Archive of SID

طراحی شبکه زنجیره تأمین خدمات خودرویی با استفاده از روش بهینه‌سازی استوار فازی

تاریخ دریافت: 1397/07/02 **تاریخ پذیرش: 1397/09/27**

حسین بازرگانی[1]، محمد رضا فتحی[2]، میلاد آقائی[3]، مصطفی خواجه نادری[4]

از صفحه 111 تا 136

چکیده

زمینه و هدف: هدف اصلی این پژوهش یکپارچه‌سازی مسائل مسیریابی، مکان‌یابی و موجودی کالا زنجیره تأمین مراکز خدمات رسانی وسائل نقلیه رده‌های ستادی یک سازمان نظامی است.

روش شناسی: این تحقیق از لحاظ هدف کاربردی توسعه ای و از لحاظ ماهیت توصیفی است. داده‌های مورد نیاز در این پژوهش از طریق مراجعه حضوری و بررسی مستندات گردآوری شده‌اند. در این مقاله یک مدل دو مرحله‌ای تدوین شده است. در مرحله اول، این ساختار در پی مکان‌یابی مراکز خدماتی از بین نقاط پیشنهادی و مسیریابی وسایل نقلیه به این مراکز در پنجره‌های زمانی مختلف است. نتیجه‌های حاصل از مدل اول به عنوان عوامل مدل دوم هستند. در مدل دوم یک مدل غیرخطی موجودی است. در این مدل میزان سفارش تجهیزات در هر مرکز خدماتی به دست آمده است.

یافته ها: پس از اجرای مدل با داده‌های در دسترس در برش‌های مختلف α، جواب بهینه به دست آمد. با انتخاب سطح برش $\alpha=0/75$ که محافظه کارانه ترین جواب به دست آمده از برش‌ها بود، تعیین شد که مراکز در نقاط 2 و 4 از بین نقاط کاندید برای راه اندازی در سطح 2 انتخاب شوند. سپس با اجرای مدل سفارش‌دهی، میزان سفارش بهینه به دست آمده است.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق پس از طراحی شبکه زنجیره تأمین خدمات خودرویی با استفاده از روش بهینه‌سازی استوار فازی برای رده‌های ستادی سازمانی نظامی، مقدار بهینه کل هزینه‌های سفارش‌دهی شامل هزینه خرید و سفارش‌دهی تجهیزات به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: مسیریابی، مکان‌یابی، موجودی مواد، استوار فازی.

1- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی دانشگاه تهران و پژوهشگر دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران
2- استادیار گروه مدیریت صنعتی و مالی، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
3- مربی دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران، نویسنده مسئول، milad.aghaee@ymail.com
4- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نظام یکپارچه زنجیره تأمین یکی از نظام‌های به کاربرده شده در سازمان‌های نظامی است. موضوع لجستیک در ابتدا در مسائل نظامی مورد اهمیت قرار گرفت و کاربردی شد، سپس در صنعت استفاده شد. یکی از این نظام ها که به عنوان یک مسئله ضروری مطرح است، مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین خدمات خودروهای نظامی و انتظامی است. خدمات خودرویی به مفهوم هرگونه تعمیر، تجهیز و تأمین خودروهای نظامی است. یکپارچگی تصمیم‌گیری در لجستیک در نهایت به ایجاد شرایط بهتر می‌انجامد. مدل‌های بهینه‌سازی به عنوان یک راه‌حل قدرتمند برای این مسائل است. بسیاری از پژوهشگران معتقدند که مسافت بین دو نقطه مبنای مناسبی برای برنامه‌ریزی نبوده و باید فاصله زمانی را در پنجره های زمانی متفاوت در نظر گرفت. نقاطی از شهر برای احداث و راه‌اندازی پایگاه‌های خدمات خودرویی به عنوان نقاط کاندید مطرح هستند که در این نقاط می‌توان پایگاه‌های با گنجایش و هزینه‌های مختلف راه‌اندازی کرد. این نقاط به عنوان مقاصد خودروهای نیازمند به خدمات هستند. از طرفی با توجه به نقاط تقاضای مختلف باید مسیرهایی برای رسیدن خودروها به پایگاه ها پیش‌بینی شود تا در اسرع وقت به آنها دسترسی پیدا کنند. بار ترافیکی این مسیرها وابسته به زمان است به همین دلیل نمی توان برای تمامی زمان‌ها فقط یک رویکرد را اتخاذ کرد. بار ترافیکی تأثیر مستقیمی بر زمان طی مسیر دارد. امکان دارد مدت زیادی برای مسیر کوتاهی لازم باشد و نیز بالعکس. بنابراین، مناسب‌تر است فارغ از مسافت بین نقاط زمان طی بین دو نقطه مدنظر قرار گیرد. در نهایت باید درباره‌ی انتخاب پایگاه خدماتی مقصد نیز تصمیم‌گیری شود. در این پژوهش در پی طراحی شبکه زنجیره تأمین خدمات خودرویی رده‌های ستادی سپاه هستیم که بدین منظور به یافتن مکان مناسب برای پایگاه های خدمات رسان، مسیریابی وسایل نقلیه و برنامه‌ریزی موجودی آنها در شرایط عدم قطعیت می پردازیم. برای بهینه‌سازی این شبکه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی طراحی خواهد شد. یکی از چالش های مهم در دنیای پیچیده امروز وجود عدم قطعیت در تصمیم گیری است. این امر سبب می‌شود به منظور نزدیک تر شدن نظام طراحی شده به شرایط واقعی و به کارگیری مناسب تر آن روش‌هایی مورد استفاده قرار گیرند که بتوانند عدم قطعیت موجود را پیش‌بینی کنند و راه حلی منطبق با آن مطرح کنند. در

www.SID.ir

Archive of SID

این راستا پژوهشگران مختلف روش‌های همچون استوار و فازی پیشنهاد دادند. بنابراین، مدل ریاضی جدید با توجه به این مفاهیم طراحی و حل خواهد شد. نتیجه‌های این مدل نیز به تشریح تجزیه و تحلیل می‌شود. سوال اصلی این تحقیق این است که شبکه زنجیره تأمین خدمات خودرویی با استفاده از روش بهینه‌سازی استوار فازی به چه صورت است.

مبانی نظری: مسأله مکان‌یابی یکی از عمیق‌ترین و جالب‌ترین مسائل در قلب علم تحقیق در عملیات از اوائل دهه 1960 است و مدل‌های ریاضی برای پیداکردن و تصمیم‌گیری درباره‌ی مکان‌های کارخانه‌ها، انبارها، بیمارستان‌ها، مدارس، ایستگاه‌های آتش‌نشانی و مانند این‌ها برای کسب حداکثر رضایت مشتری ارائه شده است. در این نوع مسائل معمولاً هزینه و مسافت طی شده توسط متقاضیان، مهمترین شاخص‌های تصمیم‌گیری درباره‌ی احداث یا انتخاب یک واحد بوده‌اند. بعدها که بسته‌های کالا در کارخانه و در کامیون‌ها بسته‌بندی می‌شد، کم‌کم شاخص‌های دیگری نیز وارد این عرصه شدند تا مبارزه برای مکان‌یابی بهینه، یکی از مهم‌ترین دل مشغولی‌های دانشمندان این رشته برای مدل سازی ریاضی شود. حدود 30 درصد هزینه‌ها در رابطه با فعالیت های مرتبط با طرف عرضه و از قبیل انتخاب مکان مناسب است. از این رو، در مقیاس پولی، ارزش فعالیت‌های مکان‌یابی بیش از پیش روشن می‌شود. بنابراین، تصمیم‌گیری درباره‌ی مکان‌یابی تسهیلات از تصمیم‌گیری‌های بلند مدت و راهبردی شرکت‌های بزرگ خصوصی و عمومی است و هزینه‌های بالای مربوط به جایابی و استقرار و راه‌اندازی تسهیلات، طرح‌های مکان‌یابی را به سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت تبدیل کرده است. بنابراین، موفقیت یا شکست مراکز تسهیلاتی در هر کدام از بخش‌های دولتی و خصوصی بستگی کاملی به مکان‌های انتخابی برای آنها دارد (قاسمی و بشیری، 1392).

