Archive of SID

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (تابستان ۱۳۹۷)
دوره‌ی ۱-۳۴، شماره‌ی ۱/۲، ص. ۱۴۷-۱۵۹، (یادداشت فنی)

Research Note

مدل‌سازی تأثیر عوامل اقتصادی و اجتماعی بر مدیریت پسماند خانگی با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها: مطالعه‌ی موردی شهر تهران

مجتبی صالحی * **(استادیار)**
گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور
امین سقائیان (کارشناسی ارشد)
محسن فراهانی (کارشناسی ارشد)
حامد دارابی (کارشناسی ارشد)
دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

با توجه به روند رو به رشد تولید پسماند، وجود منابع و زمین‌های محدود برای بازیافت و دفن پسماند و آلودگی‌های ناشی از آن، پرداختن به موضوع مدیریت پسماند امری اجتناب‌ناپذیر است. این مقاله با استفاده از مدل‌سازی پویا رویکردی جدید برای مدیریت پسماند خانگی که بخش مهمی از پسماند موجود تهران است، ارائه می‌دهد. مدل پیشنهادی اثر متغیرهای اجتماعی و کیفی مثل فرهنگ، تحصیلات، بعد خانوار، تأثیر بودجه‌ی تبلیغات، متغیرهای اقتصادی نظیر تورم و درآمد سرانه و قدرت خرید و مصرف سرانه و همچنین طرح تفکیک در مبدأ را روی میزان پسماند خشک ارزشمند به دست آمده و همچنین میزان دفن پسماند در نظر می‌گیرد. این مدل قادر است با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی و اجتماعی و همچنین بازه‌ی زمانی و تأخیرهای موجود، به تحلیل سیاست‌ها با توجه به محدودیت‌های بودجه‌یی بپردازد تا سیاستی مناسب در رابطه با میزان تولید و بازیافت و دفن پسماند پیشنهاد کند.

واژگان کلیدی: پسماند خانگی، مدیریت پسماند شهری، مدیریت پسماند خانگی، سیستم‌های پویا، عوامل اقتصادی و اجتماعی.

m_salehi61@yahoo.com
aminsaghaeiyan@yahoo.com
mo.fa69@yahoo.com
hamed.darabi712@gmail.com

۱. مقدمه

مدیریت پسماند جامد امروزه یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع بشری است. افزایش حجم پسماند از یک‌سو و تنوع وگوناگونی آنها از سوی دیگر بر پیچیدگی نحوه‌ی جداسازی دفع آنها می‌افزاید. گسترش علوم و فنّاوری در زمینه‌های مختلف شیمی، فیزیک، پزشکی و غیره نیز موجب ورود انواع پسماندهای خطرناک به پسماندهای شهری از جمله پسماندهای خانگی شده است. از این‌رو توجه به منابع تولید همراه با آگاهی از ترکیب و نرخ تولید پسماند [۱،۲] اساس مدیریت پسماند جامد را تشکیل می‌دهد. از بررسی‌های انجام شده در این زمینه چنین نتیجه‌گیری می‌شود که نوع پسماند تولید شده در هر شهر و منطقه ارتباط مستقیم با سیستم فعالیت، اماکن تولید و نحوه‌ی زندگی مردم دارد. پس می‌توان گفت شناسایی علت‌های بروز معضلات مدیریت پسماند به ما کمک می‌کند تا روند تولید پسماند را کنترل کنیم.

بر اساس قانون مدیریت پسماند[۱] که در سال ۱۳۸۳ مجلس شورای اسلامی آن را تصویب کرده است، پسماندها به پنج دسته‌ی عادی، ویژه، بیمارستانی، کشاورزی و صنعتی تقسیم می‌شوند که پسماندهای خانگی بخشی از پسماندهای عادی است و بخش دیگر آن نیز پسماندهای ساختمانی است. اما پسماندهای خانگی سهم بسیار زیادی در پسماند سالانه‌ی تولید شده در کشور و به‌خصوص در کلان شهر تهران دارند. بر اساس آمار سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران در سال ۱۳۹۳، مقدار پسماند خانگی موجود در کل پسماندهای تولیدی مربوط به سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، حدوداً ۸۹٪ است.[۲] با توجه به حجم گزارش شده و همچنین درگیری بیشتر مسائل اجتماعی و اقتصادی با بعد خانوار، این مسئله برای مدل‌سازی از اهمیت بالایی برخوردار است.

برای دستیابی به سیاستی مناسب برای مدیریت پسماند شهری، در نظر گرفتن اجزای سیستم مدیریت و عوامل تأثیرگذار بر آن الزامی است. زیرا ارتباط متقابل اجزا با یکدیگر رفتار کلی سیستم را تعریف می‌کند و نتایج حاصل از تغییر هر جز از سیستم در نتیجه‌ی کلی آن مشهود خواهد بود. بهینه‌سازی اجزای سیستم به تنهایی منجر به بهترین عملکرد در کل سیستم نخواهد شد و برای دستیابی به بهترین نتیجه باید کل سیستم به همراه ارتباطات داخلیِ اجزای آن در نظر گرفته شود. از این رو استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها برای بررسی پیچیدگی‌های موجود در عوامل اقتصادی و اجتماعیِ تولید سالانه‌ی پسماند خانگی، (که دارای ماهیتی پویا

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۴/۶/۱۵، اصلاحیه ۱۳۹۵/۷/۲۷، پذیرش ۱۳۹۵/۸/۱۱.
DOI:10.24200/J65.2018.5607

www.SID.ir

Archive of SID

هستند) در شهر تهران می‌تواند نتایج خوبی به همراه داشته باشد.

بررسی دقیق تأثیر عوامل اقتصادی مثل تورم، درآمد سرانه و قدرت خرید و تأثیر آنها بر مصرف سرانه و تولید پسماند خانگی از نوآوری‌های این پژوهش است. به لحاظ عامل‌های اجتماعی نیز تأثیر عواملی مانند سطح فرهنگ عمومی، سطح تحصیلات عمومی، تبلیغات و آموزش بر تولید پسماند خانوار دیده شده است. بررسی مجموع این عوامل در کنار هم نوآوری اصلی تحقیق است و از دیگر نوآوری‌های آن نیز می‌توان به پرداختن به موضوع پسماند خانگی و استفاده از چندین متغیر کیفی در مدل برای مشاهده‌ی تأثیرات اجتماعی بر تولید پسماند و همچنین تأثیرات بودجه‌های طرح تفکیک در مبدأ بر نسبت بازیافت و دفن اشاره کرد.

در پژوهش پیش رو، سیستم مدیریت پسماند خانگی عمدتاً با در نظر گرفتن داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ در بخش پسماند خانگی بررسی شده است و بعضاً نیز داده‌های دهه‌ی ۱۳۷۰ و اوایل دهه ۱۳۸۰ مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در این راستا برای دریافت اطلاعات جمعیتی شهر تهران، از آمار موجود در گزارش سازمان مدیریت پسماند[۲] در سال ۱۳۹۳ و همچنین آمار زاد و ولد و ازدواج و طلاق سازمان ثبت احوال[۳] استفاده شده است. در بخش اقتصادی مدل نیز با استفاده از مطالعه‌ی داده‌های موجود در سری‌های زمانی بانک مرکزی[۳] و مرکز آمار ایران[۴]، به بررسی وضع اقتصادی حال و آینده‌ی تهران و ایران پرداخته‌ایم. در خصوص آمار و داده‌های مربوط به پسماندهای خانگی اعم از تولیدات و هزینه و درآمدها از آمار و گزارش‌های واحد تحقیق و توسعه‌ی سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران در سال ۱۳۹۳ و همچنین مصاحبه با کارشناسان استفاده شده است. بر اساس آمار گزارش عملکرد سازمان مدیریت پسماند در سال ۱۳۹۳، از مجموع ۲۸۶۱۲۳۵ تن پسماند پذیرش شده‌ی ورودی به مجتمع آرادکوه در شهر تهران در سال ۱۳۹۲، مقدار ۲۰۱۵۸۹۵ تن، معادل ۷۰٪ از پسماند کل، با عملیات دفن به انهدام رسیده است. میزان پسماند خشک جمع‌آوری شده در قالب تفکیک در مبدأ نیز ۴۵۷۷۹۷ تن بوده که معادل ۱۶٪ از پسماند کل ورودی به مجتمع آرادکوه است. حدوداً ۳/۴٪ از پسماند خشک جمع آوری شده نیز از طریق پردازش و تفکیک در مجتمع آراد کوه به دست آمده است. اما مجموع این مقادیر فقط ۴۰٪ از پتانسیل پسماند خشک تولیدی شهر تهران است و بقیه‌ی آن به صورت مخلوط خشک و تر جمع آوری و پردازش می‌شود.[۲و۴] باقی پسماند از طریق سوزاندن در تولید برق استفاده می‌شود. مقداری از پسماند تر به دست آمده نیز از طریق سایت‌های پردازش و هوادهی به کود کمپوست تبدیل و فروخته می‌شود. بر همین اساس درآمدها در این مدل شامل درآمد سالانه‌ی حاصل از فروش برق، درآمد سالانه‌ی حاصل از فروش کمپوست تولیدی و درآمد سالانه‌ی حاصل از فروش مواد بازیافتی خشک ارزشمند است. همچنین بر اساس فعالیت‌های درآمدزای ذکر شده، هزینه‌های مربوط به تولید برق، کمپوست و همچنین هزینه‌ی دفن پسماند به عنوان هزینه‌های اصلی مدل در نظرگرفته شده‌اند.

در این راستا باید به سؤالاتی مشابه به سؤالات زیر در طول دوره‌ی تحقیق پاسخ دهیم:

۱. چه متغیرهایی در تولید پسماند خانگی در شهر تهران مؤثرند؟
۲. تأثیر عوامل اقتصادی و اجتماعی بر تولیدات پسماند خانگی تهران چقدر است؟
۳. بودجه‌ی محدود مدیریت پسماند به چه شکل می‌تواند در تولید و بازیافت پسماند تأثیرگذار باشد؟
۴. رشد سرانه‌ی پسماند خانوار در ۱۰ سال آینده به چه صورت خواهد بود؟
۵. میزان تولید پسماند خانگی سالانه در بازه زمانی ۱۰ سال آینده در تهران چگونه خواهد بود؟
۶. تأثیر طرح تفکیک در مبدأ بر هزینه‌های تفکیک در آرادکوه و همچنین میزان دفن پسماند چگونه است؟
۷. تأثیر طرح تفکیک در مبدأ بر درآمدهای سالانه‌ی حاصل از فروش مواد بازیافتی چگونه است؟

هدف از انجام این پژوهش ارائه‌ی مدلی شبیه‌سازی شده برای تحلیل تأثیر عوامل اقتصادی و اجتماعی بر تولید پسماندهای خانگی شهر تهران است، تا بتوان با استفاده از آن برآوردی از میزان تولید پسماند و همچنین میزان بازیافت و دفن، در افق ۱۰ ساله ارائه داد و بهترین سیاست را با توجه به تحلیل حساسیت بودجه‌ی محدود سازمان و شرایط فعلی برای مدیریت سیستم پسماند خانگی تهران طراحی کرد.

۲. پیشینه‌ی تحقیق

در این بخش ابتدا برخی مفاهیم مهم در حوزه‌ی مدیریت پسماند خانگی و پسماند جامد شهری تشریح خواهد شد و سپس در ادامه پیشینه‌ی پژوهش در رابطه با مدل‌سازی پویای سیستم مدیریت پسماند شهری (اعم از خانگی و غیرخانگی) بررسی می‌شود.

