

تأثیر جداسازی زباله‌ی خشک و تر در مبدا بر هزینه‌های سیستم

مدیریت زباله‌ی جامد

عباس افشار^۱، هدیه میربایایی^۲

استاد گروه آب، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران^۱

a_afshar@iust.ac.ir

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران^۲

mirbabaiye@civileng.iust.ac.ir

چکیده

امروزه تولید زباله در جوامع بشری به عنوان یک مسئله‌ی زیست محیطی، توجه بسیاری را به خود معطوف داشته است. سیستم مدیریت زباله بسته به شرایط، از اجزای مختلفی جهت جمع‌آوری، تصفیه و دفع مواد زائد تشکیل می‌شود؛ و یافتن عواملی که در عملکرد مناسب سیستم و هر یک از اجزای آن موثرند از گزینه‌هایی است که می‌بایست مورد بررسی قرار گیرند. از جمله عوامل تأثیرگذار بر سیستم مدیریت زباله شهری و اجزای آن کیفیت زباله جمع‌آوری شده است، که تأثیر بسزایی در همه‌ی بخش‌ها به جای خواهد گذاشت. در این مقاله به بررسی اثر تفکیک زباله در مبدا که یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت زباله جمع‌آوری شده است می‌پردازیم. ماهیت پویای مقدار و ترکیبات زباله‌ی تولید شده استفاده از رویکرد پویایی سیستم را به منظور بررسی سیستم مدیریت زباله توجیه می‌نماید. هدف از این بررسی در نظر گرفتن هزینه‌ها و مزایای تفکیک زباله در مبدا است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد با افزایش درصد زباله‌ی تفکیک شده در مبدا و با بهبود کیفیت محصولات تولید شده از فرایندهای بازیافت و کامپوست با اینکه هزینه ناشی از تفکیک زباله به سیستم اعمال می‌گردد، کل هزینه کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی

تفکیک زباله، مدیریت زباله شهری

۱- مقدمه

زباله یکی از مشکلات جوامع بشری است که با افزایش مقدار آن نگرانی‌های بسیاری را برای اداره‌کنندگان شهرها ایجاد نموده است. این مسئله به همراه منابع محدود در اختیار بشر که به سرعت در حال زوال است این دیدگاه را به وجود آورده است که زباله منبعی است که در جای خود قرار نگرفته است. با این دیدگاه روش‌های بسیاری برای استفاده از این منبع با ارزش به کار گرفته شده است. در کنار آن محدودیت‌های موجود برای دفع مناسب زباله به نحوی که کمترین آسیب را متوجه محیط زیست نماید، نیز مطرح است. زباله ترکیبی از مواد غیرقابل استفاده، زائد و فاسد شدنی است، در این میان مواد سمی نیز یافت می‌شوند که در صورت راه‌یابی به محیط خطراتی را متوجه ساکنان خواهد کرد. استفاده از محل‌های دفن به عنوان اولین و ساده‌ترین گزینه علاوه بر هزینه‌های بالای مدیریت مشکلاتی مانند کمبود فضا، انتشار حجم قابل توجه گازهای گلخانه‌ای و احتمال نشت شیرابه از لایه‌های محافظ را به همراه دارد که از مطلوبیت آن تا حد قابل توجهی می‌کاهد. سایر گزینه‌ها با هدف تصفیه به معنی کاهش و کنترل خطرات ناشی از انتشار زباله و کم کردن حجم مورد نیاز برای دفن آن به کار گرفته می‌شوند.

برای دستیابی به گزینه‌ی مناسبی جهت مدیریت زباله‌ی یک شهر، در نظر گرفتن همه اجزای سیستم مدیریت و عوامل تأثیرگذار بر آن الزامی خواهد بود. چرا که ارتباط متقابل اجزا با یکدیگر رفتار کلی سیستم را تعریف کرده و نتایج حاصل از تغییر هر جزء از سیستم در نتیجه‌ی کلی آن مشهود خواهد بود. با استفاده از دیدگاه مدیریت کل نگر، بهینه‌سازی اجزای سیستم به تنهایی منجر به بهترین عملکرد در

