فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال پانزدهم/ شماره ۵۲ / تابستان ۱۳۹۹

ارائه یک مدل چندهدفه مسیریابی و مکان‌یابی در حالت زنجیره‌تأمین سبز و پایدار

سمیه علوی (نویسنده مسؤول)
گروه مهندسی صنایع، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، اصفهان، ایران
Email: somayeh_alavi61@yahoo.com
علیرضا حبیبی
گروه مهندسی صنایع، واحد لنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
احسان اسفندیاری
دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهین شهر

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۰۷ ❋ تاریخ پذیرش ۹۹/۰۲/۳۰

چکیده

در یک شبکه زنجیره تامین، اجرای یک سیستم مدیریت صحیح در فرآیند ارسال کالا می‌تواند با بهبود جریان انتقال محصولات منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش رضایت مشتریان گردد. ازاین‌رو در این پژوهش، یک مدل ریاضی چندهدفه جهت بهینه‌سازی مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با مکان‌یابی انبار در زنجیره تأمین سبز که همزمان عملیات دریافت و تحویل کالا، ارائه و حل گردید. محدودیت‌های اصلی در نظر گرفته شده در این مدل عبارت‌اند از ظرفیت تولیدکننده‌ها، ظرفیت خودروها، انتخاب خودرو بر اساس معیارهای زنجیره تأمین سبز، مسیریابی خودرو و مکان‌یابی انبار تقاطعی جهت کمینه‌سازی هزینه‌ها و مصرف سوخت و کاهش آلودگی می‌باشد. در این مسئله کالاهایی که از تأمین‌کنندگان دریافت می‌شود، پس از دسته‌بندی در انبار تقاطعی به مشتریان در مسیر تحویل می‌شود و یا در صورت لزوم به‌طور مستقیم به مشتریان تحویل داده شود. فرض بر آن است که برداشت و تحویل محصول در یک مسیر مجاز می باشد و یک افق برنامه‌ریزی برای دریافت محصولات در فراباراندار نیز وجود دارد. به‌طورکلی هدف مدل بدست آوردن تعیین بهترین مسیر در حالت زنجیره تأمین سبز و تعداد بهینه وسیله نقلیه مورد استفاده در شبکه توزیع می‌باشد به نحوی که کل هزینه عملیاتی و جابجایی در حداقل ممکن باشد. مدل ارائه شده با استفاده از نرم افزار گمز و روش معیار جامع صحه‌گذاری و اعتبار سنجی شد و نتایج بدست آمده متناسب با مقالات ارائه شده در این حوزه کارا ارزیابی شده و به نسبت مقالات مشابه بهبود حاصل شده است.

کلمات کلیدی: زنجیره تأمین سبز پایدار، مسیریابی و مکان یابی وسایل نقلیه، سیستم‌های انبار خرده‌فروشی، مدل چند هدفه، روش معیار جامع.

۱-مقدمه

رویکرد جدیدی که در دهه اخیر بر مدیریت ارتباطات با مشتریان حاصل شده است، رویکرد مدیریت زنجیره‌تأمین[1] می باشد. یک زنجیره تأمین، تشکیل شده از همه تسهیلات (امکانات)، وظایف، کارها و فعالیت‌هایی است که در تولید و تحویل یک کالا یا خدمت، از تأمین‌کنندگان (و تأمین‌کنندگان آن‌ها) تا مشتریان (و مشتریان آن‌ها) درگیر می باشد و از برنامه‌ریزی و مدیریت عرضه و تقاضا، تهیه مواد، تولید و برنامه زمان‌بندی محصول یا خدمت، انبارش، کنترل موجودی و توزیع، تحویل و خدمت به مشتری تشکیل شده است. زنجیره‌های تأمین در سازمان‌های تولیدی و خدماتی وجود دارند، هرچند که پیچیدگی زنجیره تأمین ممکن است از واحدی به واحد دیگر و از سازمانی به سازمان دیگر شدیداً تغییر کند (Ahmadi et al., 2005).

