فصلنامه پژوهشنامه مدیریت و مهندسی صنایع
ISSN: ۲۷۱۷-۱۳۵۳
سال سوم، شماره ۶، بهار ۱۴۰۰
www.jomaier.ir

توسعه مدل ریاضی دو هدفه مساله مکان یابی- مسیریابی وسایل نقلیه با هدف کاهش هزینه های جمع آوری و دفع پسماندهای شهری (مطالعه موردی: شهرستان شاهین شهر)

سهیل دوانی[1]

[1] دانشجوی مقطع دکتری تخصصی (نویسنده مسئول)

چکیده

هدف: با توجه به گسترش شهر نشینی و افزایش جمعیت در شهرستان شاهین شهر، موضوع مدیریت بهینه ی پسماند ها به یکی از مهمترین مسایل مدیریت شهری تبدیل شده است در صورتی که این زباله ها به درستی مدیریت نشوند تعادل محیط زیست را به شدت تهدید می‌کند. برنامه ریزی برای انتخاب محل دفن مناسب و بهداشتی از مهمترین ضرورت های نظام برنامه‌ریزی و توسعه پایدار است. روش: با در نظر گرفتن اهمیت فاکتورهایی مانند انتخاب مناسب ترین مکان دفن و حداقل کردن هزینه‌ها، پژوهش حاضر به ارایه یک مدل ریاضی چند هدفه مکان یابی- مسیر یابی گسسته تصمیم و ارایه راه حل بهینه پرداخته است. برای اعتبارسنجی مدل ریاضی پیشنهادی از روش دقیق گمز استفاده شده، که نتایج حاصل از حل مسایل تولیدی اعتبار مدل را اثبات می کند. یافته ها: نتایج حاکی از آن است که پس از پیاده‌سازی کد گمز، هزینه مسیریابی و مکان یابی ۱۰۰۰۸۰۶ گزارش گردید که موجب صرفه جویی چشمگیری در هزینه‌ها گردیده است چرا که قبل از این کار پژوهشی هزینه مسیریابی و مکان یابی میزان ۲۱۷۰۶۴۹ بوده که تقریبا به نصف تقلیل یافته است. نتیجه گیری: در این مقاله با توجه به محدودیت های اقتصادی و امکان پذیر نبودن بازیافت تمام زباله ها به توسعه مدل ریاضی دو هدفه مساله مکان یابی – مسیریابی وسایل نقلیه با هدف کاهش هزینه های جمع آوری و دفع پسماندهای شهری و دفن زباله های شهری در شرکت مدیریت پسماند شهرستان شاهین‌شهر پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: مسیریابی- مکان‌یابی، دفع پسماندهای شهری، مکان یابی سبز، مسیر یابی سبز.

مقدمه

در دو دهه اخیر رقابت بین شرکتها در راستای عرضه کالا و خدمات، تبدیل به واقعیتی بزرگ برای پیشرفت آن ها شده است. امروزه شرکت ها و کارخانجات نیازمند یکپارچه سازی و منعطف کردن همه فعالیت های تولیدی از تهیه مواد اولیه تا تحویل کالای نهایی به مصرف کننده، در فرآیند عرضه و پخش محصولات خود هستند. سیستم های توزیع و پشتیبانی بخشی از فرآیند زنجیره عرضه اند، به طوری که جریان موثر و کارای انبارش کالاها، خدمات و اطلاعات وابسته به آنها را از نقطه شروع تا نقطه مصرف به منظور برآورده کردن نیازمندی های مشتری برنامه ریزی، اجرا و کنترل می کنند. لجستیک جزیی مهم از مدیریت زنجیره تأمین است.

مساله مکان یابی- مسیریابی وسیله نقلیه [1]یکی از مسایل مهم و کاربردی در مدیریت پخش و لجستیک است. LRPترکیبی از دو مساله مکان یابی و مسیریابی می باشد که به طور همزمان هر دو این مسایل را در نظر می گیرد. در نظر نگرفتن همزمان هر دو مساله مکان یابی و مسیریابی، سبب افزایش هزینه های پشتیبانی زنجیره تأمین خواهد شد. هر دو مساله مکان یابی تسهیلات و مسیریابی وسیله نقلیه پیچیدگی زمانی از نوع مسایل $NP-hard$ دارند، بنابراین LRP نیز مساله ای با پیچیدگی زمانی از نوعLRP در اندازه بزرگ با استفاده از روشهای دقیق، سخت و تقریبا ناممکن است. به همین دلیل در بیشتر پژوهش های انجام گرفته برای حل آن، به توسعه روشهای ابتکاری و فراابتکاری پرداخته شده است.

بیان مساله

افزایش روز افزون جمعیت، توسعه صنایع و در نتیجه افزایش مواد زاید، باعث ایجاد بحران جدی در جوامع بشری شده است. جمع آوری و پردازش مواد زاید در اغلب کشورهای جهان به ویژه درکشورهای در حال توسعه از تکنولوژی چندان پیشرفته ای برخوردار نیست. عدم مدیریت مناسب در کنترل پسماند خطرناک و مواد زاید انسانی، گیاهی و حیوانی درمحیط از عوامل اصلی و مولد بسیاری از بیماری های انسان و حیوان می باشد(هیگینز[2]، ۲۰۱۷).

اعمال مدیریت مواد زاید با هدف کاهش اثرات سوء ناشی از دفع غیر بهداشتی زباله ها است. این کار از طریق کنترل مرتب زباله ها و به حداقل رساندن جمع آوری، نگهداری و حمل و نقل و دفع بهداشتی که از اصلی ترین اصول بهسازی محیط محسوب می شود امکان پذیر است. اصلاح و بهینه کردن روش ها و وضعیت موجود و آینده نسبت به قبل، با یک برنامه ریزی صحیح به منظور کاهش هزینه های کلان مربوط به مدیریت زباله و انتخاب محل دفن مناسب ارایه شده است (هیگینز، ۲۰۱۷).

بررسی های انجام شده درکشورهای صنعتی نشان می دهد کانادا ۸۰٪، ایتالیا ۷۵٪، اسپانیا ۶۳٪، آمریکا ۶۰٪، آلمان و هلند و فرانسه ۵۰٪، سوید ۴۰٪، ژاپن حدود ۱۲٪، از زباله های جامد خود را به روش بهداشتی دفن می کنند و سوییس با ۱۰٪ بیشترین موفقیت را در کاهش مواد زاید جامد داشته است(دیجگراف و وولبرگ[3]، ۲۰۰۴).

ادامه زندگی بشر در گرو مصرف مداوم و تولید و کشف مواد جدید است. در همین حال هر جا مصرفی در کار باشد، پسماندها و مواد زاید بر جای می ماند. مساله ای که از دیر باز بشر با آن روبرو بوده و تا حال نیز با توجه به رشد جمعیت و پیشرفت عصر

[1] Location - Routing Problems (LRP)

[2] Higgins

[3] Dijkgraaf & Vollebergh

تکنولوژی و بالا رفتن مداوم سطح زندگی، مصرف شهروندان و تولید فرآورده های مصرفی رو به افزایش بوده که این مساله تولید انبوه پسماند ها را به دنبال دارد.

از مراحل مدیریت پسماند، کاهش تولید زباله، بازیافت و تبدیل ضایعات به مواد قابل استفاده می باشد. در تمام این مراحل مقداری مواد باقی می ماند که لزوماً باید دفن شوند، انتخاب محل دفن مناسب برای پسماندها مهمترین مرحله در مدیریت مواد زاید می باشد (دیجگراف و وولبرگ، ۲۰۰۴).

از مهمترین مسایلی که در طراحی، اجرا و بهره برداری محل دفن بهداشتی زباله باید مورد توجه قرار گیرد تجزیه مواد زاید و تولید گازهای گلخانه ای است که عامل گرم شدن درجه حرارت زمین می باشند. همچنین بوی بد ناشی از سولفید هیدروژن نیز باعث آزار می گردد. این گازها می توانند به پوشش گیاهی نیز آسیب برسانند و در نتیجه این گاز باید از هوا حذف گردد (صمدی و همکاران، ۲۰۱۰).

مهم ترین مرحله در مدیریت مواد زاید انتخاب محل دفن مناسب برای پسماند است، زیرا تولید انواع گازهای گلخانه ای حاصل ازتجزیه مواد زاید و به وجود امدن شیرابه ها موجب آلودگی آب ، خاک و هوای منطقه می شود و خطرات زیادی را برای محیط زیست به همراه دارد به همین دلیل علاوه بر مکان مناسب باید بهترین مسیر برای انتقال پسماند ها مشخص شود که هزینه های ناشی از انتشار گاز های گلخانه ای و سوخت کاهش یابد. معیار ها و شاخص های متعددی برای انتخاب مناسب ترین محل دفن معرفی شده است که هر یک شرایط و محدودیت های خاصی را در نظر می گیرد که هدف اصلی انتخاب محلی است که کمترین اثرات سوء را برای محیط زیست داشته باشد و از نظر مسافت ، مسیریابی بهینه انجام شده باشد و از نظر اقتصادی دارای کمترین هزینه باشد (صمدی و همکاران، ۲۰۱۰).

از گذشته نه چندان دور، رشد صنعت منجر به افزایش استفاده از مواد اولیه برای تولید محصولات و در پی آن رشد مواد زاید را به دنبال داشته است، که این امر نیازمند درک بهتر مفهوم پسماند و اهمیت مساله را ایجاب می کند.

در سال های متمادی بی توجهی نسبت به امر جمع آوری و دفع مواد زاید به دلیل کمیت و کیفیت گوناگونی مواد، توسعه بی رویه شهرها، محدودیت های وضع شده خدمات عمومی کلان شهرها و نیز فقدان تکنولوژی مناسب باعث ایجاد مشکلات ویژه ای شده که رفع آن ها از طریق هماهنگی علم و تجربه در چهارچوب مدیریت صحیح امکان پذیر است.

بر اساس پژوهش های صورت گرفته توسط قاسمعلی عمرانی (۱۹۹۴)، در ایران ۸۰٪ کل مخارج مدیریت پسماند، مربوط به جمع آوری و حمل و نقل پسماند شهری است که ۶۰٪ آن صرف حقوق و دستمزد کارگران می شود. اهمیت این موضوع از آن جهت است که بهبود اندکی در عملیات جمع آوری می تواند تاثیر قابل ملاحظه ای در صرفه جویی کل داشته باشد (ترکمن نیا و عبداله پور، ۱۳۹۱).

در بررسی ها و مطالعاتی که پژوهشگران در این زمینه انجام داده اند، استفاده از مدل ها در جهت کاهش هزینه های حمل و نقل پسماند های شهری جای توجه بسیاری دارد که نشان از گستردگی و تنوع و حجم کار بالا را در مبحث جمع آوری پسماند های شهری می رساند. قابل توجه است که بررسی های صورت گرفته و نتایج بدست آمده از این مطالعات به ما کمک شایانی را در پی ریزی اساس و بنیاد ساختار کاهش هزینه های حمل و نقل و جمع آوری پسماند های شهری میکند (ترکمن نیا و عبداله پور، ۱۳۹۱).

با توجه به محدودیت های اقتصادی، بازیافت همه زباله ها امکان پذیر نیست و دفن زباله های شهری، به عنوان متداولترین روش در جهان به ویژه در کشورهای در حال توسعه است. با توجه به گسترش شهر نشینی و افزایش جمعیت در شاهین شهر، موضوع مدیریت بهینه پسماندها به یکی از مهم ترین مسایل مدیریت شهری تبدیل شده است و در صورتی که این زباله ها به درستی مدیریت نشوند، تعادل محیط زیست را به شدت تهدید می کند، لذا برنامه ریزی برای انتخاب محل دفع مناسب و بهداشتی از مهم ترین ضرورت های نظام برنامه ریزی و توسعه پایدار است. بنابراین با در نظر گرفتن اهمیت فاکتورهایی مانند انتخاب مناسب ترین مکان دفع و حداقل کردن هزینه ها، پژوهشگر در پی آن است که با ارایه یک مدل ریاضی دو هدفه مکان یابی- مسیریابی گسته و ارایه راه حل بهینه در شهر شاهین شهر که در منطقه ای واقع گردیده که عوامل متعددی و بویژه تجمع واحدهای صنعتی، جمعیت زیاد و تراکم جمعیتی آن را از لحاظ موارد مذکور مورد تهدید و تجدید قرار می دهد، راه گشای حل این معضلات باشد. به عبارت روشن تر ، پژوهشگر در این پژوهش قصد توسعه مدلی بر اساس مدل پیشنهادی پرامودیتا و همکاران[1] (۲۰۱۴) را که به ارایه مدل ریاضی مساله مکان یابی- مسیریابی جمع آوری و دفع پسماند بعد از بلایای طبیعی پرداخته و دو هدف مکان یابی دفع پسماند و مسیریابی، همزمان با یکدیگر صورت گرفته را خواهد داشت.

پیشینه پژوهش

پیشینه پژوهش های داخلی

ایران نژاد و احمدی (۱۳۹۲) به بررسی مساله مکان یابی- مسیریابی ظرفیت دار پرداخته و برای حل آن از الگوریتم ابتکاری مبتنی بر خوشه‌بندی با استفاده از شبکه عصبی نگاشت خود سازنده پرداختند. از این رو، دو مساله اصلی در شبکه های توزیع یعنی مکان یابی تسهیلات و مسیریابی وسایل نقلیه همزمان در نظر گرفته شده و مساله مکان یابی- مسیریابی را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، مساله مکان یابی- مسیریابی عمومی شامل مکان بالقوه تسهیلات توزیع و مجموعه مشتریان مورد نظر است. تسهیلات و وسایل نقلیه دارای ظرفیت محدود هستند. جهت حل این مدل، از یک رویه ابتکاری چهار مرحله‌ای مبتنی بر خوشه‌بندی شبکه عصبی نگاشت شاخص خود سازنده استفاده گردیده است. در نهایت، با حل مسایل استاندارد موجود در ادبیات و بررسی نتایج حاصل، روش حل پیشنهادی از منظر کیفیت جواب‌ها و زمان محاسباتی ارزیابی شده است.

