ۵ و ۶ km برآورد شد. فاصله ایستگاه خلج آباد و حصارک تا لندفیل نیز به ترتیب ۳۵ و ۲۲ km تعیین شد.

مصاحبه با پیمانکاران مشخص کرد که تقریبا ۲۰ درصد پسماند از مخازن و با خودروهای دیزلی مجهز به پرس و بقیه با استفاده از خودروهای بنزینی بدون پرس جمع‌آوری می‌شوند. انتقال پسماند به لندفیل نیز با تریلی کمپرس‌دار انجام می‌شود. براساس مصاحبه با رانندگان، مصرف سوخت این کامیون‌ها با ظرفیت حدود ۲۲ تن، به‌طور تقریبی ۶۰ L برای هر بار رفت و برگشت تعیین شد. بعد از ورود پسماند به لندفیل حدود ۳۷۵ تن به خط پردازش فرستاده شده و بقیه مستقیم به لندفیل منتقل می‌شود (۶۳). با توجه به داده‌های ۳۵ ساله ایستگاه هواشناسی کرج میانگین دما و بارندگی سالانه به ترتیب

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

۱۴ °C و ۲۶۰ mm تعیین شد. به این ترتیب IrIWM اثرات محیط‌زیستی سامانه مدیریت پسماند کرج را ارزیابی نمود.

_ معرفی سناریوها

در این مطالعه سه سناریو برای بررسی سیستم مدیریت پسماند کرج تعریف شد: ۱) وضع موجود، ۲) بخش آلی پسماند کمپوست شود و بقایای آن به لندفیل فرستاده شود و ۳) وضع موجود با این تفاوت که تمام پسماند از مخازن جمع‌آوری می‌شود و جمع‌آوری درب به درب متوقف شده است. در ادامه سه سناریو با یکدیگر مقایسه شده و چگونگی کمک کردن اجرای هر یک در رسیدن به هدف -که در واقع کاهش اثرات محیط زیستی سامانه است- مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

_ کاربرد IrIWM در سیستم مدیریت پسماند کرج

نرم افزار IrIWM برای بررسی و مقایسه سه سناریو مورد استفاده قرار گرفت که خروجی مدل برای آنها در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است. همان‌طور که در این دو شکل قابل مشاهده است، مدل تمام آلاینده‌های مربوط به یک سناریو را محاسبه می‌کند. همچنین پارامترهای ارزشمندی مانند جریان مواد، میزان تولید شیرابه (۶۴)، مصرف انرژی، میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در لندفیل را در اختیار قرار می‌دهد که از نظر تصمیم‌گیری بسیار با اهمیت هستند. نمودار ۱ به همراه جدول‌های ۱ و ۲ مروری بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پسماند کرج دارد که برای آنالیز مدل مورد استفاده قرار گرفت.

کمیت پسماند	تن
کل	۳۹۳۳۷۴۵.۹۰
پسماند مخلوط	۳۵۴۰۳۷۱.۳۱
تفکیک از مبدا	۳۹۳۳۷۴.۵۹
مسیر پسماند مخلوط	
لندفیل	۳۴۰۳۸۳۰.۹۹
کمپوست	۲۰۵۳۴۱.۵۴
تیمار حرارتی	۰.۰۰
هضم بی هوازی	۰.۰۰
بازیافت پایین دستی	۲۳۶۰۲.۴۸

الف) اطلاعات مربوط به جریان پسماند

جزئیات خروجی بخش جمع آوری			
خروجی			
میزان انتشارات حاصل از ایستگاه انتقال (تن)		مصرف کل سوخت بنزین	۱۵۴۶۶۴۹۱۸.۲
NOx	۱۷.۳۲	مصرف کل سوخت گازوئیل	۵۵۱۷۷۴۹.۱۵۶
CH_4	۰.۱۳	مصرف کل سوخت گاز طبیعی	۰
هیدروکربن ها (به جز CH_4)	۳.۲۳	میزان انتشارات حاصل از کل سوخت ها (تن)	
SO_2	۴.۴۹	As	۳۰.۳۹
CO	۱.۴۲	Cd	۳۲.۵۹
PM	۰.۹۴	Cr	۵۷۱.۶۱
CO_2	۶۱۳۳۸۴۱۴۵.۹۷	Cu	۵۰۳.۹۹
میزان انرژی برق مصرفی (kWh)	۳۲۱۲۷۳۲.۰۷	Hg	۷۴۱.۷۸
مساحت زمین مورد استفاده (m2)	۸۰۰	Ni	۲۵۵.۷۰
میزان انتشارات حاصل از تولید برق در نیروگاه و پالایشگاه (kWh)		Pb	۱۸۷.۴۳

ب) برخی از اطلاعات مربوط به تولید آلاینده‌های هر سناریو (به‌عنوان مثال بخش جمع‌آوری)

ارزش حرارتی پسماند در مبدا Mj/kg	٤.٦١
پتانسیل متان در مبدا m³/tone	١٣٦.٥٣
محتوای حرارتی خالص پسماند دفنی LHV (Mj/kg)	٥.٧٢
پتانسیل متان پسماند دفنی m³/tone	١٣٠.٩٨
حداکثر پتانسیل تولید متان در لندفیل m³/tone	١٠٤.٧٨