۱.۲. سیستم مدیریت پسماند خانگی

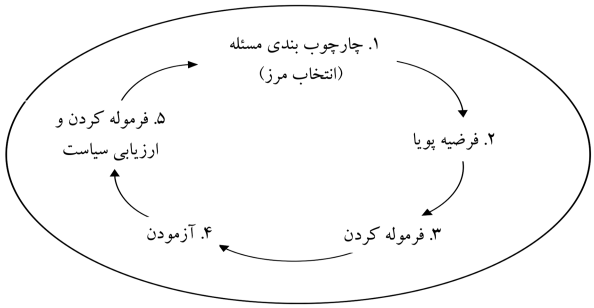
بر اساس بند (ب) ماده‌ی دوم قانون مدیریت پسماندها،[۱] پسماند عبارت است از مواد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم حاصل از فعالیت انسان است و از نظر تولیدکننده زائد تلقی می‌شود. بر اساس تعریف واژه‌نامه‌ی بانک جهانی مدیریت پسماند جامد شهری،[۵] منظور از پسماند خانگی[۶] پسماندهای جامد شهری مشتمل بر زباله و آشغال هستند که هر دوی آنها نتیجه‌ی فعالیت‌های خانوارهاست. درکشورهای در حال توسعه تا سقف دو سوم این پسماندها را اجزای آلی و تجزیه‌پذیر تشکیل می‌دهند. همچنین ممکن است که مقادیر قابل توجهی پسماند خطرناک در پسماندهای خانگی یافت شود. پسماند جامد شهری نیز به‌طور عمده توسط خانوارها، مراکز تجاری، دفاتر، نهادها و سازمان‌های عمومی تولید می‌شود. پسماند شهری تولید شده حاوی پسماندهایی است که یا توسط خود سازمان‌های شهری یا به نمایندگی از آنها جمع‌آوری و در سیستم مدیریت پسماند دفع می‌شود.[۵]

۲.۲. سیستم‌های پویا[۷]

پروفسور جی فارستر[۸] در دهه‌ی ۱۹۵۰ برای اولین بار مفهوم سیستم‌های پویا را مطرح کرد.[۶] مفهوم پایه‌یی سیستم پویا بررسی تعاملات سیستمی بین اعضا و متغیرهای اصلی سیستم است؛ از این‌رو هدف از ارائه‌ی چنین رویکردی تسهیل درک رابطه‌ی بین رفتار سیستم و ساختار و قوانین تصمیم‌گیری آن در طول زمان است.[۷] همچنین این رویکرد بر اساس تفکر سیستمی بنا نهاده شده است و یک روش بسیار خوب برای درک، مطالعه، به تصویر کشیدن و تحلیل سیستم‌های بازخوردی پویا و پیچیده است. برای مدل‌سازی و نمایش این سیستم‌ها به رسم حلقه‌های علّی ـ معلولی و نمودار حالت ـ جریان نیاز است.[۸] فرایند مدل‌سازی در این سیستم‌ها شامل پنج مرحله است. ذکر این نکته نیز ضروری است که مدل‌سازی فعالیتی نیست که به یکباره به جواب برسد، بلکه فرایند چرخه‌ی پیوسته‌یی است بین دنیای مجازی مدل و جهان واقعی عمل (شکل ۱).[۹]

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. فرایند مدل‌سازی پویا از دیدگاه استرمن[۹].

استفاده از رویکرد سیستم‌های پویا در مدیریت پسماند شهری برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ در ایالت نیویورک در امریکا توسط مشایخی انجام شد که در آن به بررسی چگونگی تبدیل رویکرد دفنِ زمین ـ محور پسماند به دیگر گزینه‌های دفن و انهدام پرداخته می‌شود. در این مدل تعاملات بین عوامل اقتصادی ـ اجتماعی و زیست‌محیطی که باعث بحران در مدیریت پسماند شده بودند بررسی شده است. نویسنده رفتار مدل را تحت سیاست‌های مختلفی بررسی می‌کند که در نهایت چهار سیاست مورد بحث قرار می‌گیرند. یکی از این سیاست‌ها سیاست فعلی در ایالت نیویورک است و دیگر سیاست‌ها با تغییراتی در بودجه‌بندی با سیاست فعلی مقایسه می‌شوند.[۱۰]

در سال ۱۹۹۷ نیز سودهیر[۹] و همکاران به ارائه‌ی یک رویکرد سیستم پویا برای بررسی تعاملات و پویایی‌های بین اجزای مختلف سیستم مدیریت پسماند شهری پرداختند. در نهایت نیز به بررسی نتایج بالقوه و نظام‌مند سیاست‌ها و ساختارهای مختلف پرداختند تا به سیستم پایدار مدیریت پسماند جامد شهری دست پیدا کنند.[۱۱]

در سال ۲۰۰۲، کاراوزیریس[۱۰] و همکاران با استفاده از روش سیستم پویا و منطق فازی به پیش‌بینی تولید پسماند جامد شهری پرداختند. در این مقاله از منطق فازی برای افزایش اعتبار مدل به نحوی استفاده شده است که متغیرهای مدل را به صورت متغیرهای زبانی تعریف کرده و از آن برای تبدیل معیارهای کیفی به معیارهای کمّی استفاده کرده و برای مثال حالت خوش‌بینانه و بدبینانه و متوسط را برای یک متغیر در نظر گرفته است.[۸]

در سال ۲۰۰۵، دایسون[۱۱] و چانگ با روش مدل‌سازی سیستم پویا به پیش‌بینی تولید پسماند شهری در شهر سان آنتونیو واقع در ایالت تگزاس امریکا پرداختند. در این پژوهش، رشد چشمگیر اقتصادی این شهر به علت تأثیر اقتصادی توافق‌نامه‌ی تجارت آزاد آمریکای شمالی در نظر گرفته شده است. سپس پنج مدل پویا با ترکیبات مختلف عوامل مؤثر بر تولید پسماند ارائه شده است که در نهایت با مدل رگرسیونی مبنا مقایسه می‌شوند.[۱۲]

در سال ۲۰۰۶، سوفیان[۱۲] و بالا[۱۳] به مدل‌سازی استحصال انرژی الکتریکی از پسماند جامد شهر داکا در بنگلادش پرداختند. در این مقاله با روش سیستم پویا به پیش‌بینی رشد جمعیت، تولید پسماند جامد، تولید الکتریسیته از پسماند جامد و درصد تقاضای برق تولید شده از کل برق عرضه شده در شهر داکا پرداخته شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با گذشت زمان جمعیت، تولید پسماند جامد، و پتانسیل تولید برق از ضایعات جامد افزایش می‌یابد اما درصد تقاضای برق تولید شده از پسماند جامد در کل عرضه کاهش پیدا می‌کند.[۱۳]

در سال ۲۰۰۷ سوفیان و بالا مدلی برای سیستم مدیریت پسماند در شهر داکا طراحی کردند. این مدل با انتخاب پارامترهای مختلف از جمله جمعیت و تولید پسماند نشان می‌دهد که با گذشت زمان تولید پسماند، ظرفیت و تولید برق حاصل از سوزاندن پسماند افزایش می‌یابد. به علاوه فعالیت این دو نفر خاطر نشان می‌سازد که فقط اختصاص بودجه برای جمع‌آوری پسماند کافی نیست بلکه باید بودجه‌یی هم برای تفکیک و عملیات و فرایندهای پس از جمع‌آوری پسماند اختصاص یابد.[۱۴]

در سال ۲۰۰۸، چاورول[۱۴] و همکاران، مدیریت پسماندهای بیمارستانی را با رویکرد سیستم‌های پویا بررسی کردند. عوامل تأثیرگذار زیادی در مدیریت پسماند بیمارستان وجود دارد که اغلب با یکدیگر پیوند دارند، که نیاز به تجزیه و تحلیل جامع برای تعیین نقش هر عامل در سیستم است. در این مطالعه، روش سیستم‌های پویا برای تعیین تعامل بین عوامل مؤثر در سیستم، با استفاده از نرم‌افزار استلا به کار گرفته شده است. نتایج شبیه‌سازی در شهر جاکارتای اندونزی نشان می‌دهد که مجموع ظرفیت زمین‌های دفن فعلی و استفاده نشده تا سال ۲۰۲۰ به پایان می‌رسد.[۱۵]

در سال ۲۰۱۰، کولیکاتارا[۱۵] و همکاران با رویکرد مدل‌سازی سیستم پویا به ارزیابی تولید پسماند جامد شهری، ظرفیت‌های محل‌های دفن پسماندهای شهری و مسائل مربوط به مدیریت هزینه پرداختند. برای برنامه‌ریزی مدیریت پایدار شهری پسماندهای جامد نیاز است مسائلی مانند ظرفیت‌های دفن پسماند، تأثیرات زیست‌محیطی و صرف هزینه‌های مالی، و تعاملات ناشی از آنها به صورت پویا و یکپارچه بررسی شود. آنها برخی از این مسائل را با رویکرد مدل‌سازی سیستم پویا برای منطقه‌ی شهری نوارک[۱۶] در ایالات متحده شبیه‌سازی و اجرا کردند. از طریق این رویکرد تأثیر گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری در تولید پسماند شهر مورد بررسی قرار گرفت و ظرفیت دفن پسماند باقی‌مانده، هزینه‌های اقتصادی و سود بررسی و منجر به ارائه‌ی نتایج ارزشمندی در فرایند مدیریت پسماندهای شهری شد.[۱۶]

در سال ۲۰۱۱، ژائو[۱۷] و همکاران با استفاده از روش سیستم پویا به ارزیابی گزینه‌های مختلف مراکز بازیافت در محیط‌های اقتصادی و سیاسی مختلف از طریق مقایسه‌ی امکان‌سنجی اقتصادی مراکز بازیافت پسماند، و همچنین مقایسه‌ی نسبت صرفه‌جویی به هزینه در مدیریت پسماند نخاله‌های ساختمانی،[۱۸] پرداختند. شهر چونگ کینگ چین برای مطالعه‌ی موردی انتخاب شد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد سه عامل کلیدی می‌تواند به امکان‌سنجی اقتصادی مراکز بازیافت و نسبت صرفه‌جویی به هزینه‌ها در مدیریت پسماند کمک کند: الف) سود ب) هزینه‌ی هر واحد بازیافت؛ ج) درآمد اضافی به علت مزیت جانمایی و محل استقرار (فرض: مراکز متحرک بازیافت، درآمد بیشتری از مراکز ثابت کسب می‌کنند).[۱۷]

در سال ۲۰۱۱، یوان[۱۹] و همکاران با استفاده از مدل پویا به ارزیابی اثرات راهبردهای مدیریتی درکاهش پسماند حاصل از ساخت و تخریب ساختمان پرداختند. در مدل اولیه، هفت حلقه نمودار علّی و معلولی برای مدل ترسیم شده که شامل متغیرهای اصلی مثل محدودیت زمین دفن، سرمایه‌گذاری در مدیریت پسماند، و ذی‌نفعان اصلی است. نتایج مدل در مطالعه‌ی موردی نشان می‌دهد که کاهش در نخاله‌های ساختمانی می‌تواند با در نظر گرفتن بالا بردن هزینه برای دفن ارتقا یابد.[۱۸]

