

بررسی تفکیک و جداسازی پسماند در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی

امیر مصطفی حاتمی^{۱*}، مهسا معماریان فرد^۲، محمدرضا صبور^۳

^۱ کارشناس ارشد مهندسی عمران محیط زیست - دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
amir.m.hatami@gmail.com

^۲ استادیار دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
memarian@kntu.ac.ir

^۳ دانشیار دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
sabour@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۵، تاریخ تصویب آبان ۱۳۹۵)

چکیده

یکی از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت مناسب پسماند شهری که در حال حاضر به‌عنوان اولویت اول در مدیریت پسماند شهری در بسیاری از کشورها در کانون توجه قرار گرفته است، تفکیک و جداسازی از مبدأ است. تحقیق پیش‌رو با استفاده از آمار مربوط به جمعیت ساکن و تولید و تفکیک پسماند، به کمک سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، به بررسی میزان پسماند تفکیک شده مناطق ۲۲ گانه شهر تهران طی سال‌های ۸۹-۹۲ پرداخته است. پسماند تر با ۷۴٫۵۶٪، بیشترین سهم وزنی پسماندهای شهر تهران را به خود اختصاص داده است. منطقه ۴ با بیش از ۸۸۵ هزار نفر و منطقه ۲۲ با جمعیتی کم‌تر از ۱۳۵ هزار نفر در انتهای سال ۱۳۹۲، به‌ترتیب پرجمعیت‌ترین و کم‌جمعیت‌ترین مناطق شهر به حساب می‌آیند. منطقه ۲ در سال‌های ۸۹ و ۹۰ و منطقه ۵ در سال‌های ۹۱ و ۹۲ دارای بیشترین تولید پسماند بوده است، به گونه‌ای که در سال ۹۲، منطقه ۵ به تنهایی بیش از ۶ برابر منطقه ۱۳ پسماند تولید کرده است. در میان مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، پسماند تفکیک شده در مبدأ برای منطقه ۴ و ۵ بیشترین و در مناطق ۲۱ و ۲۲ کم‌ترین میزان به دست آمده است. به‌طور میانگین می‌توان گفت در سال‌های ۸۹، ۹۰، ۹۱ و ۹۲ به‌ترتیب ۱۵٫۲۳٪، ۱۴٫۸۵٪، ۱۴٫۳۸٪ و ۱۵٫۲۳٪ از کل پسماند شهر تهران به‌صورت تفکیک از مبدأ جمع‌آوری شده است. در سال ۸۹، ۹۰ و ۹۱ منطقه ۱۲ بیشترین میزان جمع‌آوری پسماند تفکیک شده را داشته و در سال ۹۲، منطقه ۱۴ با ۲۳٫۷۳٪، منطقه ۱ با ۲۲٫۷۰٪ و منطقه ۸ با ۲۲٫۴۲٪ بهترین مناطق در این زمینه بوده‌اند.

واژگان کلیدی: مدیریت پسماند، تفکیک پسماند، تولید پسماند، سیستم اطلاعات مکانی

۱- مقدمه

به مجموعه فعالیت‌هایی که برای برنامه‌ریزی، ساماندهی، مراقبت و عملیات اجرایی مربوط به تولید، ذخیره‌سازی، جمع‌آوری، حمل، دفع و پردازش پسماندها و همچنین آموزش و اطلاع‌رسانی در این زمینه‌ها انجام می‌شود، مدیریت پسماند گفته می‌شود. [۱]

امروزه جمع‌آوری و دفع اصولی پسماندها از مهم‌ترین مسائل و مشکلات پیش‌روی برنامه‌ریزی شهری بوده و متعاقب آن روش‌های متعددی برای مدیریت پسماند شهری توسعه پیدا کرده است. در حقیقت امروزه مدیریت پسماند یکی از مهم‌ترین چالش‌ها و پیچیده‌ترین مشکلات مسئولین شهری در هر کشور می‌باشد. [۲]

برآورد مقدار و ترکیب پسماند، اولین گام مطالعات در زمینه مدیریت پسماند محلی می‌باشد. بر این اساس، در جوامع یا نواحی که مقدار زایدات ورودی به فرآیندهای پردازش یا دفع نظیر زباله‌سوزها، مراکز دفن و تصفیه‌خانه‌ها، در گذشته اندازه‌گیری و وزن شده است، می‌توان برنامه‌ریزی‌های کنونی را با اطمینان و اعتماد بیشتری در خصوص کمیت پسماند تولیدی انجام داد. در نقطه مقابل، در صورتی که اطلاعات دقیق کمیت پسماند در دسترس نباشد، تعیین و برآورد مقادیر مورد انتظار، به‌عنوان یک چالش جدی مطرح خواهد شد. [۳]

۲- پسماند جامد شهری

مدیریت پسماند شهری بخشی از مدیریت شهری تعریف می‌گردد و شامل فنون تخصصی و فرآیندهای خاص خود می‌باشد. پسماند شهری شامل تمام مواد زاید حاصل از فعالیت‌هایی است که در شهر صورت می‌گیرد و از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی تنوع بسیار زیادی دارند. مدیریت مواد زاید جامد را می‌توان به یک فعالیت میان بخشی پایه‌ریزی شده و بر اساس اصول مهندسی و اقتصادی بین عناصر مختلف آن یعنی تولید، ذخیره در محل، جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش و بازیافت و نهایتاً دفع مواد زاید جامد اطلاق نمود. [۴]

پسماند جامد شهری شامل مواردی هم‌چون کالاهای و مواد با دوام و بی‌دوام، ظروف و مواد بسته‌بندی‌ها، دورریزهای غذایی، شاخ و برگ زاید درختان و دیگر مواد آلی و غیرآلی دورریز شده در مناطق مسکونی، تجاری، اداری و صنعتی می‌باشد. پسماندهای مسکونی در واحدهای مسکونی و توسط افراد ساکن در آن‌ها تولید می‌شود. منابع تولید پسماندهای تجاری شامل خرده‌فروش‌ها، عمده‌فروش‌ها و مراکز فعالیت‌های خدماتی و سرویس‌دهی در جامعه می‌باشد. زباله‌های اداری توسط مدارس، بیمارستان‌ها و مراکز دولتی تولید می‌گردد. پسماندهای صنعتی ناشی از فعالیت‌های انجام شده در مراکز اداری و بهره‌برداری صنایع بوده و زایدات ناشی از مراحل پردازش و تولید صنایع را در بر نمی‌گیرد. دسته‌بندی موادی که معمولاً در تشخیص اجزای MSW به کار می‌رود در جدول (۱) تشریح شده است. [۳]

جدول ۱- منابع پسماند جامد شهری [۳]

منابع	انواع پسماند جامد تولیدی
مسکونی	اسباب و وسایل منزل، روزنامه، البسه، ظروف یک‌بار مصرف، بسته‌بندی‌های غذایی مواد غذایی، قوطی‌های کنسرو، بطری، دورریزهای غذایی، شاخ و برگ زاید درختان (زایدات باغبانی)
تجاری	کارتن، پسماندهای غذایی، کاغذهای اداری، ظروف یک‌بار مصرف، زایدات باغبانی
اداری	کاغذهای اداری، پسماندهای تولیدی در اتاق‌های استراحت و بوفه‌ها، پسماندهای مربوط به کلاس‌های درس، زایدات باغبانی
صنعتی	کارتن، دورریزهای تولیدی در ناهارخوری‌ها، کاغذهای اداری، پالت‌های چوبی

کاهش پسماند یک فاکتور کلیدی و زیر ساختی اساسی در ایجاد جامعه پایدار است. اگرچه در سال‌های اخیر شهرداری تهران اقدامات خوبی در زمینه‌های مختلف مدیریت پسماند مانند جداسازی از مبدأ، جمع‌آوری مکانیزه و احداث کارخانه‌های کمپوست انجام داده است، ولی میزان تولید پسماند در شهر تهران نه تنها روندکاهشی نداشته است بلکه افزایش نیز یافته است. [۵]