ج) داده‌های محاسبه شده مربوط به خصوصیات پسماند

تولید شیرابه در بازه زمانی ۵۰ سال m³	۱۹۰۳۸۱۴.۵۷
میانگین روزانه m³	٤٣
کل تولید متان از پسماند دفنی m³	۳۵۶۶۵۵۷۱۲.۵

د) برخی داده‌های کلی از آلاینده‌های لندفیل

شکل ۴- برخی از داده‌های قابل دسترسی از خروجی مدل (۶۳)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

کمیت پسماند	تن
کل	۴۱۲۴۳۱.۶۲
پسماند مخلوط	۳۳۸۱۹۳.۹۳
تفکیک از مبدا	۷۴۲۳۷.۶۹
مسیر پسماند مخلوط	
لندفیل	۲۰۲۹۱۶.۳۶
کمپوست	۳۳۸۱۹۳.۹۳
تیمار حرارتی	۰.۰۰
هضم بی هوازی	۰.۰۰
بازیافت پایین دستی	۳۳۱۴.۳۰

ترکیب پسماند	درصد
پسماند آلی	۸۱
کاغذ	۲.۳۹
شیشه	۲.۰۶
انواع پلاستیک	۵
فلزات	۱.۵۱
منسوجات	۲.۱۱
چوب	۰.۶۷
غیره	۵.۲۶

ارزش حرارتی پسماند در مبدا Mj/kg	۶.۵۳
پتانسیل متان در مبدا m۳/tone	۱۲۸.۴۳
محتوای حرارتی خالص پسماند دفنی LHV(Mj/kg)	۵.۳۲
پتانسیل متان پسماند دفنی m۳/tone	۲۵.۷۱
حداکثر پتانسیل تولید متان در لندفیل m۳/tone	۲۰.۵۷

الف) سناریوی دوم

کمیت پسماند	تن
کل	۴۱۲۴۳۱.۶۲
پسماند مخلوط	۴۱۲۴۳۱.۶۲
تفکیک از مبدا	۰.۰۰
مسیر پسماند مخلوط	
لندفیل	۳۷۲۸۳۸.۱۸
کمپوست	۹۸۹۸۳.۵۹
تیمار حرارتی	۰.۰۰
هضم بی هوازی	۰.۰۰
بازیافت پایین دستی	۴۰۴۱.۸۳

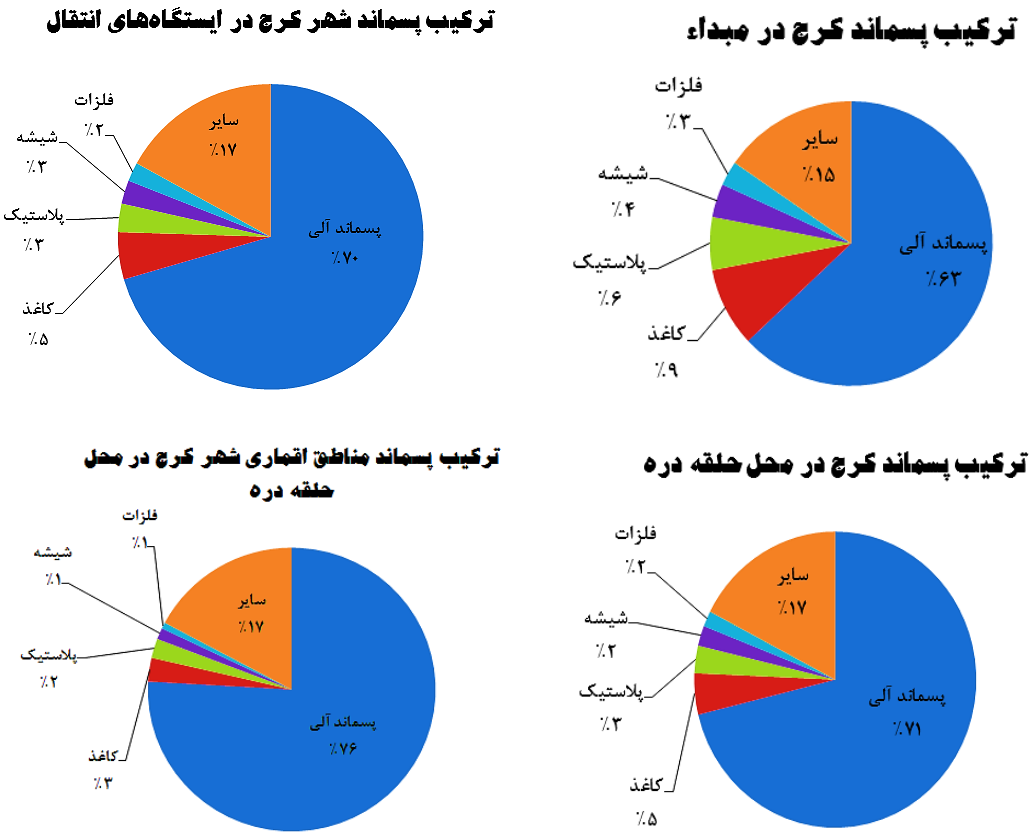
ترکیب پسماند	درصد
پسماند آلی	۸۱
کاغذ	۲.۳۹
شیشه	۲.۰۶
انواع پلاستیک	۵
فلزات	۱.۵۱
منسوجات	۲.۱۱
چوب	۰.۶۷
غیره	۵.۲۶