افشارکاظمی و افتخار در سال ۱۳۸۹ یک مدل پویا برای مدیریت پسماند جامد شهری در تهران ارائه کردند و با در نظر گرفتن جامعیت نسبی برای سیستم مدیریت پسماند جامد از مرحله‌ی جمع‌آوری تا دفن و بازیافت به ارزیابی سیاست‌های مختلف و تحلیل حساسیت ساختاری (تولید سوخت جایگزین) و پارامتری (تغییر درصد جداسازی پسماند خشک ارزشمند) با سه سناریوی مبنا، خوش‌بینانه، و بدبینانه پرداخته‌اند. در نظر نگرفتن عواملی مثل درآمد سرانه، رشد اقتصادی شهر و متوسط افراد خانوار از کمبودهای این مدل است.[۱۹]

در سال ۲۰۱۲، بالا[۲۰] به بررسی مدل‌سازی سیستم مدیریت پسماند جامد پرداخت و در مدل خود برای شهر داکا با توجه به پارامترهای مختلف از جمله جمعیت، تولید پسماند، تولید برق ناشی از سوزاندن پسماند، دفن پسماند و تهیه‌ی کود

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی‌هایی انجام داد. همچنین ملاحظات محیطی برای دفن روباز، دفن علمی، سوزاندن و کمپوست کردن پسماندهای جامد را نیز ارزیابی کرد.[۲۰]

در سال ۲۰۱۳ مارشال[۲۱] و فرحبخش دلیل فعالیت خود در زمینه‌ی مدیریت پسماند را اهمیت سلامت و محیط زیست عنوان کردند. آنها با توجه به فعالیت‌های صورت گرفته در کشورهای صنعتی از سال ۱۹۶۰ در خصوص دفن پسماند به توسعه‌ی اخیر این اقدامات در کشورهای توسعه‌یافته اشاره می‌کنند. سلامت عمومی، محیط زیست، کمبود منابع، تغییرات آب و هوایی و آگاهی عمومی سیستم مدیریت پسماند را به مرتبه‌یی از اهمیت رسانده است که رشد اقتصادی و جنبه‌های اجتماعی تحت تأثیر این سیستم است.[۲۱]

در سال ۲۰۱۴ پراسِتیانتی[۲۲] و همکاران با استفاده از رویکرد پویایی سیستم به بررسی مدیریت پسماند در سورابایا واقع در شرق اندونزی پرداختند. این شهر به دلیل محیط زیست ناسالم همواره مورد انتقاد بوده است. همین امر دلیلی بر ارائه‌ی این مقاله توسط نویسندگان بود. هدف از ارائه‌ی چنین مدلی ایجاد بستری مناسب برای مشارکت بیشتر مردم در بهبود سیستم مدیریت پسماند و بهبود محیط زیست است. بر این اساس سناریوهایی مثل مدیریت پسماند بانومحور که در آن با آموزش کافی بانوان جامعه آنها را در محیط منزل و کار به عنوان عاملی مؤثر تعریف می‌کنند، در این مدل بررسی می‌شوند.[۲۲]

یوان و وانگ[۲۳] در سال ۲۰۱۴ با مطالعه‌ی موردی شهر شنژن چین به بررسی راه‌های کاهش پسماند تولیدی از طریق تغییرات در هزینه‌های دفن پسماند[۲۴] پرداختند. بر این اساس دو مدل ارائه شد. اولی با توجه به اطلاعات فعلی و مدل دیگر با اعمال سیاست‌های مختلف سعی در بیشینه کردن میزان بازیافت پسماند و همچنین کمینه کردن دفن غیر اصولی پسماند داشت.[۲۳]

اغلب پژوهش‌های انجام شده تاکنون، در خصوص موضوع کلی مدیریت پسماند جامد شهری[۱۰-۱۳و۲۴-۲۶] یا توجه به پسماندهای ساختمانی و بیمارستانی[۱۵،۱۷و۲۷] هستند و کمتر به‌طور خاص به مسئله‌ی پسماند خانگی که بیشترین درگیری را با مسائل اقتصادی و اجتماعی دارد و همچنین سهم بالایی در تولید پسماند جامد شهری نیز دارد، پرداخته‌اند. در این پژوهش برای توجیه عوامل به کار رفته در مدل برای بررسی روند تولید پسماند خانگی از متغیرهای اجتماعی مثل فرهنگ عمومی مصرف، سطح عمومی تحصیلات، بودجه‌ی تبلیغات و آموزش استفاده شده است. به‌طور کلی به علت کیفی بودن متغیرهای اجتماعی به ندرت در پژوهش‌های گذشته از آنها استفاده شده است. در حوزه‌ی مسائل اقتصادی رویکردهای گذشته بیشتر در زمینه‌ی چگونگی استفاده از زمین‌های دفن پسماند و چگونگی بازیافت و مسائلی از این دست بوده است،[۱۴،۱۶،۱۸و۱۹] که در تحقیق حاضر استفاده از عواملی مانند قدرت خرید خانوارها، نرخ تورم، درآمد سرانه، مشاهده‌ی تأثیر آنها بر مصرف سرانه در شهر تهران و همچنین ارائه‌ی تأثیر بودجه‌ی مدیریت پسماند در زمینه‌ی تبلیغات و اجرای طرح تفکیک در مبدأ بر نسبت بازیافت و دفن پسماند، رویکرد را از سایرین متمایز کرده است.

۳. روش‌شناسی تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش به دلیل به‌کارگیری تفکر سیستمی در بررسی مدیریت پسماندهای خانگی شهری از جنبه‌ی هدف کاربردی است. به لحاظ روش اجرا نیز با توجه به توصیف شرایط و پدیده‌های اجتماعی و اقتصادی تحقیقی توصیفی ـ محتوایی است. با بهره‌گیری از این رویکرد در این مقاله از ابزار مدل‌سازی پویایی سیستم برای توصیف، بررسی، تحلیل حساسیت و پیش‌بینی نرخ تولید پسماندهای خانگی شهر تهران استفاده خواهد شد. در انتها نیز با این پیش‌بینی و تحلیل حساسیت‌های مورد نیاز برای مدل سیاست‌هایی را برای بهبود سیستم مدیریت پسماند خانگی به لحاظ میزان تولید و دفن پسماند، تبدیل به انرژی و کمپوست و همچنین هزینه‌های آنها ارائه داده می‌شود.

ذکر این نکته نیز ضروری است که تمام آمارهای استفاده شده در مدل از جمله آمار جمعیت شهر و خانوار، نرخ تولد و مرگ، نرخ ازدواج و طلاق، نرخ بازیافت و همچنین آمارهای اقتصادی استفاده شده از جمله تورم، قدرت خرید، درآمد سرانه و ... از سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران،[۲] همچنین سازمان ثبت احوال کشور، و سری‌های زمانی بانک مرکزی و مرکز آمار ایران گرفته شده است.

۴. شرح مدل

مدل شبیه‌سازی پویایی سیستم در محیط Vensim PLE تدوین شده است. این مدل دارای ۶ متغیر انباشت، ۶۴ متغیر کمکی، و ۲۰ متغیر LookUp است. ابتدا مدل را در قالب ۴ زیرسیستم نمایش و سپس نمودار جریان مدل را نشان می‌دهیم.

۱.۴. مرز مدل

مدل بررسی شده در این پروژه، در حوزه‌ی مکانی شهر تهران و در بازه‌ی زمانی ۱۰ ساله است. به صورت کلی اطلاعات جمع‌آوری شده و متغیرهای تأثیرگذار بر مدل به شهر تهران اختصاص دارند. همچنین با توجه به این نکته که واحد زمانی یک‌ساله است، بسیاری از متغیرها در مدل وارد نشده‌اند؛ زیرا اثر آنها بر روی مدل در طول یک سال بسیار کم است. از این‌رو توسعه‌ی مدل و متغیرها و عوامل تأثیرگذار تا جایی پیش رفته است که سایر عوامل باقی‌مانده اثر ناچیزی دارند. مثلاً فصول مختلف با توجه به آب‌وهوا و میزان بارش و همچنین مصرف محصولات متناسب با آنها به ویژه میوه‌ها تولید پسماند متفاوتی دارند. اما در طول یک سال میانگین آنها در نظر گرفته میشود. در معادلات ریاضی مدل، تأخیر مربوط به فرهنگ‌سازی و تبلیغات مربوط به سیاست‌های بودجه‌یی در نظر گرفته شده است.

۲.۴. زیرسیستم‌ها

مدل پیشنهادی این پژوهش دارای چهار زیرسیستم است:

الف) زیرسیستم عوامل مربوط به مسائل بخش اجتماعی

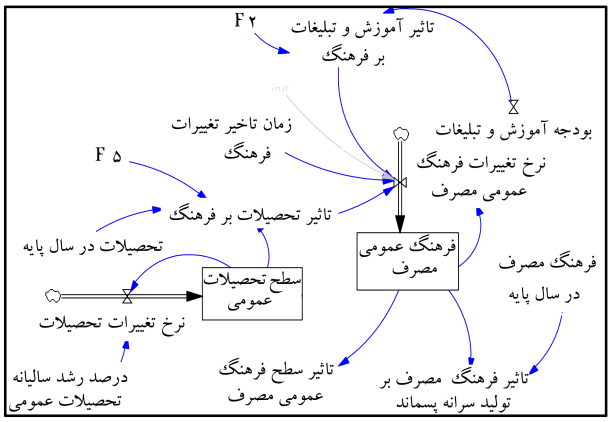
در این زیرسیستم متغیرهای مربوط به مسائل اجتماعی مثل سطح عمومی تحصیلات و سطح فرهنگ عمومی مصرف نمایش داده شده است (شکل ۲). متغیرهای اجتماعی از نوع کیفی و بی‌بعد هستند. برای مقداردهی به متغیرهای کیفی از روش مصاحبه و نظرسنجی از خبرگان امر استفاده شده است. برای مثال در باب فرهنگ عمومی مصرف معیارهایی با اعدادی در بازه‌ی ۱ تا ۱۵ برای نمره‌دهی در نظر گرفته شده است که با میانگین‌گیری وزنی از این معیارها نمره‌ی مورد نظر به متغیر کیفی تخصیص می‌یابد.

ب) زیرسیستم عوامل مربوط به مسائل بخش اقتصادی

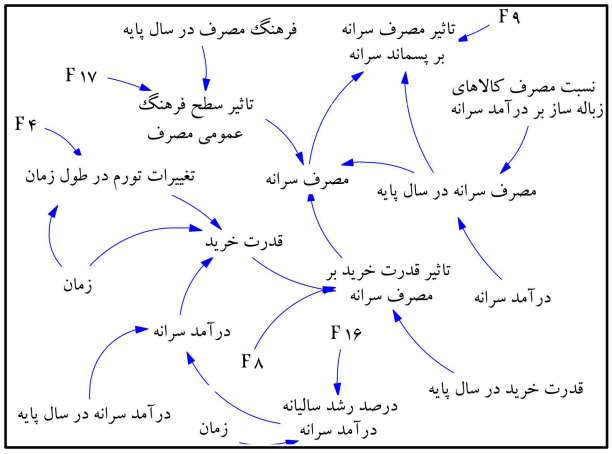
در این بخش سعی شده است عوامل اقتصادی مؤثر بر تولید پسماند خانگی بررسی شود (شکل ۳). درآمد سرانه و تغییرات تورم بر قدرت خرید و همچنین قدرت خرید بر مصرف سرانه تأثیرگذار هستند و نهایتاً مصرف سرانه تأثیر اصلی را بر تولید پسماند خانگی می‌گذارد.

www.SID.ir

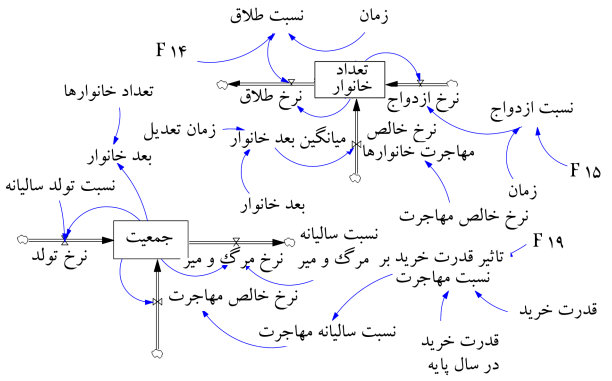
Archive of SID



شکل ۲. حالت - جریان زیر سیستم عوامل اجتماعی.