یکی از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت مناسب پسماند شهری که در حال حاضر به‌عنوان اولویت اول در مدیریت پسماند شهری در بسیاری از کشورها در کانون توجه قرار گرفته است، تفکیک و جداسازی از مبدأ است. [۲] موفقیت این سیستم وابسته به مشارکت همه جانبه مردم در امر جداسازی پسماند از مبدأ است، به‌طوری‌که در صورت تفکیک پسماند در مبدأ کمک شایانی در بازیافت و دفع بهداشتی آن نموده و از آلودگی محیط زیست و از بین رفتن سرمایه‌های

- بهینه‌سازی شیوه‌های جمع‌آوری و حمل و نقل مواد زاید جامد و نظافت شهری
- کاهش میزان دفن پسماندها و افزایش طول عمر مراکز دفن
- کمک به اقتصاد کلان کشور
- ایجاد زمینه‌های اشتغال و جذب سرمایه‌های بخش خصوصی [۸]

۳- ترکیب فیزیکی پسماندهای جامد شهری

نتیجه تخلیه پسماندهای جامد شهری بدون هیچ‌گونه جداسازی به داخل ظروف، یک ترکیب فیزیکی پیچیده می‌باشد که تصفیه آن مشکل‌تر است. شناخت ترکیب فیزیکی پسماند جامد شهری و ارزیابی آن جهت طراحی روش‌ها و تکنولوژی‌های مورد استفاده جهت تصفیه آن بسیار حائز اهمیت است. هم‌چنین شناخت خصوصیات فیزیکی پسماندها جهت تعیین یک پسماند جامد شهری معمول از نظر شاخص‌های ارزیابی نظیر پتانسیل و میزان بازیافت و مواد بازیافتی اهمیت دارد. در جدول (۲) ترکیب فیزیکی پسماند جامد شهری تهران و ایران نشان داده شده است. [۹]

جدول ۲- ترکیب فیزیکی پسماند جامد شهری [۹]

مواد آلی	کاغذ و مقوا	پلاستیک	فلزات	لاستیک	منسوجات	شیشه	چوب	سایر مواد
۷۲/۰۴	۶/۴۳	۷/۷۷	۲/۵۲	۱/۱۴	۲/۸۶	۲/۰۳	۱/۱۰	۴/۱۱
۷۴/۵۶	۵/۰۴	۶/۲۵	۲/۴۸	۱/۱۱	۳/۲۹	۲/۰۳	۱/۸۲	۳/۴۲

۴- بررسی جمعیت ساکن مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

امروزه یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی، تولید انبوه پسماندهای جامد است، به‌طوری‌که با توجه به رشد روز افزون جمعیت، افزایش و تنوع محصولات و کالاهای مصرفی، روند صعودی فرهنگ مصرف‌گرایی در بین شهروندان، استفاده روز افزون از مواد یک‌بار مصرف و ... شاهد تولید روزانه هزاران تن زباله در تهران و سایر کلان‌شهرهای کشور هستیم. [۱۰] بر اساس آمار، یک پنجم زباله خانگی ایران در تهران تولید می‌شود که این میزان روزانه حدود ۷۰۰۰ تن می‌باشد. [۸]

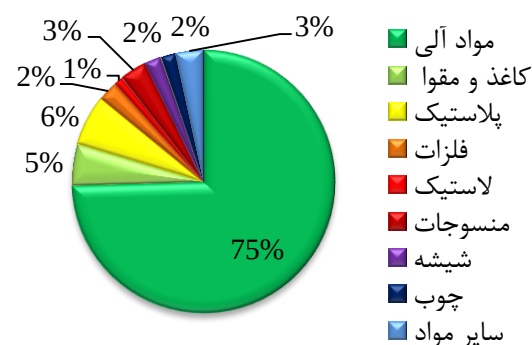
تحقیق پیش‌رو به بررسی میزان پسماند تفکیک شده مناطق ۲۲ گانه شهر تهران طی سال‌های ۸۹-۹۲ با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) پرداخته است. در گام اول، جمعیت ساکن هر منطقه مطابق جدول (۳) آمده است.

ملی جلوگیری خواهد شد. [۶] برای نمونه، مطالعات نشان می‌دهد که هر تن کاغذ بازیافتی معادل ۱۷ اصله درخت جنگلی است. در ضمن بازیافت یک تن کاغذ منجر به صرفه‌جویی در ۶۹۵۳ گالن آب، ۴۶۳ گالن نفت، ۵۸۷ واحد کاهش آلودگی هوا و ۴۰۷۷ کیلووات انرژی می‌شود. در ایران مصرف سرانه کاغذ بیش از ۱۱ کیلوگرم در سال است که از طریق چوب، کاه و کاغذهای باطله یا خمیرهای وارداتی تأمین می‌شود. تولید یک تن خمیر کاغذ، حدود ۴۰ کیلوگرم ضایعات آلاینده وارد محیط می‌کند. [۷]

از مزایای اجرای طرح تفکیک در مبدأ پسماند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ارتقاء سطح فرهنگ و آموزش عمومی در ارتباط با تولید و دفع مواد زائد جامد و ترویج روحیه صرفه‌جویی
- بهبود شرایط بهداشتی، کاهش آلودگی‌های ناشی از تولید زباله و حفظ محیط‌زیست
- صرفه‌جویی در مصرف منابع طبیعی و بازگشت منابع قابل استفاده به چرخه تولید

شکل (۱) آنالیز پسماند خانگی شهر تهران را نشان می‌دهد که پسماند تر یا آلی با ۷۴/۵۶٪ بیشترین سهم وزنی پسماندها را به خود اختصاص داده است. پلاستیک و کاغذ به ترتیب با ۶/۲۵٪ و ۵/۰۴٪ در رتبه‌های بعدی از لحاظ درصد وزنی پسماند تهران قرار دارند و لاستیک با ۱/۱۱٪ دارای کم‌ترین درصد وزنی پسماند است.



شکل ۱- ترکیب پسماند خانگی شهر تهران

جمعیت سال‌های ۸۹، ۹۱ و ۹۲ بر اساس سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ و با در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت برابر با ۱/۴۴٪ محاسبه شده است. برآورد می‌شود که جمعیت شهر تهران در انتهای سال ۱۳۹۲، قریب به ۸/۵ میلیون نفر بوده است. منطقه ۴ با بیش از ۸۸۵ هزار نفر و منطقه ۲۲ با جمعیتی کمتر از ۱۳۵ هزار نفر در انتهای سال ۱۳۹۲، به ترتیب پرجمعیت‌ترین و کم‌جمعیت‌ترین مناطق شهر به حساب می‌آیند.

جدول ۳- جمعیت ساکن مناطق ۲۲ گانه شهر تهران [۱۱]