ارزش حرارتی پسماند در مبدا Mj/kg	۶.۵۳
پتانسیل متان در مبدا m۳/tone	۱۲۸.۴۳
محتوای حرارتی خالص پسماند دفنی LHV(Mj/kg)	۸.۰۷
پتانسیل متان پسماند دفنی m۳/tone	۱۱۱.۸۲
حداکثر پتانسیل تولید متان در لندفیل m۳/tone	۸۹.۴۶

ب) سناریوی سوم

شکل ۵- بخشی از خروجی سناریوهای دوم و سوم در نظر گرفته شده برای سیستم مدیریت پسماند شهر کرج

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]



نمودار ۱- درصد و ترکیب پسماند شهری در کرج (۶۳)

جدول ۱- آنالیز شیمیایی پسماند شهر کرج (برحسب گرم در هر کیلوگرم پسماند) (۶۳)

شهر	کربن	هیدروژن	اکسیژن	نیتروژن	سولفور	خاکستر	C/N
کرج	۲۱٤/۷۲۷	۲۷/۷٦۰	۱٤٦/۸۷۷	۷/۳۷۲	۱/۰۸۱	۵۳/۵٦٦	۲٤/۱

سلامت و محیط زیست
دوره چهاردهم/ شماره سوم/ پاییز ۱۴۰۰
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

جدول ۲- آنالیز اجزاء مواد جامد شهری کرج (برحسب درصد) (۶۳)

پسماند	ایستگاه	ایستگاه حصارک (مناطق ۵، ٦، ۷)	ایستگاه خلج آباد (مناطق ۱، ۲، ۸، ۹، ۱۱)	ایستگاه فردیس (مناطق ۳، ۱۰)	منطقه ٤	منطقه ۱۲	میانگین درصد
پسماند خشک	نان	۰/۹۲	۰/۵	۰/۵	۰/۵۲	۱/۲٦	
	پلاستیک	۱/۹۹	۱/۸۸	۱/۰۲	۲/٤۹	۲/۱٤	
	پت	۰/۷٤	۰/٦۲	۰/۵۱	۰/٤۵	۰/٦۵	
	مشما	٤/۵٦	٤/٤۸	۳/۷۵	٦/۲۷	٤/۰٦	
	کاغذ	۳/۵۷	۲/۸۱	۲/٦۸	۳/۱۱	۲/٦	
	مقوا	۳/۰۳	٤/۵۳	٤/۰۹	۳/۳۷	٤/۱۷	
	فلزات آهن	۰/۸۸	۰/۷	۰/۷۲	۰/۹۹	۰/۸۳	
	فلزات غیرآهن	۰/۱٤	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۵۲	۰/۵۲	
	پارچه	۲/٦	۲/٦۷	۳/۷۳	۳/٤۷	٤/۳	۲٦/۱
	شیشه	۱/٦۳	۱/۸۵	۲/۳۲	۲/۳٤	۱/۹٦	
	چوب	۰/٦	۰/۵۵	۰/۳٤	۰/۳۲	۰/٦٤	
	چرم	۰/٤۹	۰/٤۱	۰/۳۱	۰/۷۰	۰/٤٤	
	خاک و نخاله	۰/۵۳	۰/۷۹	۱/۲۲	۰/۳۵	۰/٤۵	
	تتراپک	۰/۳۷	۰/۲۰	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/٤۳	
	ضایعات ویژه	۰/۵۵	۰/٤۱	۰/۷۵	۰/٦۷	۰/٦	
	فوم	۰/٦۸	۱/۰۲	۰/۸۰	۰/۵۲	۰/٦۷	
	طلق	۰/۸۲	۱/۲۱	۰/۷٤	۰/۸۷	۰/۹٤	
	باتری	۰/۳۲	۰/٤۲	۰/۳٤	۰/۳۵	۰/۲۷	
پسماند تر		۷۵/۵۸	۷٤/۱۱	۷٤/۸۲	۷۲/٤	۷۳/۰٦	۷۳/۹
کل		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

ـ سناریوی اول

براساس سناریوی اول بخش بزرگی از آلاینده‌ها از بخش جمع‌آوری و لندفیل منشأ می‌گیرد. در این حالت بیشترین میزان پسماند به لندفیل وارد می‌شود که به تبع آن بیشترین میزان متان قابل تولید است؛ بنابراین در این سناریو انتشار آلاینده‌ها از لندفیل بیشتر از سایر موارد خواهد بود. همچنین مصرف سوخت و متعاقب آن بیشترین میزان آلاینده‌های ناشی از سامانه حمل‌ونقل نیز در این سناریو اتفاق می‌افتد.

نتایج مدل نشان داد که مهمترین منشأ آلاینده‌ها از سامانه مدیریت پسماند در کرج ناشی از مصرف بسیار بالای سوخت ماشین آلات جمع‌آوری است که عمدتا به دلیل بهینه نبودن سامانه جمع‌آوری پسماند است. انتشار گازهای آلاینده ناشی از پسماند در درجه دوم اهمیت بعد از سامانه جمع‌آوری پسماند بود. لذا یکی از برنامه‌های راهبردی سامانه مدیریت پسماند در کرج باید بهینه‌سازی فرایند جمع‌آوری با تأکید بر تفکیک از مبدا و استفاده از مخازن جمع‌آوری بزرگ‌تر مخلوط باشد.