شکل ۳. حالت - جریان زیر سیستم عوامل اقتصادی.



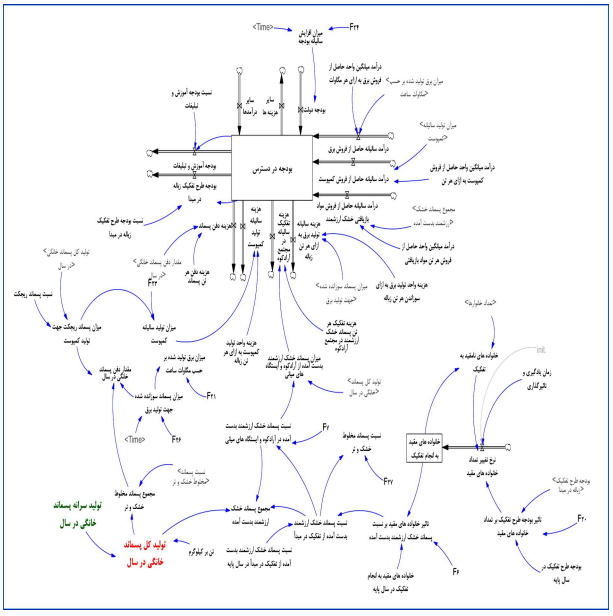
شکل ۴. حالت - جریان زیرسیستم جمعیت و تعداد خانوار.

ج) زیرسیستم جمعیت و تعداد خانوار

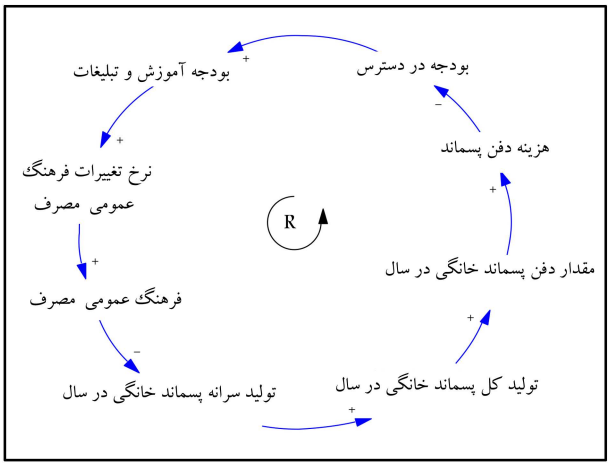
یکی از مؤثرترین عوامل تولید کل پسماند خانگی، جمعیت شهر و بعد خانوار است. بعد خانوار با میزان تولید پسماند خانگی رابطه‌ی عکس دارد. زیرا با افزایش تعداد اعضای خانواده تولید سرانه‌ی پسماند کم می‌شود. مشخصاً بعد خانوار از طریق تقسیم جمعیت بر تعداد خانوار به دست می‌آید. تأثیر این زیرسیستم بر تولید پسماند در نمودار حالت و جریان نمایش داده می‌شود (شکل ۴).

د) زیرسیستم مربوط به فعالیت‌ها و بودجه‌ی مدیریت پسماند شهری

در این بخش رابطه‌ی بین بودجه‌ی در دسترس، درآمدهای مرتبط با سیستم و



شکل ۵. حالت - جریان زیرسیستم مربوط به فعالیت‌ها و بودجه‌ی مدیریت پسماند شهری.



شکل ۶. حلقه‌ی بازخوردی ۱.

هزینه‌های سازمان مدیریت پسماند با متغیرهای دیگر بررسی شده است. همان‌گونه که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود پسماند خانگی تولید شده در شهر تهران یا به عنوان مواد بازیافتی به فروش می‌رسد، یا به کمپوست و انرژی برق تبدیل و یا در انتها دفن می‌شود. با پیاده‌سازی طرح تفکیک پسماند در مبدأ نسبت بازیافت پسماند و درآمد زایی از این طریق افزایش می‌یابد.

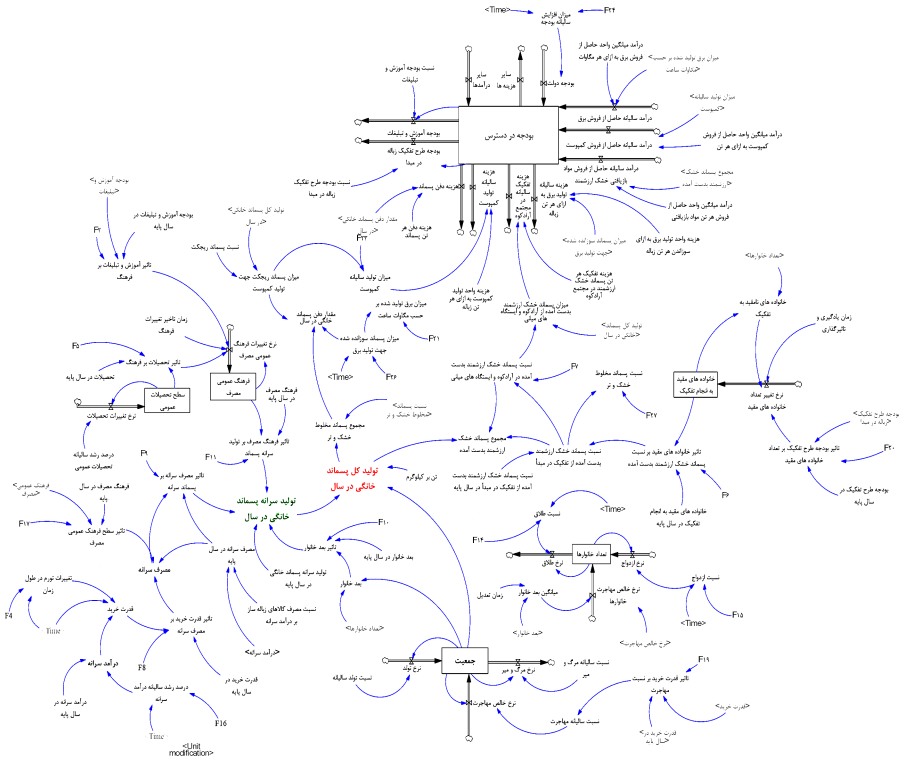
۳.۴. نمودارها

در این بخش قصد داریم نمودار حالت - جریان و همچنین یک حلقه‌ی علّی - معلولی مربوط به تغییرات بودجه‌یی را رسم کنیم.

نمودار علّی - معلولی شامل حلقه‌های بازخوردی متعددی است که با یکدیگر در تعامل‌اند. حلقه‌ی بازخوردی شکل ۶ تأثیر تغییرات بودجه‌ی آموزش و تبلیغات بر میزان تولید پسماند خانگی را نشان می‌دهد. بدین صورت که افزایش بودجه‌ی آموزش و تبلیغات موجب افزایش تغییرات سطح فرهنگ عمومی مصرف و به‌تبع آن

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. نمودار حالت و جریان.

افزایش سطح عمومی مصرف می‌شود، در نتیجه تولید سرانه و کل پسماند خانگی کاهش می‌یابد و این امر باعث کاهش دفن و کاهش هزینه‌ی دفن پسماند خانگی و افزایش بودجه‌ی در دسترس می‌شود.

نحوه‌ی عملکرد حلقه‌ی مشاهده شده و حلقه‌های دیگر در کل مسئله به شکل ساده‌یی که ذکر شد، نیست و باید ارتباط بین حلقه‌ها را با هم در نظر گرفت؛ یعنی به‌طور مثال افزایش بودجه‌ی تبلیغات و آموزش لزوماً باعث افزایش بودجه‌ی در دسترس نخواهد شد. دلیل این اتفاق در بخش نتیجه‌گیری و اجرای مدل بیان خواهد شد.

همان‌گونه که در نمودار حالت - جریان (شکل ۷) مشخص است، عوامل مؤثر بر متغیرِ «تولید پسماند خانگی سالانه»، دو متغیرِ «جمعیت شهر» و «تولید سرانه‌ی پسماند خانگی در سال» هستند. تولید پسماند سرانه‌ی سالانه‌ی خانگی متأثر از عوامل اقتصادی و اجتماعی است. متغیرهای «فرهنگ مصرف عمومی» و «سطح عمومی تحصیلات» نشان‌دهنده‌ی عوامل اجتماعی و متغیرهای «مصرف سرانه»، «قدرت خرید» و «درآمد سرانه» بیان‌کننده‌ی عوامل اقتصادی مؤثر بر «تولید سرانه‌ی پسماند سالانه‌ی خانگی در تهران» هستند. نحوه‌ی تأثیر فرهنگ بر مقدار تولید پسماند این‌گونه است که مقدار متغیر فرهنگ در هر سال را بر مقدار آن در سال پایه تقسیم می‌کنیم و میزان تغییرات آن را بر مقدار تغییرات تولید پسماند تأثیر می‌دهیم. تأثیر سطح تحصیلات بر میزان تولید پسماند نیز به همین ترتیب است. در حال حاضر میانگین تحصیلات در جامعه دیپلم است و با توجه به رشد تحصیلی عموم جامعه، این مقدار در حال افزایش است.

این نمودار شامل متغیرهای سطح، نرخ و کمکی بسیاری است که با یکدیگر روابط تنگاتنگی دارند. «بودجه‌ی در دسترس» یکی از متغیرهای سطح است که چندین متغیر نرخ دارد. درآمد حاصل از فروش مواد بازیافتی خشک ارزشمند، فروش برق و کمپوست، بودجه‌ی دولت و سایر درآمدها باعث افزایش این متغیر و بودجه‌ی تبلیغات و آموزش، هزینه‌ی طرح تفکیک در مبدأ، هزینه‌ی تفکیک و دفن، هزینه‌ی تولید برق و کمپوست و همچنین سایر هزینه‌ها نیز موجب کاهش بودجه‌ی در دسترس می‌شود. متغیر «جمعیت» نیز یک متغیر سطح است که متغیرهای نرخِ تولد، مرگ‌ومیر و خالص مهاجرت با آن ارتباط دارند. از دیگر متغیرهای سطح، متغیرِ «خانواده‌های مقید به انجام تفکیک» است که بر «نسبت پسماند خشک ارزشمند به دست آمده» و به‌تبع آن بر «نسبت پسماند مخلوط خشک و تر» و «مقدار دفن پسماند» اثر می‌گذارد و به وسیله‌ی متغیر نرخِ تغییرات در طول زمان تغییر می‌کند. متغیر «تعداد خانوار» با افزایش ازدواج یا کاهش طلاق افزایش می‌یابد. از این متغیر برای محاسبه‌ی «بعد خانوار» و تأثیر آن بر میزان تولید سرانه‌ی پسماند خانگی در سال استفاده شده است. دو متغیر حالتِ «فرهنگ عمومی مصرف» و «سطح تحصیلات عمومی» نیز متغیرهای کیفی هستند که روش محاسبه‌ی آنها به‌طور مختصر توضیح داده شد.