مظاهری و همایونی (۱۳۹۳) به مدل سازی مساله مکان یابی مسیریابی انبارهای متقاطع در شبکه جمع آوری پسماند پرداختند. امروزه با افزایش خانوارها و در نتیجه افزایش پسماندهای شهری، مدیریت و کنترل شبکه جمع آوری پسماندها نقش مهمی در کاهش هزینه ها به همراه دارد. مدیریت پسماند شامل جمع آوری، انتقال، پاکسازی، بازیافت و دفن پسماندها می باشد. استفاده از رویکردهای نوین انبارها و مراکز تفکیک و توزیع نقش بسزایی در کاهش هزینه های شبکه دارد. در این پژوهش به طراحی شبکه لجستیک معکوس چندسطحی پرداخته می شود که کلیه پسماندهای شهری در یک محل (باراندازهای متقاطع) جمع آوری و بر اساس نیاز کارخانجات (از نظر جنس، ماهیت قطعه و...) تفکیک و به مقصد مورد نظر جهت بازیافت ارسال می گردد. در این مقاله یک مدل ریاضی برنامه ریزی عدد صحیح مختلط در یک شبکه طراحی لجستیک معکوس چندسطحی به منظور بهینه سازی هزینه های کل شامل هزینه های ثابت احداث باراندازهای متقاطع و هزینه های حمل و نقل ارایه می دهد. به منظور اعتبارسنجی مدل و تعیین عملکرد آن ۷ مساله متفاوت با استفاده از نرم افزارLINGO حل شده است.

[1] Pramudita et al.

کاشف (۱۳۹۴) به مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک همراه با محدودیت پنجره زمانی (مطالعه موردی: مسیریابی حمل و نقل پسماندهای بیمارستانی) پرداخت. امروزه با افزایش روزافزون تولید مواد صنعتی، زباله‌ها، پسماندهای بیمارستانی، مواد رادیواکتیویته، مایعات قابل اشتعال و به طور کلی مواد خطرناک توسط بشریت، حمل و نقل مواد خطرناک اهمیت بسزایی دارد. چه بسا که حمل ونقل بعضی از این مواد برای کشورهای در حال توسعه جنبه‌ی اقتصادی در سطح ملی و بین‌المللی دارد. این حمل و نقل از مکانی به مکان دیگر و توسط مسیرهای مابین مکان‌ها انجام می شود. با توجه به اینکه علاوه بر موضوع اقتصادی، سلامتی انسان و محیط‌زیست را مورد توجه قرار می‌دهد، مکان‌یابی مراکز نگهداری یا دفن این مواد خطرزا بسیار حایز اهمیت است. ازاین‌رو در این پایان‌نامه، یک شبکه‌ی زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مساله‌ی مکان‌یابی- مسیریابی تحت شرایط عدم قطعیت در دنیای واقعی توسعه داده شده است. مدل ارایه شده دوهدفه بوده که هدف اول به کمینه‌سازی هزینه‌ها شامل هزینه‌های حمل‌ونقل، مکان‌یابی و جریمه‌ی تجاوز از پنجره زمانی می‌پردازد و هدف دوم میزان ریسک مسیرهای حمل و نقل را کمینه می‌سازد. در این پژوهش از پنجره زمانی نرم و سخت به طور توأمان در فرموله کردن مدل استفاده شده است. برای اعتبارسنجی مدل، با استفاده از داده‌های در دسترس مربوط به هفت بیمارستان در شهر تهران استفاده شد. به دلیل وجود عدم قطعیت در دنیای واقعی، از بهینه‌سازی استوار سناریو محور استفاده گردید. توابع هدف مساله‌ی استوار نسبت به حالت قطعی افزایش یافت (بدتر شد)، زیرا تابع هدف استوار از مجموع امیدریاضی تابع هدف سناریوهای مختلف و تغییرپذیری آن‌ها نسبت به هم حاصل می‌گردد. پرواضح است که مقدار تابع هدف استوار که همان معیار تأسف است از میزان حالت قطعی بیشتر است اما لازم به ذکر است که جواب‌های حاصله از انعطاف بالایی برخوردار خواهند بود.

جوانفر و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی مساله مکان‌یابی-مسیریابی انبارهای عبوری چند محصولی با در نظرگرفتن وسایل نقلیه ناهمگن ظرفیت‌دار و قابلیت برداشت و تحویل در چند بار در یک شبکه زنجیره تامین چند سطحی پرداختند. انبار عبوری یک استراتژی لجستیکی است که هدف آن کاهش موجودی و افزایش رضایت مشتریان می‌باشد. کالاها از تامین کننده بواسطه انبار عبوری به دست مشتری می‌رسند. اقلام قبل از فرستادن به مشتری، می‌بایست در انبار عبوری گردآوری شده، بدون ذخیره یا با ذخیره کم و پس از ادغام توسط وسایل نقلیه خروجی برای مشتریان فرستاده می‌شوند. در این پژوهش، مساله مکان‌یابی-مسیریابی با انبارهای عبوری در یک زنجیره تامین سه سطحی شامل تامین کننده، انبار عبوری و مشتری در نظر گرفته شده است. در این مساله، مراکز انبار عبوری، تامین کننده، مشتری، وسایل نقلیه و کالا چندگانه می‌باشند، مراکز انبار عبوری و وسایل نقلیه دارای ظرفیت محدود می‌باشند، برداشت و تحویل در چند بار مجاز می‌باشد، وسایل نقلیه ناهمگن هستند و در حمل نوع محصول دارای محدودیت می‌باشند. هدف مدل، کمینه‌سازی مجموع هزینه باز شدن مراکز انبار عبوری و هزینه های حمل و نقل (هزینه توزیع، هزینه عملیاتی) وسایل نقلیه می‌باشد. مساله مورد مطالعه برخواسته از صنعت توزیع و پخش مواد غذایی فاسد شدنی می‌باشد. برای مساله مورد نظر، یک مدل ریاضی یکپاچه غیرخطی عدد صحیح مختلط ارایه شده است. با توجه به اینکه مساله مورد مطالعه NP-hard می‌باشد، یک الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات برای حل مسایل با اندازه‌های بزرگ نیز ارایه شده است. همچنین، یک حد پایین نیز برای مساله توسعه داده شده است. به منظور نشان دادن عملکرد الگوریتم معرفی شده، مسایلی در اندازه‌های کوچک، متوسط و بزرگ به صورت تصادفی تهیه گردیده و توسط رویکردهای ارایه شده مورد حل قرار گرفت. نتایج محاسباتی نشان از کارایی بالا الگوریتم پیشنهادی می‌باشد.

جفتایی و همکاران (۱۳۹۵) به ارایه یک مدل چندهدفه مکان‌یابی- مسیریابی برای احداث مراکز پالایش، بازیافت و دفع زباله‌های بیمارستانی پرداختند. لذا در این مقاله با ارایه یک مدل برنامه ریزی عددصحیح مختلط سعی شده است مکان بهینه‌ی مراکز پالایش، بازیافت و دفع زباله‌های بیمارستانی، با در نظر گرفتن سه معیار هزینه، ریسک و قابلیت اطمینان یا احتمال در دسترس بودن مسیرها و همچنین میزان حمل و نقل بین هر کدام از این مراکز به تفکیک انواع زباله‌ها تعیین شود.

در ادامه، عملکرد مدل، از طریق مجموع وزنی توابع هدف و در شانزده وزن‌دهی متفاوت مورد بررسی قرار گرفته و نقاط پارتویی به دست آمده‌اند. برای شناسایی نقاط بالقوه بر اساس معیارهای زیست محیطی جهت تأسیس هر کدام از این مراکز نیز از داده‌های ژیوگرافیک و نرم‌افزار GIS استفاده شده است.

باقرپور (۱۳۹۵) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به مدل‌سازی و حل مساله‌ی مکان‌یابی- مسیریابی تسهیلات دفع پسماند با در نظر گرفتن تقاضای احتمالی پرداخت. گسترش فزاینده و رو به رشد شهرها و در نتیجه افزایش بی‌رویه جمعیت شهری در جهان، مخصوصاً در سال‌های اخیر موجب افزایش بیش از حد مصرف و در نتیجه افزایش تولید انواع پسماندها شده است. بسیاری از مناطق جمعیتی تمایل به قرار گرفتن در مجاورت مستقیم محل‌های دفع پسماند را ندارند و به همین دلیل نیاز به مسیرهای حمل‌ونقل طولانی، بیشتر شده است. بنابراین به منظور کاهش هزینه‌ها و همچنین کاهش میزان آلودگی در مراکز جمعیتی، در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط دو هدفه ارایه شده است که به طور هم‌زمان به مکان‌یابی و مسیریابی تسهیلات دفع پسماندهای جامد شهری و پسماندهای خطرناک می‌پردازد. به علاوه، به منظور نزدیک‌تر شدن مدل پیشنهادی به دنیای واقعی، به توسعه این مدل پرداخته و در مدل توسعه یافته تقاضا به صورت احتمالی در نظر گرفته شده است. از آنجا که مساله مکان‌یابی- مسیریابی یک مساله NP-hard محسوب می‌شود، نمی‌توان از روش‌های حل دقیق جهت حل مساله در ابعاد متوسط و بزرگ استفاده نمود. در نتیجه جهت حل مساله پیشنهادی از الگوریتم NSGA-II استفاده شده است. در خاتمه، جهت تایید مدل و کارایی الگوریتم، تعدادی مساله تصادفی در ابعاد مختلف تولید و حل شده است. جواب‌های پارتو حاصل از حل با استفاده از الگوریتم NSGA-II و روش دقیق با یکدیگر مقایسه شده و نتایج مورد تجزیه و تحلیل حساسیت قرار گرفته است. نتایج حاصل حاکی از عملکرد خوب الگوریتم NSGA-Π می‌باشد.

خیاوی (۱۳۹۵) به مساله‌ی مکان‌یابی-مسیریابی شبکه‌ی لجستیک بازیافت همراه با سودآوری و با در نظر گرفتن انواع زباله و وسایل نقلیه‌ی ناهمگن پرداخت. مساله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه یکی از مهم‌ترین مباحثی است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر حمل و نقل مواد خطرناک همانند مواد اشتعال‌پذیر، سمی، و زباله‌ها، نقش بسیار مهمی در توسعه‌ی صنعتی کشور و افزایش سلامت جامعه ایفا می‌کند. در بیشتر موارد، فاصله‌ی محل تولید مواد خطرناک با محل مصرف آن بسیار زیاد است، به همین جهت از مساله مسیریابی وسایل نقلیه، به منظور حمل مواد خطرناک با در نظر گرفتن کمینه کردن طول مسیر و هزینه‌ی حمل و نقل استفاده می‌شود. در این پایان‌نامه یک زنجیره‌ی تأمین سه‌رده‌ای دو سطحی (شامل رده‌های تولید زباله، جمع‌آوری و بازیافت آن و سطوح ارتباط بین این رده‌ها)، و تک دوره‌ای برای مدیریت زباله شهری طراحی شده است. مساله‌ی مورد بررسی در این پژوهش به مکان‌یابی مراکز جمع‌آوری و مسیریابی وسایل نقلیه بین سطوح جمع‌آوری و بازیافت با وسایط نقلیه غیرهمگن می‌پردازد. برای این منظور یک مدل دو هدفه با اهداف کمینه‌سازی زمان جمع‌آوری زباله‌ها و بیشینه‌سازی سود حاصل از بازیافت زباله توسعه داده شده است و از رویکردهای حل مسایل چند هدفه برای حل مساله استفاده گردید. همچنین با توجه به پیچیدگی مدل و عدم توانایی آن در حل مسایل با ابعاد بزرگ، دو الگوریتم فراابتکاری ژنتیک مبتنی بر مرتب‌سازی نامغلوب و گروه ذرات چندهدفه پیشنهاد شده است. راه‌حل‌های حاصل از این دو الگوریتم و روش دقیق محدودیت جزیی با هم مقایسه شده است و نتایج به دست آمده با محاسبات عددی در حل مثال های مختلف در ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ، عملکرد مناسب آن‌ها را از نظر کیفیت جواب های بدست آمده و زمان حل تایید می‌نماید.

کریمی (۱۳۹۵) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به حل مساله مکانیابی-مسیریابی موجودی در شبکه ی جمع آوری زباله های خطرناک با در نظر گرفتن ناوگان حمل و نقل داخلی و خارجی پرداخت. در طول چند دهه اخیر به علت افزایش نگرانی های زیست محیطی، مسایل اقتصادی و فشارهای قانونی، توجه خاصی به لجستیک معکوس شده است. مهمترین اصل در

لجستیک معکوس این است که بسیاری از مواد که اصطلاحاً غیرقابل استفاده یا فاقد کاربرد برای مصرف کننده هستند، دارای ارزش بوده و با اندکی اصلاح و مرمت می توانند دوباره وارد زنجیره تأمین شوند. یکی از جنبه های اصلی لجستیک معکوس، بحث توزیع معکوس است. توزیع معکوس فرآیند جمع آوری و بازیافت و حمل ونقل ضایعات، محصولاتی که عمر آنها به پایان رسیده و به سمت مراکز بازیافت و دفع زباله است یکی از موضوعات حیاتی در پیشبرد لجستیک معکوس در زمینه توزیع معکوس به ویژه در سطح عملیاتی، مساله مسیریابی در آن است. پژوهش های انجام شده در این زمینه را می توان به چهار گروه تقسیم بندی کرد: برداشت های انتخابی باقیمت گذاری، جمع آوری زباله، جمع آوری کالاهایی که عمر آنها تمام شده، توزیع و جمع آوری همزمان. مساله جمع آوری زباله یکی از کاربردهای اصلی مساله مسیریابی وسایل نقلیه در دنیای واقعی است. یک پسماند در صورت دارا بودن مشخصه هایی از قبیل قابلیت اشتعال، خورندگی، واکنش پذیری، سمیت زیانبار به شمار می آید. مدیریت پسماند زیانبار شامل جمع آوری، انتقال، بازبینی و اصلاح بازیافت و دفع پسماند های زیان بار می باشد. هدف مساله مدیریت پسماند زیانبار، تضمین کردن ایمنی، کارایی و هزینه موثر و بهینه جمع آوری، انتقال، بازبینی و اصلاح بازیافت و دفع پسماند های زیانبار است. راه حل های ارایه شده برای مسایل مدیریت پسماند خطرناک می تواند دارای جنبه های مختلفی باشد. اهداف متفاوت و متنوعی برای مدیریت این مساله بصورت ایمن و با هزینه موثر وجود دارد برای مثال برای شرکت های حامل بهترین راه حل، راه حلی است که دارای کمترین هزینه باشد در حالی که برای دولت راه حلی است که کمترین خطر و ریسک را دارا باشد و باید یک راه حل متعادل با توجه به این اهداف را در نظر گرفت. جنبه دیگر از مساله مدیریت پسماند زیان بار این است که انواع مختلفی از این گونه زباله ها وجود دارد که امکان مدیریت همزمان آنها با هم وجود ندارد. تکنولوژی های بازبینی و اصلاح مختلفی وجود دارد که هر کدام مخصوص نوع خاصی از پسماند می باشد. به همین دلیل مساله سازگاری مرکز بازبینی و اصلاح با نوع زباله موضوع دیگری است که باید در مدل های ریاضی لحاظ شود. از طرفی تصمیم گیری درباره مکان تسهیلات نامطلوب نظیر مراکز بازبینی و اصلاح، مراکز بازیافت و دفن زباله که در سطح استراتژیک اتخاذ می شود به ما کمک می کند تا تاثیرات نامطلوب این مراکز را کاهش دهیم. بررسی مسایل مکان یابی و مسیر یابی به صورت جداگانه عموما یک جواب بهینه فرعی به ما می دهد از این رو یکپارچگی این دو تصمیم استراتژیک و عملیاتی منجر به نتیجه مطلوب تری می شود که در این زمینه پژوهش های جامعی ارایه شده است. در این پایان نامه مساله مسیریابی - موجودی معکوس برای پسماندهای خطرناک توسعه داده می شود. یکی از کاربردهای اصلی مسایل مسیریابی موجودی با تعداد زیادی مشتری، تغییر پذیری در تقاضا و افق برنامه ریزی طولانی مدت مربوط به مسایل جمع آوری پسماند است که تنها تفاوت آن با مسایل مسیریابی-موجودی متداول، جریان رو به عقب است. به منظور تکمیل پژوهش های انجام شده، مساله مسیریابی موجودی معکوس نیز در این مدل لحاظ شده است که تصمیمات مربوط به انتخاب مراکز تولید زباله برای تخلیه در این قسمت مشخص می گردد.