ـ سناریوی دوم

از آن‌رو که روش جمع‌آوری پسماند بدون تغییر در نظر گرفته شد، تغییر در مصرف سوخت صرفا به بخش لندفیل مرتبط می‌شد. در حال حاضر برای لندفیل کردن پسماند در لندفیل به حدود ۹۱۷۱۸ لیتر گازوییل در روز نیاز است. براساس برآورد مدل، با کمپوست کردن ۱۰۰ درصد پسماند، میزان سوخت مورد نیاز L ۳۰۰۰۰ کاهش می‌یابد؛ اما مجددا به میزان L ۱۴۰۰۰۰ سوخت برای انجام کمپوست مناسب نیاز است. به‌این‌ترتیب مصرف خالص سوخت افزایش هم می‌یابد؛ اما در کنار این، با کمپوست کردن پسماند، میزان تولید شیرابه از m^3 ۱۹۰ (میانگین سالانه) به m^3 ۹۳ کاهش می‌یابد. همچنین وزن پسماند قابل دفن از ۳۰۵۰۰۰ تن در سال به ۲۰۰۰۰۰ تن در سال کاهش می‌یابد. پتانسیل تولید متان پسماند دفن شده در سناریو وضع موجود بسیار بالا برآورد شد (۱۱۱ لیتر به ازای هر تن پسماند) که با کمپوست کردن به‌شدت کاهش یافته و به m^3 ۲۵ می‌رسد. از مهمترین فواید این موضوع کاهش نیاز به زمین برای ایجاد لندفیل جدید است که یکی از بزرگ‌ترین معضلات سازمان‌های مربوطه تلقی می‌شود. به این ترتیب طی سناریوی مذکور حدود دو هکتار زمین حفظ خواهد شد. روی هم رفته با توجه به وضع موجود مدیریت پسماند در کرج و موقعیت لندفیل، کمپوست کردن پسماند از شدت اثرات مدیریت پسماند به‌شدت می‌کاهد. از یک طرف تولید شیرابه را کاهش می‌دهد، از طرف دیگر میزان گاز (و بو) ناشی از لندفیل را به‌شدت کاهش می‌دهد.

ـ سناریو سوم

این سناریو به منظور ارائه پیشنهاد برای بهبود سامانه جمع‌آوری پسماند در شهر کرج اجرا شد. پارامترهای این سناریو دقیقا مانند سناریو اول (وضع موجود) است اما در این سناریو شیوه جمع‌آوری درب به درب در سطح شهر حذف شده است. به این ترتیب انتظار می‌رود به طرز چشمگیری در مصرف سوخت صرفه‌جویی شود که به تبع آن آلودگی هوا ناشی از ناوگان مدیریت پسماند کاهش بیابد. تخمین‌ها نشان داد که حمل پسماند با وضع موجود، حدود ۱۶ میلیون لیتر بنزین در سال نیاز دارد (۴۳۰۰۰ لیتر در روز) و ۵۶۰۰۰۰ لیتر گازوییل در سال نیاز دارد. نتایج نشان داد که تغییر در سامانه جمع‌آوری مطابق با سناریو سوم، مصرف سوخت بنزین را به ۲۷۲۶۰۰۰ لیتر در سال کاهش می‌دهد و مصرف گازوییل به ۶۶۰۰۰۰ لیتر در سال افزایش می‌یابد. مقایسه این اعداد نشان می‌دهد که تغییر شیوه جمع‌آوری پسماند باید یکی از اولویت‌های مدیریت پسماند در شهر کرج باشد.

به این ترتیب و با جمع‌بندی نقاط قوت و ضعف هر یک از سناریوهای مورد بررسی، مطالعه حاضر ترکیبی از سناریوی دوم و سوم را به دلیل بهترین گزینه مدیریتی پیشنهاد می‌کند چرا که نه تنها در کاهش سوخت مصرفی کاهش چشمگیری ایجاد می‌کند، بلکه با کاهش حجم پسماند دفن شده در لندفیل در کاهش آلودگی‌های ناشی از آن تاثیر قابل‌توجهی خواهد داشت.

بحث

مدل‌های مختلفی در جهان با هدف بررسی سناریوهای مختلف مدیریت پسماند جامد شهری ایجاد شده است، با این وجود IrIWM اولین و تنها نرم افزار ایرانی در این زمینه است. محیط گرافیکی نرم افزار امکان استفاده آسان آن را فراهم می‌کند. به این ترتیب کاربر نیازی به برخورد با پیچیدگی‌ها و سختی‌های

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

سیاهه نویسی نداشته و تنها نیاز است که سناریوی مدنظر خود را در نرم افزار تعریف کند. در نهایت با اجرای مدل، سیاهه نویسی به‌صورت خودکار و سریع انجام می‌شود. این موضوع به‌ویژه قبل از اجرای یک طرح و برنامه اهمیت ویژه‌ای دارد، چرا که ارزیابی صحیح جنبه‌های مثبت و منفی آن منجر به ایجاد آگاهی از شرایط موجود و پیش‌بینی آینده و به‌تبع آن انتخاب مناسب‌ترین گزینه خواهد شد.