از نکات مهمی که در سیستم‌های پویا مطرح است، در نظر گرفتن تأخیرهای فیزیکی و اطلاعاتی است. آموزش و مقوله‌های فرهنگی معمولاً با تأخیرهای چندساله همراه است. در این مدل نیز آموزش و تبلیغات با تأخیر بر سطح فرهنگ عمومی مصرف تأثیر می‌گذارد که این تأخیر برابر با ۴ سال در نظر گرفته شده است. همچنین اثرگذاری طرح تفکیک پسماند در مبدأ، با تأخیر بر نرخ تغییر تعداد خانواده‌های مقید به تفکیک همراه است و این تأخیر برابر با یک سال تعیین شده است. در جدول ۱ می‌توانید متغیرهای مهم و واحدهای آن‌ها در مدل را مشاهده کنید.

۵. اجرا، اعتبارسنجی و آزمون مدل[۲۵]

قبل از ورود به بحث اعتبارسنجی و واقعیت سنجی لازم است کلیاتی راجع به مرز و محدوده‌ی متغیرهای مدل و میزان حساسیت آنها بیان شود. مدل مورد بررسی ما

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مهم‌ترین متغیرهای مدل و واحدهای آنها.

شماره	متغیر	نوع متغیر	واحد
۱	تولید سرانه‌ی پسماند خانگی در سال	کمکی	نفر * سال/کیلوگرم
۲	تولید کل پسماند خانگی در سال	کمکی	سال/تن
۳	مصرف سرانه	کمکی	نفر* سال/ریال
۴	قدرت خرید	کمکی	نفر * سال/ریال
۵	سطح تحصیلات عمومی	حالت	بی بعد
۶	فرهنگ عمومی مصرف	حالت	بی بعد
۷	مقدار دفن پسماند خانگی در سال	کمکی	سال/تن
۸	هزینه‌ی دفن پسماند	نرخ	سال/ریال
۹	مجموع پسماند خشک ارزشمند به دست آمده	کمکی	سال/تن
۱۰	هزینه‌ی تفکیک سالانه در مجتمع آرادکوه	نرخ	سال/ریال
۱۱	جمعیت	حالت	نفر
۱۲	بعد خانوار	کمکی	تعداد/نفر
۱۳	تعداد خانوارها	حالت	تعداد
۱۴	نرخ خالص مهاجرت خانوارها	نرخ	سال/تعداد
۱۵	خانواده‌های مقید به انجام تفکیک	حالت	تعداد
۱۶	بودجه‌ی در دسترس	حالت	ریال
۱۷	درآمد سالانه‌ی حاصل از فروش برق	کمکی	سال/ریال
۱۸	درآمد سالانه‌ی حاصل از فروش کمپوست	کمکی	سال/ریال

سعی در ساده‌سازی فرایند مدیریت پسماند خانگی در شهر تهران دارد تا با استفاده از آن بتواند دست به ارائه‌ی تحلیل حساسیت و تعیین سیاست‌های مختلف برای این نهاد بزند که شاید آزمودن آنها در دنیای واقعی امری مخاطره‌آمیز و هزینه‌بر باشد. در این راستا متغیرهای حساسی در مدل تعریف شده‌اند که به وسیله‌ی آنها می‌توان به مزایای سیاست‌های مختلف پی برد.

با توجه به اینکه در دنیای مدل‌سازی ما همیشه به دنبال شرایط نقض مدل هستیم و نه اثبات درستی آن یا در واقع تعیین اعتبار و صحت دقیق مدل مطابق با واقعیت غیرممکن است که دلیل آن نیز شناخت کم از حقیقت دنیای بیرون است، در این بخش سعی شده است تا مطابق با آزمون‌ها و شرایط آزمایشی که برای «تأیید» دقت مدل طراحی شده است به بررسی اعتبار مدل از طریق مشاهده‌ی خطاهای کمتر پرداخته شود. این آزمون‌ها شامل واقعیت سنجی، بررسی شرایط حدی متغیرها، بررسی داده‌های تاریخ و مقایسه‌ی روندهای فعلی با گذشته و تحلیل حساسیت مدل است. در پایان نیز سیاست‌های مهمی که برای بهبود می‌توانند مد نظر قرار گیرند با اهداف خاصی مانند استفاده‌ی بهینه از بودجه‌ی در دسترس، کاهش میزان پسماند تولیدی سالانه یا کاهش مقدار دفن پسماند خانگی درسال مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱.۵. واقعیت سنجی و بررسی شرایط حدی [۲۶] متغیرها

در این بخش مرز مدل بررسی می‌شود. بدین منظور لازم است حساسیت پارامترهای مدل آزموده شود تا پارامترهای تغییردهنده‌ی رفتار مدل مشخص شوند. برای اینکه مدل جامع باشد، لازم است به جای در نظر گرفتن مقدار ثابت برای این پارامترها ساختار مدل گسترش یابد و این پارامترها را نیز به عنوان یک متغیر درون‌زا دربرگیرد.

۱.۱.۵. درصد بودجه‌ی تبلیغاتی و آموزشی

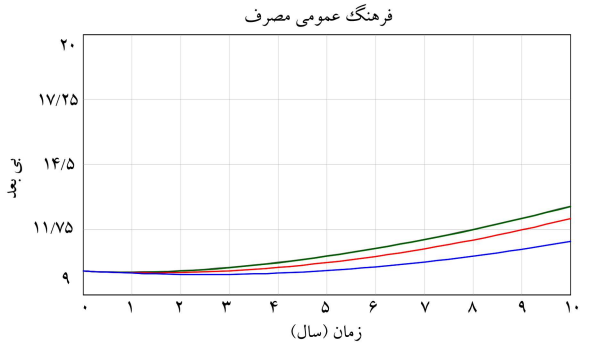
در ابتدای افق زمانی درصد بودجه آموزش، تبلیغات و فرهنگ‌سازی برابر با ۱۲٪ بودجه‌ی در دسترسِ مدیریت پسماند شهر تهران است. فرهنگ عمومی مصرف در سال پایه برابر ۱۰ است. به دلیل تأخیر ۴ ساله‌ی تأثیرگذاری فرهنگ‌سازی، این مقدار ابتدا به میزان کمی کاهش می‌یابد ولی نهایتاً با شیب کم شروع به افزایش می‌کند و در پایان سال دهم برابر با ۱۱٫۱۷ می‌شود. حال می‌خواهیم تأثیر افزایش بودجه‌ی آموزش بر روند رشد فرهنگ عمومی مصرف را بررسی کنیم. درصد بودجه‌ی فرهنگ‌سازی از بودجه‌ی کل را به مقدار ۲۰٪ افزایش می‌دهیم. فرهنگ در پایان سال دهم مقدار ۱۲٫۱۱ می‌گیرد که حدود ۸٪ نسبت به قبل افزایش داشته است. همچنین با افزایش درصد بودجه به ۳۵٪، فرهنگ سال دهم برابر با ۱۲٫۷۵ می‌شود. اما همان‌طور که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود با افزایش درصد بودجه از ۳۵٪ به ۵۰٪ فرهنگ عمومی مصرف تغییر نمی‌کند. این بدان معناست که با افزایش بودجه، فرهنگ عمومی مصرف نمی‌تواند تا بی‌نهایت رشد کند. یعنی بودجه‌ی مصرفی ما تا حد خاصی بر روی فرهنگ عمومی مصرف تأثیرگذار است.

۲.۱.۵. تأثیر بودجه‌ی طرح تفکیک در مبدأ بر شمار خانواده‌های مقید به انجام طرح تفکیک

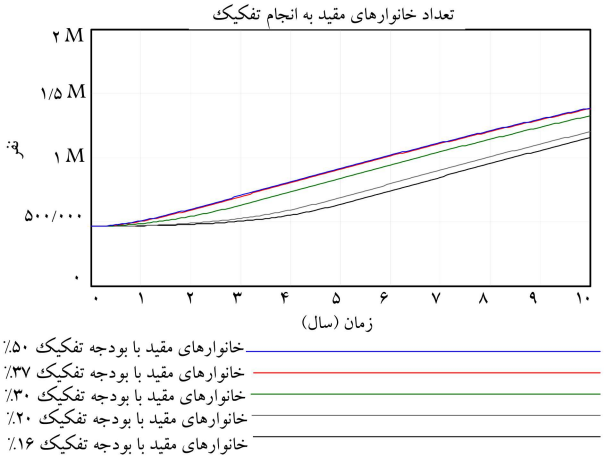
در حال حاضر فقط ۱۶ درصد از پسماندهای خشک توسط مردم شهر تهران تفکیک می‌شوند[۲] که در صورت رشد این روند نتایج قابل توجهی هم به لحاظ هزینه‌یی و هم به لحاظ پاکیزگی محیط زیست به دست خواهد آمد. بودجه‌ی طرح تفکیک پسماند خانگی در مبدأ صرفِ هزینه‌ی تبلیغات، برنامه‌ریزی و جمع‌آوری پسماند تفکیک شده می‌شود. اگر نسبت این بودجه به بودجه‌ی کل برابر ۱۶٪ باشد تعداد خانواده‌هایی که عمل تفکیک را در منزل انجام می‌دهند از ۴۶۴۰۰۰ خانوار در سال اول به ۱٫۱۵ میلیون خانواده در سال دهم افزایش می‌یابد. حال درصد

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. منحنی تغییرات فرهنگ عمومی مصرف با افزایش بودجه آموزش.



شکل ۹. منحنی تعداد خانوارهای مقید به انجام تفکیک با تغییر بودجه‌ی طرح تفکیک در مبدأ.

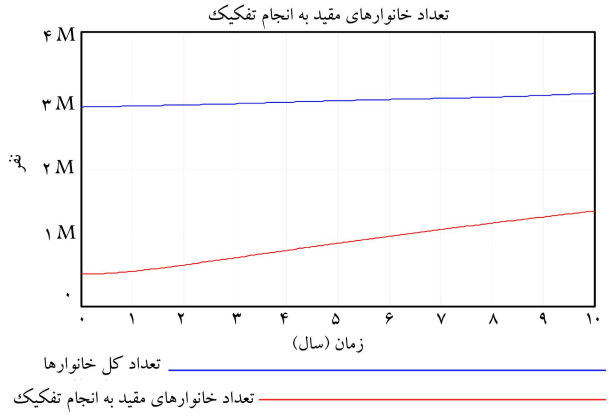
بودجه را به صورت پله‌یی افزایش می‌دهیم و نتایج را بررسی می‌کنیم. همان‌طور که در شکل ۹ پیداست با افزایش درصد بودجه‌ی طرح تفکیک تعداد خانوارهایی که به تفکیک در مبدأ پایبند هستند افزایش می‌یابد. اما این تعداد نهایتاً برابر با ۱/۴۱ میلیون خانوار است و با افزایش بودجه از ۳۷٪، تغییر چندانی نمی‌کند.