کل سیستم نخواهد شد و برای دستیابی به بهترین نتیجه می‌بایست کل سیستم به همراه همه ارتباطات داخلی اجزای آن در نظر گرفته شود. در این زمینه پسالی و همکارانش در سال ۲۰۰۱ به تحلیل چرخه مواد در پالرمو پرداختند. مواد جمع‌آوری شده در این منطقه تنها به محل‌های دفن وارد می‌شدند، به این دلیل دو گزینه مدیریتی ارائه و با شرایط موجود مقایسه شد. گزینه‌های در نظر گرفته شده ترکیبی بود از فرایندهایی همچون تفکیک زباله، بازیافت انرژی، تصفیه بیولوژیکی و حرارتی و در نهایت دفن در محل‌های دفن استاندارد با درصد مشارکت‌های متفاوت از هر یک از فرایندهای ذکر شده. نتایج حاصل از این بررسی برتری روش‌های مدیریتی اعمال شده را نسبت به شرایط موجود نشان می‌دهد [۱]. ابونجم و همکارانش در سال ۲۰۰۲ یک مدل خطی برای مدیریت جامع زباله شهری در مقیاس محلی ارائه دادند. هدف از مدل ارائه‌ی بهترین گزینه مدیریت زباله با توجه به اطلاعات ورودی است؛ این گزینه با در نظر گرفتن اثرات اقتصادی و زیست محیطی و همچنین محدودیت‌های موجود در زمینه‌ی ظرفیت فرایندها، فضای در دسترس، محدودیت‌های اجرایی و مالی به دست می‌آید [۲]. در بخش دوم این مقاله که نویسندگان در همان سال ارائه دادند برای دستیابی به پارامترهای تاثیرگذار تحلیل حساسیت انجام شده است و مدل مورد نظر با داده‌های حقیقی مورد ارزیابی قرار گرفته است. از میان پارامترها، سیاست‌های افزایش میزان بازیافت و کاهش هزینه‌های اجرایی بیشترین تاثیر را بر مدل ارائه شده نشان داده‌اند. ابونجم و الفادل در سال ۲۰۰۴ به علت پیچیدگی‌های موجود در زمینه بهینه‌سازی یک مدل محلی مدیریت زباله جامع به لحاظ در نظر گرفتن دامنه‌ی وسیعی از پارامترها، عوامل غیرقطعی و گزینه‌های مختلف مدیریتی و عواقب زیست محیطی هر یک از آنها، مدلی ارائه دادند که برای همه کاربران به راحتی قابل استفاده بود و نیازی به آگاهی و اشراف به همه‌ی روابط حاکم بر مسئله نداشت. مدل در محیط ویژوال بیسیک ارائه شده و تنها با ورود اطلاعات مورد نیاز که خود برنامه از کاربر درخواست می‌کند ماتریس‌های مورد نیاز تشکیل و مسئله حل می‌گردد [۳].

تولید زباله با افزایش جمعیت، تغییر عادات فرهنگی، شرایط محیطی و عوامل اقتصادی دائماً در حال تغییر است. این تغییر کمیت زباله تولیدی و ترکیب اجزای آن را شامل می‌شود. برای مثال در مناطق پیشرفته از نظر اقتصادی حجم زباله خشک مانند کاغذ نسبت به زباله‌ی تر مانند باقی‌مانده غذا بیشتر است. عادات اجتماعی و فرهنگی نیز از عواملی هستند که مستقیماً بر میزان و ترکیبات زباله‌ی تولید شده تاثیرگذارند، برای مثال در کشور ما به علت عادات فرهنگی مقدار زیادی مواد فسادپذیر در ترکیب زباله وجود دارد. مقدار و ترکیبات زباله یکی از عواملی است که بر اساس آن می‌توان بر روی روش‌های مدیریتی اعمال شده تصمیم‌گیری نمود. سیستم مدیریت زباله اجزای گسترده‌ای را در بر می‌گیرد، از روش‌های گوناگون جمع‌آوری تا گزینه‌های مختلف تصفیه و دفع زباله. جمع‌آوری زباله می‌تواند به صورت ترکیبی و یا مجزا صورت گیرد، به این معنا که زباله‌های خانگی، قابل بازیافت و زباله‌ی باغبانی به صورت همزمان و در بخش‌های مجزای یک دستگاه به محل مربوطه حمل شوند یا هر یک توسط ناوگان جداگانه‌ای به بخش مربوطه انتقال یابند. در سیستم مختلط تعداد ماشین‌های حمل زباله کاهش می‌یابد ولی حجم بیشتری از ماشین‌ها مورد نیاز خواهد بود. در عین حال در صورت استفاده از سیستم مجزا می‌توان دفعات جمع‌آوری زباله‌های بازیافتی و باغبانی را تا حد قابل توجهی کاهش داد. بسته به ترکیبات زباله و امکانات موجود در منطقه‌ی مورد بررسی می‌توان اجزای تر آن را برای تهیه کامپوست و یا سوزاندن جهت تولید انرژی به کار برد، در صورت وجود حجم قابل توجه از مواد قابل بازیافت می‌توان از آنها محصولات بازیافتی تهیه کرد. در کنار ترکیبات زباله امکانات موجود در منطقه نیز بر ترکیب روش‌های تصفیه تاثیرگذار خواهد بود برای مثال در مناطقی که محصولات کامپوست مصرفی ندارد استفاده از این روش به صرفه نخواهد بود در کنار آن برای محصولات بازیافت شده نیز بایستی بازار مناسبی وجود داشته باشد تا هزینه‌های سیستم بازیافت شامل جمع‌آوری، تفکیک و تولید محصول توجیه‌پذیر باشد. در نهایت زباله‌ی غیرقابل استفاده در هر یک از زیربخش‌ها دفع می‌شود به این ترتیب که می‌تواند به فرایندهای تصفیه و یا محل دفع انتقال یابد.