در مدل حاضر، به دلیل شرایط موجود و پیچیدگی برخی فرایندها از بررسی پیرولیز، گازی سازی و تبدیل پسماند به RDF صرف‌نظر شد. با این وجود امید است در نسخه‌های بعدی نرم افزار این فرایندها به آن اضافه شود. همچنین بایستی توجه شود که نتایج دقیق نیازمند واردسازی داده‌های صحیح است؛ لذا پیشنهاد می‌شود برای کلیه داده‌های ورودی و یا حداقل مهمترین آنها، آنالیز حساسیت انجام شود تا نرم افزار بتواند سناریوهای دقیق‌تری ارائه دهد. از طرف دیگر ارزیابی چرخه زندگی به تنهایی نمی‌تواند مشخص کند که کدام فرایند یا محصول مفیدتر و اقتصادی‌تر است. بنابراین نتایجی که توسط این فرایند ارائه می‌شود باید به همراه دیگر ابزارها جهت تصمیم‌گیری فراگیر به کار برده شود. در واقع ابزار ارزیابی چرخه زندگی در کنار دیگر ابزارها می‌تواند مفید باشد. از طرف دیگر داده‌های مورد نیاز برای انجام ارزیابی چرخه زندگی در بسیاری از موارد در دسترس نیستند و بنابراین منجر به عدم قطعیت در نتایج می‌گردد که از محدودیت‌های پژوهش حاضر به شمار می‌رود.

تقریبا تمام مدل‌های ارزیابی چرخه زندگی که بررسی شدند مانند مدل IWM1، IWM2، WASTED نیز بر پایه مدیریت یک تن پسماند توسعه داده شده‌اند. درخصوص مرزها و برد نیز، این مدل مشابه سایر مدل‌ها و مطابق استاندارد ISO 14040 است. با این وجود در آنها کاربر باید جداگانه میزان پسماند را محاسبه کند و وارد نرم افزار کند، در حالی‌که IrIWM محاسبات مربوط به مدلسازی را به‌صورت خودکار انجام داده و نیاز به محاسبات تخمین میزان پسماند توسط کاربر نیست. در مدل‌های موردبررسی، در زیر مدل جمع‌آوری با توجه به میزان پسماند و همچنین ظرفیت متوسط، تعداد ماشین‌آلات مورد نظر محاسبه می‌شود و سپس با توجه به مصرف سوخت، میزان کل سوخت مصرفی محاسبه می‌شود و بر این اساس آلاینده‌ها خروجی تخمین زده می‌شود. این شیوه درخصوص مدیریت پسماند در ایران، نمی‌توانست دقت لازم را ارائه کند. در ایران بخش بزرگی از پسماند از درب منازل جمع‌آوری می‌شود که مستلزم توقف و حرکت مداوم ماشین آلات جمع‌آوری است. در این حالت مصرف سوخت افزایش می‌یابد و همچنین بخشی از سوخت به خاطر درجا کار کردن خودرو است که در همه مدل‌های مورد بررسی لحاظ نشده بودند. در این مدل بخش جمع‌آوری پیچیده‌تر از سایر مدل‌ها است و در آن توقف خودروها در مصرف سوخت تخمین زده شد. زیر مدل توسعه داده شده در این تحقیق مشابه سایر مدل‌های موجود انواع مختلف پردازش‌ها برای مدیریت پسماند لحاظ شدند. همچنین در زیر مدل لندفیل IrIWM برخلاف سایر مدل‌های مورد بررسی که تنها با در نظر گرفتن ضرایبی میزان آلاینده‌های لندفیل را محاسبه می‌کردند، بر پایه مدل درجه ۱ پیشنهادی توسط IPCC میزان گاز و با استفاده از مدل تجربی موازنه آب میزان شیرابه را تخمین می‌زند. پارامترهایی مانند اقلیم، نوع لندفیل و خاک پوششی در این برآوردها دخیل هستند که در مدل‌های مورد بررسی استفاده نشده بود. گفتنی است که زیر مدل خروجی گیری توسعه داده شده در پژوهش حاضر در سایر مدل‌ها دیده نشده است.

نتیجه‌گیری

بسیاری از کشورهای پیشرفته دارای مدل پشتیبان تصمیم‌گیری درخصوص سامانه مدیریت پسماند هستند که از زمان انتشار نخستین نسخه آنها سال‌های زیادی گذشته است و در این مدت این مدل‌ها متناسب برای کشور مادر توسعه یافته‌اند و اگرچه قابل استفاده در ایران هم هست اما در بسیاری از موارد امکان این‌که شرایط دقیق ایران را وارد نرم افزار کنیم، وجود ندارد، لذا لزوم توسعه یک مدل بومی به‌خوبی احساس می‌شود.

مدل IrIWM اطلاعاتی درباره جمعیت، سرانه تولید پسماند، اقلیم منطقه و خصوصیات لندفیل، سیستم حمل‌ونقل پسماند و سایر خصوصیات موردنیاز را به‌طور منظم و دسته‌بندی شده از کاربر دریافت کرده و مورد بررسی قرار می‌دهد. از مهمترین ویژگی‌های این مدل می‌توان به قابلیت خروجی گیری به

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

صورت‌های متفاوت پی دی اف و اکسل اشاره نمود که امکان ذخیره، گزارش‌نویسی و بررسی‌های آینده را به کاربر می‌دهد. در واقع ابزار توسعه داده شده در مطالعه حاضر قادر است تا سناریوهای بسیار زیادی را برای منطقه مورد مطالعه اجرا کرده و به‌سرعت گزارشی از آلاینده‌های ناشی از هر سناریو تولید کند. به عنوان مثال، در مطالعه حاضر، بعد از گردآوری داده‌های موردنیاز شهر کرج، اجرای سه سناریوی فرضی در نرم افزار تنها ۱۵ دقیقه به طول انجامید که نشان می‌دهد. این نرم افزار یک ابزار سریع برای مقایسه سناریوهای مدیریتی است.