مکان‌یابی در لجستیک نظامی: بحث مکان یابی در پدافند غیرعامل و انتخاب مکان مناسب و بهینه منطبق با پارامترهای مؤثر برآن از نقش و اهمیت بسیار زیادی درکاهش میزان آسیب‌های احتمالی ناشی از انجام عملیات آفندی نیروهای مهاجم برخوردار است. انتخاب محل استقرار طرح ها اعم از نظامی و غیرنظامی و بررسی ملاحظات دفاعی و امنیتی درکنار دیگر ملاحظات ازقبیل: اقتصادی، فنی، فرهنگی، اجتماعی و کاربردی حایز اهمیت است. استقرار اهداف و طرح ها در مکان های مناسب و بهینه، شرایط لازم

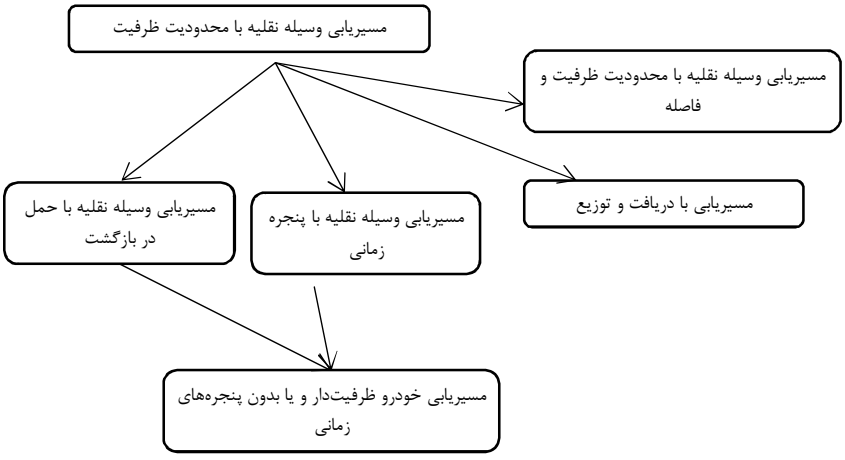
www.SID.ir

Archive of SID

را برای اجرا و هدایت طرح های مرتبط با استتار، اختفا و فریب و ... فراهم می کند. البته شایان توجه است که مکان یابی طرح ها و اهداف و لحاظ کردن شاخص‌های مربوط به آن برحسب شرایط موضوع و نوع طرح ها متفاوت خواهد بود. برای مثال، شاخص‌های مکان یابی برای احداث یک فرودگاه بسیار با شاخص‌هایی که برای احداث یک سازه امن و یا سد در نظر گرفته می شوند، متفاوت خـــواهد بود.

انواع اصلی مسائل مسیریابی وسایل نقلیه: حالت‌های مختلف مسأله مسیریابی وسایل نقلیه به صورت ذیل است:

- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت ظرفیت
- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت ظرفیت و فاصله
- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی
- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با حمل در بازگشت
- مسأله مسیریابی با دریافت و توزیع



شکل شماره 1: انواع اصلی مسأله مسیریابی

www.SID.ir

Archive of SID

اما تمام حالت‌های موجود در پیشینه مسیریابی وسیله نقلیه، به موارد بالا محدود نیست، بلکه حالت‌های بسیاری را شامل می‌شود که در ادامه به توضیح برخی از آنها پرداخته می‌شود:

مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت ظرفیت: در این مسأله تقاضای مشتریان قطعی و از پیش تعیین شده است و شکست تقاضا مجاز نیست. وسایل نقلیه همگن و در یک دپو مرکزی مستقر هستند و تنها محدودیت ظرفیت برای وسایل نقلیه وجود دارد. هدف کمینه‌سازی هزینه کل (تابع وزنی از تعداد مسیرها و طول یا زمان سفر آنها) در صورت خدمت دهی به همه مشتریان است (دانتزیگ و رامسر[1]،1959).

مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت ظرفیت و فاصله: مانند مسأله مسیریابی با محدودیت ظرفیت است، اما در این حالت محدودیت، بیشینه مسافت طی شده نیز اعمال می‌شود (دانتزیگ و رامسر، 1959).

مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی: تعمیمی از مدل مسیریابی با محدودیت ظرفیت است. دراین حالت برای هر مشتری یک بازه زمانی $[a_i,b_i]$ که به آن پنجره زمانی گفته می‌شود، در نظر گرفته می‌شود به طوری که خدمت‌دهی به مشتری باید در بازه زمانی مورد نظر انجام شود. در حالتی که وسیله نقلیه زودتر از زمان a_i در محل مشتری حاضر شود، مجاز است منتظر بماند تا زمان مقرر فرا برسد (دانتزیگ و رامسر،1959).

مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با حمل در بازگشت: تعمیمی از مدل مسیریابی با محدودیت ظرفیت است. در این حالت مجموعه مشتریان به دو زیرمجموعه تقسیم می‌شود. زیر مجموعه اول (A)، شامل مشتریانی است که هنگام رفت به هر کدام از آنها باید مقدار معینی کالا تحویل داده شود. زیر مجموعه دوم (B)، شامل مشتریانی است که هنگام بازگشت باید مقدار معینی کالا از آن‌ها دریافت شود. در این مسأله یک قید حق تقدم بین مشتریان مجموعه A و B وجود دارد: اگر مسیری شامل خدمت‌دهی به هر دو نوع مشتریان باشد، تمام مشتریان مجموعه A قبل از مشتریان مجموعه B باید ویزیت شوند (دانتزیگ و رامسر،1959).

1- Dantzig and Ramser

www.SID.ir

Archive of SID

مسایل برنامه‌ریزی موجودی در زنجیره تأمین: مباحث بسیاری تاکنون در زمینه برنامه‌ریزی موجودی مورد بررسی پژوهشگران قرار گرفته است. با توجه به ویژگی های زنجیره تأمین و مسئله مورد بررسی در این پژوهش به تشریح مسأله برنامه‌ریزی مواد و موجودی های تولید می پردازیم. منظور از برنامه‌ریزی موجودی مواد، آن است که با توجه به برنامه تولید، قطعات و موادی که در محصول یا محصولات کارخانه به کار می‌رود، به موقع و به اندازه مطلوب در اختیار کارگاه های مختلف قرار گیرد تا از یک طرف تداوم تولید حفظ و از طرف دیگر از انبار کردن بیش از اندازه مواد اولیه جلوگیری شود. به عبارت دیگر، برنامه‌ریزی مواد مورد نیاز، روشی است که با پیش‌بینی برای تقاضای مستقل محصول ساخته شده شروع می‌شود و وابستگی تقاضا را به موارد زیر تعیین می کند (جعفرنژاد و همکاران، 1391):

1) انواع اجزای مورد نیاز؛

2) نیازهای کمی دقیق؛

3) زمان‌بندی سفارشات جهت تأمین یک برنامه تولید.

هر نظام برنامه‌ریزی مواد اولیه سه وظیفه عمده دارد:

1) واپایش و میزان موجودی و قطعات انبار،به این معنی که میزان موجودی انبار از سطح ایمنی انبار کمتر نشود؛

2) تعیین اولویت برای سفارش اجزا و قطعات برای ساخت در داخل کارخانه و یا برای خرید و دادن سفارش؛

3) تعیین نیازهای ظرفیت تولید در یک سطح دقیق.

پیشینه پژوهش: ستاک و اصغری (1391) در تحقیقی علاوه بر مکان‌یابی و مسیریابی برای بهبود بیشتر عملکرد زنجیره تأمین، هزینه‌های موجودی را نیز در نظر گرفته اند. از این گذشته، برخلاف همه تحقیق های قبلی که درآنها الزام پاسخگویی به همه مشتریان بوده است، در مسأله تعریف شده در این مقاله شرکت مجاز است با درنظر گرفتن اهداف خود به برخی از مشتریان پاسخ ندهد. از آنجا که این مسأله از پیچیدگی بالایی برخوردار است و جز مسائل NP-HARD است، برای حل مسائل دنیای واقعی که

www.SID.ir

Archive of SID

معمولا در ابعادی بزرگ هستند یک الگوریتم ابتکاری و یک الگوریتم فراابتکاری برای بهبود حاصل از الگوریتم ابتکاری براساس الگوریتم شبیه سازی تبرید مطرح شده است و نتیجه‌های محاسباتی حاصل از اجرای آن نیز بررسی و ارزیابی گردیده است. عزیزی و همکارانش (1392) در مقاله‌ای یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای بهینه‌سازی هم زمان تعیین مکان انبارها و مسیریابی وسایل نقلیه ارائه کردند. تابع هدف در این مدل شامل کمینه کردن مجموع هزینه‌های مرتبط با وسایل حمل و نقل و هزینه‌های اجاره انبارهاست. محدودیت های مدل مطرح شده شامل ظرفیت وسایل نقلیه، بیشینه میزان مسافت طی شده توسط وسایل نقلیه و غیره بوده است. همچنین هزینه‌هایی نظیر دستمزد نیروی انسانی، اجاره انبارها، اجاره وسایل نقلیه و غیره به منظور نزدیک شدن مدل پیشنهادی به دنیای واقعی را در نظر گرفتند. ستاک و همکارانش (1393) در مقاله خود مدلی ریاضی طراحی کردند که پاسخگوی شرایطی خاص با محدودیت‌های گوناگون و در عین حال کاربردی در حوزه مسائل مکان‌یابی مسیریابی است. مسأله اشاره شده، مسأله مکان‌یابی مسیریابی چند دپویی ظرفیت‌دار با برداشت و تحویل همزمان و بارهای برش‌یافته است. این تحقیق بیشتر بر ویژگی برش تأکید می‌کند که در عمل نیز به وفور قابل مشاهده است. برش هنگامی رخ می‌دهد که تقاضای برخی از مشتریان از ظرفیت هر کدام از وسایل نقلیه موجود بیشتر باشد. در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای این مسأله ارائه کرده‌اند. سپس دو روش فرا ابتکاری ترکیبی برای حل مسأله در ابعاد بزرگ پیشنهاد شده است. الگوریتم اول مبتنی بر الگوریتم ژنتیک گسسته و ژنتیک پیوسته است که به اختصار DCGA نامیده می‌شود و روش دوم براساس ژنتیک گسسته و الگوریتم بهینه‌سازی تجمعی ذرات است که DGAPSO نام دارد. در نهایت نتیجه‌های عددی حاصل از حل مسائل نمونه با استفاده از حل‌کننده سیمپلکس و روش‌های پیشنهادی ارائه می‌شود. تجزیه و تحلیل نتیجه‌های آزمایش ها، مؤثر بودن الگوریتم‌های پیشنهادی به خصوص DGAPSO را نشان می‌دهد. رجبی سنگتراشانی و علی‌نژاد (1393) مسئله حمل و نقل سه بعدی با هزینه ثابت در شبکه زنجیره تأمین دو مرحله‌ای را بررسی و مدلی ریاضی برای این مسئله ارائه کردند. مسئله حمل و نقل سه بعدی نوعی از مسئله حمل و نقل است که در آن علاوه بر نقاط عرضه و تقاضا و محدودیت های مربوط به آن، به یک عامل دیگر