محمدی (۱۳۹۵) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به بهینه‌سازی سیستم جمع‌آوری پسماند شهری با بهره‌گیری از رویکرد لجستیک سبز پرداخت. مدیریت پسماند یکی از مهم‌ترین فرایندها در جوامع امروزی و در بخش لجستیک است. فرایندی که در بخش‌های متعددی حاضر است و دارای اثرات زیادی ازجمله اثرات محیط‌زیستی است. مدل‌های ریاضی بسیاری در بخش‌های گوناگون وجود دارد که می‌توان از آن‌ها برای بهینه‌سازی برخی از بخش‌های فرایند مدیریت پسماند بهره برد. در این رساله بامطالعه بر روی کارهای صورت گرفته در بخش لجستیک و حمل‌ونقل کالا و همچنین مکان‌یابی تسهیلات و بررسی

مدل‌های ریاضی ارایه‌شده در این زمینه‌ها سعی می‌شود تا یک روش مناسب جهت بهینه‌سازی فرایند جمع‌آوری پسماند ارایه گردد. ازاین‌رو بهینه‌سازی سیستم جمع‌آوری و ذخیره‌سازی، در یک مدل دوسطحی صورت خواهد گرفت که در سطح اول به بحث مکان‌یابی سطل‌های زباله در سطح شهر و در سطح دوم به مسیریابی ناوگان جمع‌آوری پسماند پرداخته می‌شود. در ادامه با اضافه کردن یک محدودیت زمان به مدل مسیریابی در سطح دوم، سعی می‌شود تا از قرارگیری بیش‌ازحد زباله در کنار معابر شهری جلوگیری شود تا از خطرات و هزینه‌های ناشی از قرار گرفتن زباله در کنار خیابان کاسته شود. مدل مکان‌یابی در سطح اول را بر روی یک شبکه با ۲۵ گره دارای پتانسیل قرارگیری سطل، اعمال نمودیم و مدل ۵ گره را برای استقرار سطل پیشنهاد داد. سپس با استفاده از این ۵ گره به همراه یک گره برای محل انبار یک شبکه‌ی کوچک ایجاد شد که متقارن بوده و دارای ۱۵ کمان است. مدل مسیریابی بر روی این شبکه اعمال شد و مسیرهای جمع‌آوری، تعداد ماشین موردنیاز و همچنین هزینه‌ی بهینه برای جمع‌آوری مشخص گردید.

محبوب نیا و همکاران (۱۳۹۶) به ارایه مدل جدید مکان‌یابی- مسیریابی- موجودی سبز تحت عدم قطعیت پرداختند. پژوهش این پژوهشگران، صورت جدیدی از مساله مکانیابی- مسیریابی- موجودی تحت عدم قطعیت با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی ارایه می دهد که به طور همزمان تعداد و موقعیت مراکز توزیع، تخصیص خرده فروشان به این مراکز و مسیرهای فعال و ترتیب برآورده سازی تقاضای آنها در هر مسیر، مقدار بهینه هر بار سفارش، تعداد دفعات سفارش هر یک از مراکز توزیع و نیز سطح ذخیره اطمینانی که در هر مرکز توزیع باید نگهداری شود را به‌طور همزمان تعیین می کند. به طوریکه هزینه مورد انتظار سالانه و همچنین میزان انتشار گازهای آلاینده ناشی از ناوگان حمل و نقل طی فرآیند تحویل در کل شبکه کمینه شود. ماهیت پیچیده مدل پیشنهادی و قرار گرفتن آن در زمره مسایل NP-hard، لزوم بهره‌گیری از رویکردهای فراابتکاری را جهت رسیدن به جواب‌های بهینه ایجاب می‌کند. لذا الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب، الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات چندهدفه و الگوریتم تکاملی قدرت پارتو برای حل مساله استفاده شده‌اند. در پایان، نتایج حاصل از عملکرد الگوریتم‌ها بر اساس شاخص‌های استاندارد مورد مقایسه و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است.

شعرایی و همکاران (۱۳۹۶) به مساله مکانیابی- مسیریابی دو سطحی سبز با در نظر گرفتن زمان سفر در لجستیک شهری پرداختند. در این مقاله مساله مکانیابی- مسیریابی دو سطحی که یکی از اساسی ترین مسایل در حوزه مدیریت پخش در لجستیک شهری است با ملاحظات سبز ارایه می شود. هدف تعیین جایگاه انبارها درسطح میانی درموقعیت های شهری می باشد. از آنجا که در لجستیک شهری سرعت وسیله نقلیه تاثیر بسیار زیادی در هزینه های زیست محیطی دارد این مساله را به صورت وابسته به زمان سفر مورد بررسی قرار گرفت. در انتها انبارهای میانی ازبین چند نقطه کاندید انتخاب و مسیرهایی در هر دو سطح بین سه جز اصلی مساله یعنی انبار میانی، انبار اصلی وبه صورت قابل توجهی در مقایسه با حالتی که انبار Co2 مشتریان برقرار شد و هزینه های مصرف سوخت و انتشار گاز میانی در نظر گرفته نشده و مشتریان از انبار اصلی سرویس می گیرند کاهش می یابد.

خیاوی و جعفریان (۱۳۹۶) به مدل سازی و حل مساله ی مکان یابی-مسیریابی شبکه ی لجستیک بازیافت با در نظر گرفتن وسایل نقلیه ی ناهمگن و تفکیک در مبدا پرداختند. مساله مسیریابی وسایل نقلیه یکی از مهم ترین مباحثی است که در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر حمل و نقل مواد خطرناک همانند مواد اشتعال پذیر، سمی، و زباله ها، نقش بسیار مهمی در توسعه ی صنعتی کشور و افزایش سلامت جامعه ایفا می کند. در بیشتر موارد، فاصله ی محل تولید مواد خطرناک با محل مصرف آن بسیار زیاد است، به همین جهت از مساله مسیریابی وسایل نقلیه، به منظور حمل مواد خطرناک با در نظر گرفتن کمینه کردن طول مسیر و هزینه ی حمل و نقل استفاده می شود. در این پایان نامه یک زنجیره ی تامین سه رده ای دو سطحی (شامل رده های تولید زباله، جمع آوری و بازیافت آن و سطوح ارتباط بین این رده ها)، و تک دوره ای برای مدیریت زباله شهری طراحی شده است. مساله ی مورد بررسی در این پژوهش به مکان یابی مراکز جمع آوری و مسیریابی

وسایل نقلیه بین سطوح جمع آوری و بازیافت با وسایل نقلیه غیرهمگن می پردازد. برای این منظور یک مدل دو هدفه با اهداف کمینه سازی زمان جمع آوری زباله ها و بیشینه سازی سود حاصل از بازیافت زباله توسعه داده شده است و از رویکردهای حل مسایل چند هدفه برای حل مساله استفاده گردید. همچنین با توجه به پیچیدگی مدل و عدم توانایی آن در حل مسایل با ابعاد بزرگ، الگوریتم فراابتکاری ژنتیک مبتنی بر مرتب سازی نامغلوب پیشنهاد شده است. راه حل های حاصل از این الگوریتم و روش دقیق محدودیت جزیی با هم مقایسه شده است و نتایج به دست آمده با محاسبات عددی در حل مثال های مختلف در ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ، عملکرد مناسب آن را از نظر کیفیت جواب های بدست آمده و زمان حل تایید می نماید.

پیشینه پژوهش های خارجی

تاجیک و همکاران (۲۰۱۴) به استفاده از رویکرد استوار در مساله مسیریابی آلودگی تحت عدم قطعیت گذاشت و برداشت پرداختند. این مقاله یک مساله مسیریابی آلودگی گذاشت و برداشت و با پنجره زمانی جدید (TWPDPRP) در نظر گرفته و یک مدل استوار برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط (MILP) تحت شرایط عدم قطعیت، تعریف کرده است. این مدل به طور همزمان هم مسایل محیط زیستی و هم مسیریابی را در نظر می‌گیرد و با تاثیرگذاری بر زمان رسیدن به گره‌های برداشت، زود رسیدن و دیر رسیدن‌ها را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر مدل فاکتورهای محیط زیستی، مثل شیب جاده و موارد دیگر را در نظر گرفته و سعی می‌کند که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف سوخت را کاهش دهد. در کل هدف مدل ایجاد تعادل بین مسایل اقتصادی و محیط زیستی است. رویکرد بهینه‌سازی استوار برای پارامترهای غیرقطعی مدل TWPDPRP تعریف شده است، این پارامترها شامل: هزینه مصرف سوخت، هزینه انتشار$CO2$ ، زمان سفر و زمان سرویس می‌باشد. چندین آنالیز حساسیت نشان می‌دهد که تعداد مشتریان گذاشت و برداشت می‌تواند بر مقدار تابع هدف اثرگذار باشد و میزان بهینه آنها باعث ایجاد بهترین جواب تابع هدف می‌شود. نوآوری های این مقاله عبارت اند از:

تعریف جریمه نقض محدودیت پنجره زمانی گره‌های برداشت برای کاهش زمان سفر، مصرف سوخت و انتشار $CO2$.

استفاده از محدودیت پنجره زمانی در مساله مسیریابی وسیله نقلیه با عملیات گذاشت و برداشت برای کاهش زمان سفر رسیدن به گره‌های تحویل گیرنده.

استفاده از بهینه‌سازی استوار در محدودیت‌ها و با توجه به سرعت وسیله نقلیه به عنوان یک پارامتر غیرقطعی در مدل. این عدم قطعیت به ترافیک مربوط می‌شود و شامل توقف در پمپ بنزین و چراغ‌های راهنمایی می‌شود.

هزینه مصرف سوخت و انتشار گاز $CO2$ متغیر در نظر گرفته شده است.

از مفهوم استوار برای زمان سرویس دهی به مشتریان در شرایط متفاوت استفاده شده است.

ویژگی‌های فیزیکی وسیله نقلیه مثل سطح روبه‌روی وسیله نقلیه، وزن، شیب جاده در مدل در نظر گرفته شده است.

مستره و همکاران[۱] (۲۰۱۵) به مکانیابی و تخصیص برای شبکه بیمارستانی تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند. مساله مورد نظر دو مدل مکانیابی- تخصیص در شرایط عدم قطعیت برای حل مسایل استراتژیک در شبکه بیمارستانی می‌باشد. هدف مدل کمینه کردن هزینه در شرایطی است که هدف برنامه ریز، سامان‌دهی (سامان دهی مجدد) شبکه بیمارستانی با بهبود بخشیدن

[۱] AM Mestre et al.

مکان جغرافیایی آن است. یک مشخصه کلیدی آن طراحی شبکه بیمارستان با سرویس‌دهی گوناگون در ساختارهای سلسله مراتبی است که در مدل اول، مکانیابی به عنوان تصمیمات مرحله اول در نظر گرفته شده است در حالی که مدل دوم، مکانیابی و تخصیص را به عنوان تصمیمات مرحله اول در نظر گرفته‌است. تقاضا به صورت غیر قطعی و در چندین سناریو بیان شده و مطالعه موردی آن در کشور پرتغال صورت گرفته است.

سیفی و میرزایی (۲۰۱۵) به بررسی مقاله مسیریابی-موجودی سبز برای محصولات فسادپذیرهمراه با در نظر گرفتن همکاری افقی پرداختند. در این مقاله مزایای حاصل از استفاده از همکاری افقی بین تامین کنندگان و همچنین دخیل کردن اهداف محیطی مانند انتشار گاز های گلخانه ای و تاثیر مواد فساد پذیر بر مساله مسیریابی-موجودی مورد توجه واقع شده است. همکاری عمودی و افقی دو جز مهم از همکاری ها در زنجیره تامین هستند. همکاری عمودی شامل فرآیند هایی است که در سطوح مختلف زنجیره تامین واقع شده اند. برای نمونه همکاری بین یک عمده فروش و خرده فروش. در حالی که همکاری افقی شامل شرکت هایی است که در یک سطح زنجیره تامین واقع شده اند. برای نمونه همکاری بین دو عمده فروش در این دسته قرار می گیرد. در این مقاله نتایج عددی حاصل از این مدل با استفاده از نمونه داده ای مختلف بدست آمده است. در هر قسمت شاخص های کلیدی مختلفی اعم از کل انتشار گاز، کل زمان رانده شدن وسایل، کل هزینه های موجودی، کل هزینه های مواد خراب شده و کل هزینه ها مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این، تاثیر همکاری افقی در استفاده از هریک از شاخص ها معین شده است. در این مقاله برای مقایسه دو حالت همکاری و غیر همکاری دو مورد پایه ای تعریف شده است. در مورد اول همکاری بین تامین کننده ها وجود ندارد در مورد دوم همکاری بین تامین کنندگان وجود دارد. طبق محاسبات انجام شده هزینه ها در حالت وجود همکاری بین تامین کنندگان میانگین ۱۷,۱ درصد کاهش داشته است. برای مثال در یکی از نمونه ها تعداد وسیله نقلیه در حالت همکاری از ۱۲ عدد به ۱۰ عدد کاهش یافته است. همچنین کل هزینه ها در حالت همکاری ۲۹,۸ درصد زمان رانندگی ۳۰,۹ درصد و هزینه های موجودی ۵,۹ درصد کاهش یافته است.

