

بهینه سازی تخصیص محدوده های مکانی به منظور جمع آوری پسماندهای شهری به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

محمد رضا صبورا^۱، علی سلیمی*^۲، دامون مولایی^۳

۱. استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲. کارشناس ارشد مهندسی عمران-محیط زیست دانشگاه خواجه نصیر
۳. کارشناس ارشد GIS دانشگاه خواجه نصیر

Asalimi.12@yahoo.com

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۳/۳/۱۰]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۲/۲/۲۱]

چکیده- یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی کشورهای در حال توسعه، مدیریت مواد زائد جامد شهری است؛ با مدیریت منطقی مسئله علاوه بر کاهش وقت و هزینه، تأثیرات منفی زیست محیطی را نیز می توان به حداقل رساند؛ با توجه به عوامل موثر در جمع آوری پسماند شهری و همچنین وسعت زیاد این مناطق، استفاده از روشهای سنتی بسیار وقت گیر و هزینه بر است لذا استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری اجتناب پذیر است؛ وجود توابع تجزیه و تحلیل مکانی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) این سیستم را از سیستم های اطلاعاتی دیگر متمایز می کند؛ از جمله توابع تحلیلی آنالیز شبکه می باشد؛ از کاربردهای مهم آنالیز شبکه مسئله تخصیص و یافتن کوتاهترین مسیر است. هدف ما در این تحقیق بهینه سازی مسیرهای جمع آوری پسماند شهری با استفاده از آنالیز شبکه و دیگر قابلیت های GIS است. در این تحقیق با انتخاب یکی از مناطق شهری تهران (ناحیه ۱ منطقه ۶) با توجه به موقعیت مکانی و وجود انواع کاربریها در آن وضع موجود مسیرهای جمع آوری پسماند مورد بررسی قرار گرفته و پس از استفاده از GIS شبکه ای شامل مخازن و شبکه راهها تشکیل شده و آنالیز شبکه روی شبکه مورد نظر صورت گرفت، با تخصیص صورت گرفته روی شبکه، منطقه به چند محدوده بهینه جهت جمع آوری پسماند تقسیم شد، سپس کوتاهترین مسیر در هر محدوده انتخاب شد. این روش می تواند برای دیگر مناطق شهری با تنظیم داده های اولیه مورد استفاده قرار گیرد. با اجرای این طرح در ناحیه ۱ منطقه ۶ تهران شیفتر روز جمع آوری پسماند حذف و کلیه پسماندهای شهری این منطقه در یک شیفتر در شب جمع آوری خواهد گردید. این کاهش زمان باعث کاهش هزینه، نیروی انسانی، بعد مسافت و آلودگی محیط زیست می شود.

واژگان کلیدی: جمع آوری پسماند شهری، سامانه اطلاعات جغرافیایی، آنالیز شبکه، تخصیص، کوتاهترین مسیر

مقدمه

جمع آوری از جمله مواردی است که برای کنترل جمع آوری اهمیتی اساسی دارد. کارایی این سیستم باید با بهداشت، اقتصاد و مهندسی محیط زیست هماهنگ بوده و هماهنگ با دیگر شرایط عمومی جامعه برنامه ریزی شود. استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری با توجه به افزایش بی رویه اطلاعات روز به روز در مسائل زیست محیطی و مدیریت پسماند شهری در حال افزایش است. یکی از مهم ترین این نرم افزارها سامانه

شهرنشینی و تراکم جمعیت در شهرهای بزرگ، پیامدهای مختلفی از جمله تجمع زباله و مواد شهری و به دنبال آن آلودگی روزافزون محیط زیست را دارد؛ تا آنجا که همه ساله درصد قابل توجهی از بودجه شهرداریها، به ویژه شهرداریهای شهرهای بزرگ و پرجمعیت صرف جمع آوری مواد پسماند شهری می شود. برقراری سیستم مدیریت

بررسی ضرورت نیاز به پیاده سازی مدل های تخصیص در جمع آوری پسماند در ایران و شهرداری ها
 بررسی دلایل عدم کارایی مدل های موجود در زمینه بهینه سازی تخصیص منابع جمع آوری پسماند
 حال به صورت خلاصه به مطالعات صورت گرفته در زمینه مسیریابی و کاربرد GIS در مدیریت پسماند شهری می پردازیم. موضوع بهینه سازی مسیرهای وسایل نقلیه جمع آوری پسماند شهری در منطقه البلخ از نوار غزه در سال ۲۰۰۶ به وسیله صلاح آقا^۱ مورد مطالعه قرار گرفته است [۹]. مدل به کار گرفته شده بر پایه مدل مسیرهای مستقیم است، پس از مقایسه صورت گرفته از نتایج به دست آمده مشخص شد در حدود ۲۳ درصد در هزینه صرفه جویی می شود. موضوع بهینه سازی مسیرهای جمع آوری پسماند در منطقه ترابزون^۲ ترکیه به وسیله آپایدین^۳ و گونولوا^۴ در دانشکده محیط زیست دانشگاه ایلدز تهیه شده که در نشریه نست به چاپ رسیده است [۸]. در این مطالعه بهینه سازی مسیرها به وسیله نرم افزار Route View انجام شده است.

۱- روش پژوهش

در این بخش روش کلی پژوهش به منظور بهینه سازی مسیرهای جمع آوری تشریح شده و متدولوژی مشخصی معرفی می شود. سپس در بخش بعد یک محدوده مطالعاتی انتخاب شده و طبق روش تشریح شده در این بخش مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

۱-۱- جمع آوری و آماده سازی اطلاعات

شناخت وضع موجود در محدوده مطالعاتی به دو بخش کلی و موردی تقسیم بندی می شود. در بخش کلی ساختار اجتماعی، کاربری ها، شبکه ارتباطی و مسیرهای دسترسی مورد مطالعه قرار می گیرد و در بخش موردی میزان پسماند تولیدی، روش مورد عمل به منظور نگهداری و جمع آوری پسماند و بررسی وضع موجود از لحاظ عملکرد سیستم مدیریت پسماند بررسی می شود.

اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. یکی از مواردی که (GIS) را از سیستم های اطلاعاتی دیگر متمایز می کند وجود توابع تجزیه و تحلیل مکانی است، از جمله این توابع می توان به آنالیز شبکه اشاره کرد، یکی از قابلیت های آنالیز شبکه یافتن کوتاه ترین مسیر است که به عنوان یکی از کاربردهای مهم در مسائل حمل و نقل مطرح می شود. مسئله تخصیص محدوده های مکانی هم یکی از مسائل تخصیص تسهیلات محسوب می شود، در مسئله تخصیص ما سه مولفه داریم: ۱- متقاضی خدمات (که در این پژوهش مخازن جمع آوری پسماند با ظرفیت مشخص است) ۲- سرویس دهنده (که در این پژوهش ماشین آلات جمع آوری پسماند با ظرفیت مشخص و شبکه راهها است) ۳- تابع هدف یا هزینه (که در این پژوهش زمان است)، آنچه در این مسئله مطرح است این است که باید موارد بالا به شکلی تعیین شوند که زمان جمع آوری پسماند بهینه شود. این مسئله در درجه اول باعث کاهش زمان جمع آوری و به دنبال آن باعث کاهش هزینه، نیروی انسانی، بعد مسافت و آلودگی محیط زیست می شود. دستیابی به این اهداف نیازمند تعیین تعداد و نوع مخازن نگهداری و ماشین آلات جمع آوری پسماند و اطلاعات شبکه راهها شامل عرض، یک طرفه یا دوطرفه بودن، جهت و سطح ترافیک خیابانها است. یکی از مهم ترین مسائلی که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است استفاده بهینه از شرایط موجود است، به عبارت دیگر این پژوهش به دنبال این است که با توجه به جانمایی مخازن و تولید پسماند موجود و ماشین آلات موجود و بدون هیچ تغییر و هزینه اضافه به مسیریابی بهینه جمع آوری پسماند شهری دست پیدا کند.

از جمله اهداف مهم این پژوهش می توان به موارد زیر اشاره نمود:

بررسی مدل های مربوط به تعیین منابع جمع آوری پسماند و چگونگی مدیریت آنها
 پژوهش در مورد چگونگی بهینه سازی تخصیص محدوده ها به شبکه پسماندها

جمع آوری داده ها و آماده سازی آنها برای تخصیص محدوده ها
 پیاده سازی الگوریتم های مورد نیاز و توسعه آنها

1 Salah R.Agha
 2 Trabzon
 3 Aparadin
 4 Gunullu

۱-۲- شناخت ویژگی‌های جمعیتی و شبکه ارتباطی منطقه

همان‌گونه که گفته شد ویژگی‌های منطقه باید از ابعاد متفاوت مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تا نتایج حاصل از آن در طراحی به کار گرفته شود. مهم‌ترین تاثیر در تولید زیاده را جمعیت محدوده مطالعاتی به خود اختصاص می‌دهد. در این زمینه لازم است تا جمعیت محدوده، بعد خانوار و تراکم جمعیت مشخص شود. به همین منظور لازم است تا جمعیت محدوده مورد نظر به وسیله‌ی نرم افزار سطح بندی شده و از لحاظ جمعیتی مناطق با تراکم‌های مختلف مشخص شود. برای افزایش دقت مطالعات می‌توان محدوده مطالعاتی را بلوک بندی کرده و برای هر بلوک توزیع جمعیت را به دست آورد.

ویژگی دیگر منطقه به کاربری آن اختصاص دارد. در این زمینه انواع کاربری‌های موجود در محدوده مطالعاتی مانند کاربری مسکونی، اداری، تجاری، آموزشی، درمانی، فرهنگی و ورزشی بایستی مورد مطالعه قرار گیرد. سهم هر کدام از کاربری‌ها به همراه مشخصات آن در محدوده تعیین شده و نقشه کاربری در این مرحله تولید می‌شود. سپس مانند مرحله قبل با توجه به بلوک بندی صورت گرفته کاربری‌ها در هر بلوک مشخص می‌شود.

ویژگی مهم هر محدوده مطالعاتی برای تعیین مسیرهای بهینه، شبکه ارتباطی آن است؛ بیشتر مطالعات مربوط به وضع موجود در این زمینه صورت می‌گیرد. لازم است اطلاعات شبکه راه‌ها را از شهرداری و سازمان نقشه‌برداری و سازمان ترافیک به دست آورد. ممکن است قسمتی از اطلاعات مورد نیاز در مراکز یاد شده وجود نداشته باشد در این صورت این اطلاعات را باید از طریق مطالعات به دست آورد. لازم به گفتن است که هرچقدر اطلاعات کامل‌تر باشد نتایج بهتر حاصل خواهد شد. اطلاعاتی که لازم است به طور کامل جمع‌آوری شود شامل موارد زیر است:

نام کلیه خیابان‌ها و کوچه‌های مورد مطالعه، طول خیابان‌های منطقه، عرض خیابان‌ها، دوطرفه و یک‌طرفه بودن خیابان‌ها و در صورت یک‌طرفه بودن جهت آن‌ها و سطح ترافیک خیابان‌ها

همان‌گونه که پیش‌تر توضیح داده شد آنچه در این پژوهش مهم است بهینه کردن مسیر جمع‌آوری پسماند است که نتیجه آن کاهش زمان جمع‌آوری پسماند است. پس در این پژوهش تابع هدف عنصر زمان است. برای به دست آوردن این زمان لازم است سرعت متوسط وسیله‌ی هر خودرو در هر خیابان مشخص باشد، تا با ارتباطی که بین طول مسیر و سرعت و زمان وجود دارد (سرعت/طول= زمان) زمان به دست آید.

سرعت خودروها معمولاً در خیابان‌ها با توجه به نوع خودرو، عرض خیابان و سطح ترافیک مشخص می‌شود که لازم است از طریق مطالعات میدانی این سرعت‌ها به دست آید. در طول شب عنصر ترافیک دخیل نیست و فقط با توجه به نوع خودرو و عرض خیابان‌ها باید سرعت را به دست آورد. در نهایت باید برای هر خیابان دو سرعت یکی برای روز و یکی برای شب در نظر گرفته شود و به عنوان یک لایه اطلاعاتی در GIS Arc ثبت شود.

۱-۱- شناخت وضعیت مدیریت پسماند منطقه

با توجه به بخش‌های تشکیل دهنده مدیریت پسماند، در شناخت وضع موجود لازم است تا تمامی مراحل از تولید تا دفع در محدوده مطالعاتی مورد بررسی قرار گیرند. ولی موضوع مورد بررسی در این مطالعه تا مرحله جمع‌آوری نیاز به بررسی دارد. پس مطالعات این بخش به شناخت وضع تولید پسماند، سیستم ذخیره‌سازی و جمع‌آوری در محدوده مطالعاتی مربوط می‌شوند. وضعیت پسماند تولیدی و جانمایی مخازن از طریق سازمان پسماند شهری و شهرداری منطقه به دست می‌آید.