۲- روش کار

در این مقاله به تهیه‌ی مدلی پرداخته شده است که بتواند سیستم جامع مدیریت زباله شهر را شبیه‌سازی نموده و نتایج گزینه‌های مختلف مدیریتی را که در اینجا متمرکز بر میزان تفکیک زباله‌ی خشک و تر در مبدا است، ارائه دهد. به سبب ویژگی‌هایی که برای مدلی با مشخصات فوق می‌بایست در نظر گرفت مناسب‌ترین روش رویکرد پویایی سیستم خواهد بود که علاوه بر در نظر گرفتن همه‌ی اجزای سیستم به همراه هم و روابط میان آنها از ورود پارامترهای غیرضروری و پیچیده شدن مدل بیش از حد لزوم اجتناب می‌کند و به این ترتیب کار با مدل و تحلیل نتایج را با سادگی بیشتری ممکن می‌سازد.

سیستم جامع مدیریت زباله‌ی شهری از سه بخش کلی تشکیل می‌شود؛ جمع‌آوری، تصفیه و دفع. جمع‌آوری زباله یکی از پارامترهایی است که در نحوه‌ی عملکرد و بازدهی سیستم بسیار تاثیرگذار است. هزینه‌ای که در این بخش پرداخت می‌گردد سهم بالایی را به خود اختصاص می‌دهد همچنین در صورت کیفیت پایین عملکرد این بخش مقدار زیادی از سرمایه به هدر می‌رود و آثار سوء قابل توجهی متوجه محیط زیست خواهد شد. کیفیت وسایل مورد استفاده برای نقل و انتقال زباله، نحوه‌ی عملکرد، حجم مورد استفاده از ماشین به

طور متوسط و مسیرهای انتخاب شده به علت تواتر بالای استفاده، در دراز مدت بازدهی کل سیستم را تحت تاثیر قرار خواهند داد. در این زمینه کارادیماس و همکارانش در سال ۲۰۰۷ با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها به بهینه‌سازی مسیر انتقال زباله از محل تولید تا دفن پرداختند. پارامترهایی که در این مدل مد نظر قرار گرفت عبارت بودند از محل سطل‌های زباله، شبکه جاده‌ای و ترافیک نظیر هر خیابان، برنامه جمع‌آوری زباله، ظرفیت ماشین حمل زباله و چگالی جمعیت در منطقه مورد مطالعه [۴]. پژوهش‌هایی از این نظیر اهمیت بخش حمل و نقل در سیستم مدیریت زباله را مشخص می‌کند. در مقاله حاضر جهت جلوگیری از بزرگ شدن بیش از حد مسئله فرض شده است مسیرهای مورد استفاده مناسب‌ترین گزینه از لحاظ مسافت و ترافیک می‌باشند با این حال برای در نظر گرفتن این بخش مسافت موجود میان بخش‌های مختلف و مقدار زباله‌ای که می‌بایست میان آنها انتقال یابد هزینه‌ای را به سیستم اعمال خواهد کرد.