شرایط متغیر بازار از یک طرف و درخواست‌های گوناگون مشتریان در کنار رقابت فشرده بین تولیدکنندگان کالاها و خدمات در بازار تولیدی از سوی دیگر شرایطی را فراهم اورده است تا زنجیره‌های تأمین با ایجاد نگرش‌های مؤثر در راستای کاهش هزینه-ها و نگرش‌های حمایتی، برای بقا در شرایط مختلف به افزایش میزان عملکرد خود نیز بپردازند. موفقیت و شکست در زنجیره تأمین توسط مشتری یا مصرف‌کننده‌ی نهایی تعیین می‌شوند. رساندن کالای مناسب، در قیمت و زمان مناسب به مصرف‌کننده، نه تنها مهم‌ترین مولفه برای موفقیت رقابتی می باشد، بلکه نقش محرکی در بقای یک نهاد تجاری ایفا می کند. بنابراین در راستای برقراری یک استراتژی نوین در زنجیره تأمین، رضایت‌مندی مشتریان و شناخت بازار، عناصر حیاتی و ضروری در این عرصه هستند (John, 2018). تنها زمانی که محدودیت‌های بازار شناخته شده باشند، یک واحد می‌تواند به تهیه، استخراج و توسعه‌ی استراتژی در جهت پوشش نیازهای زنجیره تأمین و درواقع مشتری نهایی اقدام نمایند. در فضای رقابتی امروز، سازمان-ها بیشتر از همیشه در حال بررسی و موشکافی زنجیره‌های تأمین خود در راستای ایجاد راه‌هایی جهت کاهش هزینه‌ها، مدیریت سطح موجودی، افزایش کارایی و برآوردن تقاضای مشتری هستند. کوتاه کردن چرخه حمل‌ونقل، کنترل هزینه‌های حمل موجودی و تحویل به‌موقع سفارش به دغدغه اصلی کلیه سازمان‌ها در بدنه زنجیره‌های تأمین در جهت کسب سهم بیشتری از بازار در این فضای رقابتی تبدیل شده است. مدیریت زنجیره تأمین یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان محصولات، اطلاعات و مالی، توانایی پاسخگویی به این شرایط را در بر دارد (Boonjing et al., 2017). مدیریت زنجیره تامین همه این فعالیت‌ها را طوری هماهنگ می‌کند که مشتریان بتوانند محصولاتی با کیفیت و خدمات قابل‌اطمینان در حداقل هزینه به دست آورند. انبارش کالاهای تولیدی در نزدیکی بازارهای متقاضی به‌منظور توزیع به‌موقع و مناسب جهت پاسخگویی به نیازهای مشتریان یکی از مسائل مهم در هر زنجیره تأمین می‌باشد؛ چراکه عدم اتخاذ رویکرد مناسب دراین‌باره معمولاً زنجیره تأمین را متحمل هزینه‌های فراوانی می‌کند (Fard & Hajaghaei, 2018). در دنیای صنعتی امروزه، واحدهای تولیدی سعی دارند علاوه بر پشت سر گذاشتن رقبای تجاری خود درزمینه فروش، با انبارشی مناسب از کالاهای مورد تقاضای مشتریان و همچنین مسیریابی وسایل نقلیه به‌منظور حمل کالاهای تولیدی به این انبارها و یا به مشتریان، هزینه‌های خود را کاهش دهند (Maghsoudlou et al., 2016).