به این ترتیب توسعه چنین نرم افزاری امکان اجرای گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند و بررسی عواقب هریک از آنها در کوتاه‌ترین زمان ممکن را به کاربر می‌دهد. گفتنی است که داده‌های تولید شده در این نرم افزار اطلاعات ارزشمندی را در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد که از اجرا و شکست طرح‌های آسیب‌رسان جلوگیری می‌کند. نرم افزار طراحی شده کاملا رایگان بوده و برای دسترسی به آن لطفا با نویسنده مسئول تماس گرفته شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان "تدوین نرم افزار پشتیبان تصمیم گیری، برای سامانه مدیریت پسماند جامد شهر کرج" مصوب دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۷ طی قرارداد شماره ۸۹/۵/۱۰۹۸۴۹ با شهرداری کرج می‌باشد. به این وسیله نویسندگان این مقاله برخود لازم می‌دانند تا از حمایت مالی و همکاری مرکز پژوهش و مطالعات راهبردی شورای اسلامی شهر کرج، گروه پژوهش و توسعه شهرداری کرج، معاونت خدمات شهری و سازمان مدیریت پسماند شهرداری کرج که موجبات ارتقاء کمی و کیفی این پژوهش را فراهم آوردند، سپاسگزاری نمایند.

References

1. Roshan S, Kouhkan M, Saeedianrad A, Pazoki M. Physical and chemical analysis and review of municipal solid waste in the metropolitan public participation in planning strategies source separation. Journal of Environmental Science Studies. 2017;2(3):499-508 (in Persian).
2. Tchobanoglous G, Kreith F. Handbook of Solid Waste Management. New York: McGraw-Hill; 2002.
3. McDougall FR, White PR, Franke M, Hindle P. Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory. New York: John Wiley & Sons; 2008.
4. Morrissey AJ, Browne J. Waste management models and their application to sustainable waste management. Waste Management. 2004 Jan 1;24(3):297-308.
5. Xiang KZ, Yusoff S, Khalid KM. Moving from landfill to integrated waste management (IWM) system in Malaysia: Status and proposed strategies. International Journal of Zero Waste Generation. 2014;1(2):18-24.
6. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Life-cycle assessment data quality: A conceptual framework. USA: Society of Environmental Toxicology and Chemistry; 1994.
7. Christensen TH, Damgaard A, Levis J, Zhao Y, Björklund A, Arena U, et al. Application of LCA modelling in integrated waste management. Waste Management. 2020;118:313-22.
8. Nabavi-Pelesaraei A, Kaab A, Hosseini-Fashami F, Mostashari-Rad F, Chau KW. Life cycle assessment (LCA) approach to evaluate different waste management opportunities. In: Singh RP, Prasad V, Vaish B, editors. Advances in waste-to-energy technologies. Boca Raton: CRC Press; 2019. p. 195-216.
9. Yeo J, Chopra SS, Zhang L, An AK. Life cycle assessment (LCA) of food waste treatment in Hong Kong: On-site fermentation methodology. Journal of Environmental Management. 2019;240:343-51.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