منطقه	سال ۸۹	سال ۹۰	سال ۹۱	سال ۹۲
۱	۴۲۳،۱۳۹	۴۳۹،۴۶۷	۴۴۵،۷۹۵	۴۵۲،۲۱۵
۲	۶۲۳،۸۰۳	۶۳۲،۹۱۷	۶۴۲،۰۳۱	۶۵۱،۲۷۶
۳	۳۰۹،۵۸۹	۳۱۴،۱۱۲	۳۱۸،۶۳۵	۳۲۳،۲۲۴
۴	۸۴۸،۸۷۸	۸۶۱،۲۸۰	۸۷۳،۶۸۲	۸۸۶،۲۶۳
۵	۷۸۲،۳۲۰	۷۹۳،۷۵۰	۸۰۵،۱۸۰	۸۱۶،۷۷۵
۶	۲۲۶،۶۶۸	۲۲۹،۹۸۰	۲۳۳،۲۹۲	۲۳۶،۶۵۱
۷	۳۰۵،۲۸۵	۳۰۹،۷۴۵	۳۱۴،۲۰۵	۳۱۸،۷۳۰
۸	۳۷۲،۶۷۳	۳۷۸،۱۱۸	۳۸۳،۵۶۳	۳۸۹،۰۸۶
۹	۱۵۶،۲۳۳	۱۵۸،۵۱۶	۱۶۰،۷۹۹	۱۶۳،۱۱۴
۱۰	۲۹۸،۴۹۱	۳۰۲،۸۵۲	۳۰۷،۲۱۳	۳۱۱،۶۳۷
۱۱	۲۸۴،۷۲۴	۲۸۸،۸۸۴	۲۹۳،۰۴۴	۲۹۷،۲۶۴
۱۲	۲۳۷،۲۵۴	۲۴۰،۷۲۰	۲۴۴،۱۸۶	۲۴۷،۷۰۳
۱۳	۲۷۲،۰۵۲	۲۷۶،۰۲۷	۲۸۰،۰۰۲	۲۸۴،۰۳۴
۱۴	۴۷۷،۳۵۹	۴۸۴،۳۳۳	۴۹۱،۳۰۷	۴۹۸،۳۸۲
۱۵	۶۲۹،۵۴۲	۶۳۸،۷۴۰	۶۴۷،۹۳۸	۶۵۷،۲۶۸
۱۶	۲۸۳،۶۵۹	۲۸۷،۸۰۳	۲۹۱،۹۴۷	۲۹۶،۱۵۱
۱۷	۲۴۵،۰۰۹	۲۴۸،۵۸۹	۲۵۲،۱۶۹	۲۵۵،۸۰۰
۱۸	۳۸۵،۷۳۲	۳۹۱،۳۶۸	۳۹۷،۰۰۴	۴۰۲،۷۲۱
۱۹	۲۴۰،۸۳۱	۲۴۴،۳۵۰	۲۴۷،۸۶۹	۲۵۱،۴۳۸
۲۰	۳۳۵،۹۵۳	۳۴۰،۸۶۱	۳۴۵،۷۶۹	۳۵۰،۷۴۸
۲۱	۱۶۰،۳۳۸	۱۶۲،۶۸۱	۱۶۵،۰۲۴	۱۶۷،۴۰۰
۲۲	۱۲۷،۱۰۱	۱۲۸،۹۵۸	۱۳۰،۸۱۵	۱۳۲،۶۹۹
جمع	۸۰،۳۶۶۳۳	۸۱،۵۴۰۵۱	۸۲،۷۱۰۴۶۹	۸۳،۹۰۵۷۸

۵- بررسی میزان پسماند تولیدی مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

جدول (۴)، میزان تولید پسماند شهری را در شهر تهران به تفکیک مناطق ۲۲ گانه از سال ۸۹ تا ۹۲ نشان می‌دهد. آن‌طور که از جدول برمی‌آید، از سال ۹۰ تا ۹۲ می‌توان شاهد کاهش پسماند تولید شده در شهر تهران بود. منطقه ۲ در سال‌های ۸۹ و ۹۰ و منطقه ۵ در سال‌های ۹۱ و ۹۲ دارای بیشترین تولید پسماند بوده است، به گونه‌ای که در سال ۹۲، منطقه ۵ به تنهایی بیش از ۶ برابر منطقه ۱۳ پسماند تولید کرده است.

در خصوص روش به کار برده جهت تحلیل آمار تولید و تفکیک پسماند، روش وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) مورد استفاده قرار گرفته است. این روش بر اساس این فرضیه بنا شده است که ارزش‌های نزدیک نسبت به مشاهدات دورتر، کمک بیش‌تری به ارزش‌یابی مقادیر نامعلوم می‌کند. به عبارت دیگر، برای این روش تأثیر یک نقطه داده شناخته شده، ارتباط معکوسی با فاصله مکانی نقطه‌ای است که در حال برآورده شدن است، دارد. از مزیت استفاده از IDW بصری (شهودی) و بسیار کارآمد بودن آن است. اگر نقاط به‌طور هموار توزیع شده باشند، این درون‌یابی به بهترین شکل عمل می‌کند. مشابه توابع IDW، SPLINE نیز به داده پرت حساس است.

علاوه بر این، در این روش توزیع غیر یکنواخت خوشه‌های داده منجر به خطاهای معروفی می‌شود [۱۳]. ساده‌ترین شکل از درون‌یابی IDW، استفاده از روش Shepard و تابع وزنی w_i مطابق رابطه (۱) است:

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=0}^n h_j^{-p}} \quad (1)$$

که در آن p یک عدد حقیقی مثبت اختیاری (معمولاً $p=2$) و h_j فاصله نقطه معلوم تا نقطه مورد درون‌یابی است.

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (2)$$

که در آن (x, y) مختصات نقطه درون‌یابی شده و (x_i, y_i) مختصات هر نقطه مشخص است.

جدول ۴- میزان تولید پسماند در شهر تهران به تفکیک مناطق ۲۲ گانه (هزار تن در سال) [۵]

منطقه	سال ۸۹	سال ۹۰	سال ۹۱	سال ۹۲
۱	۱۴۹/۱۳	۱۵۱/۷	۱۳۸/۸۳	۱۳۳/۴۴
۲	۲۶۵/۷۲	۲۶۴/۷۴	۲۹۹/۳۲	۲۸۹/۴۸
۳	۱۱۵/۹۱	۱۱۸/۷۲	۱۲۱/۰۲	۱۰۶/۳۴
۴	۲۲۷/۳۴	۲۳۵/۱۱	۲۳۲/۰۲	۲۲۲/۵۴
۵	۲۵۶/۱۲	۲۴۷/۱۶	۳۰۸/۲۲	۳۱۴/۸۹
۶	۱۰۵/۵۹	۱۰۰/۴۹	۹۱/۲	۹۱/۹۳
۷	۹۸/۰۸	۱۰۱/۶۵	۹۳/۸۹	۸۵/۸۱
۸	۹۴/۷۵	۹۵/۵	۸۹/۶۵	۸۱/۳۹
۹	۷۰/۹	۶۷/۸۹	۵۸/۲۴	۵۳/۶۴
۱۰	۱۰۵/۹۳	۱۱۹/۱۶	۱۰۶/۹۲	۸۸/۶۵
۱۱	۱۰۷/۰۴	۱۱۱/۱۴	۱۰۳/۳۷	۸۰/۴۷
۱۲	۱۳۴/۷۷	۱۳۳/۶۶	۱۲۰/۵۳	۱۲۱/۹۹
۱۳	۶۰/۴۴	۵۶/۰۶	۵۴/۳	۵۱/۵۸
۱۴	۱۱۳/۹	۱۲۴/۷۶	۱۰۹/۹	۹۵/۳۶
۱۵	۱۷۴/۲۲	۱۷۱/۹۸	۱۶۴/۲۶	۱۴۶/۶۱
۱۶	۱۰۷/۶۶	۱۰۶/۵۵	۹۴/۱۹	۹۵/۴۵

پیشنهادی جمع‌آوری پسماند استفاده شده است. در هیچ یک از موارد یاد شده، بحث تولید و تفکیک پسماند و بررسی وضعیت موجود آن مطرح نبوده است.