وضعیت تولید پسماند در محدوده با توجه به کاربری‌های مختلف و جمعیت محدوده تعیین می‌شود. در این مرحله بر اساس بلوک‌بندی صورت گرفته میزان پسماند هر بلوک تعیین شده و برای کاربری‌های مختلف سرانه تولید پسماند بر اساس آمار و آنالیزهای موجود و یا منابع معتبر تخمین زده می‌شود. سپس آمار به دست آمده با تناژ در ایستگاه انتقال کنترل می‌شود تا از درستی اطلاعات به دست آمده برای هر بلوک اطمینان حاصل نمود. همچنین در این مرحله لازم است تا طبقه بندی زائدات تشکیل دهنده پسماند طبق آخرین نمونه‌برداری

سیستم های جمع آوری با ماشین زباله کش، s زمان توقف در محل، h زمان رفت و برگشت و W فاکتور مربوط به اتلاف وقت خارج از مسیر است. [۲]

$$T_{hcs} = \frac{P_{scs} + s + h}{1 - W} \quad \text{رابطه (۱)}$$

واحد زمان در کلیه موارد ساعت است.

پهنه بندی محدوده مطالعاتی

به منظور بلوک بندی محدوده مطالعاتی بر اساس میزان پسماند تولیدی لازم است تا دو پارامتر مهم در این بخش از مطالعات لحاظ شود. اولین پارامتر جمعیت در هر بلوک است که با استفاده از اطلاعات مرکز آمار در سرشماری نفوس و مسکن برای هر قطعه انجام می شود. در این مرحله باید نوع کاربری ها نیز مشخص شود. پارامتر دوم سرانه پسماند تولیدی است که برای محدوده با کاربری مسکونی به ازای هر نفر سرانه تولید پسماند با واحد کیلوگرم در روز تعیین می شود. برای دیگر کاربری ها مانند کاربری اداری، تجاری، آموزشی و غیره این امر به وسیله آنالیز صورت گرفته روی پسماند و یا با استفاده از مراجع معتبر انجام می شود. در این مورد برای کاربری های مختلف واحدهای سرانه تولید پسماند متفاوتی وجود دارد؛ برای نمونه برای محدوده اداری از واحد کیلوگرم در روز به ازای واحد متر مربع استفاده می شود. پس از تعیین میزان تولید پسماند به صورت کلی بر اساس کیلوگرم در روز برای هر بلوک به شکل جداگانه، نقشه پهنه بندی تهیه می شود و به عنوان یک لایه اطلاعاتی در Arc GIS ثبت می شود.

۳-۱- چگونگی مدل کردن با نرم افزار

مسئله تخصیص یکی از مسایل تخصیص تسهیلات است که در آن محل استقرار چند خدمت دهنده (تجهیزات جدید) برای تامین تقاضا چند مشتری (تجهیزات موجود) و چگونگی تخصیص مشتری ها به خدمت دهندگان باید تعیین شود. مسئله تخصیص از نوع مسایلی است که با افزایش تعداد دپارتمان ها پیچیدگی مسایل به طور نمایی افزایش می یابد. به همین دلیل از روش های سنتی نمی توان در حل مسئله استفاده کرد و از رویکردهای ابتکاری و فرا ابتکاری در حل مسئله باید بهره

صورت گرفته لحاظ شود.

همچنین بررسی سیستم جمع آوری به منظور تجزیه و تحلیل وضع موجود و استفاده از نتایج برای مقایسه با وضع مطلوب مهم است. در ابتدا لازم است تا مسیرهای مورد پیمایش به وسیله ماشین آلات روی نقشه محدوده مطالعاتی پیاده شود. این اطلاعات با استفاده از پرسش نامه و مطالعه میدانی حاصل می شود.

۲-۱- مبانی محاسباتی سیستم جمع آوری

فعالیت هایی که در رابطه با جمع آوری مواد زائد جامد وجود دارد را می توان در چهار واحد عملیاتی تقسیم بندی نمود. [۲]:
زمان برداشت ۲- زمان رفت و برگشت ۳- زمان توقف در ایستگاه انتقال ۴- زمان خارج از مسیر

۱) زمان برداشت: زمان برداشت به نوع سیستم جمع آوری بستگی دارد. برای سیستم های با مخازن ثابت، زمان برداشت عبارت است از زمان لازم برای بارگیری محتویات مخازن در کامیون. این زمان با توقف کامیون در کنار اولین مخزن شروع شده و تا بارگیری آخرین مخزن ادامه خواهد داشت.

۲) زمان رفت و برگشت (زمان سفر): زمان مسافرت برای سیستم های مختلف جمع آوری متفاوت خواهد بود. برای سیستم جمع آوری با مخازن ثابت، زمان رفت و برگشت عبارت است از زمانی که نیاز است تا کامیون بعد از پر شدن به محل تخلیه برسد، به علاوه زمانی که لازم است تا کامیون بعد از تخلیه به محل اولین مخزن پر برسد.

۳) زمان توقف در ایستگاه انتقال: این زمان عبارت است از فاصله زمانی بین لحظات ورود و خروج کامیون از ایستگاه انتقال. این زمان شامل زمان تخلیه و زمان انتظار می شود.

۴) زمان اتلاف شده در خارج از مسیر: این زمان شامل زمان هایی است که به صورت غیر مفید مصرف می شود و بعضی از این زمان ها اجتناب ناپذیر است.

زمان لازم برای هر مسافرت عبارت است از مجموع زمان برداشت، زمان توقف در محل و زمان رفت و برگشت ضرب در فاکتوری که زمان اتلاف شده خارج از مسیر را مشخص می کند. فرمول شماره ۱ زمان هر مسافرت (Thcs) را مشخص می کند، که در این فرمول (Pscs) زمان برداشت برای

بررداری نمود.

مسئله تخصیص نخستین بار به وسیله‌ی کوپر در سال ۱۹۶۳ بررسی شده است. [۷] این مسئله جزء مسایل توزیع، طبقه‌بندی شده است و در منابع نظامی، تولیدی و خدماتی کشور دارای کاربردهای وسیعی است. برای شرح مسئله تخصیص، چند مشتری را در نظر بگیرید که هر یک دارای تقاضای معینی بوده و قرار است تقاضای این مشتری‌ها به وسیله‌ی چندین خدمت دهنده تامین شود.

آنچه در این مسئله مهم است این است که موارد زیر به شکلی تعیین شود که معیار اندازه‌گیری ما بهینه شود :

تعداد خدمت دهندگان

ظرفیت هر خدمت دهنده

محل استقرار هر خدمت دهنده

مقدار تقاضای هر مشتری که به وسیله‌ی هر خدمت دهنده باید تامین شود

مسئله تخصیص را می‌توان از نقطه نظرات و دیدگاه‌های خاصی مورد مطالعه قرار داد. به گونه‌ای که نگرش به مسئله با دیدگاه‌های مشخص می‌تواند ساختار و مدل آن را تعیین کند. از جمله این دیدگاه‌ها می‌توان به مواردی چون محدودیت در تعداد و نوع خدمت دهندگان، محدودیت در محل جستجو برای استقرار خدمت دهندگان، محدودیت در ظرفیت خدمت دهندگان، چگونگی تقاضا و نوع توابع هدف اشاره نمود.