www.SID.ir

Archive of SID

که شیوه ها و وسایل حمل و نقل است نیز توجه می‌شود. با توجه به اینکه بسیاری از پارامترها در دنیای واقعی، معمولا مبهم و نادقیق هستند، مدل مطرح شده در این مقاله تحت یک محیط فازی بوده و هزینه‌های ثابت و مستقیم حمل و نقل در این مسئله را، اعداد فازی فرض کردند. برای حل مدل ارائه شده نیز از نرم افزار لینگو استفاده شده است. حسینی نسب و صدیقی (1394) یک مدل جدید برای بهینه‌سازی مسائل مربوط به مکان‌یابی تسهیلات، تخصیص خرده‌فروش‌ها، واپایش موجودی و مسیریابی وسایل نقلیه ارائه دادند. در این مدل، خط‌مشی واپایش موجودی، برای خرده‌فروش‌هایی با تقاضای قطعی و معین تعیین و به صورت دوره زمانی ثابت با تدارک مجدد موجودی، برای خرده‌فروش‌هایی که در یک مسیر قرار می‌گیرند، بررسی شد. بدین منظور، یک روش حل دقیق از طریق فرموله کردن مسئله به صورت برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ارائه و با توجه به NP-Hard بودن مسئله برای حل آن، یک روش ابتکاری بر پایه الگوریتم شبیه‌سازی تبرید توسعه داده شده است. برای بررسی کیفیت جواب‌های به دست آمده از این الگوریتم، روشی برای کران پایین پیشنهاد و مسئله مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتیجه‌های محاسباتی برای حالات مختلف در نظر گرفته شده برای مسئله، نشان داده است که الگوریتم ابتکاری پیشنهادی، یک الگوریتم کارا و سریع برای حل مسائل یکپارچه برای بررسی هم‌زمان مکان‌یابی مسیریابی وسایل حمل و نقل و واپایش موجودی در یک زنجیره تأمین دوره‌ای با ابعاد مختلف است. جوانفر و همکارانش (1396) در مقاله‌ای مسأله مکان‌یابی مسیریابی با انبارهای عبوری در یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل تأمین کننده، انبار عبوری و مشتری بررسی کردند. برای مسأله مورد نظر، یک مدل ریاضی یکپارچه غیرخطی عدد صحیح مختلط ارائه شده است. با توجه به اینکه مسئله مورد مطالعه NP-hard است، یک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای حل مسائل با اندازه‌های بزرگ نیز ارائه شده است. همچنین، یک حد پایین نیز برای مسئله توسعه داده شده است. به منظور نشان دادن عملکرد الگوریتم معرفی شده، مسائلی در اندازه‌های کوچک، متوسط و بزرگ به صورت تصادفی تهیه گردیده و توسط رویکردهای مطرح شده مورد حل قرار گرفت. نتیجه‌های محاسباتی نشان از کارایی بالا الگوریتم پیشنهادی است. بهرام پور و همکاران (1395) به بررسی و حل مسئله مکان‌یابی مسیریابی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان می‌پردازند که قابلیت

www.SID.ir

Archive of SID

اطمینان به صورت احتمال وقوع خرابی ها در نظر گرفته شده است. مسئله به صورت مدلی دو هدفه، شامل حداقل کردن هزینه و بیشینه کردن قابلیت اطمینان مدل سازی شده، که بیشینه کردن قابلیت اطمینان به صورت حداقل کردن هزینه‌های خرابی مورد انتظار، بیان شده است. از آنجا که این مسئله یک مسئله NP-hard است بنابراین، از الگوریتم های فرا ابتکاری جهت حل و بهینه‌سازی، استفاده شده است. ابتدا الگوریتم کرم شبتاب گسسته دو هدفه مطرح شد و سپس مسئله با دو الگوریتم کرم شب تاب و NSGA-II حل شده و در پایان کارایی این دو الگوریتم به وسیله مجموعه‌ای کامل از مثال‌ها با اندازه‌های کوچک تا بزرگ، مورد بررسی قرار گرفته شده است. نتایج نشان داده است که الگوریتم کرم شبتاب گسسته دو هدفه دارای شاخص DM بهتری هست اما درباره‌ی دو شاخص MID، عملکرد الگوریتم کرم شب‌تاب تنها برای مسائل با اندازه کوچک تا متوسط مناسب است و با بزرگ شدن مسئله کارایی خود را از دست می دهد. لی و همکاران[1] (2011) به بررسی یک مسأله مسیریابی موجودی متناوب با در نظر گرفتن زمان تحویل، حجم محموله و مسیریابی پرداختند که در آن عرضه کننده کالا مسئول دوباره بازیابی سیاست موجودی هر یک از خرده فروشان را بر عهده دارد. آنها ابتدا مسأله را به دو زیر مسأله مسیریابی وسایل نقلیه و مسأله موجودی تقسیم کردند. در ادامه با ارائه یک الگوریتم جستجوی محلی به حل زیر مسأله موجودی پرداختند. سپس با استفاده از یک روش جستجوی ممنوعه به حل زیر مسأله مسیریابی پرداختند. آنونی و همکارانش[2] (2009) مدل بهینه‌سازی با قابلیت تصمیم‌گیری در خصوص مکان‌یابی و مکان‌یابی دوباره پایگاه‌های آمبولانس در بزرگراه را ارائه کردند. رویکرد مورد استفاده در این پژوهش مبتنی بر یک مدل توزیع فضایی با الگوریتم ژنتیک هیبریدی است. برای نشان دادن کاربرد روش پیشنهادی، از دو مطالعه موردی در بزرگراه های برزیل استفاده شده و نتایج با استفاده از یک مدل شبیه سازی رویداد گسسته تایید شده‌اند.

احمدی و همکارانش (2015) یک مدل دو مرحله‌ای تصادفی برای برنامه‌ریزی امدادرسانی به آسیب‌دیدگان زلزله طراحی کردند. این مدل برای تعیین مکان انبارهای

1- Li
2- Iannoni

www.SID.ir

Archive of SID

محلی و مسیریابی طراحی شده است. نمونه های کوچک در این مدل به منظور بهینه‌سازی در گمز حل شده است. نتیجه‌های محاسبات مطالعه موردی نشان می‌دهد که نیازهای نامطلوب را می‌توان به طور قابل توجهی با هزینه‌های بیشتری از انبارهای محلی و وسایل نقلیه کاهش داد. سانگ و لی (2016) مسأله مسیریابی و تعیین بیمارستان مقصد بیمار را به صورت همزمان بررسی کردند. در این پژوهش یک رویکرد نسبی ستون و الگوریتم شاخه و قیمت تدوین شده است. در نهایت این الگوریتم راه حل‌های کیفیت قابل قبول را در یک زمان محاسبه کوتاه ارائه کرده است. دوخانی و همکاران[1] (2019) در مقاله ای به معرفی مسئله مکان‌یابی هاب سبز پرداخته است. هدف از ارائه دهنده خدمات، به حداقل رساندن میزان کل انتشار گازهای گلخانه ای است که بستگی به سرعت حمل و نقل خودرو در هنگام تحویل در یک محدودیت زمان تعیین شده دارد. در این پژوهش ابتدا یک مدل غیر خطی برای این مسئله پیشنهاد شده است که سپس به عنوان یک مدل برنامه‌ریزی مخروطی تبدیل شده است. در انتها با استفاده از تجزیه و تحلیل راه حل‌ها با عوامل تخفیفی مختلف، محدودیت زمان خدمات و تعداد هاب‌ها، راهکارهایی به شرکت‌های حامل ارائه شده است.