کوش و همکاران[۲] (۲۰۱۶) به تعیین ترکیب و اندازه ناوگان در مساله مکان یابی-مسیریابی با در نظر گرفتن پنجره زمانی پرداختند. این مقاله به معرفی تعیین ترکیب و اندازه ناوگان مساله مکانیابی-مسیریابی با در نظر گرفتن پنجره زمانی می پردازد که در آن مساله مسیریابی-مکانیابی با در نظر گرفتن ناوگان غیر همگن و پنجره زمانی را گسترش و توسعه می دهد. هدف اصلی این مقاله، کمینه کردن جمع هزینه های ثابت وسیله نقلیه، هزینه انبار و هزینه مسیر می باشد. در این مقاله یک مدل ریاضی عدد صحیح مختلط، یک دسته نابرابری معتبر و همچنین یک الگوریتم جستجوی تکاملی ترکیبی(HESA) قدرتمند برای حل مساله ارایه داده شده است. HESA به طور موفق چندین الگوریتم فرا ابتکاری را ترکیب می کند و رویه های کارامدی را متناسب با ابعاد ناوگان ناهمگن و تصمیمات مکانیابی پیشنهاد می دهد. پژوهشگران مدل ارایه شده را از طریق توانایی آنها برای یافتن جواب بهینه سنجیده اند. آنها همچنین قدرت اجرای HESA را بررسی کرده اند. آزمایش های عددی گسترده بر روی مثال های جدید نشان می دهد که HESA در حل مسایل تعیین ترکیب و اندازه ناوگان مساله مکانیابی-مسیریابی با در نظر گرفتن پنجره زمانی بسیار کارآمد می باشد. نوآوری های این مقاله عبارت اند از:

پژوهشگران مساله FSMLRPTW را به عنوان یکی از مشتقات جدید LRP معرفی کرده اند.

[۲] ÇağrıKoç et al.

معرفی HESA به همراه معرفی رویه های ابتکاری که مختص مسالهFSMLRPTW می باشد.

معرفی مساله مکانیابی-ناهمگن ALNS (L-HALNS) که در بسیاری از عملگرهای آن تغییراتی ایجاد شده است که شامل تغییراتی در بخش های INITIALIZATION، PARTITION و MUTATION می باشد.

تونالیوغلو و همکاران[۳] (۲۰۱۶) به بررسی مساله مکانیابی-مسیریابی چند دوره‌ای با هدف افزایش جمع‌آوری زباله‌های روغن زیتون پرداختند. فرآیند تولید روغن زیتون باعث تولید دو محصول جانبی می شود که یکی از آنها زباله های زغال سنگ روغن زیتون قهوه ای است و هیچگونه استفاده مستقیم از آن ندارد و عموما به خاک یا رودخانه ها منتقل می شود، که به طور بالقوه محیط زیست را آلوده می کند. این ماده را می توان با استفاده از امکانات فوق العاده تصفیه نمود، اما این روش نیازمند آن است که زغال سنگ روغن زیتون قهوه ای از کارخانه های نفت تهیه شده و به وسیله یک ناوگان وسیله نقلیه به روش اقتصادی تحویل داده شود. چنین ملاحظاتی موجب یک مساله چند دوره‌ای مکانیابی-مسیریابی وسایل نقلیه می شود. پژوهشگران برای حل مدل ریاضی از روش ابتکاری جستجوی همسایگی بزرگ[۱] استفاده کردند. الگوریتم پیشنهادی آنها بر روی یک مطالعه موردی که از یکی از کشورهای تولید کننده روغن زیتون عمده تولید شده، استفاده شده است.

عسگری و همکاران (۲۰۱۷) به ارایه الگوریتم ممتیک[۲] برای مساله مکانیابی-مسیریابی چند هدفه برای زباله‌های مخاطره‌آمیز پرداختند. در این مقاله یک مدل ریاضی برای مکانیابی-مسیریابی زباله‌های مخاطره آمیز با در نظر گرفتن انواع مختلف زباله‌ها و فناوری‌های مختلف درمانی، ارایه شده است. شبکه توزیع شامل سه بخش از گره های تولیدی، تاسیسات درمان و دفع می شود. یک مدل چند منظوره مکانیابی با سه تابع هدف به حداقل رساندن تسهیلات درمان و دفع، هزینه های مختلف مربوط به این مساله و در نهایت خطر حمل مواد مخاطره آمیز توسعه یافته است. آنها با استفاده از الگوریتم جستجوی ممنوعه [۳] به حل مدل ریاضی پرداختند. مقایسه روش‌های دقیق و فراابتکاری نشان دهنده کارایی الگوریتم پیشنهادی می‌باشد. در نهایت الگوریتم پیشنهادی بر روی یک مطالعه موردی مورد آزمایش قرار گرفت.

تورو و همکاران[۴] (۲۰۱۷) یک مدل چند هدفه برای مساله مکانیابی-مسیریابی سبز با توجه به تاثیرات زیست محیطی پرداختند. در چند سال اخیر حوزه لجستیک حول موضوع تاثیرات گازهای گلخانه ای و هزینه‌های مرتبط با تاثیر فعالیت های صنعتی و حمل‌ونقل بر محیط زیست، گسترش یافته است. در این پژوهش یک مدل ریاضی جدید برای محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای توسعه یافته است و یک مدل جدید برای مساله مکانیابی-مسیریابی با هدف کاهش سوخت ارایه داده است. آنها با استفاده از برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح به فرموله‌بندی ساختار ریاضی پرداختند. در این مقاله دو هدف: ۱-کاهش تاثیرات زیست محیطی و کاهش هزینه‌های عملیاتی مد نظر قرار داده شده است. آنها با استفاده از روش اپسیلون محدودیت[۵] به حل مدل پرداختند که نتایج حاکی از اعتبار آن می‌باشد.

---

[۳] Tunalıoğlu et al.

[1] large neighbourhood search metaheuristic

[2] Memetic Algorithm

[3] Tabu Search Algorithm

[4] Toro et al

[5] Epsilon Constraint

هیاسات و همکاران[۶] (۲۰۱۷) به حل مساله مکانیابی-موجودی-مسیریابی برای اقلام فسادپذیر با استفاده از رویکرد الگوریتم ژنتیک پرداختند. این مقاله، به یک مدل مکانیابی-موجودی-مسیریابی برای کالاهای فسادپذیر اشاره دارد. مدل تعداد مکانهای مورد نیاز برای احداث انبارها، سطح موجودی هر خرده فروش و مسیرهای پیموده شده توسط هر وسیله نقلیه را مشخص می-کند. مدل ارایه شده تصمیمات مکانیابی را به مساله موجودی مسیریابی که اخیر چاپ شده است اضافه می‌کند تا مدل را واقعی‌تر و عملی‌تر کند و بنابراین، از این جمله‌ی معروف که یکپارچگی همه‌ی تصمیمات استراتژیک، تاکتیکال و عملیاتی با هم در یک مساله می‌تواند به تولید جواب بهتر در زنجیره تامین منجر شود، حمایت می‌کند. مدل ارایه شده در این مساله NP-Hard می‌باشد یعنی هیچ الگوریتمی قادر به حل مساله و پیدا کردن جواب در زمان منطقی نمی‌باشد، بدین ترتیب یک الگوریتم توسعه داده شده از الگوریتم ژنتیک برای حل کارامد این مساله ارایه شده است. با این الگوریتم می توان به جواب های نزدیک بهینه در مدت زمان منطقی رسید. بنابراین ساختار متمایز مساله نیازمند توسعه نحوه‌ی نمایش جدیدی از کروموزوم‌ها و روش ابتکاری برای جستجوی محلی است. در نهایت، یک تحلیل به منظور تایید و بازبینی اثر بخشی الگوریتم ارایه شده است. در مدل پایه که توسط هیاست و دیابات ارایه شده است، مساله به صورت ارسال یک محصول از یک تولیدکننده به تعدادی خرده‌فروش،I، از طریق تعدادی انبار،W، که در مکان‌های از پیش تعیین شده می‌توانند قرار بگیرند، می‌باشد. خرده فروشان تقاضای ثابتی دارند ولی این تقاضا در دوره‌های مختلف تغییر می‌کند. این محصولات از طریق ناوگان حمل و نقل همگن و مشابه با ظرفیت‌های یکسان منتقل می‌شوند. در این مدل فرض می‌شود که محصولات فسادپذیر هستند و دارای عمر قفسه‌ای مشخصی هستند. فرض می‌شود که کمبود مجاز نیست. هزینه‌های نگهداری موجودی فرض می‌شود که با گذشت زمان به آرامی تغییر می‌کنند. سطح موجودی برای خرده‌فروشان توسط دو محدودیت مشخص و تعیین می‌شود، به نام ظرفیت فیزیکی و عمرقفسه‌ای برای محصولات.

عسگری و همکاران (۲۰۱۷) به ارایه الگوریتم ممتیک[۱] برای مساله مکانیابی-مسیریابی چند هدفه برای زباله‌های مخاطره‌آمیز پرداختند. در این مقاله یک مدل ریاضی برای مکانیابی-مسیریابی زباله‌های مخاطره آمیز با در نظر گرفتن انواع مختلف زباله‌ها و فناوری‌های مختلف درمانی، ارایه شده است. شبکه توزیع شامل سه بخش از گره های تولیدی، تاسیسات درمان و دفع می شود. یک مدل چند منظوره مکانیابی با سه تابع هدف به حداقل رساندن تسهیلات درمان و دفع، هزینه های مختلف مربوط به این مساله و در نهایت خطر حمل مواد مخاطره آمیز توسعه یافته است. آنها با استفاده از الگوریتم جستجوی ممنوعه [۲] به حل مدل ریاضی پرداختند. مقایسه روش‌های دقیق و فراابتکاری نشان دهنده کارایی الگوریتم پیشنهادی می‌باشد. در نهایت الگوریتم پیشنهادی بر روی یک مطالعه موردی مورد آزمایش قرار گرفت.

تورو و همکاران[۳] (۲۰۱۷) یک مدل چند هدفه برای مساله مکانیابی-مسیریابی سبز با توجه به تاثیرات زیست محیطی پرداختند. در چند سال اخیر حوزه لجستیک حول موضوع تاثیرات گازهای گلخانه ای و هزینه‌های مرتبط با تاثیر فعالیت های

[6] AbdelhalimHiassat et al

[1] Memetic Algorithm

[2] Tabu Search Algorithm

[3] Toro et al

صنعتی و حمل‌ونقل بر محیط زیست، گسترش یافته است. در این پژوهش یک مدل ریاضی جدید برای محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای توسعه یافته است و یک مدل جدید برای مساله مکانیابی-مسیریابی با هدف کاهش سوخت ارایه داده است. آنها با استفاده از برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح به فرموله‌بندی ساختار ریاضی پرداختند. در این مقاله دو هدف: ۱-کاهش تاثیرات زیست محیطی و کاهش هزینه‌های عملیاتی مد نظر قرار داده شده است. آنها با استفاده از روش اپسیلون محدودیت[۴] به حل مدل پرداختند که نتایج حاکی از اعتبار آن می‌باشد.

روش شناسی پژوهش

روش پیشنهاد شده

در این پژوهش یک مدل ریاضی ارایه می شود، لذا بر اساس هدف، یک پژوهش بنیادی نظری است. همچنین از لحاظ ماهیت و روش کار، یک پژوهش توصیفی محسوب می شود. در این پژوهش پس از ارایه مدل، بهینه سازی آن با توجه به اطلاعات جمع آوری شده صورت می پذیرد. مدل ریاضی ارایه شده در پژوهش حاضر قابلیت تعمیم به تمامی سازمان ها و شرکتهای که با مساله مکان یابی تسهیلات و همچنین مسیریابی را دارند، خواهد داشت.

تعریف مساله و ارایه مدل

برای ارایه مدل ریاضی مساله مسیریابی-مکان‌یابی وسایل نقلیه با هدف جمع آوری با هدف کاهش هزینه های جمع آوری و دفع پسماندهای شهری، از گراف $G(N.,A)$ استفاده می شود که در آن $N.=\{۰،۱,\ldots,n\}$ مجموعه گره ها بوده و $A=\{(i, j) \mid i, j \in V \text{ and } i \neq j\}$ مجموعه یال های موجود در آن است. در این مساله هر یک از گره های i نشان دهنده دپو و گره های j نشان دهنده نقاط دارای زباله بوده، که این مقدار به ازای هر گره d_j می باشد. همچنین به هر کمان موجود در A فاصله cij متناظر شده است که در آن برای هر $۰\leq i\leq n$ مقدار $cii=0$ است.

مساله مورد نظر به دنبال مکانیابی دپوهای دفع زباله و مسیریابی بهینه بوده به طوری که با استفاده از ناوگان همگن وسایل نقلیه، تمامی نقاط دارای زباله را بازدید کرده و پسماندهای شهری را جهت دفع در محل های بهینه تعیین شده، دریافت کنند.

مفروضات مساله

۱. ناوگان مورد نظر همگن بوده و وسایل نقلیه دارای ظرفیت های برابرند.
۲. هر گره باید توسط فقط و فقط یک وسیله نقلیه سرویس‌دهی شود.
۳. تمام وسایل نقلیه از یک پایانه شروع به حرکت می‌کنند و در نهایت به همان پایانه باز می گردند.
۴. هر مشتری دارای مقدار تقاضای مشخصی است.
۵. مقدار تقاضای هر یک از مشتریان کمتر از ظرفیت هر کدام از وسایل نقلیه است.