۳.۱.۵. شمار خانواده‌های مقید به انجام طرح تفکیک

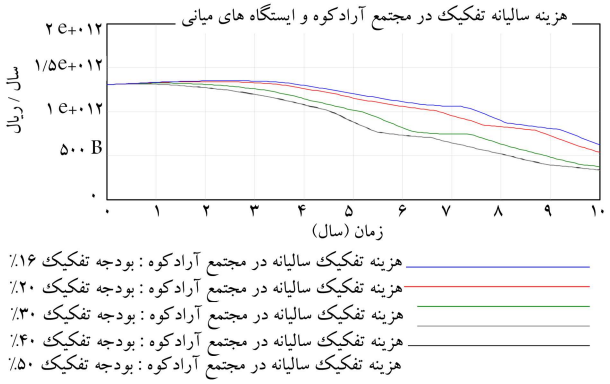
تعداد خانواده‌های پایبند به موضوع تفکیک در مبدأ همیشه باید از تعداد کل خانوارهای موجود در شهر تهران کمتر باشد. منحنی شکل ۱۰ نشان‌گر این موضوع است.

۴.۱.۵. تأثیر افزایش بودجه‌ی طرح تفکیک در مبدأ بر هزینه و درآمد تفکیک سالانه

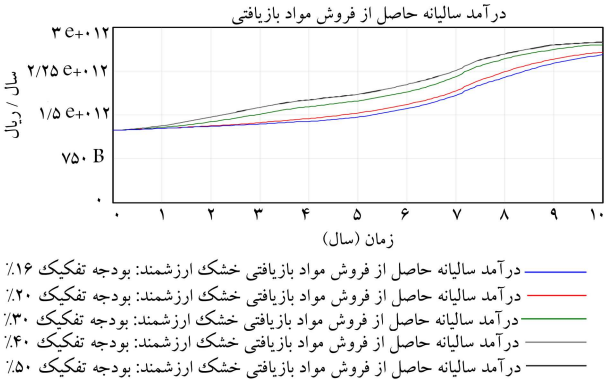
با افزایش درصد بودجه‌ی طرح تفکیک این هزینه کاهش می‌یابد. اما این بدان معنا نیست که هر چقدر بودجه افزایش یابد، هزینه‌ی مورد نظر نیز کاهش می‌یابد؛ اما این تأثیر به آرامی انجام می‌گیرد. زیرا هر چقدر پتانسیل پسماند خشک تهران (۳۵ تا ۴۰ درصد از کل پسماند تولیدی) توسط طرح تفکیک در مبدأ تأمین شود، از فشار تفکیک در مقصد کاسته خواهد شد؛ اما این فشار به دلیل تأمین نشدن کامل این پتانسیل توسط تفکیک در مبدأ تا حدی باقی می‌ماند. همان‌گونه که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود با افزایش درصد بودجه‌ی طرح تفکیک از ۴۰٪ به ۵۰٪ این هزینه تقریباً ثابت می‌ماند. درآمد سالانه‌ی حاصل از فروش مواد بازیافتی، مطابق



شکل ۱۰. مقایسه‌ی شمار خانواده‌های مقید به انجام طرح تفکیک با تعداد کل خانوارهای موجود.



شکل ۱۱. تغییرات هزینه‌ی تفکیک سالانه در مجتمع آرادکوه و ایستگاه‌های میانی با تغییرات بودجه‌ی طرح تفکیک در مبدأ.



شکل ۱۲. تأثیر افزایش بودجه‌ی تفکیک در مبدأ بر درآمد حاصل از فروش مواد بازیافتی.

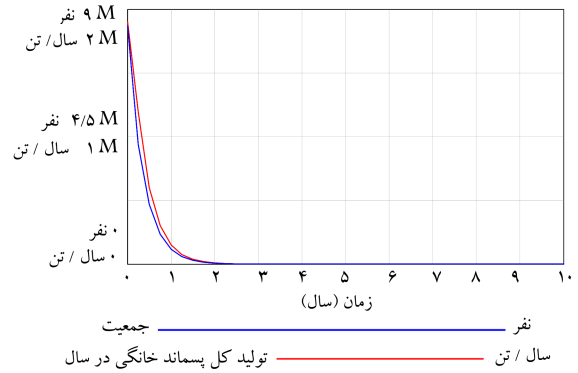
شکل ۱۲، افزایش خوبی دارد. اما این افزایش نیز تا حد خاصی است و میزان فروش این مواد را به سقف خاصی (پتانسیل پسماند خشک) محدود می‌کند.

۵.۱.۵. جمعیت

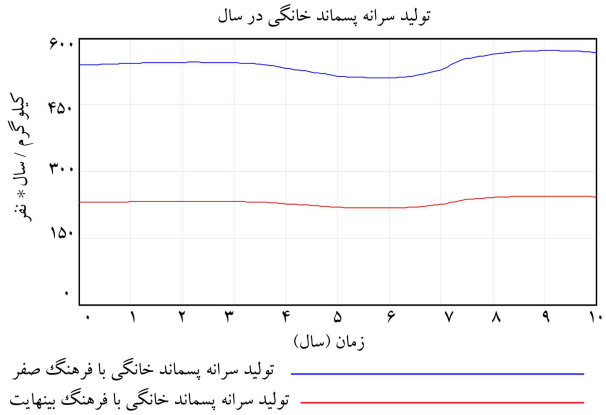
در مدل‌سازی پویا به دلیل تغییر همه‌ی متغیرها به صورت هم‌زمان نمی‌توان رابطه‌ی جمعیت و مقدار پسماند را بدون در نظرگرفتن سایر متغیرها بررسی کرد. اما نکته‌ی بدیهی این است که اگر جمعیت شهر برابر با صفر شود، آن‌گاه مقدار پسماند آن شهر نیز صفر خواهد شد. برای صفرکردن جمعیت، مقدار پارامتر درصد زاد و ولد را ۱-

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۳. منحنی جمعیت و مقدار تولید پسماند خانگی سالانه‌ی شهر تهران.



شکل ۱۴. منحنی تولید سرانه‌ی پسماند خانگی در سال با تغییرات فرهنگ عمومی مصرف.

و درصد مرگ و میر را ۱+ قرار دادیم. همان‌طورکه پیداست با صفر شدن جمعیت، مقدار تولید پسماند خانگی نیز صفر می‌شود (شکل ۱۳).

۶.۱.۵. فرهنگ عمومی مصرف

یکی از عوامل مؤثر بر میزان تولید سرانه‌ی پسماند خانگی در سال، فرهنگ عمومی مصرف است. در مورد رابطه‌ی این دو متغیر با یکدیگر می‌توان دو گزاره‌ی زیر را بررسی کرد:

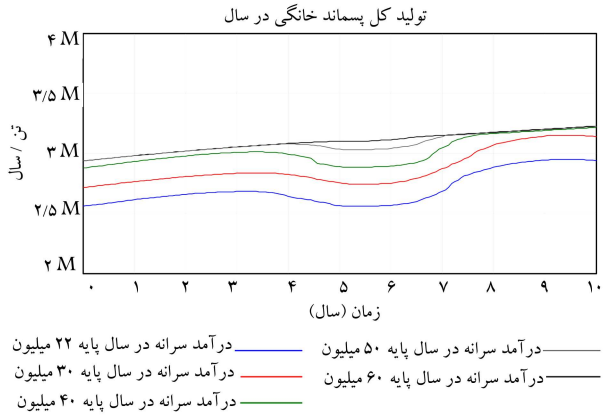
الف) اگر فرهنگ عمومی مصرف جامعه بی‌نهایت شود، پسماند صفر نخواهد شد و مقداری برابر با کمینه‌ی میزان خود می‌گیرد.

ب) اگر فرهنگ عمومی مصرف جامعه برابر صفر شد، پسماند خانگی برابر با بیشینه‌ی مقدار خود خواهد شد که آن مقدار، بی‌نهایت نیست.

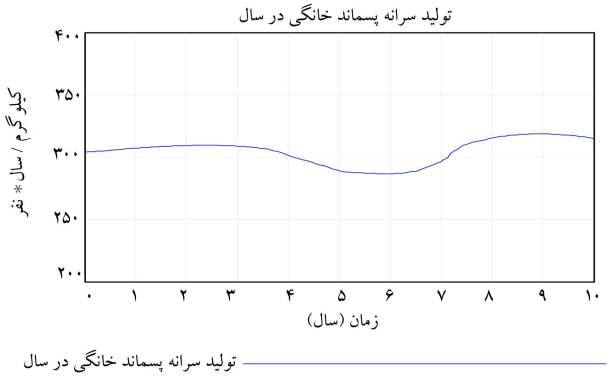
در شکل ۱۴ میزان تولید پسماند برای جامعه با فرهنگ صفر با رنگ آبی و برای فرهنگ بی‌نهایت با رنگ قرمز نمایش داده شده است. همچنین دلیل تأثیر این متغیر در دو جهت بر تولید پسماند خانگی این است که گاهی اوقات فرهنگ بالای مصرف موجب نگهداری بهتر و دور ریز کمتر وسایل می‌شود که مستقیماً در تولید سرانه‌ی پسماند تأثیر دارد و گاهی نیز فرهنگ بالای مصرف باعث می‌شود تا خرید بی‌رویه و به‌تبع آن مصرف بی‌رویه در فرد به وجود نیاید. در حالت فرهنگ پایین مصرف نیز رعایت این دو مقوله بسیار کم است و اسراف بیش از حد در مدل مصرفی فرد وجود دارد.

۷.۱.۵. تأثیر درآمد سرانه بر میزان تولید پسماند

با افزایش درآمد سال صفر از ۲۲ میلیون به ۳۰ میلیون، رشد درآمد سرانه در سال‌های



شکل ۱۵. تولید سالانه‌ی کل پسماند خانگی با تغییرات درآمد سرانه.



شکل ۱۶. تولید سرانه‌ی پسماند خانگی در سال بر اساس پارامترهای فعلی.

بعد بالا می‌رود و به‌تبع آن تولید پسماند نیز افزایش پیدا خواهد کرد اما این افزایش مداوم نیست. با توجه به شکل ۱۵ می‌توان دریافت که با این افزایش درآمد حدوداً افزایش ۸/۵ درصدی در تولید پسماند سالانه داشته‌ایم. اما در صورتی‌که همین درآمد را به مقادیر بالاتری مثل ۶۰ و ۱۰۰ میلیون افزایش دهیم، مشاهده می‌کنیم که این دو مقدار، پسماند یکسانی تولید می‌کنند. زیرا از جایی به بعد با افزایش درآمد مصرف فرد افزایش نمی‌یابد.