برای مدل کردن مسئله با نرم افزار ابتدا با استفاده از GIS شبکه‌ای شامل شبکه راه‌ها و مخازن تشکیل می‌شود. در شبکه باید خیابان‌های یک‌طرفه و دوطرفه و جهت آن‌ها مشخص شود؛ در Arc GIS جهت مثبت از چپ به راست و از بالا به پایین تعریف شده است. در شبکه برای اینکه جهت‌ها مشخص باشد باید دو لایه اطلاعاتی دیگر تحت عناوین Direction و Restricted تعریف شود [۶]. در ردیف Direction خیابان‌های شرقی و جنوبی که جهت مثبت است به صورت From - To یا FT معرفی می‌شود؛ و خیابان‌های غربی و شمالی به صورت To-From یا TF به شبکه معرفی می‌شود؛ خیابان‌های دو طرفه هم به صورت A به شبکه معرفی می‌شود. در ردیف Restrictced برای خیابان‌های دوطرفه باید

واژه False انتخاب شود به این معنی که محدودیتی برای حرکت برای این خیابان‌ها وجود ندارد و برای خیابان‌های یک‌طرفه واژه True انتخاب شود. بعد از تشکیل شبکه باید با توجه به تعداد و ظرفیت ماشین آلات، منطقه مورد مطالعه به n محدوده بهینه تقسیم شود؛ برای تخصیص در Arc GIS باید از گزینه service area استفاده شود، محل‌های سرویس ما مکان‌های مخازن است. بعد از معرفی مکان‌های سرویس دهی، یعنی مخازن که ظرفیت مشخصی دارند، مسئله حل شده و منطقه مورد مطالعه ما با توجه به تعداد و ظرفیت ماشین آلات جمع‌آوری پسماند به چند محدوده بهینه تقسیم می‌شود. حال باید در هر محدوده تقسیم یافته بهینه‌ترین مسیر برای جمع‌آوری پسماند انتخاب شود. مسیر باید به گونه‌ای انتخاب شود که از اولین مخزن که نزدیک‌ترین مخزن به محل ایستگاه ماشین آلات است شروع شود و بعد از عبور از تمامی مخازن به مخزن آخر (که نزدیک به ایستگاه انتقال است) برسد، بدین ترتیب Arc GIS بهترین مسیر را انتخاب می‌نماید.

آنالیز داده‌ها و ارزیابی نتایج

پس از تخصیص و بهینه‌سازی مسیرهای جمع‌آوری پسماند در سطح محدوده مطالعاتی، باید داده‌های خروجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند و با اطلاعات وضع موجود مقایسه شود. در این بخش پس از کنترل مسیرهای جمع‌آوری با توجه به تعداد مخازن قابل برداشت در یک شیفت، ورودی و خروجی مناسب و رعایت ضوابط یاد شده، لازم است نتایج در ابعاد فنی، زیست محیطی و اقتصادی مورد بررسی و با وضع موجود مقایسه شوند. در بعد اقتصادی هزینه‌های سیستم جمع‌آوری در وضع موجود و مطلوب بررسی می‌شوند، از جمله این هزینه‌ها می‌توان به هزینه‌های دستمزد کارگر و راننده، زمان کارکرد اشاره نمود. بعد فنی به مسیرهای مورد پیمایش از لحاظ میزان مسافت، زمان جمع‌آوری و بهره‌گیری از نیروی انسانی اختصاص دارد. بعد زیست محیطی به میزان انتشار آلاینده‌ها اختصاص دارد. به همین منظور از ضرایب تولید آلاینده‌ها هوا برای انواع ماشین آلات در استانداردهای موجود استفاده می‌شود، این ضرایب بر حسب میزان کارکرد وسیله نقلیه، نوع

سرعت متوسط وسیله‌ی هر خودرو در هر خیابان مشخص شود. در این منطقه سه نوع خودرو برای جمع‌آوری پسماند وجود دارد که سرعت آن‌ها با هم متفاوت است. چون سرعت حرکت ماشین آلات در جمع‌آوری پسماند پایین است، می‌توان یک سرعت برای کلیه خودروها در نظر گرفت. سرعت‌ها از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی به دست آمد و در شب چون ترافیک نقش موثری ندارد، با توجه به عرض خیابان‌ها برای هر خیابان سرعتی مناسب در نظر گرفته شد. در روز علاوه بر عرض خیابان، سطح ترافیک نیز به عنوان یکی از عوامل موثر در نظر گرفته شد.

پسماند تولیدی منطقه مورد مطالعه

با مطالعات صورت گرفته در ایستگاه انتقال بی‌هقی، که پسماند تولیدی این منطقه در آنجا نگهداری می‌شود، میزان سرانه تولیدی و سهم هریک از کاربری‌ها به صورت جدول ۱ به دست آمد.

جدول ۱- سرانه تولید پسماند بر حسب کاربری‌های متفاوت

کاربری	سرانه تولید پسماند هر یک از کاربری‌ها				
	مسکونی (kg/cap/day)	تجاری (kg/m ² /week)	اداری (kg/m ² /week)	آموزشی (kg/cap/day)	خدماتی (kg/m ² /week)
میزان تولید	۱/۱۵	۱/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۱

برای به دست آوردن پسماند تولیدی منطقه باید اطلاعات بلوک‌های جمعیتی منطقه شامل جمعیت هر بلوک و سهم کاربری‌های هر بلوک به دست آید که این اطلاعات نیز از طریق شهرداری و مدیریت پسماند شهر تهران به دست آمد [۵] و [۴]. نتایج حاصل در جدول ۲ آمده است.

جدول شماره ۲- سهم کاربری‌ها در ناحیه ۱ منطقه ۶

کاربری	مسکونی (نفر)	تجاری (متر مربع)	اداری (متر مربع)	آموزشی (نفر)	خدماتی (متر مربع)
مقدار	۲۳۹۲۶	۹۹۸۱۸	۱۰۹۷۷۹	۳۸۹۴	۱۶۷۴۶۱

با توجه به جدول ۱ و ۲ میزان پسماند تولیدی در این ناحیه در

آن و تناژ بار در حال حمل تعریف شده و می‌توان برای شرایط وضع موجود و مطلوب میزان انتشار آلاینده‌ها را به دست آورد.

۲- مدلسازی تخصیص محدوده و بهینه سازی

مسیر

محدوده مطالعه شده ناحیه ۱ منطقه ۶ تهران است، این منطقه یکی از مناطق قدیمی شهر تهران است که در مرکز شهر واقع شده است. ناحیه یک از این منطقه شامل حدود ۱۳ درصد منطقه است. منطقه شش به لحاظ موقعیت جغرافیایی در حوزه مرکزی شهر تهران واقع شده است. ناحیه یک در این محدوده

بین خیابان‌های انقلاب و کریمخان در جنوب و شمال و خیابان‌های مفتوح و فلسطین در غرب و شرق قرار دارد. ناحیه یک منطقه ۶ طبق سرشماری نفوس و مسکن ۲۳۹۲۶ نفر جمعیت به خود اختصاص داده است.