ارایه مدل

در این بخش یک مدل ریاضی بهینه‌سازی دوهدفه برای مساله مورد نظر تعریف‌شده در بخش قبل ارایه می‌شود. برای این منظور ابتدا نماد و علایم ریاضی این مدل معرفی می‌شوند و سپس مدل ریاضی توضیح داده می‌شود.

[4] Epsilon Constraint

مجموعه ها

I: مجموعه نقاط کاندید احداث دپو $i=\{۱, \dots, n\}$

J: مجموعه نقاط دارای زباله $j=\{n+۱, \dots, m\}$

V: مجموعه کل نقاط $V = I \cup J$

K: مجموعه وسایل نقلیه

پارامترهای مدل

d_j : مقدار زباله هر گره j، jϵJ

O_i: هزینه بازگشایی دپوی کاندید i، iϵI

C_{ij}: هزینه طی مسافت از گره i به گره j، i,jϵJ

Cap_i : ظرفیت دپوی کاندید i، iϵI

Q: ظرفیت هر وسیله نقلیه (ناوگان همگن بوده و ظرفیت ها برابر)

m: عددی بزرگ

متغیرهای تصمیم

y_i : اگر دپوی کاندید i گشوده شود، یک و در غیر این صورت، صفر

X_{ij}^k : اگر وسیله نقلیه k از گره i به طور مستقیم به گره j برود، یک و در غیر این صورت، صفر

u_i: متغیر کمکی حذف زیرتور

تابع هدف ۱) $Minz=\sum_{i\epsilon I} o_i y_i+\sum_{i\epsilon V}\sum_{j\epsilon V}\sum_{k\epsilon K} c_{ij}x_{ij}^k$

S, t:

رابطه ۲) $\forall j \in J$ $=۱\sum_{k\epsilon K}\sum_{i\epsilon V}x_{ij}^k$

رابطه ۳) $\forall i \in J$ $\sum_{j\epsilon V} x_{ji}^k - \sum_{j\epsilon V} x_{ij}^k = ۰$

رابطه ۴) $\forall i, j \in V$ $+۱\le u_j^k+M(1-x_{ij}^k)u_i^k$

رابطه ۵) $\sum_{i\epsilon I} u_i^k = ۰$

رابطه ۶) $\forall k \in K$ $\sum_{j\epsilon J}\sum_{i\epsilon V} d_j x_{ij}^k \le Q_k$

رابطه ۷) $\sum_{j\epsilon J}\sum_{i\epsilon I}\sum_{k\epsilon K} x_{ij}^k \ge ۱$

رابطه ۸) $\forall k \in K$ $\forall i \in I$ $y_i \ge \sum_{j\epsilon J} x_{ij}^k$

رابطه ۹) $\forall i \in I$ $\sum_{k\epsilon K}\sum_{j\epsilon J} x_{ij}^k \le m.y_i$

رابطه ۱۰)
$$\sum_{i\in I} yi \geq ۱$$

رابطه ۱۱)
$$, xjik = \{۰,۱\}\ yi$$

رابطه ۱۲)
$$u_i, d_{ik} \geq ۰$$

بیان محدودیت ها

تابع هدف شماره یک بیانگر کمینه کردن هزینه های حمل ونقل و تابع هدف کمینه کردن هزینه های احداث دپوهاست. رابطه دوم بیان می‌کند که هر کدام از وسایل نقلیه تنها یکبار و فقط یکبار مجاز به بازدید مشتری هستند. رابطه سوم بیان می‌کند که اگر وسیله ای به گره‌ای وارد شود باید از آن گره خارج گردد بدین ترتیب پیوستگی مسیرها حفظ می‌شود. رابطه چهارم و پنجم مربوط به حذف زیرتور می باشد. رابطه ششم بیانگرمحدودیت ظرفیت وسایل نقلیه می باشد، به صورتی که مجموع تقاضاهای مشتریان که توسط وسایل برآورده می‌شوند از ظرفیت آن وسایل کمتر باشد. رابطه شماره هفت بیان می کند که حداقل یک ماشین از مبدا به سمت مشتریان حرکت کند. رابطه هشتم و نهم بیان می دارند که اگر دپویی تاسیس گردد، از آن نقطه وسایل باید شروع به حرکت کنند، در غیر این صورت اگر آن دپو تاسیس نشده باشد، وسیله ها حق شروع حرکت از آن نقطه را نخواهند داشت. رابطه دهم بیان می کند که حداقل یک دپو باید بازگشایی گردد. رابطه یازده مربوط به متغیر باینری صفر و یک و رابطه شماره دوازده مربوط به مثبت بودن متغیرهای تصمیم می باشد.

یافته های پژوهش

مساله مکان یابی- مسیریابی شامل دو مساله مکان یابی تسهیلات (FLP) و مسیریابی وسیله نقلیه(VRP) می باشد که این دو مساله، از مسایل پایه ای در مدیریت زنجیره تأمین به شمار می آیند. این دو مساله معمولا در دو فاز جداگانه بررسی و حل می شوند که منجر به افزایش هزینه و مدت زمان برنامه ریزی برای استقرار مراکز توزیع و تأمین کالای مشتریان می شود. لذا LRPبا هدف مشخص نمودن همزمان تصمیمات مربوط به مکان یابی و مسیریابی به عنوان یکی از چالش انگیزترین مسایل در شبکه توزیع زنجیره تأمین مطرح می شود LRP بدین صورت تعریف می شود که تعدادی نقاط کاندید با مختصات مشخص برای استقرار مراکز توزیع وجود دارد. مکان و میزان تقاضای هر مشتری نیز مشخص است. هر مشتری به یک مرکز توزیع با ظرفیت محدود تخصیص یافته تا کالای مورد نیاز او تأمین گردد. کالای مورد نیاز مشتریان توسط وسایل نقلیه همگن با ظرفیت های محدود تأمین می گردد. هر وسیله نقلیه تنها به یک مرکز توزیع تخصیص می‌یابد. هر تور که از یک مرکز توزیع شروع و گذر از چند مشتری به همان مرکز توزیع خاتمه می یابد و به یک وسیله نقلیه اختصاص می‌یابد. هزینه ثابتی برای استقرار هر مرکز توزیع در مکان کاندید و برای استفاده از وسیله نقلیه هر انبار در تابع هدف وجود دارد. همچنین هزینه مسیریابی نیز در تابع هدف لحاظ می شود. هدف این مساله تعیین تعداد مراکز توزیع مستقر شده در نقاط کاندید و مسیرهای تخصیص یافته به هر مرکز توزیع است به گونه‌ای که مقدار تابع هدف کمینه شود.

حال که مساله مکان یابی- مسیریابی به‌طور خلاصه معرفی شد، با توجه به نکاتی که قبلاً به آن‌ها اشاره شد، می‌توان با افزودن محدودیت‌های مسایل دنیای واقعی مساله مکان یابی- مسیریابی را کاربردی‌تر نمود که از جمله آن می توان به هدف جمع آوری و دفن زباله ها اشاره نمود. در این فصل ابتدا نمونه های تصادفی در ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ جهت بررسی و تایید اعتبار مدل‌سازی ارایه شده ایجاد می شوند، و همچنین پارامترهای تعریف شده در مساله با استفاده از توزیع یکنواخت تولید می شوند. پس از حل مسایل نمونه و تایید اعتبار مدل در نهایت آنالیز حساسیت بر روی پارامترهای کلیدی مساله انجام شده و تاثیر تغییرات آن ها بر تابع هدف مورد بررسی قرار می گیرد و نمودارهای گرافیکی آن ترسیم و پیشنهادات مطلوب ارایه می شود. پس از آن به اجرای مدل ریاضی پیشنهادی در شهرستان شاهین شهر بعنوان مطالعه موردی پرداخته خواهد شد.

برای اجرای تمامی الگوریتم‌های پیشنهادی از سیستمی با مشخصات سخت افزاری زیر استفاده شده است:

جدول(۴-۱): مشخصات سخت افزاری سیستم مورد استفاده در پژوهش جاری

ردیف	نام قطعه	مشخصات
۱	CPU	intel i5 3210M 2.5GHz
۲	RAM	۴
۳	VGA	intel 3000HD
۴	HARD	۵۰۰
۵	OS	windows7 64bit

اعتبارسنجی مدل

در این بخش برای تجزیه وتحلیل نتایج حاصل از حل مدل پیشنهادی ابتدا درخصوص تولید مسایل آزمایشی و سپس درمورد تنظیم پارامترهای ورودی توضیحاتی ارایه می شود، سپس به حل مساله، بررسی و تحلیل نتایج می پردازیم. جهت حل مساله مدل را برای ۱۰ مساله آزمایشی در ابعاد مختلف پیاده سازی کردیم، اندازه آزمایش های طراحی شده و یا به عبارتی اندازه مساله در هر یک از این آزمایش ها در جدول ۲-۴، به همراه مقادیر پارامترهای ورودی مدل جهت در جدول ۴-۳ آمده است.

جدول (۲-۴): تعداد سطوح مختلف مسایل نمونه

شماره نمونه	n	M	K
۱	۲	۱	۱
۲	۳	۱	۱
۳	۴	۱	۱
۴	۴	۲	۲
۵	۶	۲	۲
۶	۹	۲	۲

شماره نمونه	n	M	K
۷	۸	۲	۳
۸	۱۰	۲	۳
۹	۱۱	۲	۳

در جدول ۴-۲، ستون اول از سمت چپ بیانگر شماره مسایل ایجاد شده، ستون دوم بیانگر تعداد کل نقاط زباله، ستون سوم بیانگر تعداد دپو و ستون چهارم نیز بیانگر تعداد وسایل نقلیه در دسترس می باشد.

جدول (۳-۴): توزیع پارامترهای ورودی برای مسایل نمونه

تابع توزیع	پارامترها
۵۰	Q
uniform(۱۰,۸۰)	c_{ij}
uniform(۱۰,۳۰)	d_j

پارامترهای مورد نیاز برای این مساله به طور تصادفی با استفاده از توزیع یکنواخت در فواصل زمانی مناسب ایجاد شدند. حال پس از تولید نمونه های تصادفی در ابعاد مختلف مسایل در نرم افزار گمز پیاده سازی شده و سپس با مقادیر پیشنهادی، مسایل را در اندازه های مختلف به اجرا گذاشته، پس از حل نتایج در جداول زیر ارایه می شود.

حل مساله و نتایج محاسباتی

پس از اجرای مسایل تصادفی ایجاد شده در نرم افزار، نتایج خروجی بدست آمده برای مقدار تابع هدف، زمان حل در هر مساله گزارش می شود. نتایج خروجی بدست آمده در جدول ۴-۴ ارایه شده است.