برای مسیریابی وسایل نقلیه برای انتقال کالاها، مسائلی با این عنوان، مساله اصلی می‌باشند. مسئله مسیریابی وسایل نقلیه به مساله از مسائل اطلاق می‌شود که در آن ناوگانی متشکل از چندین وسیله نقلیه از یک یا چند انبار به ارائه خدمت به مشتریان مستقر در نقاط مختلف جغرافیایی ارائه می دهند و این امر را به نحوی انجام می‌دهند که هزینه‌های انجام این کار حداقل گردد. در طول این مسیرها مشتریان تنها و تنها یک‌بار ملاقات می‌شوند و تمام تقاضاهای آن‌ها تنها توسط یک وسیله نقلیه دریافت می‌گردد، هر وسیله دارای ظرفیت معینی است و از سویی تمام مسیرها از یک نقطه مشخص (مبدأ بارگیری) آغاز می‌شوند و پس‌ازآنکه وسیله نقلیه یک سلسله از مشتریان را ملاقات نمود به همان نقطه اولیه بازمی‌گردد و مسیر در همان مکان پایان می‌یابد (Seyed Esfahani et al., 2016). این‌گونه مسائل به‌طورکلی به‌عنوان مسائل مسیریابی وسایل نقلیه یا مسائل

[1] Supply Chain Management

برنامه‌ریزی سفر حرکتی خودرو، شناخته شده‌اند. مسئله مسیریابی وسایل نقلیه در قلب مدیریت توزیع واقع شده است و به‌عنوان مسئله‌ای که روزانه هزاران سازمان و کمپانی جهت تحویل و جمع‌آوری کالا یا افراد با آن مواجه هستند.

یکی دیگر از مهم‌ترین فاکتورهای اجرای مدیریت زنجیره تأمین، ارزیابی اثربخش جریان مواد در زنجیره تأمین می‌باشد که به دلیل اهمیت فراوان این مسئله شرکت‌ها به دنبال ایجاد روش‌های کارا برای بالا بردن رضایت مشتریان، کاهش آلایندگی محیط زیر و توسعه پایدار زنجیره تأمین و کاهش هزینه‌ها می‌باشند. در بین روش‌های مختلف، انبارهای تقاطعی، به‌عنوان یک روش کارا برای کاهش موجودی و افزایش سطح پاسخگویی به نیازهای مشتریان در نظر گرفته می‌شود.

سیستم‌های انباری خرده‌فروشی یک نوع استراتژی توزیع می‌باشد که در آن ضمن یکپارچه‌سازی محموله‌ها از ذخیره‌سازی طولانی مدت آن‌ها جلوگیری به عمل می‌آورد. در سیستم‌های انبار تقاطعی ذخیره‌سازی وجود دارد و کالاها تا حد ممکن به‌طور مستقیم پس از تخلیه از وسایل حمل‌ونقل ورودی به وسایل حمل‌ونقل منتقل می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر یکی از اهداف استفاده از سیستم‌های انبار تقاطعی می‌تواند کاهش مدت زمان انتقال کالاها باشد. تصمیمات زمان‌بندی شبکه مربوط به اعزام محموله‌ها می‌شود یعنی تعیین می‌کند که چه تعداد محموله به یک سرویس حمل‌ونقل معین فرستاده شود. در مناطق محلی یک سیستم انبار تقاطعی، زمان‌بندی شبکه ممکن است شامل مسیریابی وسیله نقلیه برای جمع‌آوری و تحویل محموله‌ها از (به) سیستم‌های انبار تقاطعی است. به دلیل اینکه هزینه‌های حمل‌ونقل و توزیع می‌تواند بخش قابل‌ملاحظه‌ای از هزینه‌های زنجیره تأمین را تشکیل دهد، جهت کاهش هزینه و افزایش سرعت توزیع کالا، از این سیستم در شرکت‌ها استفاده می‌گردد.

با توجه به مطالب بیان‌شده ضرورت انجام پژوهش را می‌توان در طبقه‌بندی زیر ارائه نمود (Fard & Hajaghaei, 2018):

برای کار کردن یک سیستم انبار فروش، یک سیستم حمل‌ونقل سریع و پاسخگو ضروری است.

یکی از نیازهای پیاده‌سازی سیستم انبار فروش آن است که تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان باید از طریق سیستم‌های اطلاعاتی یکپارچه باهم در ارتباط باشند (سیستم ارتباطی در خصوص وضعیت ارتباطات عرضه و تقاضای موردنیاز سطوح مختلف در زنجیره تأمین) تا تمامی ارسال‌ها در بازه زمانی موردنظر انجام شود. همچنین جریان اطلاعات بایستی هماهنگ و قابل‌اعتماد باشد.