۲-۱- شبکه ارتباطی و طبقه‌بندی مسیرها

برای تقسیم‌بندی محدوده از لحاظ شبکه ارتباطی باید طول و عرض معابر، یک‌طرفه و دوطرفه بودن و جهت آن‌ها، سطح ترافیک شهری را در نظر قرار داد. اطلاعات کلیه خیابان‌های محدوده مطالعاتی از طریق سازمان نقش‌برداری و سازمان ترافیک تهران و مطالعات میدانی به دست آمد [۳]. یکی از عوامل تاثیر گذار در سیستم جمع‌آوری پسماند، ترافیک و سطح تردد وسایل نقلیه در مسیرهای محدوده مطالعاتی به خصوص در هنگام روز است. خیابان‌ها بر اساس تردد وسایل نقلیه به ۳ سطح ۱، ۲، ۳ تقسیم شده‌اند؛ منظور از سطح ۱ ترافیک بالا و سنگین است، منظور از سطح ۲ ترافیک متوسط وسیله‌ی است و منظور از سطح ۳ ترافیک پایین است این بخش از اطلاعات با استفاده از مطالعات میدانی به دست آمد. اطلاعات کلیه خیابان‌ها بر اساس سطح ترافیک، دوطرفه و یک‌طرفه بودن و جهت آن‌ها، عرض معابر تهیه شد و لایه اطلاعاتی مورد نظر در GIS تولید شد.

تابع هدف ما در این پژوهش زمان است. برای به دست آوردن زمان با توجه به اینکه طول خیابانها مشخص است، لازم است

جدول ۴- زمان لازم در هر مرحله جمع آوری زباله در ناحیه ۱ از منطقه ۶ در شب

بخش	طول کاری (H) ساعات	فاکتور اتلاف وقت (W)	تعداد سفر در روز	زمان توقف در محل	زمان رفت و برگشت	زمان برداشت در هر سفر (Pscs)
۱	۹	۰/۲۵	۲	۰/۴	۰/۷	۲/۲۷۵
۲	۹	۰/۲۵	۳	۰/۳۳	۰/۷	۱/۲۲
۳	۹	۰/۲۵	۳	۰/۳۳	۰/۵	۱/۴۲
۴	۹	۰/۲۵	۳	۰/۳۳	۰/۷۵	۱/۱۷
۵	۹	۰/۳۳	۳	۰/۵	۰/۵	۱/۰۱
۶	۹	۰/۳۳	۳	۰/۵	۰/۷۵	۰/۷۶
۷	۹	۰/۳۳	۳	۰/۵	۰/۷	۰/۸۱

در محاسبات جمع آوری، فاکتور اتلاف خارج از مسیر که شامل ساعات استراحت کارگران و یا کارهای غیر از جمع آوری زباله است، در بخش‌های مختلف متفاوت بوده و بر اساس برآوردهای میدانی انجام شده بطور متوسط معادل ۲۵٪ فرض می‌شود و زمان توقف در ایستگاه انتقال حدود ۲۰ دقیقه است. بر اساس معادلات پیشنهادی، مشخصات فنی جمع آوری پسماند، در ۷ بخش جمع آوری به کمک وسایل نقلیه موتوری برای دو نوبت روز و شب در جدول شماره ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۵- مشخصات جمع آوری زباله در ناحیه ۱ منطقه ۶ تهران

بخش	نام ماشین	تعداد کارکنان		تعداد سرویس	مسافت طی شده
		راننده	کارگر		
۱	آکسور	۱	۲	۳	۸۸۳۵
۲	ایسوزو	۱	۲	۴	۸۱۴۵
۳	ایسوزو	۱	۲	۴	۱۱۱۲۰
۴	ایسوزو	۱	۲	۴	۳۹۱۵
۵	نیسان وانت	۱	۲	۴	۵۳۰۰
۶	نیسان وانت	۱	۲	۴	۵۰۰۰
۷	نیسان وانت	۱	۲	۴	۴۸۰۰

۲-۳- تخصیص در ناحیه ۱ منطقه ۶ تهران

ابتدا شبکه مورد نظر را در ArcGIS تشکیل شده و جهت حرکت در شبکه تعریف می‌شود. شبکه ایجاد شده در شکل ۱ آمده است.

یک روز برابر با ۶۴۶۴۶ کیلوگرم به دست می‌آید. بر این اساس با فرض چگالی پسماند ۲۷۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ۲۹۰ مخزن ۱۱۰۰ و ۷۷۰ لیتری مورد نیاز است که مخازن موجود درستی این نتایج را نشان می‌دهد. حال باید محل مخازن روی نقشه محدوده مطالعاتی مشخص شود که اطلاعات لازم از طریق شهرداری منطقه ۳ به دست آمد و جانمایی مخازن روی نقشه مشخص شد.

۲-۲- ارزیابی وضع موجود

در ناحیه ۱ از منطقه ۶، با توجه به کاربری‌های گفته شده ۶۴/۶ تن پسماند و با توجه به تناژ خودروهای جمع آوری ۵۱/۷ تن پسماند در روز تولید و جمع آوری می‌شود. پس قسمتی از پسماند خشک و تر جدا شده به وسیله سیستم تفکیک از مبدا و زباله دزدان دلیل این اختلاف تناژ پسماند است. جمع آوری در سراسر ناحیه و هر روز هفته صورت می‌گیرد. ساعت جمع آوری روزها از ساعت ۸ تا ۲۰ عصر و شب‌ها بین ساعات ۲۱ تا ۶ بامداد است. بنابر این در مجموع ۲۱ ساعت برای جمع آوری زباله زمان صرف می‌شود. در سامانه جمع آوری محدوده برای ۲۱ ساعت کاری، ۲۸ کارگر و ۱۴ راننده مشغول است. ۷۸٪ جمع آوری به صورت مکانیزه به وسیله یک خودروی آکسور و ۳ خودروی ایسوزو صورت می‌گیرد و مابقی با ۳ خودروی وانت تحت پوشش قرار می‌گیرد.