۲.۵. بررسی منطقی بودن متغیرهای کلیدی و مقایسه‌ی نتایج با داده‌های تاریخی

هر مدلی متغیرهای مهمی دارد که منطقی بودن روند آنها در مقایسه با اطلاعات گذشته، به نزدیک بودن مدل به واقعیت کمک می‌کند. برخی از متغیرهای مهم مدل پیشنهادی این پروژه شامل موارد زیر است:

۱.۲.۵. تولید سرانه‌ی پسماند خانگی در سال

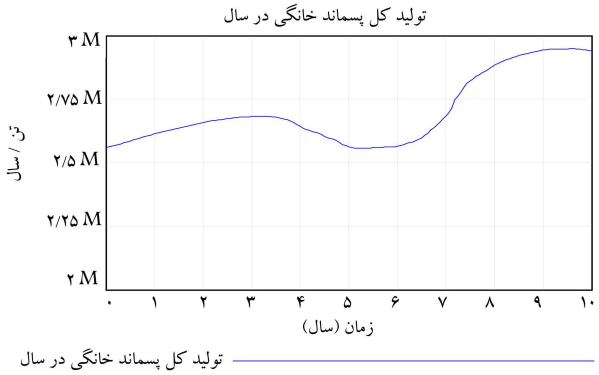
منحنی ۱۰ ساله‌ی این متغیر به صورت شکل ۱۶ است. در سال پایه میزان تولید سرانه پسماند ۳۰۴ کیلوگرم است. به دلیل شرایط با ثبات اقتصادی تا ۳ سال، تولید سرانه به میزان اندکی افزایش می‌یابد. ولی بعد از آن به دلیل افزایش تورم برای خروج از رکود اقتصادی و به دنبال آن کاهش قدرت خرید و کاهش مصرف سرانه مقدار پسماند سرانه تا ۲۸۶ کیلوگرم کاهش می‌یابد. نهایتاً در سال دهم میزان تولید سرانه پسماند برابر ۳۱۴/۸ کیلوگرم می‌شود. شاید تأثیر عوامل اقتصادی مانند تورم، درآمد، قدرت خرید و ... بر میزان تولید پسماند کمی عجیب به نظر برسد ولی با بررسی روند گذشته، این تأثیرات کاملاً منطقی‌اند. جدول ۲ که در سازمان مدیریت پسماند شهری

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. متوسط روزانه‌ی تولید پسماند با توجه به جمعیت.[۴]

سال	جمعیت (نفر)	متوسط روزانه تولید پسماند (تن در روز)	سرانه سالانه (کیلوگرم/نفر)
۱۳۹۰	۸۱۵۴۰۵۱	۷۳۷۶	۳۲۹٫۹۶
۱۳۹۱	۸۲۴۵۳۷۶	۶۹۶۶	۳۰۸٫۰۶
۱۳۹۲	۸۳۳۴۴۲۴	۶۶۲۷	۲۹۰٫۱۷۵
۱۳۹۰	۸۱۵۴۰۵۱	۸۶۶۶	۳۸۷٫۶۳
۱۳۹۱	۸۲۴۵۳۷۶	۸۵۹۲	۳۸۰٫۳۳
۱۳۹۲	۸۳۳۴۴۲۴	۸۱۶۳	۳۵۷٫۳۳۵



شکل ۱۷. تولید کل پسماند خانگی در سال بر اساس پارامترهای فعلی.

تهیه شده است، کاهش تولید پسماند سرانه از سال ۹۰ تا ۹۲ را که شرایط سخت اقتصادی بر کشور حاکم بوده است، نشان می‌دهد. اگر بخواهیم عوامل این روند کاهشی را از طریق عوامل پیشنهادی در مدل این پروژه بررسی کنیم باید بگوییم این روند به دلیل یکی از سه عاملِ فرهنگ عمومی مصرف، بعد خانوار، و میزان مصرف سرانه شکل گرفته است. می‌توان گفت عوامل اول و دوم در این سه سال تغییرات مثبتی داشته و مورد توجه قرار گرفته‌اند، اما عامل اصلی تأثیرگذار عامل اقتصادی است.

۲.۲.۵. تولید سالانه‌ی پسماند خانگی شهر تهران

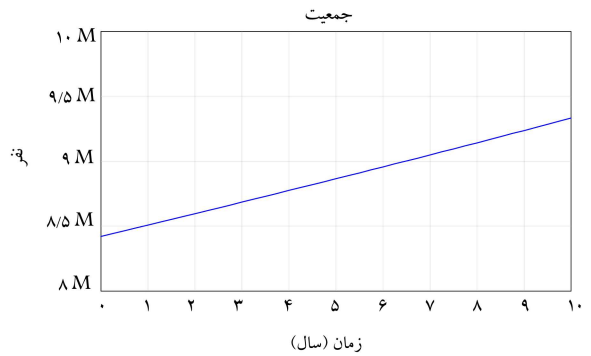
این متغیر از حاصل‌ضرب تولید سرانه‌ی پسماند در جمعیت شهر تهران به دست می‌آید. به همین دلیل روند تغییرات آن شبیه به متغیر تولید سرانه است. ولی به دلیل افزایشی بودن روند تغییرات جمعیت، میزان افزایش این متغیر نسبت به افزایش تولید سرانه بیشتر خواهد بود (شکل ۱۷).

۳.۲.۵. جمعیت شهر تهران

رشد جمعیت تهران با توجه به سال‌های گذشته روندی منطقی دارد و با توجه به آمار ارائه شده از سوی مرکز آمار و همچنین در جدول ارائه شده توسط مدیریت پسماند سالانه حدوداً ۹۰ تا ۱۰۰ هزار نفر به جمعیت شهر تهران افزوده می‌شود که بر اساس این روند مقدار جمعیت پس از ده سال باید به نزدیکی ۹/۴ میلیون نفر برسد که مطابق شکل کاملاً منطقی است (شکل ۱۸).

۳.۵. انتخاب سیاست مناسب و ارائه‌ی راهکار

طبق بررسی‌های انجام شده، سازمان مدیریت پسماند شهر تهران با مشکل آلودگی و کمبود زمین برای دفن پسماند مواجه است. بر اساس آمار منتشر شده از سوی وزارت



شکل ۱۸. منحنی تغییرات جمعیت در بازه‌ی ده ساله.

کشور، به‌طور میانگین ۷۴ درصد از پسماندهای تولیدی در کشور (معادل ۱۰۵۰۰ تن در روز) دفن می‌شود. میزان انتشار گاز گل‌خانه‌یی حاصل از این میزان دفن در حدود ۶ میلیون تن معادل دی‌اکسیدکربن و میزان شیرابه‌ی حاصل از آن در حدود ۱۱۰۰ متر مکعب است. متأسفانه با وجود تلاش‌های صورت گرفته در طی سال‌های اخیر بازهم بخشی از پسماند تولیدی شهر تهران در مجتمع آرادکوه دفن شده است. البته باید به این نکته توجه داشت که دلیل اصلی دفن برخی از انواع پسماندها را باید در عدم قابلیت بازیافت آنها و برخی دیگر را در عدم توانایی پذیرش روزانه‌ی آنها توسط واحدهای پردازش در نظر گرفت. دفن سنتی که برای چندین دهه به عنوان راهکار نهایی دفع پسماندهای شهری تهران در نظر گرفته می‌شد با بروز مشکلات زیست‌محیطی مختلفی همراه بود که از مهم‌ترین آنها می‌توان به تولید و انتشار گاز متان، تولید شیرابه، تکثیر جانوران موذی، آلودگی خاک و ... اشاره کرد.[۴] بنابراین برای کاهش نیاز به زمین باید دو سیاست مؤثر اتخاذ شود؛ سیاست اول: کاهش پسماند کل تولید شده در تهران و سیاست دوم: کاهش درصد دفن پسماند تولید شده از پسماند کل.

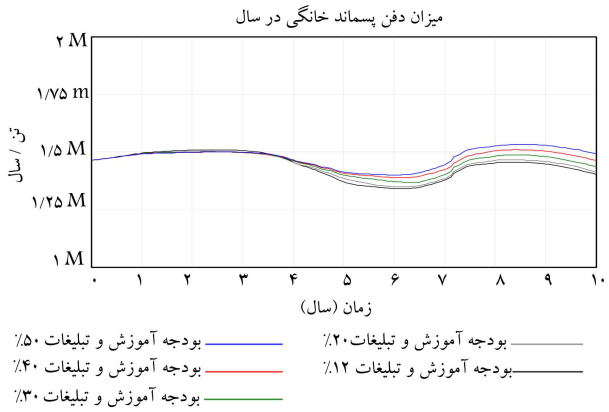
۱.۳.۵. سیاست اول: کاهش پسماند کل تولید شده در تهران

برای اجرای این سیاست باید دید چه عواملی بر تولید پسماند سالانه در تهران مؤثر هستند. در مدل پیشنهادی این پروژه عوامل مؤثر بر پسماند سالانه‌ی کل شامل موارد زیر هستند:

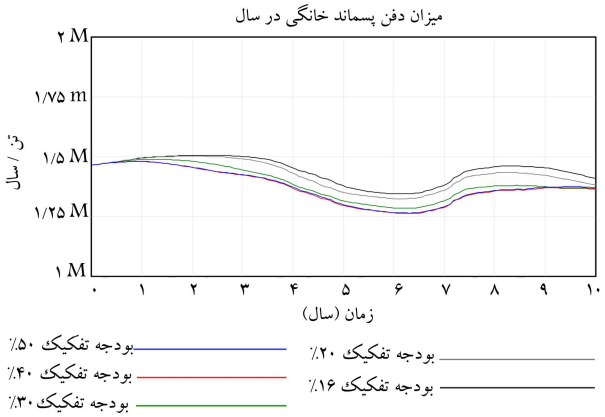
- جمعیت: تغییر جمعیت تهران به نرخ زاد و ولد و مرگ‌ومیر و همچنین نرخ مهاجرت بستگی دارد که این متغیرها در سطح سیاست‌های کلان کشور و جزء اختیارات و وظایف دولت هستند و سازمان مدیریت پسماند توان تأثیرگذاری بر آنها را ندارد.
- مصرف سرانه: همان‌طورکه قبلاً گفته شد، طبق بررسی‌های انجام شده با داده‌های گذشته، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر تولید پسماند سرانه‌ی شهر تهران، مصرف سرانه است که خود به الگوی مصرف و قدرت خرید بستگی دارد. بین این دو عامل نیز مهم‌ترین عامل قدرت خرید است که به درآمد سرانه و تغییرات سالانه‌ی تورم بستگی دارد. تورم و دیگر عوامل مؤثر بر شرایط اقتصادی نیز از سیاست‌های کلان کشور و عملکرد دولت نشأت می‌گیرد. البته فرهنگ‌سازی برای بهبود الگوی مصرف می‌تواند جزء وظایف مشترک شهرداری و دولت تلقی شود.
- فرهنگ مصرف عمومی: یکی از عوامل مؤثر بر تولید سرانه‌ی پسماند، فرهنگ مصرف عمومی است که نسبت به عوامل دیگر از تأثیرگذاری کمتری برخوردار است. شهرداری شهر تهران با برنامه‌ریزی، آموزش و تبلیغات به وسیله‌ی برنامه‌های تلویزیونی، عناصر تصویری در خیابان‌ها، و مراکز عمومی مثل مترو و ... می‌تواند در این امر نقش بسزایی داشته باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۹. تغییرات دفن سالانه‌ی پسماند خانگی با افزایش بودجه آموزش، تبلیغات و فرهنگ‌سازی.



شکل ۲۰. تغییرات دفن سالانه‌ی پسماند خانگی با افزایش بودجه‌ی طرح تفکیک در مبدأ.

- بعد خانوار: هر چه تعداد اعضای یک خانواده بیشتر باشد مقدار تولید سرانه‌ی پسماند کمتر می‌شود. زیرا پسماند خانگی سرشکن می‌شود و مقداری کاهش می‌یابد. عوامل مؤثر بر این متغیر نیز مثل متغیر جمعیت از حیطه‌ی اختیارات و توان سازمان مدیریت پسماند خارج است.

۲.۳.۵. سیاست دوم: کاهش درصد دفن پسماند

کاهش درصد دفن پسماند به معنی کاهش نسبت پسماند مخلوط خشک و تر به دست آمده از کل پسماند تولید شده است. مهم‌ترین عامل برای تحقق این امر، افزایش میزان تفکیک پسماند است که برای مراکز پردازش و ایستگاه‌های میانی بسیار هزینه‌بر است. بهترین راه‌حل، انجام تفکیک پسماند در مبدأ است. طرح تفکیک در مبدأ نیازمند برنامه‌ریزی، تبلیغات و جمع‌آوری نوین پسماند است که همه‌ی این موارد مستلزم بودجه‌ی تعریف شده هستند. با داده‌های فعلی یعنی: درصد بودجه‌ی فرهنگ‌سازی از بودجه‌ی در دسترس= ۱۲٪ و درصد بودجه‌ی طرح تفکیک از بودجه‌ی در دسترس= ۱۶٪، میزان دفن پسماند در سال دهم برابر با ۱/۴۰ میلیون تن بر سال است.