روش‌شناسی پژوهش

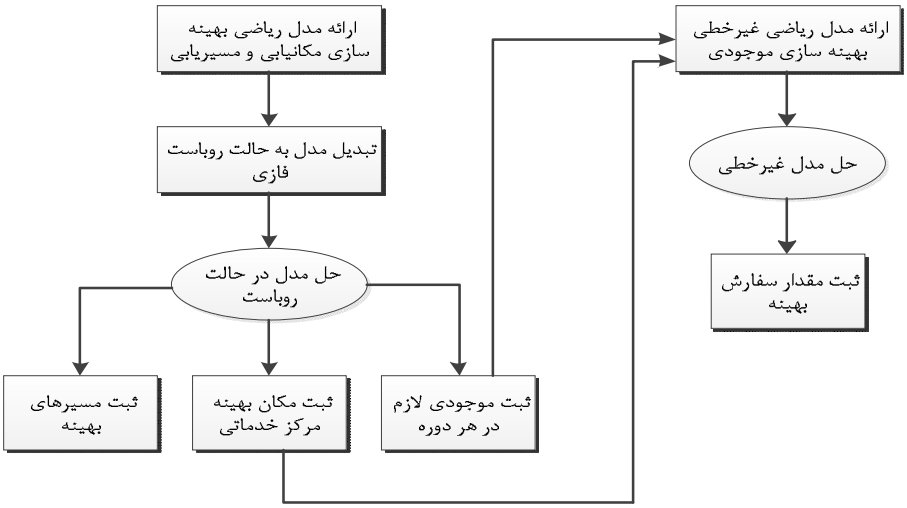
این تحقیق از لحاظ هدف کاربردی توسعه ای است، زیرا علاوه بر توسعه مدل زنجیره تأمین خدمات، نتیجه‌های آن مورد استفاده عملی نیز قرار می گیرد. از لحاظ ماهیت این تحقیق توصیفی است زیرا به توصیف وضعیت موجود نیز پرداخته است. داده‌های مورد نیاز در این پژوهش از طریق مراجعه حضوری و بررسی مستندات گردآوری شده‌اند. طراحی یک زنجیره تأمین خدمات شامل مکان‌یابی، مسیریابی و موجودی برای احداث و برنامه‌ریزی مرکز خدمات خودرویی، نیازمند طرح مسئله ای واقعی و متناسب با موضوع است. با توجه به موارد بیان شده، روش پیشنهادی در این پژوهش برای فائق آمدن بر این موانع و غیر قابل پیش‌بینی بودن زمان، استفاده از روش بهینه‌سازی استوار فازی است. در این پژوهش با توجه به مشخص نبودن تابع توزیع احتمالی زمان طی کردن مسیرها، از بازه‌های عدم‌قطعیت در نظر گرفته شده برای این پارامتر استفاده شده

1- Dukkanci et al

www.SID.ir

Archive of SID

است و با توجه به این بازه تغییرات، با ارائه همتای استوار، بهترین جواب در حالت‌های متفاوت و با درجه محافظه‌کاری‌های مختلف ارائه می‌شود. روند کلی این روش به صورت شماتیک در شکل شماره (2) ارائه شده است.



شکل شماره 2: نمای مدل مطرح شده

بهینه‌سازی استوار فازی

برنامه‌ریزی خطی استوار فازی، شامل بهینه‌سازی یک تابع هدف قطعی با توجه به فضای تصمیم فازی محدودشده، توسط محدودیت های با ضرایب و ظرفیت های فازی است. یک مسئله برنامه‌ریزی خطی استوار فازی در شکل عمومی می تواند به صورت مدل (1) تعریف شود.

$$Min\ f = CX \quad (1\ a)$$

$$St:\ \ \tilde{A}X \lesssim \tilde{B} \quad (1\ b)$$

$$X \geq 0, \quad (1\ c)$$

که $X \in \{R\}^{n\times 1}$ ، $C \in \{R\}^{1\times n}$ ، $B \in \{R\}^{n\times 1}$ ، $A \in \{R\}^{m\times n}$ نشان دهنده مجموعه ای از متغیرها، پارامترهای فازی و R نشان دهنده مجموعه اعداد قطعی و $\lesssim$ به معنای نامعادله فازی است. محدودیت فازی 1b را می‌توان به شکل زیر نشان داد:

$$\tilde{A}_1 x_1 \oplus \tilde{A}_2 x_2 \oplus \ldots \oplus \tilde{A}_n x_n \lesssim \tilde{B} \quad (2)$$

www.SID.ir

Archive of SID

به طوری که $A_j (j = 1, 2, \dots, n)$ و B زیر مجموعه های فازی (ضرایب فنی و اعداد سمت راست مدل 1)و نماد $\oplus$ نشان دهنده جمع بین زیر مجموعه های فازی است. فازی بودن فضای تصمیم به دلیل عدم اطمینان در ضرایب A_j و B است. با فرض اینکه $\widetilde{U}_j$ و $\tilde{V}$ متغیرهای پایه تحمیل شده از سوی زیرمجموعه‌های A_j و B باشند، در نتیجه:

$$\mu_{Aj}: \widetilde{U}_j \longrightarrow [0,1] \quad (3\,a)$$

$$\mu_B: \tilde{V} \longrightarrow [0,1] \quad (3\,b)$$

به طوری که μ_{Aj}نشان دهنده امکان مصرف یک مقدار معین منابع توسط فعالیت j و μ_B نشان دهنده امکان در دسترس بودن منبع B است. برای زیر مجموعه فازی N ، μ_N می‌تواند در قالب اعداد فازی L-R به صورت زیر نشان داده شود:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} F_L\left(\frac{u-x}{\beta}\right) & if \quad -\infty < x < u, \quad \beta > 0 \\ 1 & if \quad x = u \\ F_R\left(\frac{x-u}{\beta}\right) & if \quad -u < x < \infty, \quad \delta > 0 \end{cases} \quad (4)$$

u مقدار میانگین N و μ میانگین است. β و δ گسترش های[1] چپ و راست هستند. F_L و F_R نیز توابع عضویت چپ و راست عدد فازی را نمایندگی می‌کند. برای حالت خطی، زیر مجموعه N می‌تواند در فرم عمومی به شکل زیر تعریف شود:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & if \quad x < \underline{a} \ or \ x > \overline{a} \\ 1 & if \quad x = u \\ 1 - \frac{2|\mu - x|}{\overline{a} - \underline{a}} & if \quad \underline{a} < x < \overline{a} \end{cases} \quad (5)$$

به طوری که $[\underline{a}, \overline{a}]$ بازه ای است که توسط زیر مجموعه فازی N تعیین می‌شود. برای بیان دقیق محدودیت های فازی روی متغیرهای پایه ای[2] نظیر $\widetilde{U}_j$ و $\tilde{V}$، محدودیت های فازی رابطه (2) می تواند به شکل محدودیت های عطفی فازی زیر نشان داده شوند:

$$\tilde{A}_1 x_1 \oplus \tilde{A}_2 x_2 \oplus \dots \oplus \tilde{A}_n x_n \subseteq \tilde{B} \quad (6)$$

ناحیه رخداد ممکن برای طرف چپ هر محدودیت باید دربردارنده ناحیه رضایت بخش یا تلورانسی باشد که توسط طرف راست محدودیت تعیین و تعریف می‌شود. بر

1- Spreads
2- Base variables

www.SID.ir

Archive of SID

طبق مفهوم سطح برش آلفا[1] و قضیه نمایش[2]، محدودیت (2) را می توان به شکل زیر نشان داد (لی و همکاران[3]، 2008):

$$(\tilde{A}_1)_\alpha x_1 \oplus (\tilde{A}_2)_\alpha x_2 \oplus \dots \oplus (\tilde{A}_n)_\alpha x_n \subseteq \tilde{B}_\alpha \qquad (7a)$$

where:

$$(\tilde{A}_j)_\alpha = \{a_j \in \tilde{U}_j | \mu_{Aj}(a_j) \geq \alpha\} \qquad (7b)$$

$$\tilde{B}_\alpha = \{b \in \tilde{V} | \mu_b(b) \geq \alpha\} \qquad (7c)$$

با فرض اینکه زیر مجموعه های فازی در رابطه (6) متناهی[4] باشند و ویژگی‌های زیر وجود داشته باشد:

$$\{\mu_{Aj}(a_j) | a_j \in \tilde{U}_j\} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k\}, 0 \leq \alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_k \leq 1 \qquad (8)$$

برای هر $\alpha_s (s = 1,2,\dots,k)$ محدودیت ها در رابطه(7a) به صورت زیر درمی آید:

$$(\tilde{A}_1)_{\alpha_s} x_1 \oplus (\tilde{A}_2)_{\alpha_s} x_2 \oplus \dots \oplus (\tilde{A}_n)_{\alpha_s} x_n \subseteq \tilde{B}_{\alpha_s}, \qquad \alpha_s \in [0,1] \qquad (9)$$