جدول ۳- زمان لازم در هر مرحله جمع آوری زباله در ناحیه ۱ از منطقه ۶ در روز

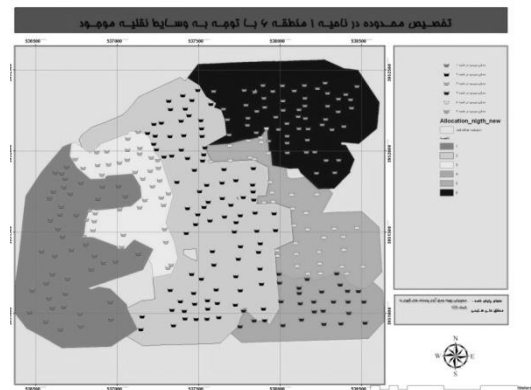
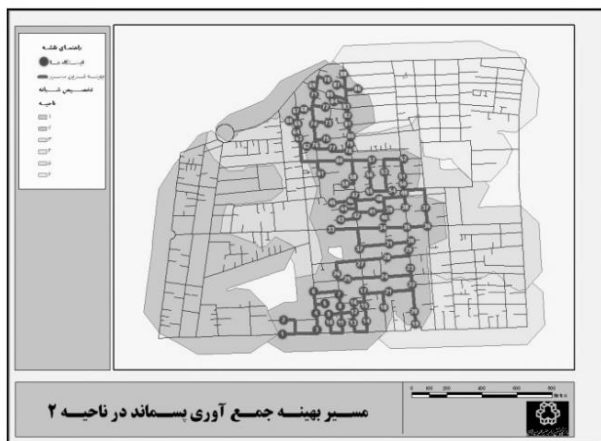
بخش	طول کاری (H) ساعات	فاکتور اتلاف وقت (W)	تعداد سفر در روز	زمان توقف در محل	زمان رفت و برگشت	زمان برداشت در هر سفر (Pscs)
۱	۱۲	۰/۲۵	۱	۰/۴	۱/۳۳	۷/۲۷
۲	۱۲	۰/۲۵	۱	۰/۳۳	۱/۳۳	۷/۳۴
۳	۱۲	۰/۲۵	۱	۰/۳۳	۱/۲۵	۷/۴۲
۴	۱۲	۰/۲۵	۱	۰/۳۳	۱/۵	۷/۱۷
۵	۱۲	۰/۳۳	۱	۰/۵	۱/۲۵	۶/۲۹
۶	۱۲	۰/۳۳	۱	۰/۵	۱/۵	۶/۰۴
۷	۱۲	۰/۳۳	۱	۰/۵	۱/۳۳	۶/۲۱



شکل ۱ - نتیجه آنالیز شبکه در محدوده مطالعاتی

حال مسئله تخصیص به وسیله نرم افزار حل شده و با توجه به ظرفیت و تعداد ماشین آلات موجود بهینه ترین حالت انتخاب شده و منطقه مورد مطالعه به ۶ محدوده بهینه جهت جمع آوری پسماند تقسیم می شود که در شکل ۲ آمده است.

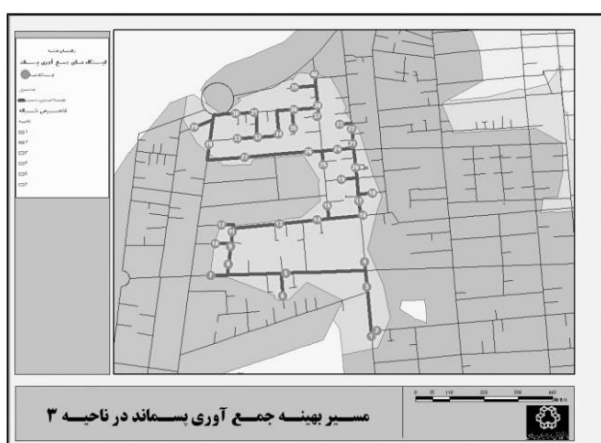
شکل ۳- بهینه ترین مسیر در محدوده تخصیص یافته ۱



شکل ۲- تخصیص محدوده در محدوده مطالعاتی

شکل ۴- بهینه ترین مسیر در محدوده تخصیص یافته ۲

۲-۴- بهینه ترین مسیر در محدوده های انتخاب شده
 حال باید در هر ۶ محدوده، بهینه ترین مسیر برای جمع آوری پسماند انتخاب شود. ابتدا باید نقطه شروع و نقطه پایان در هر محدوده تعیین شود. نقطه شروع بایستی نزدیکترین مخزن نسبت به محل توقف خودروهای جمع آوری پسماند باشد و نقطه پایان هم نزدیکترین مخزن به ایستگاه انتقال باشد، که در اینجا محل توقف خودروها، پارکینگ خدمات شهر منطقه ۶ و محل ایستگاه انتقال، ایستگاه بیهقی است. بعد از تعیین نقطه شروع و پایان هر محدوده از طریق نرم افزار Arc GIS بهترین مسیر انتخاب می شود که در شکل های ۳ تا ۸ بهترین مسیر در هر محدوده آمده است.



شکل ۵- بهینه ترین مسیر در محدوده تخصیص یافته ۳

در محدوده ۱ حاصل می‌شود:

با توجه به خروجی نرم‌افزار در محدوده یک، ۸۹۵۳ کیلوگرم پسماند تولیدی باید جمع‌آوری شود. در این محدوده از خودرو ایسوزو ۳ تنی استفاده می‌شود که با توجه به ظرفیت خودرو لازم است این خودرو ۳ بار در شبانه روز در این محدوده تردد نماید. زمانی که طول می‌کشد این خودرو کل مسیر را برای جمع‌آوری مخازن سپری کند با توجه به خروجی نرم‌افزار، ۲۳ دقیقه است. در این محدوده ۴۳ مخزن وجود دارد که زمان برداشت هر کدام از این مخازن حدود ۴ دقیقه در نظر گرفته می‌شود. پس زمان برداشت کل در این محدوده برابر است با:

$$P_{scs} = 23 + 43 \times 4 = 195 \text{ min}$$

زمان توقف در ایستگاه انتقال با توجه به جدول شماره ۴ برای خودرو ۳ تنی در شرایط موجود ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شده است که در اینجا نیز همین زمان در نظر گرفته می‌شود بنابراین زمان کل توقف برابر است با:

$$S = 3 \times 20 = 60 \text{ min}$$

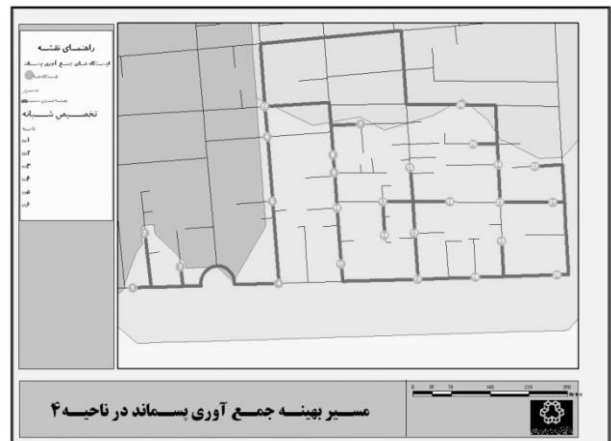
زمان رفت و برگشت مسیر هم با توجه به جدول شماره ۴ برای خودرو ۳ تنی در شرایط موجود ۴۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود که در اینجا نیز همین زمان در نظر گرفته می‌شود پس زمان کل رفت و برگشت برابر است با:

$$h = 3 \times 40 = 120 \text{ min}$$

فاکتور اتلاف وقت خارج از مسیر (w) با توجه به جدول ۴ برای خودرو ۳ تنی در شرایط موجود ۰/۲۵ در نظر گرفته شده است که در اینجا نیز همین زمان در نظر گرفته می‌شود. حال با توجه به رابطه ۱ زمان کل مسافرت را به دست می‌آوریم:

$$T_{hcs} = \frac{P_{scs} + S + h}{1 - W} = \frac{195 + 60 + 120}{1 - 0.25} = 500 \text{ min} \approx 8/33 \text{ hr}$$