دومین جزء از سیستم مدیریت زباله شهری که توجه بسیار زیادی را به دلیل اهمیت آن در کاهش اثرات سوء تولید زباله به خود معطوف داشته است، بخشی است که با عنوان کلی تصفیه زباله از آن یاد شد. این بخش دامنه وسیعی از فرایندها را در بر می‌گیرد که با استفاده مجدد بدون ایجاد تغییر یا با اعمال تغییرات محدود در زباله تولید شده، بازیافت، تولید کامپوست از اجزای فسادپذیر، زباله‌سوزی که در مرحله‌ای پیشرفته‌تر با تولید انرژی برق نیز همراه است. فرایندهایی همچون جداسازی مواد برای استفاده مجدد، ایجاد تغییر جزئی برای استفاده مجدد، بازیافت، زباله‌سوزی که در بعضی موارد با تولید انرژی نیز همراه است و تولید کامپوست از مواد فسادپذیر زباله در این گروه قرار می‌گیرند. هر یک از این فرایندها نیازمند زیرساخت‌هایی می‌باشند که برای بازدهی مناسب می‌بایست فراهم گردد، برای نمونه برای بازیافت مواد با کیفیت مناسب بهتر است زباله بازیافت‌شده به صورت جدا از زباله‌تر وارد سیستم مدیریت زباله شود تا علاوه بر جلوگیری از آلودگی آن، کیفیت خود را حفظ کند در غیر این صورت بخشی از زباله قابل بازیافت مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و به زباله‌سوز و یا حتی محل دفن منتقل می‌شود که مطلوبیت کمتری نسبت به فرایند بازیافت برای گردانندگان سیستم دارد. در کنار این مسئله هزینه‌های سیستم‌های مختلف نیز مطرح است برای مثال در صورتی که زباله تفکیک نشده باشد با صرف هزینه کمی می‌توان بخشی را که قابلیت استفاده در زباله‌سوز را دارد جدا کرد البته بازدهی سیستم در این حالت کاملاً متغییر خواهد بود و بستگی کامل به ترکیب زباله ورودی خواهد داشت ولی در همین شرایط برای تهیه مواد بازیافت‌شده علاوه بر آنکه بخش بسیار زیادی از زباله به محل دفن انتقال می‌یابد، هزینه بیشتری برای تفکیک بخش قابل بازیافت می‌بایست پرداخت شود. به این ترتیب در بیشتر موارد استفاده از چند فرایند تصفیه در کنار هم می‌تواند باعث افزایش بازدهی سیستم مدیریت زباله و در نهایت کاهش آثار سوء تولیدی در منطقه گردد.

سومین بخش، دفن زباله در محل مناسبی است که همه‌ی استانداردهای لازم در آن رعایت شده است. یک محل دفن استاندارد دارای لایه‌های مختلف بستر است تا از نشت شیرابه به آب‌های زیرزمینی و سطحی جلوگیری شود، همچنین در مواردی برای جلوگیری از انتشار گاز متان که یکی از محصولات تجزیه‌ی بی‌هوازی مواد آلی است از پوشش و لوله برای کنترل انتشار آن استفاده می‌گردد. به کار بردن تمامی این روش‌ها برای ساختن محلی ایمن که به راحتی بتوان زباله را برای مدت زمان طولانی در آن نگهداری نمود بسیار هزینه بر خواهد بود در عین حال با افزایش جمعیت ارزش زمین در مناطق نزدیک به مراکز جمعیتی در حال افزایش است و استفاده از این زمین‌ها هم به لحاظ هزینه و هم مطلوبیت اجتماعی با موانع بزرگی مواجه است با دورتر شدن از این مراکز نیز هزینه‌ی انتقال زباله به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. در بسیاری از موارد برای فرار از پرداخت هزینه‌ها بخشی از اصول اجرایی رعایت نمی‌شود و نتایج منفی حاصل از آن به طور گسترده متوجه محیط زیست و در نهایت سلامت بشر خواهد بود. به این ترتیب دفن زباله از نظر زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی با هزینه‌های سنگینی همراه است و مطلوبیت آن را تا آخرین گزینه برای مدیریت زباله کاهش داده است.