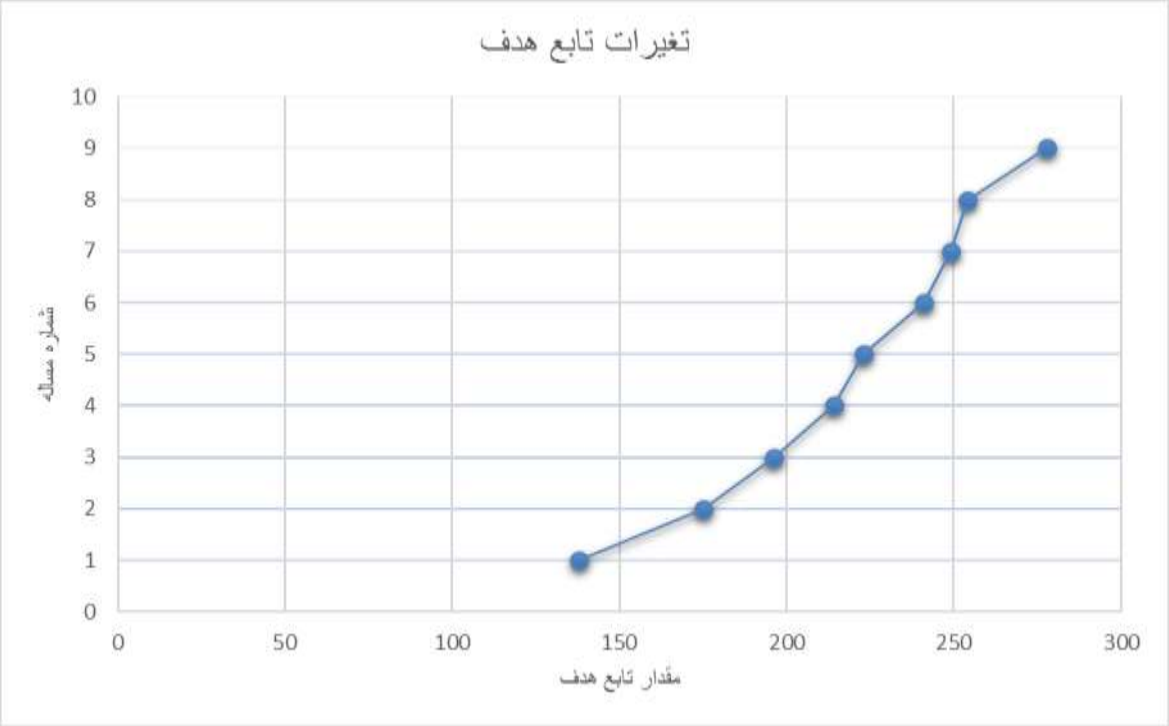
جدول (۴-۴) :نتایج بدست آمده خروجی

شماره مساله	مقدار تابع هدف	زمان حل (ثانیه)
۱	۱۳۸	۰,۱
۲	۱۷۵	۰,۱

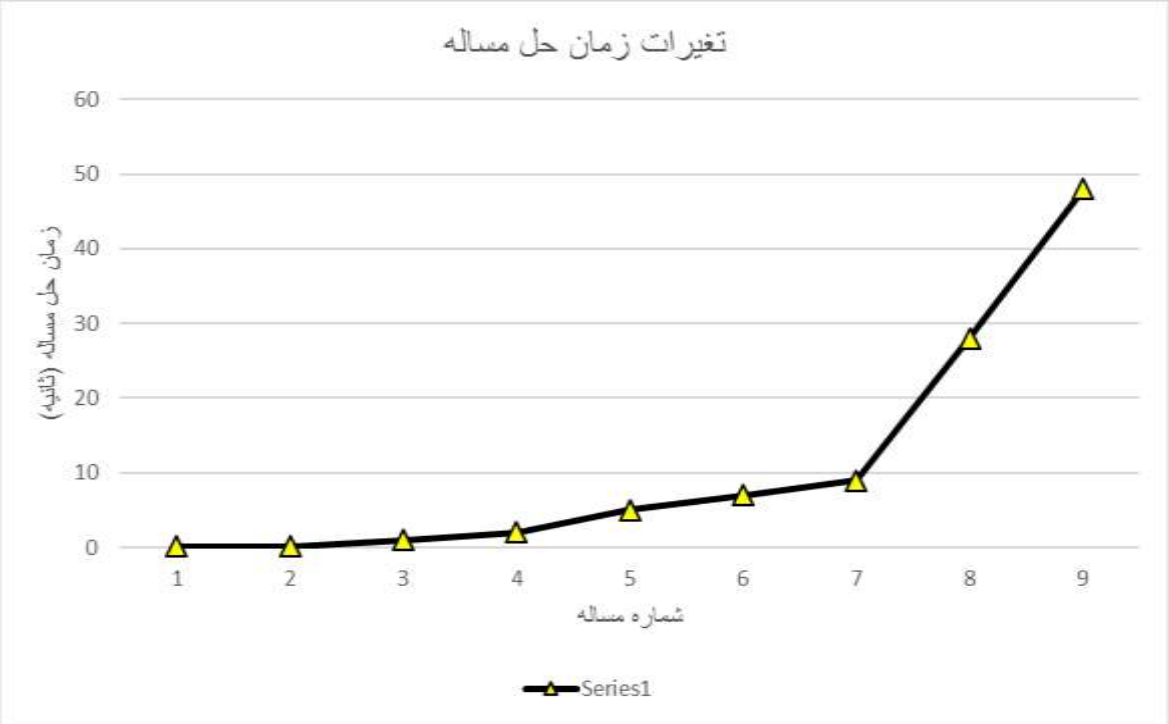
شماره مساله	مقدار تابع هدف	زمان حل (ثانیه)
۳	۱۹۶	۱
۴	۲۱۴	۲
۵	۲۲۳	۵
۶	۲۴۱	۷
۷	۲۴۶	۹
۸	۲۵۲	۲۸
۹	۲۷۴	۴۸

در جدول بالا، ستون اول بیانگر شماره مساله بوده که مشخصات آنها به طور کامل در جدول (۲-۴) بیان گردید. ستون دوم بیانگر تابع هدف مدل ریاضی است که بیانگر کاهش هزینه های مسیریابی و مکان یابی می باشد. ستون سوم بیانگر زمان حل مسایل نمونه (ثانیه) می باشد.

با مقایسه نتایج حاصله از جدول (۲-۴) این نتیجه حاصل می گردد که با افزایش ابعاد مساله، اندازه تابع هدف و نیز زمان حل مساله افزایش یافته است. این امر را می توان به صورت بررسی درجه پیچیدگی مساله، در نمودار ۴-۱ و ۴-۲ مشاهده نمود که بیانگر مقایسه و روند تابع هدف حاصل از مسایل با ابعاد مختلف و زمان حل می باشد.



شکل (۱-۴): تغیرات تابع هدف



شکل (۲-۴): تغیرات زمان حل مسایل

نتایج بدست آمده گویای آن است که با افزایش ابعاد و اندازه مسایل توابع اهداف و زمان حل در راستای هم افزایش داده می شوند، این امر را می توان به صورت بررسی درجه پیچیدگی مساله، در نمودار ۴-۲ مشاهده نمود که بیانگر مقایسه و روند زمان حل حاصل از مسایل با ابعاد مختلف می باشد.

در این قسمت به تشریح یکی از مسایل به انتخاب پرداخته خواهد شد. به طور مثال در مساله شماره چهار، تعداد ۴ گره زباله و دو دپو موجود می باشد که ناوگان وسایل نقلیه با حداکثر تعداد ۲ وسیله نقلیه وظیفه سرویس دهی به آنها را بعهده دارد، به صورتی که اولا: تابع هدف هزینه پیمودن مسیرها حداقل گردد، دوما: تابع هدف احداث دپو نیز حداقل گردد، لذا مسیر بهینه تشکیل شده به صورت زیر خواهد بود:

K=1: 2-5-3-۲

K=2: 1-6-4-۱

در حل این مساله دو دپوی شماره یک و دو تاسیس شده‌اند. این مسیر بهینه تشکیل شده، گویای حرکت وسیله نقلیه شماره یک از دپوی شماره دو و سرویس‌دهی به مشتریان شماره ۳ و ۵ می‌باشد. مسیر دوم با حرکت وسیله نقلیه دوم از دپوی شماره یک و بازدید از نقاط ۶ و ۴ و نهایت بازگشت به دپو تشکیل شده است.

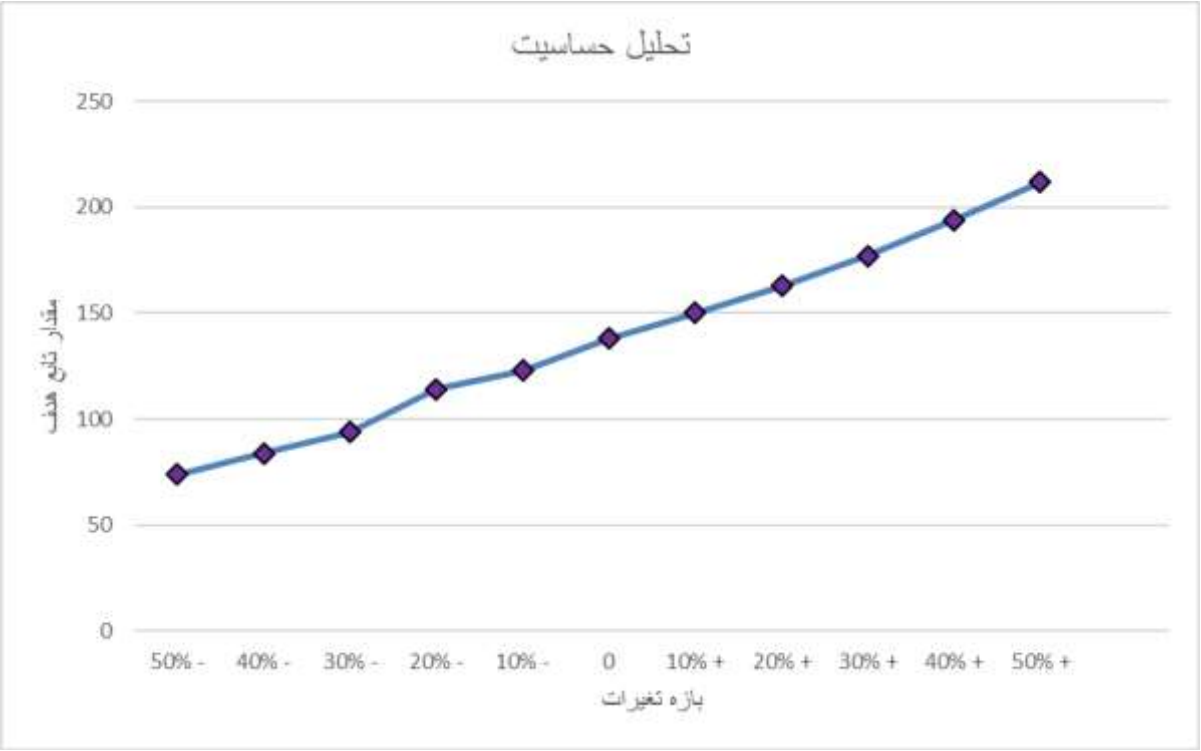
آنالیز حساسیت

در این بخش جهت بررسی وجود شرایط واقعی در مساله، آنالیز حساسیت بر روی هزینه انجام می شود. به همین دلیل مساله شماره ۱، طراحی شده در بخش اول جهت بررسی انتخاب می گردد. بازه تغییرات پارامترها از کاهش ۵۰ درصدی تا افزایش ۵۰ درصدی مورد آزمایش قرار می گیرد و به ازای هر بازه تغییرات پس از حل نتایج بدست آمده در جدول(۵-۴) گزارش می شود و نمودار تحلیلی نیز به ازای تابع هدف ترسیم و تشریح می شود:

جدول(۵-۴): آنالیز حساسیت پارامتر هزینه پیمودن مسیرها

مقدار تابع هدف به ازای تغییرات	بازه تغییرات پارامتر هزینه پیمودن مسیرها										
	- ۵۰٪	- ۴۰٪	- ۳۰٪	- ۲۰٪	- ۱۰٪	۰	+ ۱۰٪	+ ۲۰٪	+ ۳۰٪	+ ۴۰٪	+ ۵۰٪
Z_1	۷۴	۸۴	۹۴	۱۱۴	۱۲۳	۱۳۸	۱۵۰	۱۶۳	۱۷۷	۱۹۴	۲۱۲

برای درک بهتر نتایج حاصل از تغیرات پارامتر تقاضای مشتریان، نمودار (۴-۳) ترسیم گردیده است:



نمودار(۴-۳): میزان تغیرات تابع هدف به ازای تغیرات پارامتر هزینه پیمودن مسیرها

با توجه به نمودار (۳-۴) در می یابیم که با کاهش و افزایش پارامتر هزینه پیمودن مسیرها، تابع هدف مساله رفتاری مشابه از خود نشان می دهند به طوری که به ازای افزایش پارامتر هزینه طی مسیرها تابع هدف نیز افزایش می یابد و به ازای کاهش این پارامتر، تابع هدف نیز کاهش می یابد، بدین صورت که به ازای بازه های مختلف افزایش تابع هدف با شیب نسبتا مشابهی افزایش می یابد و تقریبا یک رابطه خطی بین تابع هدف و تغییرات این پارامتر ایجاد می شود.

مدیریت سازمان با توجه به در نظر گرفتن این شرایط در دنیای واقعی می تواند سیاست های بهینه را با تعیین مقادیر بهینه این پارامترها تعیین و با کنترل سطوح بهینه برای پارامترها بهترین حالت در زنجیره را پیاده سازی و اداره کند.

مطالعه موردی

شاهین‌شهر همسایه شمالی شهر اصفهان و به عنوان شهری نوبنیاد در آستانه اصفهان بزرگ می‌باشد که در شهرستان شاهین‌شهر و میمه قرار دارد. این شهر محل سکونت خانواده ارتش آمریکا و ارتش ایران بوده است. دلیل این محل سکونت، ساخت هسا و فعالیت هلیکوپتر بوده است. این شهر در سالهای بسیار دور قبل از کاربری مسکونی به مزرعه امیرآباد شهرت داشته و دارای کاربری کشاورزی بوده و یکی از مزارع تحت مالکیت آقا محمد خان برومند، از خوانین منطقه تاریخی گز بُرخوار بوده‌است. شاهین شهر را می‌توان اولین شهر جدید و از پیش طراحی شده در ایران نامید که در ۱۹ کیلومتری شمال شهر اصفهان و میان آزادراه معلم و بزرگراه آزادگان و حد فاصل منطقه بختیاردشت و امیرآباد که از دو جهت جاده اصفهان را

به تهران متصل می‌کند، واقع شده‌است. به علت اینکه نقشه آن به صورت یک شاهین بود، شاهین شهر نامیده شد (معاونت برنامه‌ریزی استانداری خراسان جنوبی، به نقل از مرکز آمار ایران، ۱۳۹۲). با جدایی بخش‌های برخوار و میمه از شهرستان اصفهان و شکل‌گیری شهرستان جدید برخوار و میمه در سال ۱۳۶۸ شاهین شهر به لحاظ موقعیت، جمعیت و اهمیت ویژه‌ای که دارا بود به عنوان مرکز شهرستان برگزیده شد و در دی ماه ۱۳۸۶ نیز پس از جدایی بخش برخوار به عنوان مرکز شهرستان شاهین‌شهر و میمه انتخاب گردید. شاهین شهر آب و هوای خشکی دارد. هوای شاهین شهر با وجود قرار گرفتن در مجاورت نیروگاه شهید منتظری، پالایشگاه و پتروشیمی و... آلودگی نه چندان زیادی دارد. ارتفاع از سطح دریای شاهین شهر ۱۵۹۵ متر می‌باشد. بیشتر مردم شاهین‌شهر اصالتا از آبادانی های مهاجر زمان جنگ ایران وعراق طی سالهای ۱۳۶۰ تا ۱۳۶۸خوزستان و مابقی از سایر مناطق ایران به این شهر مهاجرت کرده‌اند. ارامنه مسیحی نیز از اقلیت‌های قومی این منطقه به‌شمار می‌آیند. اخیرا عده زیادی بختیاری از استان خوزستان طی سالهایی ۱۳۸۶تا ۱۳۹۷به شاهین شهر مهاجرت کرده اند. شاهین شهر از جمله شهرهای بازنشسته ایران می‌باشد، مناطق تفریحی و گردشی ندارد (جغرافیای استان اصفهان سال دوم متوسطه چاپ ۱۳۸۶).

سازمان مدیریت پسماند شاهین شهر

در راستای تحقق مدیریت یکپارچه و منسجم امور شهری و به منظور بهینه سازی شیوه ها و روش های اجرایی و اصلاح ساختار تشکیلاتی و استناد به قانون مدیریت پسماند، شرکت مدیریت پسماند شهرداری ها در سال ۱۳۸۳ از مجموع ۹ شهرداری شهرستان های برخوار و میمه سابق (دو شهرستان شاهین شهر و میمه، برخوار کنونی) آغاز به کار نمود. در سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ و پس از الحاق شهرداری خمینی شهر و گرگاب مجموع سهامداران به ۱۱ شهرداری شامل شهرداری های شاهین شهر , خمینی شهر , دولت آباد , گز , خورزوق , حبیب آباد , دستگرد , میمه , وزوان , کمشچه و گرگاب افزایش یافت. که علاوه بر شهرهای مذکور این شرکت، شهر شاپور آباد، سین و سایر شهرها و روستاهای تابعه را تحت پوشش حوزه فعالیت خود قرار داده است.