به طوری که $(\tilde{A}_j)_{\alpha_s} (j = 1,2,\dots,n; s = 1,2,\dots,k)$ و $\tilde{B}_{\alpha_s}$ مجموعه های فازی محدب[5] و نا تهی[6] را شکل می دهند؛ بنابراین محدودیت ها در رابطه (9) می توانند با 2k محدودیت قطعی (10) و (11) زیر جایگزین شوند، به نحوی که k نشان دهنده تعداد سطوح برش آلفا است (لی و همکاران[7]، 2008).

$$\overline{a}_1^s x_1 + \overline{a}_2^s x_2 + \dots + \overline{a}_n^s x_n \leq \overline{b}^s \qquad s = 1,2,\dots,k \qquad h_1 \qquad (10)$$

$$\underline{a}_1^s x_1 + \underline{a}_2^s x_2 + \dots + \underline{a}_n^s x_n \leq \underline{b}^s \qquad s = 1,2,\dots,k \qquad h_2 \qquad (11)$$

به طوری که:

$$\overline{a}_1^s = sup(a_j^s) \qquad a_j^s \in (\tilde{A}_j)_{a_s} \qquad i_1 \qquad (12a)$$

$$\underline{a}_1^s = inf(a_j^s) \qquad a_j^s \in (\tilde{A}_j)_{a_s} \qquad i_2 \qquad (12b)$$

$$\overline{b}^s = sup(a_j^s) \qquad a_j^s \in \tilde{B}_{a_s} \qquad i_3 \qquad (12c)$$

$$\underline{b}^s = inf(a_j^s) \qquad a_j^s \in \tilde{B}_{a_s} \qquad i_4 \qquad (12d)$$

1- α-cut
2- Representation theorem
3- Li et al
4- Finite
5- Convex
6- Non-Empty
7- Li et al

www.SID.ir

Archive of SID

درکل، $\sup(t)$ نشان دهنده حد بالا در مجموعه t، $\inf(t)$ نشان دهنده حد پایین در مجموعه t است؛ بنابراین مدل برنامه خطی استوار فازی می توانند توسط محدودیت‌های فازی زیر، محدود شوند.

$$A_{i1}x_1 \oplus A_{i2}x_2 \oplus \dots \oplus A_{in}x_n \subseteq B_i \qquad i = 1,2,\dots,m \qquad (13)$$

با نمایش محدودیت بالا در فضای مجموعه های سطح برش آلفا، محدودیت فازی بالا تبدیل می‌شود به:

$$(A_{i1})_\alpha x_1 \oplus (A_{i2})_\alpha x_2 \oplus \dots \oplus (A_{in})_\alpha x_n \subseteq (B_i)_\alpha \qquad i = 1,2,\dots,m;\ \alpha\epsilon[0,1] \qquad (14)$$

به طوری که:

$$\{\mu_{Aij}(a_{ij}) | a_{ij} \in \widetilde{U}_{ij}\} = \{\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{ik}\} \qquad (15)$$

$$0 \le \alpha_{i1} \le \alpha_{i2} \le \dots \le 1, \qquad i = 1,2,\dots,m \qquad (16)$$

اگر m محدودیت از نوع رابطه (1b) وجود داشته باشد در مدل استوار فازی به 2km تا محدودیت قطعی تبدیل خواهد شد. به عبارت دیگر، با تبدیل هر محدودیت فازی به 2k محدودیت قطعی معادل، مدل فازی به مدل قطعی شده استوار تبدیل می‌شود که به روش‌های قطعی قابل حل و به دلیل استواری قابل اتکا است (لی و همکاران، 2008).

مدل سازی ریاضی

در این بخش با در نظر گرفتن بسیاری از جوانب به ارائه مفروضات مدل پرداخته شده است که مدل ریاضی بر پایه این مفروضات ارائه خواهد شد. این مفروضات شامل مورد ذیل می‌شوند:

- ابتدا به منظور انتخاب مکان مناسب برای مراکز خدمات خودرویی چند مکان پیشنهادی معرفی می‌شود.
- شهر را به بخش‌های مختلف تقسیم کرده که به عنوان تقاضا در نظر گرفته می‌شوند.
- درصدی از تقاضاهایی که به مرکز خدمات خودرویی می رسد نیاز به تجهیز دارد.
- زمان میانگین رسیدگی به تقاضاها در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

- پنجره های زمانی متفاوتی در روز در نظر گرفته شده است که با توجه به آن بار ترافیکی در مسیرها تغییر کرده و به تبع آن زمان لازم برای طی کردن آنها نیز تغییر می‌کند.
- امکان احداث مراکز خدمات خودرویی با ظرفیت‌های مختلف وجود دارد که می تواند این امکان را بدهد که به طور همزمان به چند خودرو خدمات‌رسانی شود.
- تمام تقاضاها در هر پنجره زمانی در همان بازه باید پاسخ داده شوند.
- به تمام تقاضاها باید پاسخ داده شود.
- در هر پنجره زمانی می توان مرکز و مسیر متفاوتی برای پاسخگویی به تقاضای هر نقطه انتخاب شود اما تنها یک مسیر و مرکز برای آن در نظر گرفته می‌شود.

مدل ریاضی مکان‌یابی و مسیریابی (خطی)

اندیس ها:

i	اندیس نقاط تقاضا
j	اندیس نقاط کاندید برای احداث مرکز خدمات خودرویی
k	اندیس نوع تجهیز
r	اندیس های مسیر بین نقطه تقاضا و مرکز خدمات خودرویی
n	اندیس سطح ظرفیت مرکز خدمات
w	اندیس پنجره های زمانی

پارامترها:

$\tilde{t}_{ijw}^{r}$	زمان لازم برای طی کردن مسیر r بین نقطه تقاضای i و مرکز j در پنجره زمانی w به شکل غیرقطعی
$\overline{t}_{ijw}^{r}$	حد بالای زمان لازم برای طی کردن مسیر r بین نقطه تقاضای i و مرکز j در پنجره زمانی w
$\underline{t}_{ijw}^{r}$	حد پایین زمان لازم برای طی کردن مسیر r بین نقطه تقاضای i و مرکز j در پنجره زمانی w
d_{iw}	تعداد تقاضای نقطه i در پنجره زمانی w
c_j^n	هزینه احداث مرکز خدمات خودرویی در نقطه i در سطح ظرفیتی n
v_k^n	ظرفیت تجهیز k در سطح n
λ_k	درصدی از تقاضا که نیاز به تجهیز k دارد
A^n	ظرفیت خودرو برای سرویس همزمان
T_w	طول پنجره زمانی w
m	میانگین زمان خدمات رسانی به تقاضا
B	بودجه در دست برای احداث مرکز

www.SID.ir

Archive of SID

متغیرها:

X_{ijw}^{r} اگر مسیر r برای نقطه تقاضای i به مرکز در نقطه j در پنجره زمانی w انتخاب شود 1 در غیر این صورت صفر

Y_j^n اگر نقطه j در سطح n برای احداث مرکز خدمات خودرویی انتخاب شود 1 در غیر این صورت صفر

F_{jk} میزان تجهیز k مورد نیاز در هر روز در مرکز j

مدل ریاضی:

$$Min\ Z_1 = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_r \sum_w d_{iw} \tilde{t}_{ijw}^{r} X_{ijw}^{r} \quad (17)$$

St.

$$\sum_j \sum_n c_j^n Y_j^n \leq B \quad (18)$$

$$\sum_j \sum_r X_{ijw}^{r} = 1 \qquad \forall i, w \quad (19)$$

$$\sum_i \sum_r m d_{iw} X_{ijw}^{r} \leq \sum_n T_w A^n Y_j^n \qquad \forall j, w \quad (20)$$

$$F_{jk} = \sum_i \sum_r \sum_w \lambda_k d_{iw} X_{ijw}^{r} \qquad \forall j, k \quad (21)$$

$$\sum_i \sum_r \sum_w \lambda_k d_{iw} X_{ijw}^{r} \leq \sum_n v_k^n Y_j^n \qquad \forall j, k \quad (22)$$

$$\sum_j \sum_n Y_j^n \geq 1 \quad (23)$$

$$\sum_n Y_j^n \leq 1 \qquad \forall j \quad (24)$$

$$X_{ijw}^{r} \leq \sum_n Y_j^n \qquad \forall i, j, w, r \quad (25)$$

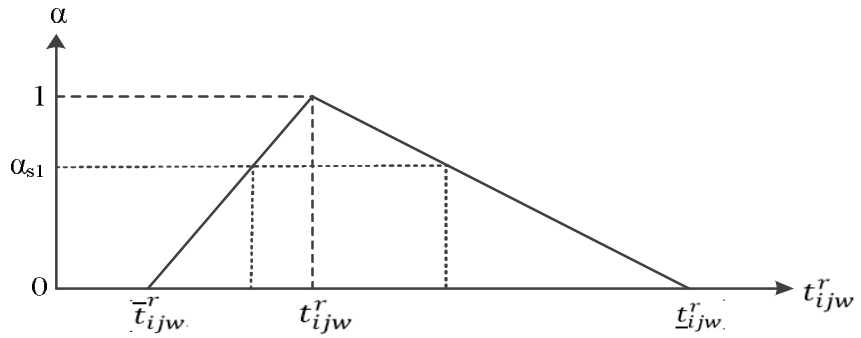
$$X_{ijw}^{r}, Y_j^n \in [0,1], F_{jk} \geq 0\ and\ positive \qquad \forall i, j, k, w, r \quad (26)$$