10. Dalemo M, Sonesson U, Björklund A, Mingarini K, Frostell B, Jönsson H, et al. ORWARE–A simulation model for organic waste handling systems. Part 1: Model description. Resources, Conservation and Recycling. 1997;21(1):17-37.
11. Eriksson O, Frostell B, Björklund A, Assefa G, Sundqvist JO, Granath J, et al. ORWARE—a simulation tool for waste management. Resources, Conservation and Recycling. 2002;36(4):287-307.
12. White PR, Franke M, Hindle P. Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory: A Lifecycle Inventory. New York: Springer; 1995.
13. USEPA. Solid waste management and greenhouse gases: a life-cycle assessment of emissions and sinks. Washington DC: USEPA; 2002.
14. Solano E, Ranjithan SR, Barlaz MA, Brill ED. Life-cycle-based solid waste management. I: Model development. Journal of Environmental Engineering. 2002;128(10):981-92.
15. Haight M. Assessing the environmental burdens of anaerobic digestion in comparison to alternative options for managing the biodegradable fraction of municipal solid wastes. Water Science and Technology. 2005;52(1-2):553-9.
16. Diaz R, Warith M. Life-cycle assessment of municipal solid wastes: Development of the WASTED model. Waste Management. 2006;26(8):886-901.
17. Nikkhah A, Khojastehpour M, Abbaspour-Fard MH. Hybrid landfill gas emissions modeling and life cycle assessment for determining the appropriate period to install biogas system. Journal of Cleaner Production. 2018;185:772-80.
18. Nabavi-Pelesaraei A, Bayat R, Hosseinzadeh-Bandbafha H, Afrasyabi H, Chau KW. Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management-A case study in Tehran Metropolis of Iran. Journal of Cleaner Production. 2017;148:427-40.
19. Akhavan Limoodehi F, Tayefeh SM, Heydari R, Abdoli MA. Life cycle assessment of municipal solid waste management in Tehran. Environmental Energy and Economic Research. 2017;1(2):207-18.
20. Rajaeifar MA, Tabatabaei M, Ghanavati H, Khoshnevisan B, Rafiee S. Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste management scenarios in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015;51:886-98.
21. Zare M. Evaluation of life cycle in the process of biomass energy production from municipal waste in the landfill (Case study: Ahvaz) [dissertation]. Ahvaz: Shahid Chamran University of Ahvaz; 2015 (in Persian).
22. Rastikerdar A, Vahidi, H. Investigation of different methods of municipal waste management in Iran with life cycle assessment approach. Proceedings of the International Conference on Civil, Architectural and Urban Planning in Contemporary; 2017; Tehran, Iran (in Persian) .
23. Nasrollahi-Sarvaghaji S, Alimardani R, Sharifi M, Taghizadeh Yazdi MR. 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. 2016;9(2):273-88 (in Persian).
24. Zazouli MA, Karimi Z, Rafiee R. Selecting the best options of management of municipal solid waste using life cycle assessment methodology (Case study: Noor city). Iranian Journal of Health and Environment. 2020;12(4):607-20 (in Persian).
25. Daryabeigi Zand A, Rabiee Abyaneh M. Environmental assessment of alternative strategies for municipal solid waste management by means of life cycle assessment modelling (a case study: Chalus, Iran). Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):19-34 (in Persian).
26. Khasreen MM, Banfill PF, Menzies GF. Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review. Sustainability. 2009;1(3):674-701.
27. ISO (International Organization for Standardization).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

ISO14040: Environmental management – Life-cycle assessment– Principles and Framework. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 1997.

28. Cherubini F, Bargigli S, Ulgiati S. Life cycle assessment of urban waste management: Energy performances and environmental impacts. The case of Rome, Italy. Waste Management. 2008 ;28(12):2552-64.
29. Chang NB, Lin YT. An analysis of recycling impacts on solid waste generation by time series intervention modeling. Resources, Conservation and Recycling. 1997;19(3):165-86.
30. Rimaitytė I, Ruzgas T, Denafas G, Račys V, Martuzevicius D. Application and evaluation of forecasting methods for municipal solid waste generation in an eastern-European city. Waste Management & Research. 2012;30(1):89-98.
31. Intharathirat R, Salam PA, Kumar S, Untong A. Forecasting of municipal solid waste quantity in a developing country using multivariate grey models. Waste Management. 2015;39:3-14.
32. Dyson B, Chang NB. Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. Waste Management. 2005;25(7):669-79.
33. El Hanandeh A, El-Zein A. Life-cycle assessment of municipal solid waste management alternatives with consideration of uncertainty: SIWMS development and application. Waste Management. 2010 ;30(5):902-11.
34. Tchobanoglous G. Integrated Solid Waste Management Engineering: Principles and Management Issues. New York: McGraw Hill; 1993.
35. Jaunich MK, Levis JW, Barlaz MA, DeCarolis JF. Lifecycle process model for municipal solid waste collection. Journal of Environmental Engineering. 2016;142(8):04016037.
36. Worrell WA, Vesilind PA. Solid waste engineering. Cengage Learning; 2011.
37. Iannotta P, Caputo G, Scargiali F, Longo S, Cellura M, Brucato A. Combined gasification-oxidation system for waste treatment with supercritical water: LCA and performance analysis. Sustainability. 2021;13(1):82.
38. Christensen T. Solid Waste Technology and Management. New York: John Wiley & Sons; 2011.
39. Lou XF, Nair J. The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions–a review. Bioresource Technology. 2009;100(16):3792-98.
40. Vergel-Rangel GA, Escamilla-García PE, Camarillo-López RH, Esquivel-Guzmán JA, Pérez-Soto F. The environmental impact of nopal (Opuntia ficus-indica) production in Mexico City, Mexico through a life cycle assessment (LCA). Environment, Development and Sustainability. 2021;23(12):18068-95.
41. Giannis A, Makripodis G, Simantiraki F, Somara M, Gidarakos E. Monitoring operational and leachate characteristics of an aerobic simulated landfill bioreactor. Waste Management. 2008;28(8):1346-54.
42. Vesterinen R. Impact of waste management alternatives on greenhouse gas emissions: Greenhouse gas emissions from composting. USA: VTT Energy; 1996.
43. Hellebrand HJ. Emission of nitrous oxide and other trace gases during composting of grass and green waste. Journal of Agricultural Engineering Research. 1998;69(4):365-75.
44. Beck-Friis BG. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane during composting of organic household waste [dissertation]. Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences; 2001.
45. Taheri M, Gholamalifard M, Ghazizade MJ, Rahimoghli S. Environmental impact assessment of municipal solid waste disposal site in Tabriz, Iran using rapid impact assessment matrix. Impact Assessment and Project Appraisal. 2014;32(2):162-69.
46. Pinamonti FL, Stringari GI, Gasperi FL, Zorzi GI. The use of compost: its effects on heavy metal levels in soil and plants. Resources, Conservation and