۳.۳.۵. انتخاب سیاست

حال با اجرای سیاست اول سعی درکاهش این مقدار داریم. برای اجرای این سیاست درصد بودجه‌ی فرهنگ‌سازی از بودجه‌ی در دسترس را افزایش می‌دهیم. با افزایش این درصد، بودجه‌ی در دسترس کاهش و در نتیجه بودجه‌ی طرح تفکیک نیزکاهش می‌یابد. از آن جایی که طرح تفکیک تأثیر بیشتر و سریع‌تری نسبت به سیاست افزایش فرهنگ عمومی مصرف دارد، تأثیرکاهش بودجه‌ی تفکیک از تأثیر افزایش بودجه‌ی فرهنگ‌سازی و تبلیغات بیشتر خواهد بود. بنابراین مقدار دفن پسماند بیشتر خواهد شد (شکل ۱۹). پس در یک بازه‌ی ده ساله با هزینه‌ی بالا در بخش فرهنگ‌سازی، نمی‌توان به هدفِ کاهش دفن پسماند دست پیدا کرد.

با افزایش بودجه‌ی تبلیغات و فرهنگ‌سازی تا ۵۰٪ بودجه‌ی در دسترس، میزان دفن پسماند در سال دهم ۱/۴۹ میلیون تن بر سال خواهد شد. این نتیجه با مدل ذهنی نویسندگان تفاوت داشت ولی با دلایل ذکر شده منطقی به نظر می‌رسد.

حال با افزایش بودجه‌ی طرح تفکیک در مبدأ، سعی در اجرای سیاست دوم داریم. منحنی میزان دفن پسماند با تغییر بودجه‌ی طرح تفکیک به صورت نمودار ۲۰ است.

بر خلاف سیاست قبلی، سیاست دوم مؤثر واقع شده است و باعث کاهش مقدار دفن پسماند می‌شود. اما نکته‌ی مهم این است که درصد بودجه‌ی طرح تفکیک تا چه میزان باید افزایش یابد. همان‌طورکه در شکل ۲۰ ملاحظه می‌شود، با افزایش بودجه‌ی طرح تفکیک از حد خاصی، نتیجه برعکس می‌شود و مقدار دفن افزایش میابد (این امر در افزایش از ۴۰٪ به ۵۰٪ قابل مشاهده است). دلیل این امر این است که با افزایش بیش از حد بودجه‌ی تفکیک، در واقع بودجه‌ی فعالیت‌های دیگر مثل بودجه‌ی تبلیغات و فرهنگ‌سازی کاهش زیادی می‌یابد و موجب افزایش بی‌رویه‌ی تولید پسماند خواهد شد.

۶. نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای بررسی عوامل مؤثر بر تولید پسماند خانگی در شهر تهران، چگونگی عملکرد و همچنین مشکلات سازمان مدیریت پسماند پس از جمع‌آوری پسماند خانگی از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها استفاده شده است. همان‌گونه که ملاحظه شد پس از تعریف مسئله، شناخت روابط بین متغیرها، و رسم نمودار علّی ـ معلولی، نمودار حالت و جریان رسم شد. این نمودار از ارتباط بین چهار زیرسیستمِ اقتصادی، اجتماعی، جمعیت و مدیریت پسماند ایجاد شده است.

اعتبارسنجی و تحلیل حساسیت مدل نشان از نزدیک بودن مدل به واقعیت دارد. همان‌طورکه ذکر شد یکی از مشکلات اصلی این سازمان، آلودگی ناشی از دفن پسماند و کمبود زمین برای عمل دفن است. دو راهکار برای مواجهه با این مشکل ارائه شد؛ یکی افزایش بودجه‌ی فرهنگ‌سازی و تبلیغات و آموزش برای ارتقای فرهنگ عمومی مصرف و دیگری تمرکز بر برنامه‌ریزی و اجرای طرح تفکیک در مبدأ. نتیجه‌ی بررسی‌های انجام شده با استفاده از مدل پویای این پژوهش، برتری راهکار دوم را نشان می‌دهد. اتخاذ تصمیم بودجه‌یی حدود ۴۰٪ برای بهبود تفکیک پسماند در مبدأ، می‌تواند گزینه‌ی پیشنهادی مناسبی باشد. لازم به ذکر است که از ردیف بودجه و هزینه‌های جمع‌آوری پسماند در این بخش، صرف نظر شده است. با اتخاذ سیاست بودجه‌یی حدودی دارای نسبت ۲ به ۱ (برای مثال ۴۲٪ برای تفکیک در مبدأ، ۲۵٪ برای آموزش و تبلیغات) برای تفکیک در مبدأ و آموزش، می‌توان گفت نتایج قابل توجهی در میزان دفن پسماند و همچنین تولید سالانه‌ی آن خواهیم داشت. البته در صورت اتخاذ تصمیمات بودجه‌یی دیگر مبنی‌بر افزایش بودجه‌ی فعلی می‌توان باز هم سیاست‌ها را مقایسه کرد.

توسعه‌ی بخش اقتصادی مدل نظیر افزودن تأثیر تولید ناخالص داخلی بر بخش‌های دیگر و همچنین در نظرگرفتن بخش‌های قبل و بعد از تولید پسماند یعنی جمع‌آوری و عملیات پس از دفن می‌تواند پیشنهادی برای پژوهش‌های آتی باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

پانوشت‌ها

۱. تفکیک در مبدأ + پسماند مناطق از طریق ایستگاه‌ها، بدون لجن و سرشاخه، شامل خانگی و غیرخانگی

۲. تفکیک در مبدأ + پسماند مناطق از طریق ایستگاه‌ها + لجن و سرشاخه + بهداشتی و درمانی + لاشه‌ی حیوانات موذی

3. http://tsd.cbi.ir/
4. http://www.amar.org.ir/
5. world bank urban solid waste management glossary
6. household waste
7. dynamic systems
8. Jay Forrester
9. Sudhir
10. Karavezyris
11. Dyson
12. Sufian
13. Bala
14. Chaerul
15. Kollikkathara
16. Newark
17. Zhao
18. construction & demolition
19. Yuan
20. Bala
21. Marshall
22. Prasetyanti
23. Wang
24. waste disposal charging fee
25. validation and model testing
26. extreme condition

منابع (References)

1. "Waste management law", Tehran, Tehran municipality, Waste management organization, (1394). http:// pasmand.tehran.ir/ Default.aspx?tabid=134 , (In Persain)
2. "1393 Annual Performance Repot", Tehran waste management organization, (1394) https:/ pasmand.tehran.ir/ Portals/0/ Document/ misc/ 93.2.pdf
3. "Statistics of vital events", National organization for civil registration, Tehran (1393). https:// www.sabteahval.ir/ default.aspx?tabid=4756, (In Persain)
4. "Annual report of solid waste management in Tehran", R&D department of Tehran municipality waste management organization, (1393) (In Persian).
5. "Definition of key words in waste management", R&D department of Tehran municipality waste management , In order of statiscal centre of Iran, (1393)(In Persian).
6. Forester, Jay. "Counterintuitive behavior of social systems", *Technology Review*, **73**(3), pp. 52-68 (1971).
7. Wolstenholme, E.F., "System Enquiry - A System Dynamics Approach", John Wiley & Sons, Chichester. (1990).
8. Karavezyris, V., Timpe, T. and Marzi, R. "Application of system dynamics and fuzzy logic to forecasting of municipal solid waste", *Mathematics and Computers in Simulation*, **60**, pp. 149-158, (2002).
9. Sterman JD., *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for A Complex World*, Irwin: McGraw-Hill, (2000).
10. Mashyekhi, A.N. "Transition in new york state solid waste system: a dynamic analysis" , *System Dynamics Review*, **9**(1), pp. 23-47, (1993).
11. Sudhira, V., Srinivasana, G. and Muraleedharana V. R. "Planning for sustainable solid waste management in urban India", *System Dynamics Review*, **13**(1), pp. 223-246, (1997).
12. Dyson, B. and Chang, N.B. "Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling", *Waste Management* **25**, pp. 696-679, (2005).
13. Sufian, M.A. and Bala, B.K. "Modelling of electrical energy recovery from urban solid waste system: the case of dhaka city", *Renewable Energy*, **31**, pp. 1573-1580, (2006).
14. Sufian, M.A. and Bala, B.K. "Modeling of urban solid waste management system: the case of dhaka city", *Waste Management*, **27**, pp. 858-868, (2007).
15. Chaerul, M., Tanaka, M. and Ashok V.S. "A system dynamics approach for hospital waste management", *Waste Management* **28**, pp. 442-449, (2008).
16. Kollikkathara, N., Feng, H. and Yu, D. "A system dynamic modeling approach for evaluating municipal solid waste generation, landfill capacity and related cost management issues", *Waste Management*, **30**, pp. 2194-2203 , (2010).
17. Zhao, W., Ren, H. and Rotter, V.S "A system dynamics model for evaluating the alternative of type in construction and demolition waste recycling center - The case of Chongqing, China", *Resources, Conservation and Recycling*, **55**, pp. 933-944, (2011).
18. Yuan, H., Chini, A.R. Lu, Y. and Shen, L. "A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste", *Waste Management*, **32**(3), pp. 521-531, (2011).
19. Afshar Kazemi, M.A. and Eftekhar, L. "A system dynamics modeling of urban solid waste management system: the case of tehran city", *Industrial engineering and management of Sharif University*, (2), pp. 67-77, (1389). (In Persian)
20. B.K Bala , *Modeling of Solid Waste Management Systems*", Energy, Environment and Sustainable Development, pp. 265-289 , (2012).
21. Marshal E. and Farahbakhsh R., "Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries", *Waste Management*, **33**, pp. 988-1003, (2013).
22. Prasetyanti, R., Wijaya, A.F. and Muluk, M.R.K. "Developing community based solid waste management scenario in surabaya, east java, jndonesia: an analysis using system dynamic method", *International Journal of Applied Sociology*, **4**(1), pp. 1-9, (2014).
23. Yuan, H. and Wang, J., "A system dynamics model for determining the waste disposal charging fee in construction", *European Journal of Operational Research*, **237**, pp. 988-996, (2014).

www.SID.ir

Archive of SID

24. Ulli-Beer, S., F. Andersen, D. and P. Richardson G. "Financing a competitive recycling initiative in switzerland", *Ecological Economics*, **62**, pp. 727-739, (2007).

25. Jamshidi Zanjani, A., Saeedi, M., Kiani, B. and Vosoogh, A. "The effect of the waste separation policy in municipal solid waste management using the system dynamic approach", *International Journal of Environmental Health Engineering*, **1**(1), pp. 1-5, (2012).

26. Afshar, A. and Mirbabaei, H. "Analyzing the impact of source waste sepration on solid waste management system costs", *National waste management conference*, (1389). (In Persian)

27. Yuan, H.P., Shen, L.Y., Jane J.L.H. and Lu, W.S. "A model for cost-benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain", *Resources, Conservation and Recycling*, **55**, pp. 604-612,(2011).

www.SID.ir