مکان‌یابی مناسب انبار فروش متناسب با سطح تقاضاهای مشتریان می‌تواند کاهش چشم‌گیری در هزینه‌های زنجیره تأمین داشته باشد.

توسعه مدل ریاضی در حوزه بهینه‌سازی زنجیره تأمین: در عصر فنّاوری و ایجاد زیرساخت‌های ارتباطی مناسب میان سطوح ارزیابی روش‌های بهینه‌سازی ازجمله ارائه مدل ریاضی در حوزه کمینه‌سازی هزینه، کمینه‌سازی آلایندگی و توسعه پایدار امری ضروری است.

یکی از چالش‌های دهه اخیر بهینه‌سازی زنجیره تأمین سبز می‌باشد که سازمان‌ها با توجه به مسائل محیط‌زیستی در پی توسعه ناوگان حمل‌ونقل به‌منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی هستند.

علیرغم اهمیت پژوهش در حوزه‌های زنجیره تأمین به‌صورت مسیریابی و مکان‌یابی، تاکنون کمتر پژوهشی در حوزه مسیریابی و مکان‌یابی سبز و پایدار با در نظر گرفتن محدودیت‌های مربوط به ظرفیت انبار و خودرو در زنجیره سه سطحی انجام شده است. لذا هدف از این پژوهش ارائه مدل ریاضی زنجیره تأمین سبز و پایدار با در نظر گرفتن مسیریابی و مکان‌یابی با لحاظ کردن محدودیت‌های جدید نسبت به پژوهش‌های پیشین و روش تحلیل معیار جامع به عنوان یک روش ابتکاری است. اهداف فرعی پژوهش در ادامه آورده شده است:

تعیین مسیری که سفارش‌ها باید در آن حمل شود؛

تعیین اولویت برداشت و یا تحویل به گره‌های (مشتری‌های) موجود در یک مسیر؛

تعیین نیاز نوع وسایل نقلیه برای تمام گره‌ها جهت حمل‌ونقل میان سطوح زنجیره؛

تعیین ظرفیت وسایل نقلیه برای پاسخگویی به کلیه مسیرهای وسایل نقلیه برای جابجایی و حمل کالا بین گره‌ها (مشتری‌ها)؛
مکان‌یابی انبار خرده‌فروشی در دوره‌های مختلف؛
تعیین میزان محصولی که در انبار خرده‌فروشی در دوره نگهداری می‌شود؛
تعیین میزان کسری محصول در انبار خرده‌فروشی برای کمینه‌سازی کل هزینه‌های زنجیره.
با توجه به اهداف در نظر گرفته‌شده در این پژوهش، نوآوری‌های پژوهش به شرح زیر می‌باشد:
الف) ارائه مدل ریاضی چندهدفه: با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در محیط زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مسیریابی و مکان‌یابی انبار فروش، اغلب پژوهش‌ها به ارائه مدل ریاضی تک هدفه کمینه‌سازی زمان‌بندی توزیع و هزینه پرداختند لذا در این پژوهش یک مدل ریاضی چندهدفه کمینه‌سازی هزینه‌ها و آلایندگی خودروها ارائه‌شده است.
ب) در این پژوهش، یک مدل ریاضی جهت بهینه‌سازی مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با سیستم مکان‌یابی انبار فروش که هم‌زمان عملیات دریافت و تحویل کالا با در نظر گرفتن مسائل زنجیره تأمین سبز و پایدار ارائه و حل می‌گردد. در این مسئله مقداری کالا به مشتریان تحویل داده می‌شود، از تأمین‌کنندگان نیز کالا دریافت می‌شود. کالاهایی که از تأمین‌کنندگان دریافت می‌شود، پس از دسته‌بندی در انبار فروش به مشتریان در مسیری تحویل می‌شود. شرط موجه بودن این مسئله آن است که کل کالایی که به مسیر تخصیص داده شده از ظرفیت انبار فروش و وسیله نقلیه مفروض تجاوز ننماید و وسیله نقلیه ظرفیت کافی برای تحویل کالا از مشتریان را داشته باشد.
ج) حل مدل ریاضی چندهدفه با استفاده از روش معیار جامع که با توجه به ارزیابی‌های انجام‌شده تاکنون پژوهشی در راستای مسیریابی و مکان‌یابی سبز و پایدار با استفاده از روش معیار جامع حل ننموده است.
محققان زیادی بر روی موضوع مدیریت زنجیره تأمین سبز به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین استراتژی‌ها در حال ظهور مدیریت زیست‌محیطی شرکت‌ها پژوهش کردند. باوجود گرم شدن هوا و نوسان قیمت نفت، تأکید بیشتری بر روی حفاظت محیط‌زیست می‌شود و شروع تحقیقات بسیاری را در حوزه توسعه مفاهیم و تئوری‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز دارد. امروزه بسیاری از تلاش‌های تحقیقاتی بر بررسی بین عوامل سبز/ محیطی با عملکرد سازمان/ محیط‌زیست متمرکز می‌باشند (Abukhader & Jönson, 2004).
مدیریت زنجیره تأمین سبز گسترش‌دهنده بهره‌وری میان شرکاست و عملکرد محیطی را سهل می‌کند. پرت و ضایعات را کاهش می‌دهد و باعث صرفه‌جویی هزینه است و درنتیجه علاقه پیش‌ازپیش محققان و مدیران عملیاتی و مدیریت زنجیره تأمین را به خود جلب می‌نماید (Rao & Holt, 2005). مدیریت زنجیره تأمین سبز به‌عنوان یک روند جدید با اهمیت در شرکت‌ها برای نیل به اهداف سهم بازار و سود، با کاهش تأثیرات و ریسک‌های محیطی آن‌ها در کنار حداقل کردن کارایی اکولوژیکی‌شان است (Zhu & Sakris, 2006).
عنوان " مدیریت پایدار شبکه زنجیره تأمین " توسط شورا جهانی توسعه پایدار[۲] با مطرح کردن واژه " استفاده پایدار" و "توسعه پایدار" برای اولین بار معرفی گردید. جهت رسیدن به توسعه پایدار، سازمان‌ها ادامه بقای خود را در مسئولیت‌پذیری در سه حوزه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی یافته‌اند. لذا در این خصوص سازمان‌های موفق با اتخاذ مدل مدیریت سبز، موفقیت پایدار خود را توسعه می‌بخشند (Jabbour et al. 2020).
الف) مسئله مکان یابی و مسیریابی وسایل نقلیه[۳] در زنجیره تأمین

[2] World Commission Environment Development(WCED)
[3] Vehicle Routing Problem (VRP)

در مسائل مکان‌یابی تسهیلات گسسته، انتخاب نقاطی در زنجیره تأمین که شامل تسهیلات جدید گردند، محدود به تعداد مشخصی مکان کاندید موجود می‌گردد. در ساده‌ترین حالت این‌گونه مسائل، مشتری براساس حداقل کردن کل فاصله (وزنی) تسهیلات انتخاب می‌گردند. تقاضاهایی در این مدل فرض می‌شود که همه مکانهای کاندید در هزینه راه‌اندازی مکان‌یابی یک وسیله جدید باشند. تسهیلات با ظرفیت محدود حالت دیگر، مسئله مکان‌یابی است. در هردوی حالت هر مشتری به تسهیلات فعالی که هزینه تخصیص را کمینه‌کند، اختصاص می‌یابد (Vahdani et al., 2012). مسئله مکان‌یابی تسهیلات نامحدود حاصل گسترش مسائل مکان‌یابی با ظرفیت محدود است که در آن نهایت تقاضایی که می‌توان از هر مکان بالقوه‌ای تأمین شود، در نظر گرفته شده است.