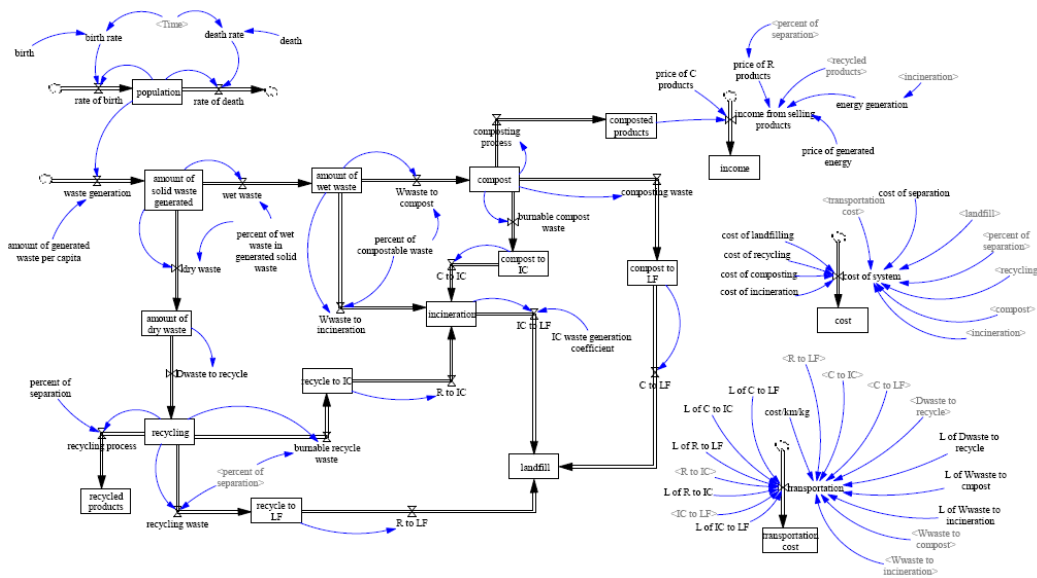
رویکرد پویایی سیستم در دهه‌های اخیر و برای از بین بردن مشکلات ناشی از شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده پیشنهاد شده است. روش پویایی سیستم در دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی توسط فورستر ایجاد شد. این روش برای تحلیل روابط درونی محیط زیست و اقتصاد جهانی توسط فورستر و دیگران به کار رفته است. پویایی سیستم‌ها یک روش توانمند و تکنیک شبیه‌سازی مدل‌های کامپیوتری برای شکل‌دهی، فهم و بررسی موضوعات و مسایل پیچیده می‌باشد [۵]. این رویکرد امکان ساخت یک مدل ذهنی و به روزرسانی آن را بسته نوع مسئله مورد نظر فراهم می‌نماید در این روش پیش از تعریف سیستم محدود بسته و حدود مدل تعیین می‌شود. در این محدوده تنها پارامترهایی در نظر گرفته می‌شوند که بر رفتار مورد نظر ما موثرند، به عبارت دیگر بسته به هدف در نظر گرفته شده برای مدل‌سازی پارامترهای موثر و غیرموثر تعیین می‌گردند. بسته بودن مرز سیستم سبب می‌شود نتایج به دست آمده از مدل بر خود آن تاثیر گذاشته و شرایط را تغییر دهد به این ترتیب در مرحله بعد شرایط اولیه تغییر کرده و نتایج متفاوت خواهد بود. البته می‌بایست توجه شود که مرز بسته به معنای بسته بودن سیستم و عدم تبادل آن با محیط پیرامون آن نیست و عبارت از بسته بودن مرز عوامل تاثیرگذار بر رفتار مورد نظر است.

برنامه‌ای که در این مقاله جهت شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته Vensim است، و همانند سایر مدل‌های پویایی سیستم یک مدل شبیه‌سازی شی گراست. این خصوصیت به کاربر کمک می‌کند مدل مورد نظر خود را با سهولت بیشتری تهیه نماید. اجزایی که در این مدل برای شبیه‌سازی سیستم مورد نظر در اختیار کاربر قرار می‌گیرند عبارتند از متغیرهای حالت، نرخ‌ها، پیکان‌ها و مبدل‌ها، که بسته به

تعریف هر جزء از سیستم به آنها اختصاص می‌یابد. مدل به کار رفته از نوع تحقیقاتی است و نسبت به انواع تجاری قابلیت‌های محدودتری را در اختیار کاربر می‌گذارد. برای مثال این نوع توانایی بهینه‌سازی مدل تهیه شده را ندارد.

۳- مدل ارائه شده

مدل ارائه شده برای شبیه‌سازی سیستم مدیریت جامع زباله شهری در شکل زیر آمده است.