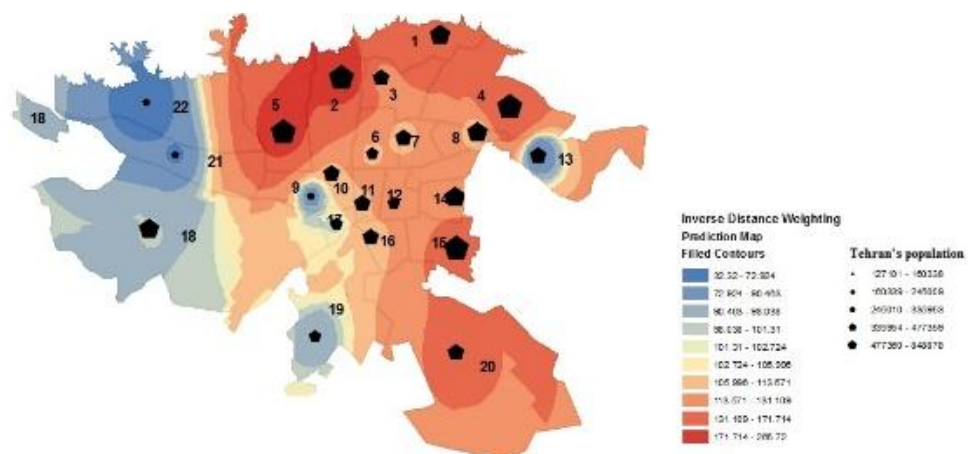
نقشه GIS شهر تهران در شکل (۲) داده‌های جمعیت و تولید پسماند را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است مناطق ۲، ۴ و ۵ در هر ۴ سال دارای جمعیت و تولید پسماند بیشتری نسبت به سایر مناطق بوده‌اند. برای نمونه در سال ۱۳۹۲، منطقه ۴ با داشتن بیشترین سهم جمعیتی ۱۰/۵۶٪ از کل جمعیت شهر تهران ۸/۶۸٪ از سهم پسماند تولیدی را به خود اختصاص داده است، در حالی که منطقه ۵ با ۹/۷۳٪ از جمعیت کل شهر تهران، بیشترین میزان تولید پسماند ۱۲/۲۸٪ را دارا بوده است.

میزان پسماند تولید شده توسط ساکنین منطقه ۲۲، کم‌جمعیت‌ترین منطقه تهران با ۱/۵۸٪ از جمعیت شهر تهران، ۲/۳۹٪ از کل پسماند تولید شده در سال ۱۳۹۲ این شهر بوده و کم‌ترین میزان تولید پسماند - با ۳/۳۹٪ از کل پسماند تولیدی - هم به منطقه ۱۳ با ۳/۳۹٪ از جمعیت شهر تهران اختصاص دارد.

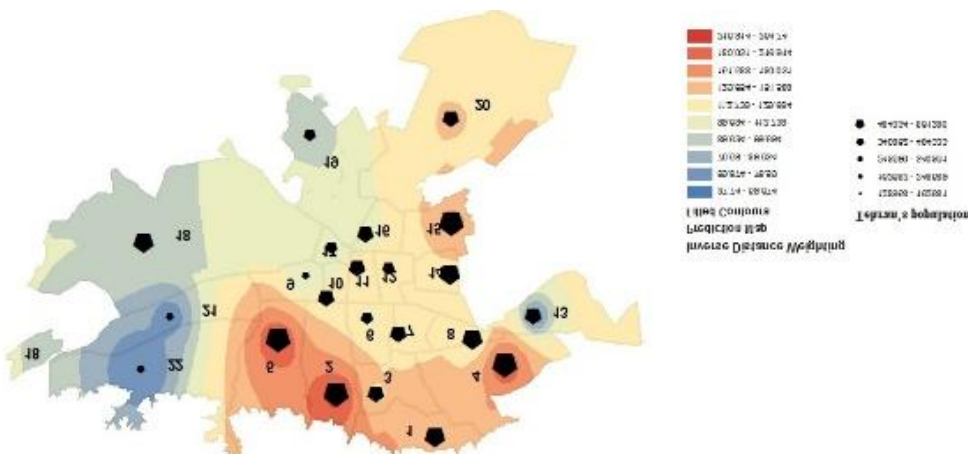
جدول ۴- میزان تولید پسماند در شهر تهران به تفکیک مناطق ۲۲ گانه (هزار تن در سال) [۵]

منطقه	سال ۸۹	سال ۹۰	سال ۹۱	سال ۹۲
۱۷	۹۷/۷۳	۹۵/۵۶	۸۸/۱۶	۸۰/۲۲
۱۸	۹۹/۷۷	۹۹/۶	۹۸/۹۱	۱۰۰/۶۷
۱۹	۸۶/۹۷	۸۲/۴۷	۸۸/۳۹	۷۶/۷۶
۲۰	۱۵۰/۲۱	۱۳۴/۴۵	۱۴۳/۴۵	۱۳۰/۹۵
۲۱	۶۷/۶۵	۶۱/۵	۶۰/۸۴	۵۵/۱۹
۲۲	۳۲/۳۲	۳۷/۷۴	۵۸/۰۵	۶۱/۲۳
جمع	۲۷۲۲/۱۵	۲۷۱۷/۵۹	۲۷۲۳/۶۶	۲۵۶۴/۵۹

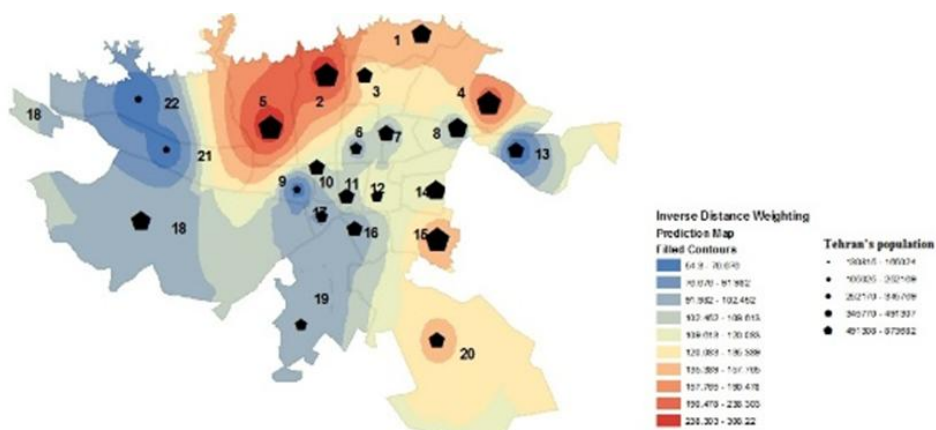
در خصوص استفاده از GIS در حوزه مدیریت پسماند شهری می‌توان به بهینه‌سازی تخصیص محدوده‌های مکانی به منظور جمع‌آوری پسماندهای شهری به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی توسط صبور و همکاران [۱۴]، مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری با استفاده از AHP و SAW در محیط GIS در استان کهگیلویه و بویر احمد توسط جعفری و همکاران [۱۵] و مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری بر اساس روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی برای شهر تبریز توسط رنجبر و همکاران [۱۶] و موارد دیگر اشاره کرد که در تمامی اقدامات گذشته، از GIS برای مکان‌یابی دفن و یا مسیرهای



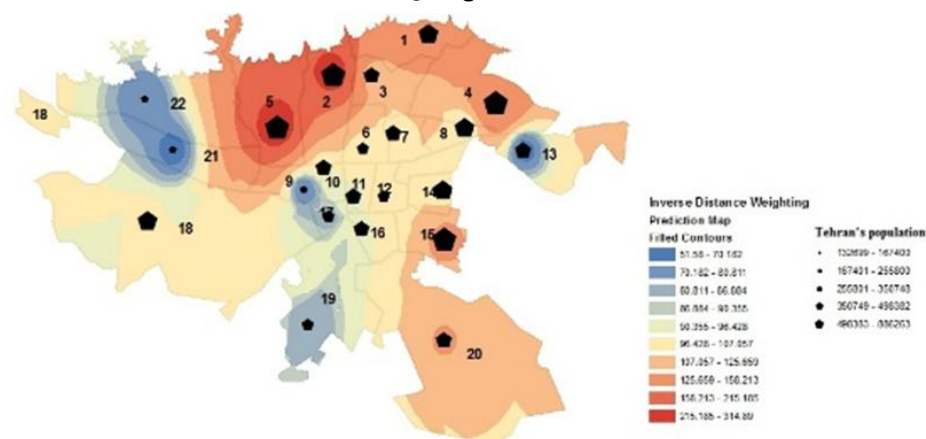
الف- سال ۱۳۸۹



ب- سال ۱۳۹۰



ج- سال ۱۳۹۱



د- سال ۱۳۹۲

شکل ۲- جمعیت و پسماند تولیدی شهر تهران

۰/۵۷	۰/۶۴	۰/۶۹	۰/۷۰	۸
۰/۹۰	۰/۹۹	۱/۱۷	۱/۲۴	۹
۰/۷۸	۰/۹۵	۱/۰۸	۰/۹۷	۱۰
۰/۷۴	۰/۹۷	۱/۰۵	۱/۰۳	۱۱
۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۵۲	۱/۵۶	۱۲
۰/۵۰	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۶۱	۱۳
۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۷۱	۰/۶۵	۱۴
۰/۶۱	۰/۶۹	۰/۷۴	۰/۷۶	۱۵
۰/۸۸	۰/۸۸	۱/۰۱	۱/۰۴	۱۶
۰/۸۶	۰/۹۶	۱/۰۵	۱/۰۹	۱۷
۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۷۱	۱۸
۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۹	۱۹
۱/۰۲	۱/۱۴	۱/۰۸	۱/۲۲	۲۰
۰/۹۰	۱/۰۱	۱/۰۴	۱/۱۶	۲۱
۱/۲۶	۱/۲۲	۰/۸۰	۰/۷۰	۲۲
۰/۸۶	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۷	میانگین