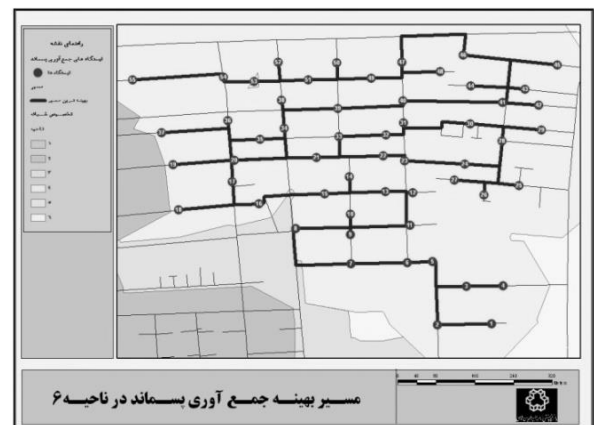
بنابراین طول ساعت کاری این خودرو برابر ۸/۳۳ ساعت است



شکل ۶- بهینه ترین مسیر در محدوده تخصیص یافته ۴



شکل ۷- بهینه ترین مسیر در محدوده تخصیص یافته ۵



شکل ۸- بهینه ترین مسیر در محدوده تخصیص یافته ۶

۵-۲- آنالیز نتایج

با توجه به مدت زمان جمع‌آوری و طول مسیر جمع‌آوری که از خروجی نرم‌افزار در هر محدوده به دست می‌آید نتایج زیر

که زمان هر سفر این خودرو برابر است با ۲/۷۸ ساعت. به دست می آید که در جدول ۶ مشخصات سفر در هر بدین ترتیب در دیگر محدوده ها نیز طول ساعت کاری خودرو محدوده آمده است.

جدول ۶- مشخصات سفر در هر محدوده تخصیص یافته

محدوده	تعداد مخازن	مقدار پسماند (kg)	نوع ماشین	تعداد سفر	زمان برداشت کل (min)	زمان رفت و برگشت (min)	زمان توقف در محل (min)	فاکتور اتلاف وقت	طول ساعت کاری (hr)	زمان هر سفر خودرو (hr)	مسافت (m)
۱	۴۳	۸۹۵۳	ایسوز۳تنی	۳	۱۹۵	۱۲۰	۶۰	۰/۲۵	۸/۳۳	۲/۷۸	۷۲۹۳
۲	۸۸	۲۰۱۷۸	آکسور ۱۰تنی	۲	۳۰۳	۸۴	۴۸	۰/۲۵	۹/۷۶	۴/۸۳	۱۲۲۴۵
۳	۴۰	۸۷۸۴	ایسوز۳تنی	۳	۱۷۴	۱۲۰	۶۰	۰/۲۵	۷/۸۷	۲/۶۲	۴۴۰۶
۴	۲۷	۶۰۲۴	نیسان ۱/۵تنی	۴	۱۲۲	۱۵۲	۱۲۰	۰/۳۳	۹/۸۰	۲/۴۵	۳۸۵۶
۵	۳۷	۸۸۵۲	ایسوز۳تنی	۳	۱۶۳	۱۲۰	۶۰	۰/۲۵	۷/۶۲	۲/۵۴	۴۵۳۰
۶	۵۵	۱۱۹۲۰	دونیسان ۱/۵تنی	۴	۱۲۶	۱۴۰	۱۲۰	۰/۳۳	۹/۶۰	۲/۴۰	۷۱۳۳

دهد. خودروی اکسور ۱۰ تنی، اگرچه با تعداد سفر کمتری به علت ظرفیت بالا قادر است پسماند زیادی را در مدت زمان کمی جمع آوری نماید، اما به علت عرض کم بعضی از خیابانها تردد این ماشین مشکل است. پس بهترین حالت استفاده از خودرو ایسوزو ۳ تنی است که در یک شیفت ۹/۵ ساعته حدود ۱۱/۵ تن پسماند را جمع آوری نماید.

۳- بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش، تخصیص محدوده جمع آوری پسماند و بهینه سازی مسیرهای جمع آوری پسماند با هدف کاهش زمان، هزینه، مسافت مورد پیمایش و کاهش آلاینده های زیست محیطی و در کل افزایش راندمان سیستم جمع آوری صورت گرفت. با توجه به بررسی آثار اجرای طرح از ابعاد مختلف فنی، زیست محیطی، و اقتصادی می توان نتایج تخصیص و بهینه سازی مسیرهای جمع آوری پسماند ناحیه ۱ منطقه ۶ تهران را در موارد زیر خلاصه نمود:

۱- سیستم جمع آوری از بعد فنی را می توان به زمان خدمت

باید به این نکته توجه شود که زمان رفت و برگشت، زمان توقف در محل و فاکتور اتلاف وقت در شرایط موجود و بهینه، یکسان فرض شده است و فقط زمان برداشت کل در شرایط موجود و بهینه متفاوت است. همان گونه که در جدول بالا مشاهده می شود با اجرای این طرح، با یک شیفت کاری شبانه، کلیه پسماندها جمع آوری می شود. این شیفت کاری برای محدوده های مختلف متفاوت است، کمترین و بیشترین طول ساعت کاری مربوط به محدوده ۴ و ۵ است که به ترتیب ۹/۷ و ۷/۶۲ ساعت طول می کشد تا کل پسماند این محدوده ها جمع آوری شود. پس اگر طول ساعت کاری ما از ساعت ۲۱ شب تا ۶:۳۰ صبح باشد، کلیه پسماندهای این محدوده در این ۹/۵ ساعت جمع آوری می شود. همچنین با توجه به جدول بالا مشاهده می شود در محدوده های ۱، ۳ و ۵ که خودرو ایسوزو ۳ تنی جمع آوری پسماند شهری را به عهده دارند در هر محدوده قادر است ۹ تن پسماند را در ۷/۹ ساعت جمع آوری نمایند. استفاده از خودروی نیسان به علت ظرفیت کم مقرون به صرفه نیست، زیرا تعداد سفرهای بیشتری برای جمع آوری باید انجام