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

Recycling. 1997;21(2):129-43.
47. El-Fadel M, Findikakis AN, Leckie JO. Environmental impacts of solid waste landfilling. Journal of Environmental Management. 1997;50(1):1-25.
48. Mou Z, Scheutz C, Kjeldsen P. Evaluating the biochemical methane potential (BMP) of low-organic waste at Danish landfills. Waste Management. 2014;34(11):2251-59.
49. Arena U, Mastellone ML, Perugini F. The environmental performance of alternative solid waste management options: a life cycle assessment study. Chemical Engineering Journal. 2003;96(1-3):207-22.
50. Verma S. Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes [dissertation]. New York: Columbia University; 2002.
51. Yechiel A, Shevah Y. Optimization of energy generation using landfill biogas. Journal of Energy Storage. 2016;7:93-98.
52. Samolada MC, Zabaniotou AA. Comparative assessment of municipal sewage sludge incineration, gasification and pyrolysis for a sustainable sludge-to-energy management in Greece. Waste Management. 2014;34(2):411-20.
53. Merrild H, Damgaard A, Christensen TH. Life cycle assessment of waste paper management: The importance of technology data and system boundaries in assessing recycling and incineration. Resources, Conservation and Recycling. 2008;52(12):1391-8.
54. Merrild H, Larsen AW, Christensen TH. Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: the importance of efficient energy recovery and transport distances. Waste Management. 2012;32(5):1009-18.
55. Vinci G, Ruggieri R, Billi A, Pagnozzi C, Di Loreto MV, Ruggeri M. Sustainable management of organic waste and recycling for bioplastics: A LCA approach for the Italian case study. Sustainability. 2021;13(11):6385.
56. Esfandyari N, Javidpour M. Waste management and review of appropriate strategies for its recovery in the production period. Proceeding of 6th Conference of Water, Sewage and Waste; 2015; Tehran, Iran (in Persian).
57. Atabi F, Ehyaei MA, Ahmadi MH. Calculation of CH4 and CO2 emission rate in Kahrizak landfill site with LandGEM mathematical model. The 4th World Sustainability Forum; 2014; Basel, Switzerland.
58. IPCC. Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility. Cambridge: Cambridge University Press; 2013.
59. Kaushal A, Sharma MP. Methane emission from Panki open dump site of kanpur, India. Procedia Environmental Sciences. 2016;35:337-47.
60. Abushammala MF, Basri NE, Basri H, Kadhum AA, El-Shafie AH. Methane and carbon dioxide emissions from Sungai Sedu open dumping during wet season in Malaysia. Ecological Engineering. 2012;49:254-63.
61. Hekmatnia N. Leachate management methods. The 5th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering; 2011; Tehran (in Persian).
62. Isin EO. Determination of landfill gas by using methematical models [dissertation]. Turkey: Dokuz Eylül University; 2012.
63. Tarbiat Modares University Jihad. Comprehensive plan for development of waste management in Karaj metropolis. Karaj: Waste Management Organization of Karaj Municipality; 2019 (in Persian).
64. Aromolaran A, Sartaj M. Enhancing biogas production from municipal solid waste through recirculation of blended leachate in simulated bioreactor landfills. Biomass Conversion and Biorefinery. 2021:1-6. doi: doi.org/10.1007/s13399-020-01260-5.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Development of decision support tool for municipal solid waste management system in Iran based on life cycle assessment approach

Zeinab Mousania[1], Seyed Hassan Mousavi[2], Farzane Mirza Bayati[1], Reza Rafiee[1,*]

1- Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Environmental Scientist, The Research Center of Karaj's City Council, Karaj, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 25 September 2021
Revised: 18 December 2021
Accepted: 21 December 2021
Published: 21 December 2021

Keywords: Decision support tool, Life cycle assessment, Municipal solid waste management, Modeling, Karaj

***Corresponding Author:**
rrafiee@ut.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Various aspects including the environmental burdens, social and economic consequences of the waste management(WM) scenarios must be considered to come up with a comprehensive WM plan. Life Cycle Assessment (LCA) approach is a systematic method to quantify the environmental burdens of each WM scenario.

Materials and Methods: This study used an LCA approach to develop a decision support system to analyze different scenarios of WM. Local and global databases were used to develop a comprehensive life cycle inventory database. The model comes with a graphical user interface in Persian to make it easier to use by a wide range of customers. Finally, to evaluate the model, three scenarios were assessed in Karaj city, Iran.

Results: To the best of our knowledge, this model is the first attempt to automate the process of waste management scenarios evaluation in Iran. The model enables users to easily and quickly simulate a wide range of scenarios. All calculations will be carried out by the software in the background and the user only needs to determine his/her scenario of concern which is very easy owing to the user-friend GUI of the software. The model was evaluated by analyzing the current WM in Karaj. The results showed that the waste collection system is the main source of environmental pollution of the WM in Karaj city due to the inefficient system of the waste collection and poor fleet fuel efficiency.

Conclusion: This tool allows users to gather detailed information about the waste management systems. In this way, the user can make informed decisions about the most suitable waste management scenario in a city.

Please cite this article as: Mousania Z, Mousavi SH, Mirza Bayati F, Rafiee R. Development of decision support tool for municipal solid waste management system in Iran based on life cycle assessment approach. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(3):533-52.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-12]