شکل (۳)، هیستوگرام سرانه پسماند تولیدی مناطق ۲۲ گانه شهر تهران را در سال‌های ۸۹ تا ۹۲ به‌خوبی

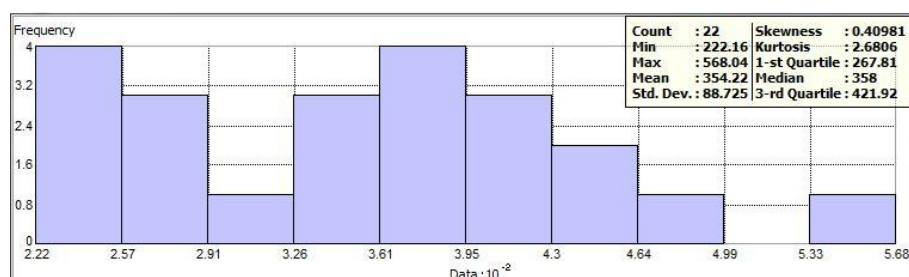
میزان سرانه تولید پسماند ۲۲ منطقه شهر تهران با استفاده از ۲ جدول قبل به دست آمده و مطابق جدول (۵) است. ساکنین منطقه ۱۲ با میزان سرانه kg/day ۱/۵۶-۱/۳۵ بیشترین میزان تولید پسماند را دارند و سرانه منطقه ۱۳ نیز با kg/day ۰/۶۱-۰/۵۰ کم‌ترین میزان است. هم‌چنین میانگین سرانه ساکنین شهر تهران در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲، برابر ۰/۹۷ تا ۰/۸۶ کیلوگرم بر روز بوده و روند کاهشی داشته است.

جدول ۵- میزان سرانه تولید پسماند در شهر تهران به تفکیک مناطق ۲۲ گانه (کیلوگرم در روز)

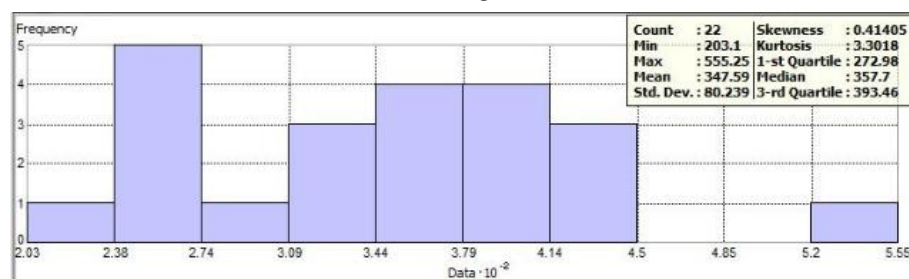
مناطق	سال ۸۹	سال ۹۰	سال ۹۱	سال ۹۲
۱	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۸۱
۲	۱/۱۷	۱/۱۵	۱/۲۸	۱/۲۲
۳	۱/۰۳	۱/۰۴	۱/۰۴	۰/۹۰
۴	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۶۹
۵	۰/۹۰	۰/۸۵	۱/۰۵	۱/۰۶
۶	۱/۲۸	۱/۲۰	۱/۰۷	۱/۰۶
۷	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۸۲	۰/۷۴

نشان می‌دهد. در سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲، فراوانی داده‌های میانی بیشتر از دو سر دامنه بوده است؛ اما در سال ۱۳۹۲ این داده‌ها شکل دیگری به خود گرفته‌اند. جهت مقایسه بهتر پراکندگی داده‌ها در هر ۴ سال میزان چولگی (انحراف از حالت توزیع قرینه) و کشیدگی (بلندی یا

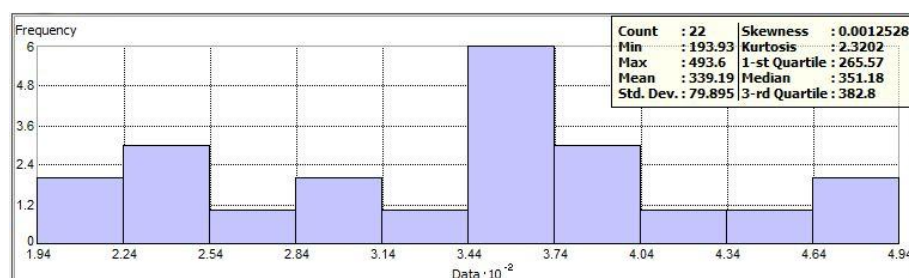
کوتاهی نسبت به توزیع نرمال) پسماندهای تولیدی داده شده است. بر این اساس، نمودار تولید پسماند در سال ۱۳۹۱ نزدیک به متقارن ($S_k = 0$) بوده و سایر نمودارها چوله هستند ($0.5 < S_k < 1$). همچنین هر ۴ نمودار بلندتر از بلندی توزیع نرمال هستند. [۱۷]



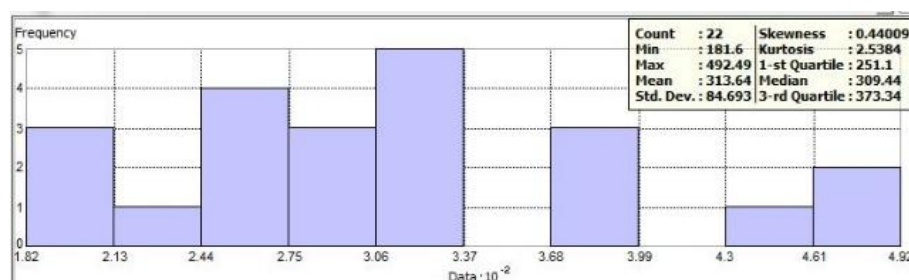
سال ۱۳۸۹



سال ۱۳۹۰



سال ۱۳۹۱



سال ۱۳۹۲

شکل ۳- هیستوگرام سرانه پسماند تولیدی شهر تهران

۶- بررسی میزان پسماند تفکیک شده در مبدأ در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

با استفاده از اطلاعات اخذ شده از سازمان مدیریت پسماند تهران، میزان پسماند تفکیک شده در مبدأ برای ۲۲

منطقه شهر تهران در جدول (۶) ذکر شده است. بر اساس این جدول، طی سال‌های ۸۹ تا ۹۲، این مقدار کاهش پیدا کرده است و باید علت آن را با در نظر گرفتن میزان تولید پسماند و نسبت بین تولید و تفکیک پسماند در این سال‌ها جویا شد. در میان مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، پسماند تفکیک

شده در مبدأ برای منطقه ۴ و ۵ با ۴۵,۲۶ - ۳۳,۹۵ هزار تن در سال بیشترین و در مناطق ۲۱ و ۲۲ کمترین میزان به دست آمده است. باید توجه داشت که مناطق ۴ و ۵ بیشترین جمعیت و سهم تولید پسماند را داشته و بهتر است برای سنجش وضعیت تفکیک پسماند از نسبت پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی استفاده کرد.