جدول شماره ۷- مقایسه وضع موجود و بهینه از بعد زیست محیطی

پارامترهای زیست محیطی	VOC (gr)	CO (gr)	NOx (gr)	PM ₁₀ (gr)
وضع موجود	۳۳/۴۴	۶۲۰/۳	۳۸۱/۷۲	۹/۴۴
وضع بهینه	۲۶/۳۰	۴۶۱/۶۷	۳۳۳/۲۲	۸/۱۷
میزان کاهش (درصد)	۲۱	۲۶	۱۳	۱۳

۳- همان‌گونه که در ابتدای این مطالعه گفته شد یکی از مهم‌ترین اهداف، کاهش هزینه‌های سیستم جمع‌آوری است. با توجه به بهینه سازی صورت گرفته در بخش مسیرهای جمع‌آوری، می‌توان آثار اجرای طرح را از بعد اقتصادی به دو مقوله نگهداری و تعمیرات و بهره‌برداری تقسیم بندی کرد. در بخش نگهداری و تعمیرات، استهلاک و بیمه ماشین آلات در نظر گرفته شده و در بخش بهره‌برداری این هزینه به دستمزد کارگر و راننده و سوخت خودرو با توجه به ساعت کاری آنها اختصاص دارد. در بخش تعمیر و نگهداری برای وضع بهینه حدود ۲۴۰/۷ میلیون ریال و معادل ۵۰ درصد کاهش هزینه خواهیم داشت. در بخش بهره برداری به میزان ۱۱۱۶ میلیون ریال سالانه و معادل ۴۹ درصد کاهش هزینه بهره‌برداری محاسبه می‌شود. پس در کل به میزان ۴۹/۵ درصد کاهش هزینه‌های سیستم جمع‌آوری با اجرای این طرح به دست می‌آید.

نتایج سه گانه فوق به وضوح بیانگر ضرورت بهینه سازی مسیرهای جمع‌آوری پسماند شهری است تا بدین وسیله بتوان ضمن کاهش چشمگیر هزینه‌های مختلف، کاهش مصرف انرژی و عوارض زیست محیطی نیز بوجود آید.

۴- تشکر و قدردانی

در انتها وظیفه می دانم از دانشجویان دکتری گروه GIS دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و جناب آقای دکتر روزبه شاد کمال تشکر و قدردانی را نمایم.

۵- مراجع

- [۱] جمع‌آوری اطلاعات میدانی و موجود در شهرداری منطقه ۶.
- [۲] چوبانگلوس جرج، تیسن، الیاسن رولف، ترجمه محمد علی عبدلی، مدیریت مواد زائد جامد، سازمان

رسانی، نیروی انسانی و مسافت مورد پیمایش محدود نمود. همان‌گونه که ملاحظه شد شیفیت کاری روزانه که ۱۱ ساعت طول می‌کشید و مشکلات فراوانی که در جمع‌آوری پسماند در روز وجود داشت در حالت بهینه حذف شده است. همچنین در حالت بهینه نیروی انسانی، نسبت به وضع موجود نصف شده است و تعداد ۱۴ نفر از کارگران و ۷ نفر از راننده ها کاهش یافته است. همچنین تغییراتی در مسافت طی شده بوجود می‌آید که باعث کاهش تردد در مسیرهای اضافی و کاهش زمان جمع‌آوری می‌شود. در این سامانه مسافت طی شده تا ایستگاه انتقال در وضع موجود و بهینه تقریباً یکسان بوده و از مقایسه آن چشم‌پوشی شده است. در مجموع به میزان ۷۶۵۲ متر (۱۶ درصد) کاهش در مسافت پیموده شده برای جمع‌آوری به دست می‌آید.

۲- کاهش آثار نامطلوب زیست محیطی مانند بوی ماندن زباله در مخازن، جاری شدن شیرابه و آلاینده‌های هوا از جمله موارد قابل توجه است. مهم‌ترین موضوع در این بخش، آلاینده‌های هوا از سوی ناوگان جمع‌آوری است که در این حالت سعی شده است تا با استفاده از فاکتورهای انتشار آلاینده‌ها، بر اساس نوع خودرو در محیط شهری و همچنین میزان کارکرد وسایل نقلیه (مسافت طی شده به وسیله هر خودرو در حالت موجود و بهینه) میزان انتشار آلودگی را محاسبه نمود [۳]. در جدول ۷ ضرایب انتشار آلاینده در محیط شهری بر اساس نوع خودرو ارائه شده است و در جدول ۸ میزان انتشار آلاینده‌ها با توجه به مسافت انجام شده به وسیله هر خودرو محاسبه و برای وضع موجود و بهینه مقایسه صورت گرفته است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود میزان ۱۸/۲۵ درصد آلاینده های هوا کاهش خواهد یافت.

جدول ۶- ضرایب انتشار آلاینده ها بر اساس نوع خودرو در محیط

شهری [۶]

نوع خودرو	ضریب انتشار VOC (gr/km)	ضریب انتشار CO (gr/km)	ضریب انتشار NOx (gr/km)	ضریب انتشار PM ₁₀ (gr/km)
اکسور	۰/۳۷	۱/۹۶	۱۰/۵۸	۰/۲۵
ایسوزو	۰/۳۸	۱/۷۸	۹/۵۳	۰/۲۶
وانت	۱/۴۲	۳۷/۲	۴/۴۶	۰/۰۸

- [7] Cooper. L., Location - Allocation Problems, Operations Research, 11: p331 – 343, 1963.
- [8] O. APAYDIN., ROUTE OPTIMIZATION FOR SOLID WASTE COLLECTION: TRABZON(TURKEY) CAST STUDY, Global NEST Journal, Vol.14, NO.1, pp. 6-11, 2007.
- [9] Salah R.Agha., OPTIMIZING ROUTING OF MUNICIPAL SOLID WASTE COLLECTION VIHICELS IN DEIR EL-BALAH – GAZA STRIP, The Islamic university Journal, Vol.14, NO.2, pp. 75-89, 2006.

بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، جلد دوم،

۱۳۷۹.

[۳] دکتر عباسپور، مهندسی محیط زیست، مرکز انتشارات

علمی دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۷۱.

[۴] فصلنامه آماری مدیریت پسماند شهر تهران، سازمان

بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۸۵.

[۵] گزارش برنامه جامع مدیریت پسماند شهر تهران،

سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۸۷.

[۶] میرمحمد صادقی، محمد؛ آموزش عملی سامانه

اطلاعات جغرافیایی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد

اصفهان، ۱۳۸۸.