در رابطه (17) به عنوان تابع هدف مدل، در پی حداقل ساختن زمان طی کردن مسیرهای بین نقاط تقاضا تا مراکز خدماتی توسط خودروها هستیم تا در کمترین زمان به خدمات مورد نیاز دسترسی پیدا کنند. رابطه (18) به منظور آن است که هزینه احداث مراکز خدمات خودرویی بیش از بودجه در دسترس نشود. رابطه (19) به منظور اطمینان از خدمت رسانی به تمام نقاط تقاضا است. رابطه (20) تضمین می‌کند تقاضا بیش از ظرفیت مرکز خدمات به آن ارجاع داده نشود. در رابطه (21) تعداد تجهیزات برای پاسخگویی به تقاضاها در هر روز تخمین زده شده است. همچنین رابطه (22) نیز تضمین می‌کند که این تعداد از ظرفیت مرکز پیشی نگیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه (23) اطمینان می دهد که حداقل یک مرکز احداث شود. در رابطه (24) آورده شده است که در هر نقطه تنها در یک سطح ظرفیتی می توان مرکز احداث کرد. همچنین رابطه (25) تضمین می‌کند که فقط مراکزی که تصمیم به احداث آنها گرفته می‌شود می توانند به تقاضاها پاسخ دهند. رابطه (26) نیز نوع متغیرهای مسئله را تعیین می‌کند. چون زمان سپری کردن مسیرها توسط خودروها t_{ijw}^{r} غیرقطعی است. با توجه به مدل فازی در رابطه (27) پارامتر غیر قطعی $\tilde{t}_{ijw}^{r}$ در قالب اعداد فازی مثلثی لحاظ می‌شود و پس از دیفازی شدن به کمک سطح برش α به یک بازه قطعی یعنی $\left[\overline{t}_{ijw}^{r}, \underline{t}_{ijw}^{r}\right]$ تبدیل می‌شود. معمولا در منابع و مآخذ موجود برای دیفازی کردن اعداد فازی از روش میانگین، مرکز ناحیه و برش آلفا استفاده می‌شود. برش آلفا زیر مجموعه ای از مجموعه اصلی است که اعضایش درجه عضویتی کمتر از آلفا نداشته باشند. برای مثال در شکل شماره (3) به ازای $\alpha = 0$ پارامتر t_{ijw}^{r} به حد بالا$\overline{t}_{ijw}^{r}$ و حد پایین $\underline{t}_{ijw}^{r}$ تبدیل شده است.



شکل شماره 3: تابع عضویت مثلثی مجموعه های فازی به ازای هر برش آلفا

مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح استوار فازی:

$$Min\ Z_1 = \varepsilon \tag{27}$$

St.

$$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_r \sum_w d_{iw} \left(\overline{t}_{ijw}^{r}\right)_{\alpha}^{s} X_{ijw}^{r} \le \varepsilon \qquad \forall s,k \tag{28}$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_r \sum_w d_{iw} \left(\underline{t}_{ijw}^{r}\right)_{\alpha}^{s} X_{ijw}^{r} \ge \varepsilon \qquad \forall s,k \tag{29}$$

$$\sum_j \sum_n c_j^n Y_j^n \le B \tag{30}$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_j \sum_r X_{ijw}^r = 1 \qquad \forall i, w \qquad (31)$$

$$\sum_i \sum_r m d_{iw} X_{ijw}^r \le \sum_n T_w A^n Y_j^n \qquad \forall j, w \qquad (32)$$

$$F_{jk} = \sum_i \sum_r \sum_w \lambda_k d_{iw} X_{ijw}^r \qquad \forall j, k \qquad (33)$$

$$\sum_i \sum_r \sum_w \lambda_k d_{iw} X_{ijw}^r \le \sum_n v_k^n Y_j^n \qquad \forall j, k \qquad (34)$$

$$\sum_j \sum_n Y_j^n \ge 1 \qquad (35)$$

$$\sum_n Y_j^n \le 1 \qquad \forall j \qquad (36)$$

$$X_{ijw}^r \le \sum_n Y_j^n \qquad \forall i, j, w, r \qquad (37)$$

$$X_{ijw}^r, Y_j^n \in [0,1], F_{jk} \ge 0 \quad 0 \le \alpha_s \le 1 \qquad \forall i, j, k, w, r, s \qquad (38)$$

در این مدل، رابطه (17) در مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح فازی با توجه به تابع عضویت مثلثی و به ازای هر سطح برش α طبق رابطه (11)، (12) و (13) به شکل رابطه های (27) ، (28) و (29) تبدیل شد.

مدل ریاضی موجودی (غیرخطی)

پس از حل مدل ریاضی مکان‌یابی و مسیریابی و به دست آمدن متغیرهایی مسئله، این متغیرها به صورت پارامتر مدل ریاضی غیرخطی به همراه پارامترهای زیر وارد شده تا مقدار سفارش موجودی را به دست بیاوریم.

p_k هزینه هر واحد از تجهیز k

q_k هزینه سفارش‌دهی تجهیز k

Lt_k فاصله زمانی بین سفارش تا رسیدن تجهیز k

متغیر:

U_{jk} مقدار سفارش تجهیز k برای مرکز j

مدل ریاضی

$$Min\ Z_2 = \sum_j \sum_k p_k U_{jk} + \sum_j \sum_k \frac{q_k}{U_{jk}} \qquad (39)$$

St.

$$U_{jk} \le \sum_n v_k^n Y_j^n \qquad j, k \qquad (40)$$

$$U_{jk} \ge F_{jk} Lt_k \qquad j, k \qquad (41)$$

$$U_{jk} \ge 0 \qquad j, k \qquad (42)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه (39) که تابع هدف مدل است، در پی حداقل ساختن هزینه‌های خرید و سفارش‌دهی موجودی است. تابع اول مرتبط با هزینه خرید موجودی و تابع دوم مرتبط با هزینه سفارش‌دهی است. رابطه (40) برای اطمینان از پیشی نگرفتن مقدار سفارش از ظرفیت مرکز است. رابطه (41) بدین منظور طراحی شده است که مقدار سفارش کمتر از مقدار مصرف موجودی بین زمان سفارش تا رسیدن موجودی نشود، زیرا در صورت کمتر شدن از این مقدار، قبل از رسیدن سفارش دچار کمبود موجودی خواهیم شد. همچنین رابطه (42) نوع متغیر را تعیین می‌کند.

یافته‌های پژوهش

پس از کد نویسی مدل در نرم افزار GAMS، اندیس ها به ترتیب با حجم i=10 ، j=4 ، k=6 ، w=3 ، r=2، n=3 تعیین شدند. سپس به وارد کردن داده‌ها پرداختیم. این داده‌ها در جداول شماره (1) تا (7) ارائه شده است.

جدول شماره 1: ظرفیت خودرو در هر مرکز برای سرویس همزمان

n	1	2	3
A^n	2	3	4

جدول شماره 2: طول پنجره های زمانی (دقیقه)

w	1	2	3
T_w	600	480	360

جدول شماره 3: درصدی از تقاضاها که نیاز به تجهیزات مختلف دارند.

w	1	2	3	4	5	6
λ_k	0,3	0,2	0,25	0,4	0,3	0,05

جدول شماره 4: تعداد تقاضای نقاط در هر پنجره زمانی (d_{iw})

$\frac{i}{w}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	1	3	4	2	5	1	3	2
2	9	7	5	12	6	11	8	3	10	5
3	5	4	3	7	4	8	6	2	8	3

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره 5: میانگین هزینه احداث مرکز خدمات خودرویی در سطوح مختلف(هزار تومان)(c_j^n)

$\frac{j}{n}$	1	2	3	4
1	150000	56500	85000	108000
2	198000	89000	122000	143000
3	255000	158000	161000	188000

جدول شماره 6: حد بالای هزینه احداث مرکز خدمات خودرویی در سطوح مختلف(هزار تومان) ($\overline{c_j^n}$)

$\frac{j}{n}$	1	2	3	4
1	200000	80000	120000	140000
2	250000	120000	160000	180000
3	300000	180000	200000	220000

جدول شماره 7: حد پایین هزینه احداث مرکز خدمات خودرویی در سطوح مختلف(هزار تومان) ($\underline{c_j^n}$)

$\frac{j}{n}$	1	2	3	4	5	6
1	170	120	150	200	100	20
2	240	160	200	300	180	30
3	320	200	250	400	250	40

پس از اجرای مدل با استفاده از این داده‌ها در برش‌های α = 0,0.25,0.5,0.75,1 نتایج به شکل جداول (8) تا (12) ارائه شده‌اند.