شکل (۱) : مدل ارائه شده برای مدیریت جامع زباله شهری

همان طور که مشاهده می‌شود اولین بخش از مدل که ورودی به سیستم را تعیین می‌کند، مدل جمعیتی است که نرخ رشد جمعیت را با توجه به میزان افزایش جمعیت بر اثر زاد و ولد و مهاجرت به منطقه و کاهش آن بر اثر میزان مرگ و میر و مهاجرت از منطقه به دست می‌دهد. با تغییر هر یک از این پارامترها و عوامل تاثیرگذار بر آنها جمعیت تغییر می‌کند و در نتیجه میزان زباله‌ی ورودی به سیستم متغیر خواهد بود. در مدل حاضر سرانه تولید زباله به صورت یک مقدار ثابت در نظر گرفته شده است. همچنین فرض شده است که زباله‌ی تولیدی فاقد مواد خطرناک بوده و نیاز به جداسازی این بخش از زباله و اعمال روش‌های مدیریتی ویژه برای کنترل آن وجود ندارد. از آنجا که این بخش از زباله معمولاً به صورت جداگانه جمع‌آوری و دفع می‌شود و ارگان ویژه‌ای مسئولیت رسیدگی به این بخش از زباله را دارد، صحت فرض مشهود است.

با توجه به مطالعات انجام شده بر روی ترکیب زباله و با استناد به آمار ارائه شده در فصلنامه آماری مدیریت پسماندهای جامد شهر تهران که درصد زباله خشک مناطق مختلف را ارائه داده است، میانگین مقدار ۳۰٪ برای درصد زباله خشک در مدل در نظر گرفته شده است [۶]. به این ترتیب با داشتن مقدار کل زباله‌ی تولید شده درصد خشک و تر آن به دست می‌آید. در مدل فرض شده است که زباله خشک بسته به کیفیت آن که به صورت تابعی از درصد تفکیک آن در مبدا تعریف شده است به بخش بازیافت زباله رفته و برای تولید کالاهای بازیافت شده مورد استفاده قرار خواهد گرفت. با کاهش درصد تفکیک زباله در مبدا کیفیت مواد بازیافت شدنی کاهش خواهد یافت و بخش بیشتری از آن به زباله‌سوز و یا محل دفن منتقل می‌گردد، همچنین کیفیت کالای تولید شده پایین‌تر بوده و قیمتی که برای فروش آن می‌توان در نظر گرفت افت خواهد کرد. بخش تر زباله وارد دو فرایند تولید کامپوست و یا زباله‌سوز خواهد شد. درصدی از مواد که به هر یک از این دو سیستم فرستاده خواهند شد بستگی مستقیم به شرایط منطقه و امکانات موجود دارد؛ برای مثال در صورت وجود امکان تولید انرژی در زباله‌سوزها و بازار مصرف آن به صرفه خواهد بود که درصد بیشتری از زباله با قابلیت سوختن به این فرایند فرستاده شود، در کنار آن کیفیت زباله نیز می‌تواند در انتخاب فرایند تاثیرگذار باشد مثلاً زباله‌ی تر با محتوای آب بالا بازده فرایند زباله‌سوزی را کاهش می‌دهد و از مطلوبیت آن نسبت به دیگر روش‌ها می‌کاهد. درآمد حاصل از فروش مقدار کامپوست تهیه شده و انرژی به دست آمده از زباله‌سوزی به درآمد سیستم افزوده می‌گردد. در مورد فرایند کامپوست نیز بخشی از مواد ورودی به آن که برای کامپوست مناسب نیست و همچنین گاز جمع‌آوری شده به زباله‌سوز می‌رود تا در تولید انرژی به کار رود. همان طور که پیش از این اشاره شد محل دفن پرهزینه‌ترین بخش مدیریت زباله است و برای کاهش مقدار زباله‌ی ورودی به این بخش آن را در انتهای روند مدیریت قرار داده‌ایم، به این