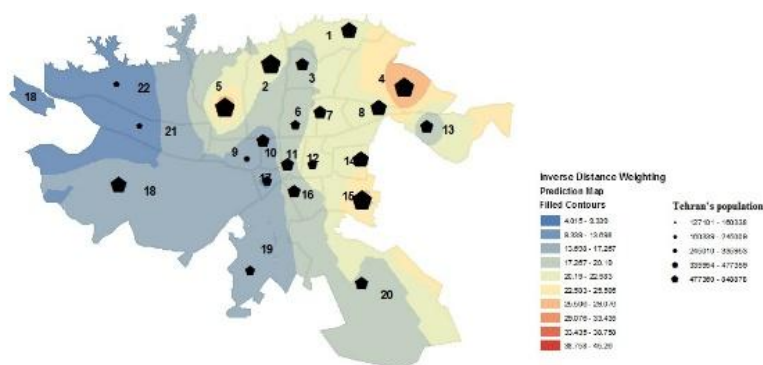
مطابق جدول زیر بر اساس میزان پسماند تولید شده شهر تهران در سال ۱۳۹۲ که برابر با ۲۵۶۴,۵۹ هزار تن بوده، ۱۴/۹۷٪ از کل پسماندهای شهری -۳۸۳/۹۸ هزار تن- به صورت تفکیک شده جمع آوری شده‌اند.

جدول ۶- متوسط سالانه پسماند تفکیک شده در مبدأ در مناطق ۲۲گانه (هزار تن در سال) [۱۲]

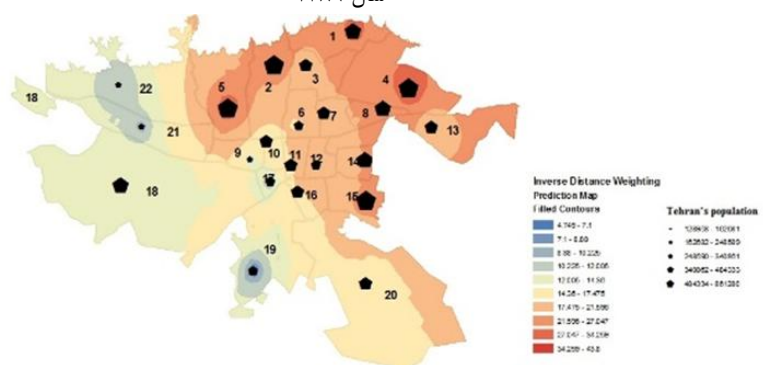
منطقه	سال ۸۹	سال ۹۰	سال ۹۱	سال ۹۲
۱	۲۱/۱۷	۳۱/۷۶	۳۰/۶۶	۳۰/۳۰
۲	۲۲/۶۳	۲۹/۵۷	۲۷/۰۱	۳۱/۰۳
۳	۱۵/۳۳	۱۵/۷۰	۱۴/۶۰	۱۳/۸۷
۴	۴۵/۲۶	۴۳/۸۰	۴۰/۱۵	۳۳/۹۵
۵	۳۸/۶۹	۴۳/۸۰	۸۳/۳۳	۳۵/۰۴
۶	۲۰/۰۸	۱۴/۲۴	۱۳/۸۷	۱۵/۳۳
۷	۲۱/۱۷	۱۷/۵۲	۱۴/۹۷	۱۶/۰۶
۸	۱۶/۰۶	۱۷/۱۶	۱۸/۶۲	۱۸/۲۵
۹	۹/۱۳	۱۰/۵۹	۱۲/۰۵	۹/۸۶
۱۰	۹/۸۶	۱۰/۵۹	۵/۱۱	۸/۴۰
۱۱	۱۸/۲۵	۱۴/۹۷	۱۷/۸۹	۱۷/۵۲
۱۲	۳۲/۱۲	۳۵/۰۴	۳۶/۸۷	۲۶/۳۸

۱۳	۹/۸۶	۱۰/۲۲	۸/۷۶	۸/۰۳
۱۴	۲۱/۱۷	۲۲/۳۷	۲۲/۶۳	۲۲/۶۳
۱۵	۲۰/۶۶	۲۶/۶۵	۲۳/۰۰	۲۷/۳۸
۱۶	۱۸/۲۵	۱۷/۵۲	۱۵/۳۳	۱۶/۴۳
۱۷	۸/۰۳	۴/۷۵	۵/۴۸	۸/۴۰
۱۸	۱۷/۱۶	۱۴/۹۷	۱۳/۵۱	۱۵/۷۰
۱۹	۱۰/۲۲	۵/۱۱	۵/۱۱	۹/۱۳
۲۰	۱۹/۷۱	۱۳/۸۷	۱۳/۵۱	۱۰/۹۵
۲۱	۷/۶۷	۷/۶۷	۴/۰۲	۵/۱۱
۲۲	۴/۰۲	۵/۴۸	۵/۴۸	۴/۳۸
میانگین	۱۸/۹۳	۱۸/۷۸	۱۷/۵۹	۱۷/۴۵
مجموع	۴۱۶/۴۷	۴۱۳/۱۸	۳۸۶/۹۰	۳۸۳/۹۸

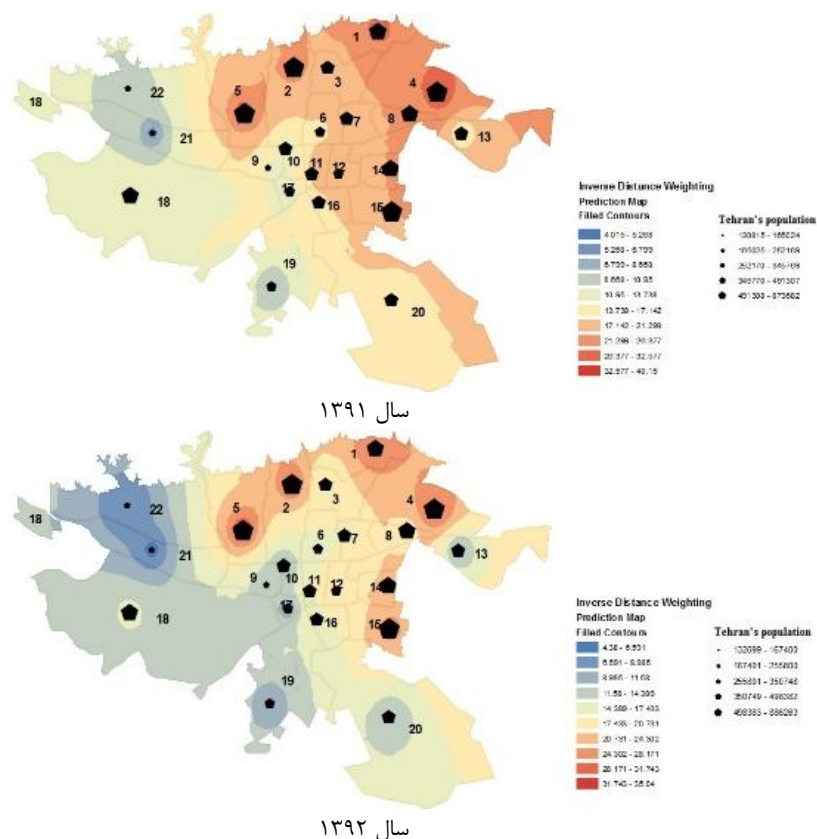
شکل (۴)، نقشه GIS شهر تهران را با داده‌های جمعیت و میزان پسماند تفکیک شده نشان می‌دهد. به‌طور کلی می‌توان گفت مناطق ۱، ۲، ۴ و ۵ میزان پسماند تفکیک شده بیشتری جمع‌آوری شده است. برای نمونه در سال ۱۳۹۲، منطقه ۵ با دارا بودن درصد تفکیک پسماند -۹/۱۲٪- و جمعیتی برابر ۹/۷۳٪ کل ساکنین تهران و منطقه ۴ با پسماند تفکیک شده‌ای به میزان ۸/۸۴٪ از کل پسماندهای تفکیک شده تهران و جمعیتی برابر ۱۰/۵۶٪ جمعیت شهر تهران که پر جمعیت‌ترین منطقه تهران نیز است، بیشترین سهم پسماند تفکیک شده را دارند. منطقه ۲۲ با جمعیتی حدود ۱/۵۸٪ از جمعیت شهر تهران، کمترین میزان تفکیک پسماند -۱/۱۲٪- را به خود اختصاص داده‌اند.