جمع آوری پسماندها تا پیش از تشکیل شرکت مدیریت پسماند، و احداث کارخانه تولید کود و مواد آلی توسط پیمانکاران انجام و پسماندهای تر جمع آوری شده طی قراردادی با سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری اصفهان جهت دفن به گردنه زینل واقع در شرق اصفهان منتقل می شدند و یا توسط شهرداریها دفن می گردیدند. ضمناً تا قبل از سال ۱۳۸۳، عملاً فعالیتی در جهت جمع آوری و سازماندهی مواد قابل بازیافت تولید شده در مراکز تولید (منازل، مدارس، ادارات و صنوف) صورت نمی گرفت، بنابراین در اجرای قانون مدیریت پسماندها پس از تشکیل شرکت برنامه ریزی های لازم در خصوص موارد فوق صورت پذیرفت.

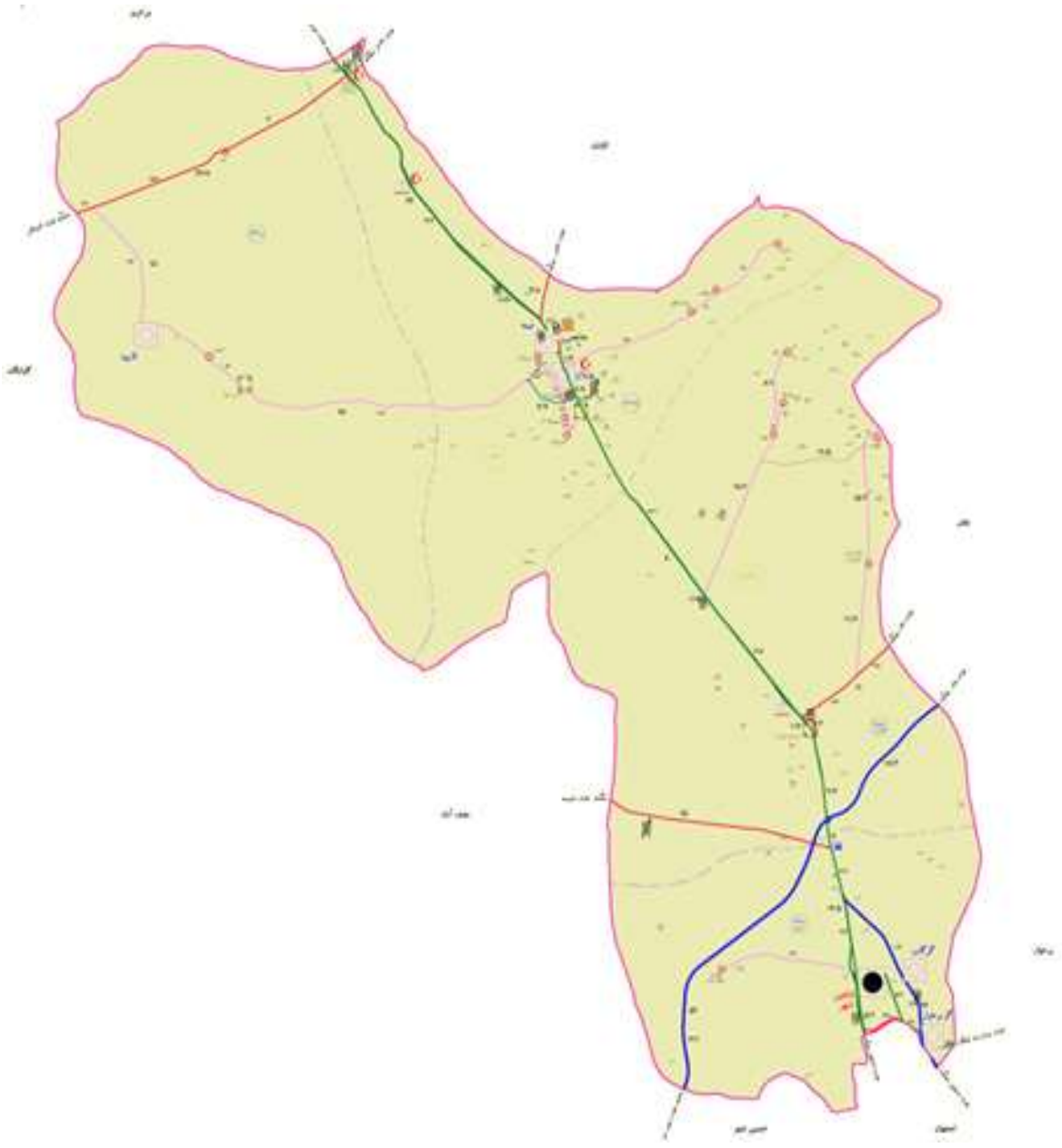
در سال ۱۳۸۶ این شرکت برای بهینه سازی مدیریت پسماندها، احداث کارخانه ای را برای بازیافت پسماندهای آلی و تبدیل به کمپوست در دستور کار خود قرار داد. این کارخانه با ظرفیت پذیرش روزانه ۱۰۰ تن پسماند در قطعه زمینی در ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شاهین شهر جنب شهرک صنعتی چرمشهر و در دامنه کوه های جعفرآباد احداث گردید که در تیرماه سال ۱۳۸۸ فاز اول تولید کود کمپوست و خط پردازش کارخانه با ماشین آلات سیار راه اندازی شد و در سال ۱۳۸۹ نیز به دلیل افزایش تناژ پسماندهای ورودی به کارخانه خط جدید پردازش کارخانه طراحی و با کمک سازندگان داخلی مراحل ساخت، نصب و بهره برداری از آن انجام شد و امروزه با دو شیفت کاری روزانه در حدود ۲۵۰ – ۳۰۰ تن پسماند را پردازش می نماید.

شرکت مدیریت پسماند شهرداری ها برای رسیدن به اهداف خود در سال ۱۳۸۴ اقدام به تهیه طرح جامع مدیریت پسماند برای شهرهای سهامدار نمود که این طرح در سال ۱۳۸۸ تهیه و تحویل داده شد.

با تصویب قانون مدیریت پسماندها در اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ در مجلس شورای اسلامی مدیریت پسماندها وارد مرحله جدیدی شد. آیین نامه اجرایی قانون مذکور در مرداد ماه ۱۳۸۴ به تصویب هییت وزیران رسید و به همین ترتیب دستورالعل‌ها و شیوه نامه های مربوطه نیز برای بهینه سازی وضعیت مدیریت پسماندها ابلاغ شد که از آن جمله می توان به دستورالعمل تهیه طرح

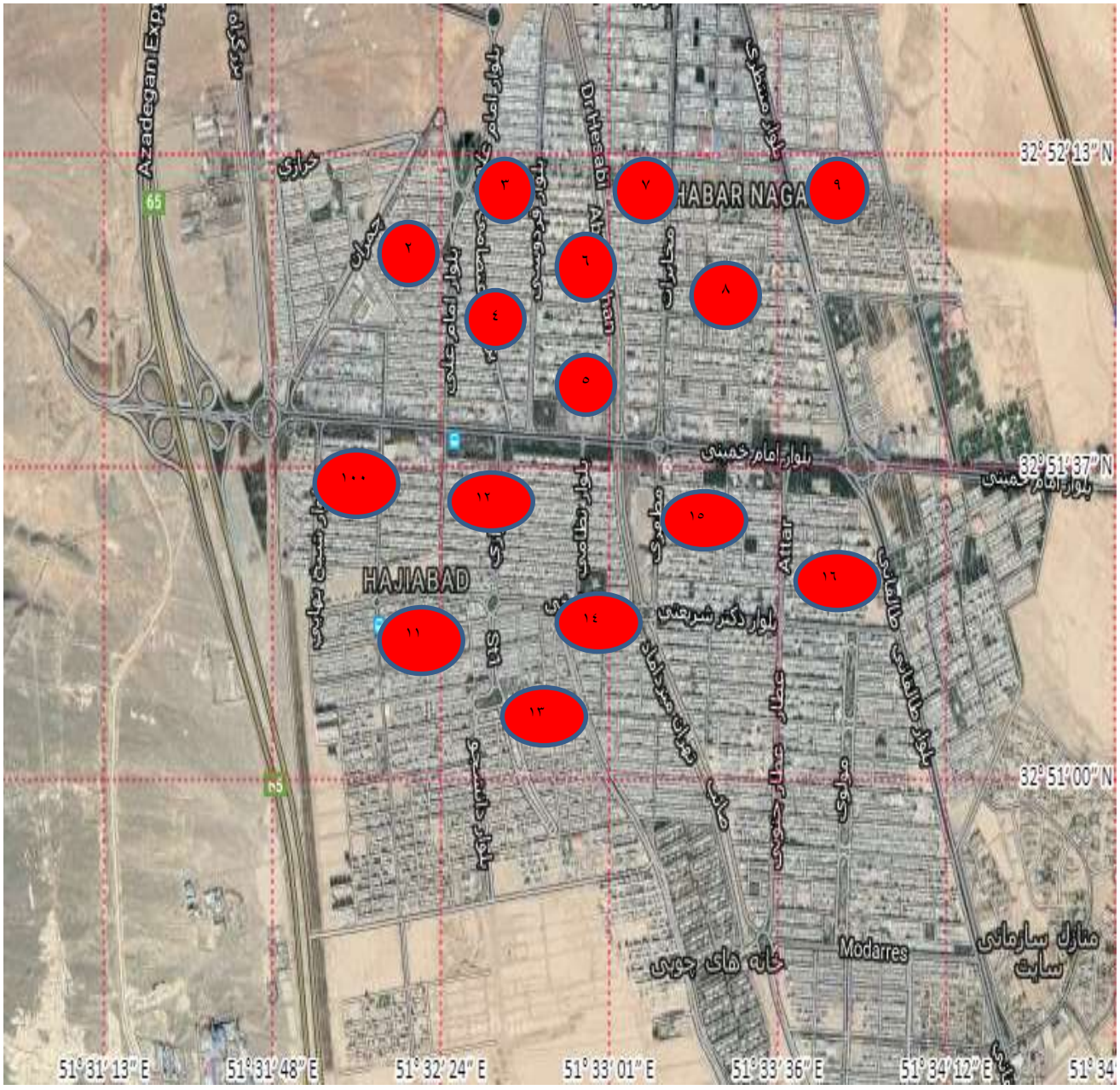
جامع مدیریت پسماند شیوه نامه نحوه اقدام مامورین مدیریت پسماند به عنوان ضابطین قضایی، اساسنامه و ساختار تشکیلات شرکت مدیریت پسماند اشاره نمود.

در شکل (۴-۴) نقشه هوایی شهرستان شاهین شهر قابل روییت است:



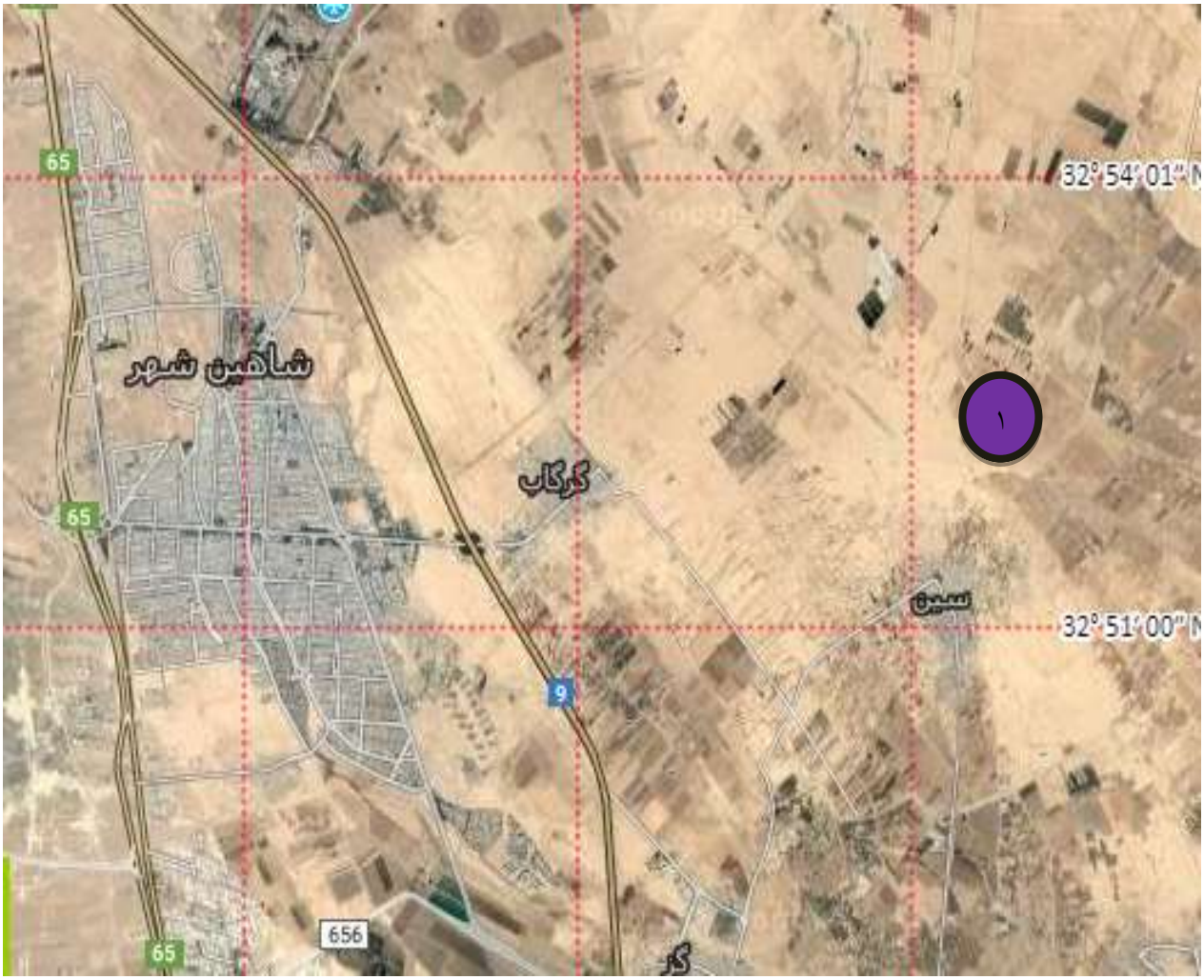
شکل (۴-۴): نقشه هوایی شهرستان شاهین شهر

پس از بررسی مکان‌های دارای زباله با همکاری سازمان مدیریت پسماند شهرستان شاهین شهر، این نقاط بر روی نقشه هـوایی شهرستان شاهین شهر علامتگذاری شد. نقاط دارای زباله در شکل (۵-۴) قابل رویت است. این نقاط تعداد ۱۵خیابـان اصـلی را تحت پوشش قرار داده، که بارگیری زباله از این نقاط می‌باشد. در شکل (۶-۴) محل دفع زباله قابل رویت می‌باشد.