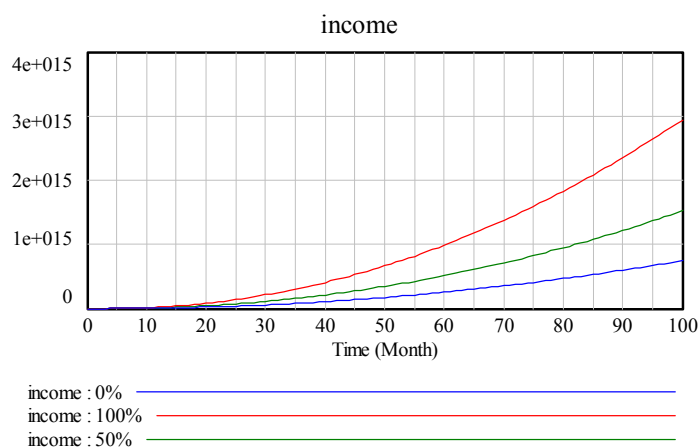
معنا که سعی می‌شود زباله توسط یکی از روش‌های ذکر شده مدیریت گردد و پس از آن بعد از کاهش حجم و استفاده از همه‌ی پتانسیل‌های موجود در آن به محل دفن انتقال یابد.

برای تعیین اثر تفکیک زباله در هزینه نهایی سیستم فاصله‌ی در نظر گرفته شده برای همه‌ی فرایندهای کامپوست، زباله‌سوز و بازیافت تا مبدا تولید زباله یکسان است و همه‌ی آنها تا محل دفن نیز در یک فاصله‌اند. به این ترتیب اثر فاصله‌ی فرایندهای مختلف اثری بر تصمیم‌گیری نخواهد گذاشت و صرفاً مسئله مورد نظر در تصمیم نهایی دخیل خواهد بود.

هزینه‌های سیستم شامل هزینه انتقال زباله از مبدا به هر یک از فرایندها، انتقال میان فرایندهای مختلف و در نهایت حمل به مرکز دفن می‌باشد، این هزینه تابعی از وزن زباله‌ی حمل شده و مسافت طی شده و تواتر ماشین‌های حمل زباله خواهد بود که در پارامتر مسافت میان قسمت‌های مختلف لحاظ شده است، می‌باشد؛ عملیات تفکیک به علت آموزش‌های اجتماعی مورد نیاز هزینه‌ای را به سیستم اعمال خواهد کرد، همچنین هر یک از فرایندها هزینه بهره‌برداری و نگهداری خواهند داشت که تابعی است از مقدار زباله ورودی به آنها و بخشی از هزینه‌های سیستم را تشکیل می‌دهد.

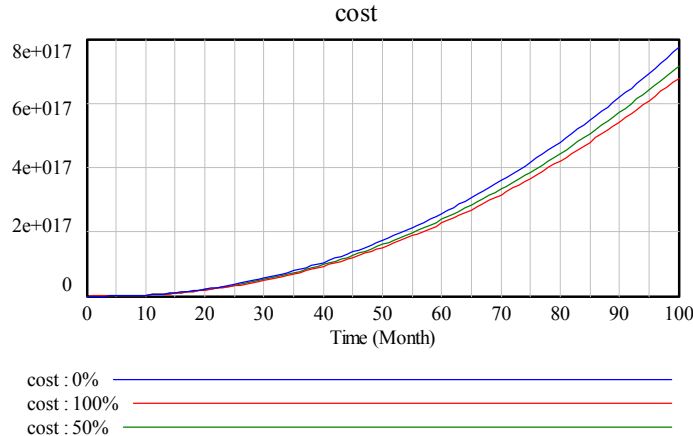
۴- نتایج و بحث

هدف از ارائه مدل بررسی اثر تفکیک زباله در مبدا بر هزینه‌های سیستم مدیریت زباله‌ی شهری است. به این دلیل با در نظر گرفتن دامنه‌ای برای درصد زباله‌ی تفکیک شده در مبدا تغییرات سیستم را در این دامنه مورد بررسی قرار می‌دهیم، دامنه در نظر گرفته شده از ۰٪ تا ۱۰۰٪ متغیر است به این مفهوم که زباله می‌تواند کاملاً مخلوط بوده و طی فرایندی پیش از هر یک از واحدها تفکیک شود و یا همه‌ی زباله‌ی وارد شده به سیستم در ابتدا تفکیک شده است و نیازی به عملیات در درون سیستم ندارد. نمودار زیر تغییر درآمد سیستم را با تغییر در میزان تفکیک در مبدا را نشان می‌دهد.