سال ۱۳۸۹



سال ۱۳۹۰



شکل ۴- جمعیت و پسماند تفکیک شده شهر تهران

۱۶,۶۸	۱۵,۲۱	۱۴,۱۷	۱۹,۰۱	۶
۱۸,۷۲	۱۵,۹۴	۱۷,۲۴	۲۱,۵۸	۷
۲۲,۴۲	۲۰,۷۶	۱۷,۹۶	۱۶,۹۵	۸
۱۸,۳۷	۲۰,۶۸	۱۵,۵۹	۱۲,۸۷	۹
۹,۴۷	۴,۷۸	۸,۸۸	۹,۳۰	۱۰
۲۱,۷۷	۱۷,۳۰	۱۳,۴۶	۱۷,۰۵	۱۱
۲۱,۵۴	۳۰,۵۹	۲۶,۲۲	۲۳,۸۳	۱۲
۱۵,۵۷	۱۶,۱۳	۱۸,۲۳	۱۶,۳۱	۱۳
۲۳,۷۳	۲۰,۵۹	۱۷,۸۵	۱۸,۵۹	۱۴
۱۸,۶۷	۱۴,۰۰	۱۵,۴۹	۱۷,۶۰	۱۵
۱۷,۲۱	۱۶,۲۸	۱۶,۴۴	۱۶,۹۵	۱۶
۱۰,۴۶	۶,۲۱	۴,۹۷	۸,۲۲	۱۷
۱۵,۵۹	۱۳,۶۵	۱۵,۰۳	۱۷,۱۹	۱۸
۱۱,۸۹	۵,۷۸	۶,۲۰	۱۱,۷۵	۱۹
۸,۳۶	۹,۴۱	۱۰,۳۲	۱۳,۱۲	۲۰
۹,۲۶	۶,۶۰	۱۲,۴۶	۱۱,۳۳	۲۱
۷,۱۵	۹,۴۳	۱۴,۵۱	۱۲,۴۲	۲۲
۱۵,۴۴	۱۴,۳۸	۱۴,۸۵	۱۵,۲۳	میانگین

شکل (۵) هیستوگرام میزان پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی شهر تهران را در زمینه تفکیک پسماند (نسبت پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی در مبدأ)

جدول (۷) نسبت پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی ۲۲ منطقه شهر تهران را نشان می‌دهد. به‌طور میانگین می‌توان گفت در سال‌های ۸۹، ۹۰، ۹۱ و ۹۲ به‌ترتیب ۱۵/۲۳٪، ۱۴/۸۵٪، ۱۴/۳۸٪ و ۱۵/۲۳٪ از کل پسماند شهر تهران به‌صورت تفکیک از مبدأ جمع‌آوری شده است. در سال ۸۹، ۹۰ و ۹۱ منطقه ۱۲ بیشترین میزان جمع‌آوری پسماند تفکیک شده را داشته و در سال ۹۲، منطقه ۱۴ با ۲۳/۷۳٪، منطقه ۱ با ۲۲/۷۰٪ و منطقه ۸ با ۲۲/۴۲٪ بهترین مناطق در این زمینه بوده‌اند. آن‌طور که از جدول برمی‌آید، در سال ۱۳۹۲ مناطق ۱۰، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ با نسبت پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی کمتر از ۱۰٪ وضعیت مناسبی در زمینه تفکیک پسماند نداشته‌اند.

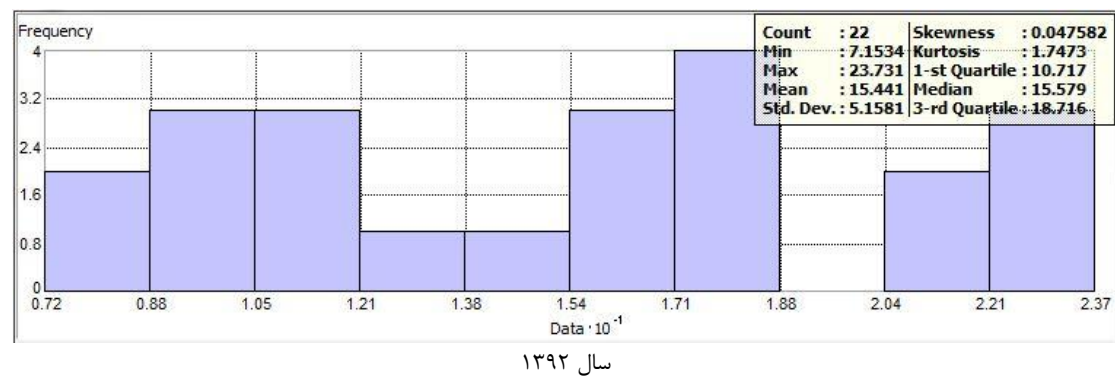
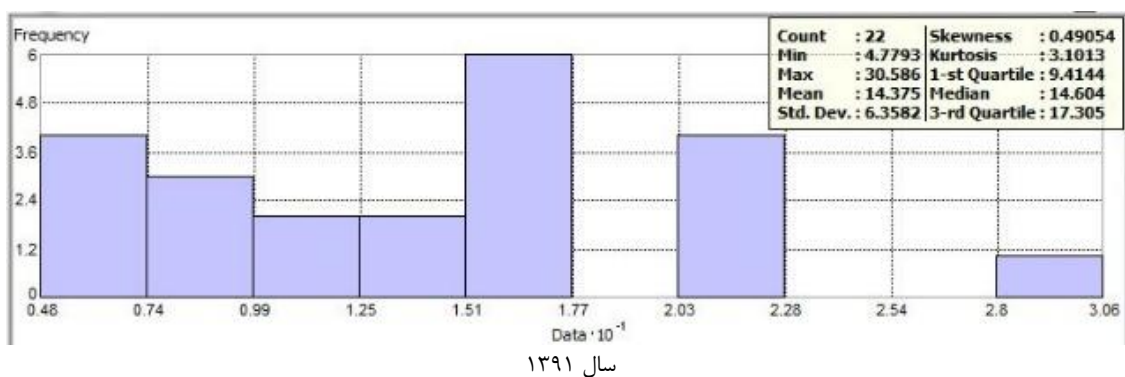
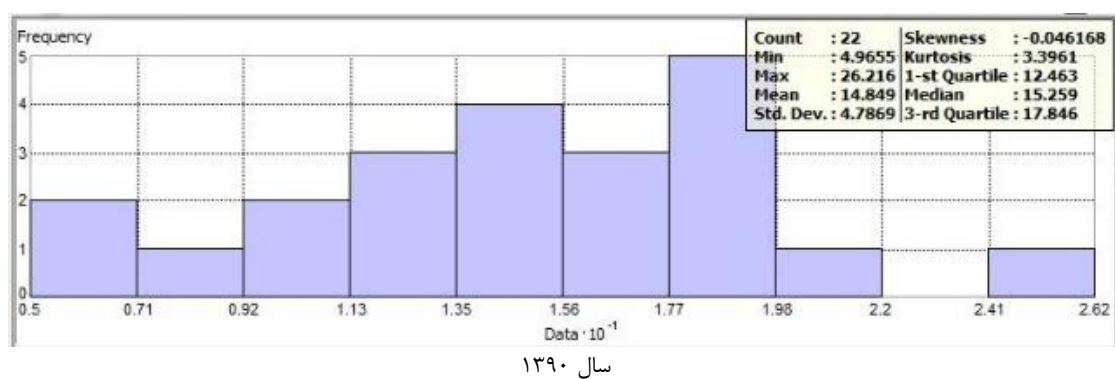
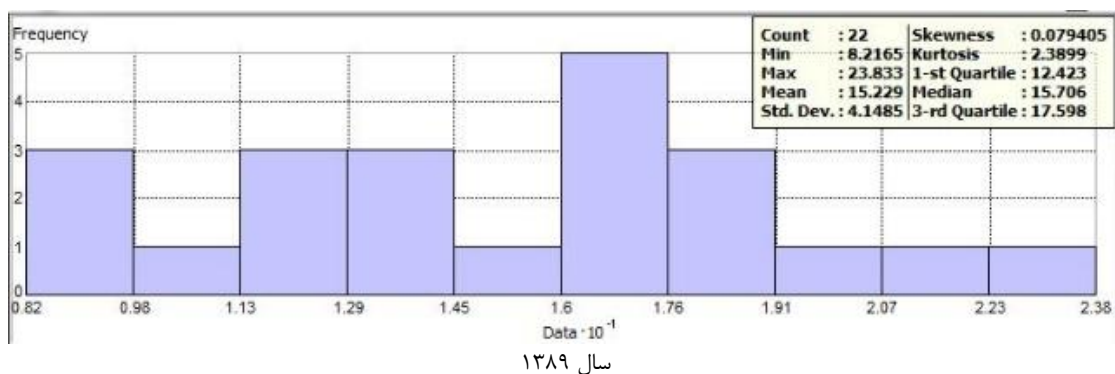
جدول ۷- نسبت پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی در مبدأ در