شکل (۵-۴): نقاط زباله

هر یک از نقاط مشخص شده در شکل (۴-۵) خیابانهای اصلی شاهین می‌باشد، به طوری که تمامی خیابان‌ها پوشش داده شده است.



شکل (۶-۴): محل استقرار دفن زباله (دپو)

در شکل (۶-۴) محل استقرار دپو (محل تخلیه زباله) مشخص شده است. این نقطه طبق مختصات نقشه بین شهرستان گرگاب و سین واقع شده است.

پس از حل مطالعه موردی توسط نرم‌افزار گمز خروجی به صورت جدول (۴-۶) گزارش شده است:

جدول (۶-۴): نتایج حاصل از حل مطالعه موردی

تابع هدف هزینه	ظرفیت ناوگان	تعداد دپو	تعداد ماشین آلات	تعداد نقاط دارای زباله
۱۰۰۰۸۰۶	۱تن	۱	۲۹	۱۵

با توجه به جدول (۶-۴) تعداد ۲۹ ماشین هر یک با ظرفیت یک تن، جهت جمع‌آوری زباله به هر یک از خیابان‌ها اختصاص داده شده است. که از این ۲۹ ماشین، تعداد ۱۵تای آنها جهت جمع آوری زباله‌ها و انتقال به دپو جهت دفن مورد استفاده قرار

گرفته است. پس از پیاده‌سازی کد گمز، هزینه مسیریابی و مکان یابی ۱۰۰۰۸۰۶ گزارش گردید که موجب صرفه جویی چشمگیری در هزینه‌ها گردیده است. مسیرهای بهینه ارایه شده به صورت ذیل توسط نرم افزار گمز گزارش شده است:

K=2: 1-15-1
K=3:1-5-1
K=4:1-10-1
K=9:1-4-1
K=10:1-2-1
K=1:1-16-1
K=12:1-7-1
K=13:1-11-1
K=15:1-6-1
K=16:1-13-1
K=20:1-9-1
K=21:1-8-1
K=23:1-14-1
K=24:1-12-1
K=25:1-3-1

نتیجه گیری

نتایج حاکی از آن است که پس از پیاده‌سازی کد گمز، هزینه مسیریابی و مکان یابی ۱۰۰۰۸۰۶ گزارش گردید که موجب صرفه جویی چشمگیری در هزینه‌ها گردیده است چرا که قبل از این کار پژوهشی هزینه مسیریابی و مکان یابی میزان ۲۱۷۰۶۴۹ بوده که تقریبا به نصف تقلیل یافته است.

از جمله مواردی که می‌توان برای پژوهش های آتی به پژوهش‌گران و علاقه‌مندان به این حوزه از علم مکان یابی- مسیریابی برای نزدیک شدن مدل به دنیای واقعی می‌توان پارامترها و متغیرهای بسیاری را در قالب هدف یا محدودیت به مدل اضافه نمود که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اضافه کردن بحث ترافیک به مساله
- اضافه کردن انواع سوخت وسیله و انواع وسیله در مدل
- اضافه کردن و مصرف بهینه سوخت
- در نظر گرفتن عدم قطعیت در تقاضا به صورت فازی و بهینه‌سازی مساله ارایه شده در شرایط عدم قطعیت
- اضافه کردن مبحث کرایه ناوگان به مدل

منابع

ایران نژاد، ص، احمدی، س، احمدی، ع، ۱۳۹۲،" الگوریتم ابتکاری مبتنی بر خوشه بندی برای حل مساله مکان یابی- مسیریابی ظرفیت دار با استفاده از شبکه عصبی نگاشت خود سازنده"، دهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

باقرپور، پ، ۱۳۹۵، "مدل‌سازی و حل مساله‌ی مکان‌یابی- مسیریابی تسهیلات دفع پسماند با در نظر گرفتن تقاضای احتمالی"، پارسای داخل کشور کارشناسی ارشد، استاد راهنما: بهزاد بانکیان ، دانشگاه صنعتی سجاد .

ترکمن نیا, ن، عبدالله پور، ن، ۱۳۹۱، "مدیریت پسماند شهری در ایران"، چهارمین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا، تهران.

جقتایی نوایی، م، محمودیان، و، فضلی، م، بزرگی‌امیری، ع، ۱۳۹۵،" یک مدل چندهدفه مکان‌یابی- مسیریابی برای احداث مراکز پالایش، بازیافت و دفع زباله‌های بیمارستانی"، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید.

جوانفرد، ا، رضاییان، ج، شکوفی، ک، مهدوی، ا، ۱۳۹۵، "مساله مکان‌یابی-مسیریابی انبارهای عبوری چند محصولی با در نظرگرفتن وسایل نقلیه ناهمگن ظرفیت‌دار و قابلیت برداشت و تحویل در چند بار در یک شبکه زنجیره تامین چند سطحی"، فصلنامه مهندسی صنایع.

فاضل خیاوی, س، جعفریان، م، ۱۳۹۶، "مدل سازی و حل مسیله ی مکان یابی-مسیریابی شبکه ی لجستیک بازیافت با در نظر گرفتن وسایل نقلیه ی ناهمگن و تفکیک در مبدا"، اولین همایش بین المللی کاربرد علوم مهندسی در توسعه و پیشرفت ایران ۱۴۰۴، مشهد، شرکت ساج گستر کاسپین.

فاضل خیاوی, س، ۱۳۹۵، "مساله‌ی مکان‌یابی-مسیریابی شبکه‌ی لجستیک بازیافت همراه با سودآوری و با در نظر گرفتن انواع زباله و وسایل نقلیه‌ی ناهمگن، پارسای داخل کشور کارشناسی ارشد، استاد راهنما: مهدی جعفریان، دانشگاه علم و فرهنگ تهران، دانشکده مهندسی صنایع .

شعرایی, ح، بزرگی امیری، ع، حیدری، ج، "مسیله مکان یابی- مسیریابی دو سطحی سبز با در نظر گرفتن زمان سفر در لجستیک شهری"، سومین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و سیستمها، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد،۱۳۹۶.

کاشف، ف، ۱۳۹۴، "مسیریابی حمل و نقل مواد خطرناک همراه با محدودیت پنجره زمانی (مطالعه موردی: مسیریابی حمل و نقل پسماندهای بیمارستانی)، پارسای داخل کشور کارشناسی ارشد، استاد راهنما: ابراهیم تیموری ، دانشگاه ایوان‌کی، دانشکده مهندسی صنایع .

کریمی، پ، ۱۳۹۵،"حل مساله مکان یابی-مسیریابی-موجودی در شبکه ی جمع آوری زباله های خطرناک با در نظر گرفتن ناوگان حمل و نقل داخلی و خارجی"، پیشنهاده کارشناسی ارشد، استاد راهنما: ندا معنوی زاده ، دانشگاه خاتم، دانشکده مهندسی صنایع .

محبوب نیا، م، دبیری، ن، بزرگی امیری، ع، "ارایه مدل جدید مکان‌یابی- مسیریابی- موجودی سبز تحت عدم قطعیت"، فصلنامه پژوهش های مهندسی صنایع در سیستم های تولید، دوره ۵، شماره ۱۰، صفحه ۹۹-۱۱۵، ۱۳۹۶.

مظاهری, سجاد و سیدمهدی همایونی، ۱۳۹۳، مدل سازی مساله مکان یابی مسیریابی انبارهای متقاطع در شبکه جمع آوری پسماند -شهری، دومین همایش ملی مهندسی صنایع و مدیریت پایدار، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنجان

محمدی، م. ن، ۱۳۹۵، "بهینه‌سازی سیستم جمع‌آوری پسماند شهری با بهره‌گیری از رویکرد لجستیک سبز"، پارسای داخل کشور کارشناسی ارشد، موضوع: مهندسی عمران ، استاد راهنما: امیرعباس رصافی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، دانشکده فنی و مهندسی .

References

Agrawal, Saurabh, Singh, Rajesh K, & Murtaza, Qasim. (2015). A literature review and perspectives in reverse logistics. Resources, Conservation and Recycling, 97, 76-92.

Asgari, N., Rajabi, M., Jamshidi, M., Khatami, M., & Farahani, R. Z. (2017). A memetic algorithm for a multi-objective obnoxious waste location-routing problem: a case study. Annals of Operations Research, 250(2), 279-308. .

Braekers, Kris, Ramaekers, Katrien, & Van Nieuwenhuyse, Inneke. (2016). The vehicle routing problem: State of the art classification and review. Computers & Industrial Engineering, 99, 300-313.

Bussieck, Michael R, & Vigerske, Stefan. (2010). MINLP solver software (pp. 1-12): Wiley, Chichester, UK.

Chauhan, Ankur, & Singh, Amol. (2016). A hybrid multi-criteria decision making method approach for selecting a sustainable location of healthcare waste disposal facility. Journal of cleaner production, 139, 1001-1010.

Dijkgraaf, Elbert, & Vollebergh, Herman RJ. (2004). Burn or bury? A social cost comparison of final waste disposal methods. Ecological Economics, 50(3-4), 233-247.

Eiselt, Horst A, & Marianov, Vladimir. (2015). Location modeling for municipal solid waste facilities. Computers & Operations Research, 62, 305-315.

Eksioglu, Burak, Vural, Arif Volkan, & Reisman, Arnold. (2009). The vehicle routing problem: A taxonomic review. Computers & Industrial Engineering, 57(4), 1472-1483.

Erdoğan, Sevgi, & Miller-Hooks, Elise. (2012). A green vehicle routing problem. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 48(1), 100-114.

Govindan, Kannan, Jafarian, A, Khodaverdi, R, & Devika, K. (2014). Two-echelon multiple-vehicle location–routing problem with time windows for optimization of sustainable supply chain network of perishable food. International Journal of Production Economics, 152, 9-28.

Harris, Irina, Mumford, Christine, & Naim, Mohamed. (2009). The multi-objective uncapacitated facility location problem for green logistics. Paper presented at the Evolutionary Computation, 2009. CEC'09. IEEE Congress on.

Hiassat, A., Diabat, A., & Rahwan, I. (2017). A genetic algorithm approach for location-inventory-routing problem with perishable products. Journal of Manufacturing Systems, 42, ۹۳-۱۰۳. .

Higgins, Thomas E. (2017). Hazardous Waste Minimization Handbook: 0: CRC Press.

Koç, Ç., Bektaş, T., Jabali, O., & Laporte, G. (2016). The fleet size and mix location-routing problem with time windows: Formulations and a heuristic algorithm. European Journal of Operational Research, 248(1), 33-51. .

Kramer, Raphael, Subramanian, Anand, Vidal, Thibaut, & Lucídio dos Anjos, F Cabral. (2015). A matheuristic approach for the pollution-routing problem. European Journal of Operational Research, 243(2), 523-539.

Laporte, Gilbert. (2018). Vehicle routing with backhauls. Computers and Operations Research, 91(C), 79-91.

Lofgren, Hans, Harris, Rebecca Lee, & Robinson, Sherman. (2002). A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS (Vol. 5): Intl Food Policy Res Inst.

Magrinho, Alexandre, Didelet, Filipe, & Semiao, Viriato. (2006). Municipal solid waste disposal in Portugal. Waste management, 26(12), 1477-1489.

Männel, Dirk, & Bortfeldt, Andreas. (2016). A hybrid algorithm for the vehicle routing problem with pickup and delivery and three-dimensional loading constraints. European Journal of Operational Research, 254(3), 840-858.

Martins de Sá, Elisangela, Contreras, Ivan, Cordeau, Jean-François, Saraiva de Camargo, Ricardo, & de Miranda, Gilberto. (2015). The hub line location problem. Transportation Science, 49(3), 500-518.

Melo, M Teresa, Nickel, Stefan, & Saldanha-Da-Gama, Francisco. (2009). Facility location and supply chain management–A review. European journal of operational research, 196(2), ۴۰۱-۴۱۲.

Mestre, A. M., Oliveira, M. D., & Barbosa-Póvoa, A. P. (2015). Location–allocation approaches for hospital network planning under uncertainty. European Journal of Operational Research, 240(3), 791-806. .

Pillac, Victor, Gendreau, Michel, Guéret, Christelle, & Medaglia, Andrés L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. European Journal of Operational Research, 225(1), 1-۱۱.

Pramudita, A., Taniguchi, E., & Qureshi, A. G. (2014). Location and routing problems of debris collection operation after disasters with realistic case study. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 125, 445-458. .

Samadi, M., Saghi, M., Shirzad, M., Hasanvand, J., & Rahimi, S. (2010). Comparison of diffrent coagulants efficiency for treatment of Hamedan landfills leachate site. Iranian Journal of Health and Environment, 3(1), 75-82. .

Tajik, N., Tavakkoli-Moghaddam, R., Vahdani, B., & Mousavi, S. M. (2014). A robust optimization approach for pollution routing problem with pickup and delivery under uncertainty. Journal of Manufacturing Systems, 33(2), 277-286. .

Toro, E. M., Franco, J. F., Echeverri, M. G., & Guimarães, F. G. (2017). A multi-objective model for the green capacitated location-routing problem considering environmental impact. Computers & Industrial Engineering, 110, 114-125. .

Toth, Paolo, & Vigo, Daniele. (2014). Vehicle routing: problems, methods, and applications: SIAM.

Tunalıoğlu, R., Koç, Ç., & Bektaş, T. (2016). A multiperiod location-routing problem arising in the collection of Olive Oil Mill Wastewater. Journal of the Operational Research Society, ۶۷(۷), ۱۰۱۲-۱۰۲۴. .

Vincent, F Yu, Lin, Shih-Wei, Lee, Wenyih, & Ting, Ching-Jung. (2010). A simulated annealing heuristic for the capacitated location routing problem. Computers & Industrial Engineering, 58(2), 288-299.

Wiszniowski, J, Robert, D, Surmacz-Gorska, J, Miksch, K, & Weber, JV. (2006). Landfill leachate treatment methods: A review. Environmental chemistry letters, 4(1), 51-61.

Wu, Tai-Hsi, Low, Chinyao, & Bai, Jiunn-Wei. (2002). Heuristic solutions to multi-depot