جدول شماره 8: نتیجه‌های مکان‌یابی و مسیریابی به ازای برش‌های مختلف

Y_j^n	X_{ijw}^r	Z_1	
Y_2^2, Y_3^3 = 1	$X_{1,2,2}^1, X_{1,3,1}^1, X_{1,3,3}^2, X_{2,3,1}^2, X_{2,3,2}^2, X_{2,3,3}^2, X_{3,3,1}^2, X_{3,3,2}^2, X_{3,3,3}^2$, $X_{4,3,1}^1, X_{4,3,2}^1, X_{4,3,3}^2, X_{5,2,1}^2, X_{5,2,2}^2, X_{5,2,3}^2, X_{6,2,1}^2, X_{6,2,2}^2, X_{6,3,3}^1$, $X_{7,2,1}^2, X_{7,2,2}X_{7,2,3}^2, X_{8,2,1}^2, X_{8,2,2}^1, X_{8,2,3}^2, X_{9,2,3}^2, X_{9,3,1}^1, X_{9,3,2}^2$, $X_{10,2,1}^1, X_{10,2,2}^2, X_{10,3,3}^1$ = 1	2636	صفر
Y_1^1, Y_2^2 = 1	$X_{1,2,2}^2, X_{1,1,2}^1, X_{1,1,3}^2, X_{2,2,1}^1, X_{2,2,2}^2, X_{2,2,3}^1, X_{3,1,2}^2, X_{3,2,1}^2, X_{3,2,3}^1$, $X_{4,2,1}^1, X_{4,2,2}^2, X_{4,2,3}^2, X_{5,1,2}^2, X_{5,2,1}^2, X_{5,2,3}^2, X_{6,1,3}^2, X_{6,2,1}^2, X_{6,2,2}^2$, $X_{7,2,1}^2, X_{7,2,2}X_{7,2,3}^2, X_{8,2,1}^2, X_{8,2,2}^1, X_{8,2,3}^2, X_{9,1,1}^2, X_{9,1,2}^2, X_{9,1,3}^2$, $X_{10,2,1}^1, X_{10,2,2}^2, X_{10,2,3}^1$ = 1	2481	0,25
Y_2^2, Y_4^2 = 1	$X_{1,4,1}^2, X_{1,4,2}^2, X_{1,4,3}^2, X_{2,2,1}^1, X_{2,2,2}^2, X_{2,2,3}^1, X_{3,4,1}^1, X_{3,4,2}^1, X_{3,4,1}^1$, $X_{4,4,1}^1, X_{4,4,2}^1, X_{4,4,3}^1, X_{5,2,1}^2, X_{5,2,2}^2, X_{5,2,3}^2, X_{6,2,1}^2, X_{6,2,2}^2, X_{6,4,3}^2$, $X_{7,2,1}^2, X_{7,2,2}X_{7,2,3}^2, X_{8,4,1}^2, X_{8,4,2}^1, X_{8,4,3}^2, X_{9,2,2}^1, X_{9,4,1}^1, X_{9,4,3}^1$, $X_{10,2,1}^1, X_{10,2,2}^2, X_{10,2,3}^1$ = 1	2620	0,5
Y_2^2,	$X_{1,4,1}^2, X_{1,4,2}^2, X_{1,4,3}^2, X_{2,2,1}^1, X_{2,2,2}^2, X_{2,2,3}^1, X_{3,4,1}^1, X_{3,4,2}^1, X_{3,4,1}^1$	2620	0,75

www.SID.ir

Archive of SID

$Y_4^2 = 1$	$, X_{4,4,1}^1, X_{4,4,2}^1, X_{4,4,3}^1, X_{5,2,1}^2, X_{5,2,2}^2, X_{5,2,3}^2, X_{6,2,1}^2, X_{6,2,2}^2, X_{6,4,3}^2,$ $X_{7,2,1}^2, X_{7,2,2}^2 X_{7,2,3}^2, X_{8,4,1}^2, X_{8,4,2}^1, X_{8,4,3}^2, X_{9,2,2}^1, X_{9,4,1}^1, X_{9,4,3}^1,$ $X_{10,2,1}^1, X_{10,2,2}^2, X_{10,2,3}^1 = 1$	
-	نبود منطقه موجه	1 -

جدول شماره 9: نیاز به موجودی در مراکز راه اندازی شده در هر روز به ازای برش $\alpha = 0$

$\frac{k}{j}$	1	2	3	4	5	6
2	23	15	19	30	23	4
3	25	16	20	32	24	4

جدول شماره 10: نیاز به موجودی در مراکز راه اندازی شده در هر روز به ازای برش $\alpha = 0.25$

$\frac{k}{j}$	1	2	3	4	5	6
1	17	12	14	23	17	3
2	29	20	24	39	29	5

جدول شماره 11: نیاز به موجودی در مراکز راه اندازی شده در هر روز به ازای برش $\alpha = 0.5$

$\frac{k}{j}$	1	2	3	4	5	6
2	24	16	20	32	24	4
4	21	14	18	28	21	4

جدول شماره 12: نیاز به موجودی در مراکز راه اندازی شده در هر روز به ازای برش $\alpha = 0.75$

$\frac{k}{j}$	1	2	3	4	5	6
2	24	16	20	32	24	4
4	21	14	18	28	21	4

نتیجه‌های مدل خطی مکان‌یابی-مسیریابی

پس از اجرای مدل، مقدار سفارش بهینه هر یک از تجهیزات در مراکز خدمات خودرویی راه اندازی شده، که این نتایج در جدول (13) ارائه شده است. به تبع آن مقدار بهینه کل هزینه‌های سفارش‌دهی شامل هزینه خرید و سفارش‌دهی تجهیزات برابر $Z_2 = 81434710$ (هزار تومان) به دست آمد.