مناطق ۲۲ گانه (درصد)

منطقه	سال ۸۹	سال ۹۰	سال ۹۱	سال ۹۲
۱	۱۴,۲۰	۲۰,۹۳	۲۲,۰۸	۲۲,۷۰
۲	۸,۵۲	۱۱,۱۷	۹,۰۲	۱۰,۷۲
۳	۱۳,۲۳	۱۳,۲۲	۱۲,۰۶	۱۳,۰۴
۴	۱۹,۹۱	۱۸,۶۳	۱۷,۳۰	۱۵,۲۵
۵	۱۵,۱۱	۱۷,۷۲	۱۲,۴۳	۱۱,۱۳

اساس، چولگی نمودار سال ۱۳۹۱ بیشتر از سه نمودار دیگر است. همچنین هر ۴ نمودار بلندتر از بلندی توزیع نرمال هستند و بلندی نمودار سال ۱۳۹۰ بیشترین است.

نشان می‌دهد. جهت مقایسه بهتر پراکندگی داده‌ها در هر ۴ سال میزان چولگی و کشیدگی میزان پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی شهر تهران داده شده است. بر این



شکل ۵- هیستوگرام میزان پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی شهر تهران

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به نظر می‌رسد بررسی تفکیک و جداسازی پسماند در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و نقشه‌های GIS برای نخستین بار است که در این پژوهش صورت می‌گیرد و می‌تواند بهبود بسیاری در درک بهتر این امر به‌دست آورد.

بر اساس آمار به‌دست آمده از سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ (اطلاعات جدیدتر در دسترس نبوده است) و در نظر گرفتن فاکتور نسبت پسماند تفکیک شده به پسماند تولیدی در مبدأ برای امتیازدهی به وضعیت مناطق ۲۲ گانه شهر تهران و مبنا قرار دادن سال ۱۳۹۲ می‌توان مطابق جدول (۸)، ۵ دسته برای این مناطق در نظر گرفت. مناطق ۱۴، ۱، ۸، ۱۱ و ۱۲ به ترتیب بهترین مناطق از نظر تفکیک پسماند بوده و مناطق ۲۲، ۲۰، ۲۱، ۱۰ و ۱۷ بی‌کیفیت‌ترین مناطق در این زمینه بوده‌اند. گفتنی‌ست اختلاف بهترین و بدترین منطقه در زمینه فاکتور نسبت پسماند تفکیک شده به پسماند تولید شده کم‌تر از ۲۰٪ تفاوت داشته است.

جدول ۸- کلاس وضعیت تفکیک پسماند تولیدی در مبدأ مناطق

۲۲ گانه شهر تهران در سال ۱۳۹۲

کلاس وضعیت	A	B	C	D	E
مناطق	۱، ۱۴ ۱۱، ۸ و ۱۲	۱۵، ۷ ۱۶ و ۹	۱۸، ۶ ۱۳ و ۴	۱۹، ۳ ۵ و ۲	۱۰، ۱۷ ۲۰، ۲۱ و ۲۲

مراجع

- [1] Mohammad Ali Abduli, 1372, "The need to develop rules and regulations for solid waste management in the Islamic Republic of Iran", the first seminar of recycling and transforming materials, recycling and conversion Organization of Tehran Municipality.
- [2] F. Pvrashghr Sangachin, M Dinarvand, 1390, "Solid Waste Management in Tehran emphasis on source separation", the Fifth National Conference and Exhibition of Environmental Engineering.
- [3] Charles R. Rhyner, Leander J. Schwartz, Robert B. Wenger, Mary G. Kohrell, "waste management and resource recovery", K. N. Toosi Press, 32-33.
- [4] Raza Naqavi, Afsaneh Hassani, 1388, "Economic perspective of The Source separation schemes (Case Study: District 20 of Tehran)", Third National Conference on Waste Management.
- [5] Mohammad Ali Abduli, Mohsen Shirazi Akbarpour, Babak Omidvar, Reza Samieifard, 1394, "A Survey of Municipal Solid Waste Generation in 22 Regions of Tehran With Solid Waste Reduction Approach", Scientific Journal of Public Health Faculty of Yazd, Issue II.
- [6] Tania Jafari Nasab, 1393, "Management's assessment of waste source separation in municipal planning approach (Case Study: District 4 of Tehran)", The Seventh National Conference and Exhibition on Environmental Engineering.
- [7] Abduliman Amooei, Ali Akbar Mohammadi, Mohammad Ebrahim Amooei, Ali Akbar Oghazian, 1391, "Evaluation of the economic and environmental potential resulting from the source separation of municipal solid wastes of district 5 of Tehran", The Sixth National Conference And the first International Conference on Waste Management.

- [8] Yalda Hashempur, Arash Rezaei, Reza Mousavi, Samaneh Pajhan, 1386, "Evaluation of the source separation and dry waste recycling in Tehran (Case Study municipal recycling station of district3)", the tenth National Conference of Environmental Health.
- [9] Mohammad Sadegh Hassanvand, Ramin Nabizadeh, Mohsen Heidari, 1387, "Analysis of municipal solid waste in Iran", Journal of Health and Environmental Health Association, Volume I, Issue I, 9-18.
- [10] Ghasem Ali Omrani, 1383, "solid waste", Volume I, Islamic Azad University Press
- [11] National Statistical of Iran (<http://www.amar.org.ir>)
- [12] Waste Management Organization of Tehran
- [13] Marco Azpurua, Dos Ramos, 2010, "A comparison of spatial interpolation methods for estimation methods for estimation of average electromagnetic field magnitude", Progress In Electromagnetics Research M, Volume 14, 135-145
- [14] Mohammadreza Sabour, Ali SalimiT Damon Molaei, 2015, "Optimizing of spatial allocation for manucipal solid waste collection utilizing GIS", Modares Civil Engineering Journal, Volume 15, Issue 3, 73-85
- [15] Hamidreza Jafari, Yusuf Rafiei, Majid Ramezani Mehraban, Hossein Nasiri, 2014, "Urban Waste Landfill Site Selection Using AHP and SAW in GIS", Environmental Studies, Volume 38, Number 61, 131-140.
- [16] Abolfazl Ranjbar, Seyyed ali Torabi, Farshad Hakimpour, 2014, "Urban Waste Landfill Site Selection Using a Hybrid MADM Approach Based on AHP, Promethee V and Zero-One Programming", Journal of Geomatics science and Technology, Volume 4, Number 2, 217-230
- [17] Masoud Nikoukar, Mahmoud Cheloian, "Statistics and Probability", Basic Scince Spreading Press, 99-140.