شکل (۲) : نمودار درآمد ناشی از فروش محصولات مدیریت جامع زباله با درصد متغیر تفکیک در مبدا

همان طور که پیش از این بیان شد با افزایش درصد تفکیک در مبدا کیفیت زباله‌ی قابل بازیافت بهبود می‌یابد و محصول ارزش بیشتری در بازار خواهد داشت، به این ترتیب درآمد بیشتری نصیب سیستم خواهد شد. در این شرایط هزینه‌ها نیز به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد، با تفکیک در مبدا از میزان تبادل میان فرایندهای مختلف کاسته می‌شود همچنین زباله منتقل شده به محل دفن کاهش می‌یابد که به علت انتقال مناسب هر بخش از زباله به فرایند متناظر و کاهش آلودگی زباله خشک در اثر مخلوط شدن با زباله‌ی تر می‌باشد؛ به این ترتیب علاوه بر کاهش هزینه‌های حمل و نقل هزینه‌ی پرداخت شده برای دفع در محل دفن نیز کاهش می‌یابد. در کنار آن می‌توان به کاهش تواتر تردد ماشین‌آلات حمل زباله خشک اشاره کرد که هزینه‌ی مسافت طی شده و آلودگی ناشی از مصرف سوخت را در پی خواهد داشت. نمودار زیر هزینه‌ی کل سیستم را با تغییر در درصد زباله‌ی تفکیک شده در مبدا نشان می‌دهد.



شکل (۳) : هزینه سیستم به ازای تغییر در درصد تفکیک زباله در مبدا

۵- نتیجه گیری

در این مقاله مدلی برای مدیریت جامع زباله شهری با رویکرد پویایی سیستم ارائه شد. هدف از ارائه این مدل تحلیل اثرات ناشی از تفکیک زباله در مبدا می باشد، که می تواند در درآمد حاصل از فروش محصولات به دست آمده از مدیریت زباله و هزینه های تحمیل شده به سیستم نمود یابد. فرضیات اساسی در مدل ارائه شده مربوط به ضرایب اعمال شده به سیستم از آمار و مطالعات قبلی در مقالات منتشر شده برداشت شده و تعدادی از آنها به صورت جزئی از ویژگی های نمونه ی فرضی در نظر گرفته شده به کار رفته اند، از جمله درصد انتقال مواد میان اجزای مختلف سیستم تصفیه و دفن.

نتایج نشان می دهد افزایش میزان تفکیک زباله در منبع باعث افزایش بازدهی سیستم خواهد شد به تعبیری با افزایش درآمد و کاهش هزینه های اعمال شده شرایط فعالیت سیستم بهبود یافته است. با در دست داشتن آمار کافی به عنوان یک نمونه ی واقعی امکان صحت-سنجی دقیق مدل به دست خواهد آمد و می تواند در ادامه برای تکمیل مدل به کار رود؛ البته با مرور روند اجزای مختلف مدل صحت نتایج کنترل شده است. همچنین سیستم امکان سنجش تغییر در سایر پارامترها را نیز دارا می باشد، در صورت کنترل نتایج به دست آمده از تحلیل سایر پارامترها مدل می تواند به صورت جامع مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع

- [1] Giorgio Beccali, Maurizio Cellura, Marina Mistretta; "Managing Municipal Solid Waste; Energetic and Environmental Comparison Among Different Management Options"; Int J LCA 6 (4) 243 - 249 (2001).
- [2] M. Abou Najm, M. El-Fadel, G. Ayoub, M. El-Taha, F. Al-Awar; "An optimisation model for regional integrated solid waste management I. Model formulation"; Waste Management & Research; 2002: 20: 37-45.
- [3] M. Abou Najm, M. El-Fadel; "Computer-based interface for an integrated solid waste management optimization model"; Environmental Modelling & Software 19 (2004) 1151-1164.
- [4] Nikolaos V. Karadimas, Katerina Papatzelou, Vassili G. Loumos; "Optimal solid waste collection routes identified by the ant colony system algorithm"; Waste Management & Research; 2007: 25: 139-147.

[۵] اخوان حجازی، سید حامد؛ "مدلسازی پویایی سیستم ها در طراحی و بهره برداری سیستم ذخیره سیکی"؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه علم و صنعت ایران؛ دانشکده مهندسی عمران؛ ۱۳۶۸.

[۶] فصلنامه آماری مدیریت پسماندهای جامد شهر تهران، سال ۱۳۸۴، معاونت بازیافت و هماهنگی امور مناطق، سازمان بازیافت و تبدیل مواد، حوزه معاونت خدمات شهری شهرداری تهران