جدول شماره 13: مقدار سفارش بهینه در مراکز راه اندازی شده

$\frac{k}{j}$	1	2	3	4	5	6
2	48	16	60	96	96	28
4	42	14	54	84	84	28

www.SID.ir

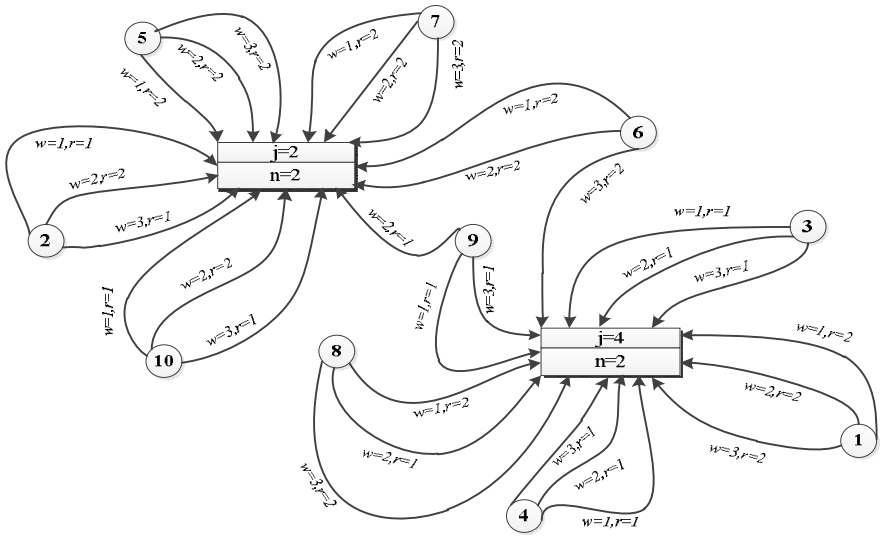
Archive of SID

بحث و نتیجه گیری

مسئله زنجیره تأمین خدماتی به شکل مطرح شده در این پژوهش کمتر در مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته است. به این دلیل جذابیت این موضوع کاملا چشمگیر بوده و نتیجه‌های آن می تواند کاملا کاربردی باشد. مسائل مهم که در این زمینه مورد بررسی قرار می‌گیرند عبارتند از مسیریابی، مکان‌یابی و موجودی کالا. در این پژوهش به یکپارچه‌سازی این مسائل در زنجیره تأمین مراکز خدمات رسانی برای تجهیزات نظامی به وسائل نقلیه نیروهای مسلح پرداخته شد. پس از ایجاد بیان مسئله مطابق با نیازهای موجود به بررسی گسترده پژوهش‌های پیشین و بیان مفاهیم نظری مفاهیم پرداخته شده است. سپس با بررسی جوانب موضوع یک مدل دو مرحله‌ای ارائه شده است. در مرحله اول این ساختار در پی مکان‌یابی مراکز خدماتی از بین نقاط پیشنهادی و مسیریابی وسائل نقلیه به این مراکز در پنجره های زمانی مختلف هستیم. این کار با ارائه یک مدل خطی مکان‌یابی مسیریابی انجام شده است. از آنجا که این مسئله با عدم قطعیت برای تصمیم گیری درگیر است این مدل با روش استوار فازی حل شده و جواب بهینه در سطوح محافظه محاسبه شده است. پس از انتخاب سطح مورد نظر تصمیم گیرنده رفتن به مرحله بعد مدل آغاز می‌شود. نتیجه‌های حاصل از مدل اول به عنوان پارامترهای مدل دوم هستند. در مدل دوم یک مدل غیرخطی موجودی است. در این مدل میزان سفارش تجهیزات در هر مرکز خدماتی به دست آمده است. پس از اجرای مدل با داده‌های در دسترس در برش‌های مختلف α جواب بهینه به دست آمد. در این جواب ها مقادیر متغیرها و تابع هدف تغییر کرده است. با انتخاب سطح برش $\alpha = 0/75$، که محافظه کارانه ترین جواب به دست آمده از برش‌ها بود، تعیین شد که مراکز در نقاط 2 و 4 از بین نقاط کاندید برای راه اندازی در سطح 2 انتخاب شوند. سپس با اجرای مدل سفارش‌دهی میزان سفارش بهینه به دست آمده که این مقدار با توجه به فاصله زمانی بین سفارش تا رسیدن تجهیزات و محدودیت نگهداری تجهیزات بوده است. نتایج به صورت شماتیک در شکل (4) ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره 4: نمای نتایج

برای مقایسه نتایج تحقیق با سایر پژوهش ها می توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد:

هنرور و خلیلی (1395) در مقاله‌ای یک مدل برنامه‌ریزی احتمالی دومرحله‌ای و یک روش حل فرا ابتکاری برای مسأله حمل و نقل مکان‌یابی مسیریابی را به کار گرفتند که در آن مشتری ها امکان سفارش محصولات متفاوت را دارند. در این زنجیره تأمین، محصولات مختلف باید از مراکز توزیع اصلی با ظرفیت محدود به مراکز توزیع فرعی باز شده منتقل شوند و از آنجا بین مشتری‌ها توزیع شوند. پارامترهای اولیه الگوریتم پیشنهادی در این پژوهش با روش تاگوچی تنظیم شده و نتیجه‌های محاسباتی نشان‌دهنده کارایی روش حل پیشنهادی برای حل مسائل در ابعاد مختلف است. حسینی و همکاران (1396) در تحقیقی یک مسئله مکان‌یابی هاب سلسله مراتبی با در نظر گرفتن تنوع وسایل حمل و محدودیت ظرفیت هاب را مورد مطالعه قرار دادند. پس از تشریح مسئله، متغیرهای تصمیم و پارامترهای این مسئله تعریف و سپس مدل ریاضی آن مطابق با شرایط بالا تدوین شده است. براساس نتیجه‌های این تحقیق، دو پارامتر تعداد و ظرفیت هاب تأثیر زیادی بر مقدار تابع هدف (مجموع عوامل هزینه‌ای) و همچنین زمان حل مسئله دارد. همان طور که مشخص است مسئله مکان‌یابی و مسیریابی در صنعت مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است، اما این مسئله

www.SID.ir

Archive of SID

در مراکز خدماتی که شرایط خاصی دارند کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش با در نظر گرفتن زمان لازم برای طی کردن مسیرهای مختلف توسط خودروهای ستادی به مکان‌یابی مراکز خدماتی برای این خودروها پرداخته شده است. همچنین موجودی مراکز نیز در مدل ارائه شده تعیین شده است. همچنین برای در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت از مدلسازی استوار فازی استفاده شده است که به کارگیری این روش‌ها در این موضوع برای اولین بار مطرح شده است.

پیشنهادها

با توجه به یافته‌های پژوهش، پیشنهادهایی به شرح زیر مطرح می‌شود:

- پیشنهاد می‌شود که براساس مقدار بهینه کل هزینه‌های سفارش‌دهی شامل هزینه خرید و سفارش‌دهی تجهیزات فعالیت ها صورت بپذیرد تا از این طریق هزینه‌های کل کاهش یایند.
- سعی شود براساس نتیجه‌های مکان‌یابی و مسیریابی به ازای برش‌های مختلف، گزینه‌ای انتخاب شود که با توجه به محدودیت‌های موجود در شرایط فعلی، بهینه عمل کند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- بهرام پور، نجمه؛ توکلی مقدم، رضا؛ ناصر شهسواری پور (1395). بهینه‌سازی دو هدفه برای مسئله مکان‌یابی مسیریابی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان و هزینه فازی. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم های تولید، دوره 4، شماره 8، صص 133-145.
- جعفرنژاد، احمد؛ مروتی شریف آبادی، علی؛ عطایی، عبدالرضا (1391). مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک. تهران: انتشارات گسترش علوم.
- جوانفر، الهام؛ رضاییان، جواد؛ شکوفی، کیوان؛ مهدوی، ایرج (1396). مسأله مکانیابی مسیریابی انبارهای عبوری چند محصولی با در نظر گرفتن وسایل نقلیه ناهمگن ظرفیت‌دار و قابلیت برداشت و تحویل در چند بار در یک شبکه زنجیره تأمین چندسطحی. نشریه مهندسی حمل و نقل، دوره 8، شماره 3، صص 355-369.
- حسینی، سید محمد حسن؛ حسنی، علی اکبر؛ اسدیان، مهران (1396). مدل‌سازی و حل مسئله مکان‌یابی هاب سلسله مراتبی چند وسیله‌ای با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت هاب ها. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم های تولید، دوره 5، شماره 10، صص 1-15.
- حسینی نسب، حسن؛ صدیقی، علی (1394)، توسعه مدل یکپارچه برای بررسی هم‌زمان مکان‌یابی، مسیریابی وسائل حمل و نقل و کنترل موجودی در یک زنجیره تأمین دو رده‌ای، نشریه سیاست گذاری اقتصادی، دوره 7، شماره 14، صص 105-127.
- رجبی سنگتراشانی، میلاد؛ علی نژاد، علیرضا (1393). ارائه یک مدل برای مسئله حمل و نقل سه بعدی با هزینه ثابت درشبکه زنجیره تأمین دومرحله‌ای و حل آن. اولین کنفرانس بین المللی ابزار و تکنیک‌های مدیریت.
- ستاک، مصطفی؛ علی اصغری، زهرا (1391). مسئله‌ی یکپارچه‌ی مکان‌یابی ـ مسیریابی ـ موجودی با امکان پاسخگویی به برخی مشتریان. هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع.
- ستاک، مصطفی؛ عزیزی، وحید؛ کریمی، حسین (1393). مدلی ریاضی طراحی کردند که پاسخگوی شرایطی خاص با محدودیت‌های گوناگون و در عین حال کاربردی در حوزه مسائل مکان‌یابی-مسیریابی. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم های تولید، دوره 2، شماره 4، صص 67-81.
- عزیزی، مهناز؛ جوانشیر، حسن؛ سرافراز، امیرهمایون (1392). ارایه یک مدل ریاضی جدید برای مسأله مکان‌یابی- مسیریابی چند هدفه و حل توسط یک الگوریتم فراابتکاری کارآمد. دهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع.
- قاسمی، داوود؛ بشیری، مهدی (1392). مسأله مکان‌یابی پوشش سلسله مراتبی بیشینه دسترسی با صف بندی در شرایط پوشش تدریجی. دهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع.

www.SID.ir

Archive of SID

- هنرور، محبوبه؛ خلیلی، مهدی (1395). ارائه الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب جهت حل مدل دو هدفه مسأله‌ی حمل و نقل- مکان‌یابی- مسیریابی با در نظر گرفتن تقاضای غیر قطعی، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم های تولید، دوره 4، شماره 8، صص 147-163.
- Ahmadi, M., Seifi, A., & Tootooni, B. (2015). A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 75, 145-163.
- Dantzig, G., and Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem, Management Science, 6, 80-91.
- Dukkanci, O., Peker, M., Kara, B. (2019). Green hub location problem, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 115, 116-139.
- Iannoni, A. P., Morabito, R., & Saydam, C. (2009). An optimization approach for ambulance location and the districting of the response segments on highways. European Journal of Operational Research, 195(2), 528-542.
- Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., & Wyatt, T. (2011). Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning a review. Mathematical Methods of Operations Research, 74(3), 281-310.
- Li, Y.P., Huang, G.H., Nie, X.H., Nie. S.L., (2008). A two-stage fuzzy robust integer programming approach for capacity planning of environmental management systems. European Journal of Operational Research, 189, 399–420.
- Sung, I., & Lee, T. (2016). Optimal allocation of emergency medical resources in a mass casualty incident: Patient prioritization by column generation. European Journal of Operational Research, 252(2), 623-634.

www.SID.ir