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه به مجموعه‌ای از مسائل اطلاق می‌گردد که در آن ناوگانی متشکل از چندین وسیله نقلیه از یک یا چند انبار به ارائه خدمت به مشتریان مستقر در نقاط مختلف جغرافیایی می‌پردازند و این امر را به نحوی انجام می‌دهند که هزینه‌های انجام این کار حداقل گردد. در طول این مسیرها مشتریان تنها و تنها یک‌بار ملاقات می‌شوند و تمام تقاضاهای آن‌ها تنها توسط یک وسیله نقلیه دریافت می‌شود، هر وسیله دارای ظرفیت معینی می‌باشد و از سویی تمام مسیرها از یک نقطه مشخص (مبدأ بارگیری) آغاز می‌گردد و پس‌ازآنکه وسیله نقلیه یک سلسله از مشتریان را ملاقات نمود به همان نقطه اولیه بازمی‌گردد و مسیر در همان مکان پایان می‌یابد (Vahdani et al. 2012).

در جدول ۱ کاربردهای زنجیره تأمین در حالت مسیریابی و مکان‌یابی مورد معرفی قرارگرفته است.

جدول شماره (۱): جدول مرور ادبیات

ردیف	نویسنده	کاربرد	قلمرو مکانی
۱	Lim et al.(2005)	خرده‌فروشی	چین
۲	Lee et al.(2006)	توزیع و دریافت کالا	چین
۳	Vincent et al.(2014)	توسعه مدل لی	–
۴	Vahdani et al.(2012)	توزیع و دریافت کالا	ایران
۵	Ahmadi rad & Khosh alhan(2015)	توزیع و دریافت کالا	ایران
۶	Vincent et al.(2016)	خرده‌فروشی	–

جدول ۲ به بررسی پیشینه پژوهش می پردازد. همانطور که در بررسی پژوهش‌ها مشخص شده است، اکثر پژوهش‌ها بر روی مدل‌های مسیریابی و یا مکان‌یابی در حالت بررسی پایداری پرداختند. لیکن شکاف تحقیقاتی مشاهده شده در اکثر پژوهش‌ها به تک هدفه بودن مدل و پرداختن به مسیریابی و مکان‌یابی می‌توان اشاره کرد. لذا پژوهش حاضر به ارائه مدل زنجیره تأمین در حالت چندهدفه و حل با روش ابتکاری معیار جامع و با در نظر گرفتن مسیریابی و مکان‌یابی در حالت برداشت و تحویل خواهد پرداخت.

جدول شماره (۲): مرور ادبیات انجام شده

ردیف	نویسنده / سال	تقاضا		نوع مسئله			پایداری		روش حل		نوع مدل	
		قطعی	غیرقطعی	مکان‌یابی	مسیریابی	ترکیبی	عادی	سبز	دقیق	فرا ابتکاری	بهینه‌سازی	تصمیم‌گیری

ردیف	نویسنده / سال نویسنده	تقاضا		نوع مسئله				پایداری		روش حل		نوع مدل	
		قطعی	غیرقطعی	مکان‌یابی	مسیریابی	ترکیبی	عادی	سبز	دقیق	فرا ابتکاری	بهینه‌سازی	تصمیم‌گیری
۱	Lim et al.(2005)	*				*	*		*		*	
۲	Lee et al.(2006)	*				*	*			*	*	
۳	Agustina et al. (2010)	*		*			*		*		*	
۴	Olfat et al. (2011)	*		*				*	*			*
۵	Vahdani et al. (2012)	*				*	*		*		*	
۶	Zanjirchini Tabatabai et al. (2013)		*	*				*	*			*
۷	et al. (2013) Afshari		*	*				*	*			*
۸	Vincent et al.(2014)	*				*	*			*	*	
۹	Agustina, et. al (2014)	*				*	*		*		*	
۱۰	Mossaghi Gilani & Rashidi Kamijani (2016)		*	*				*	*			*
۱۱	Porka & Mahdavi (2016)	*				*		*	*		*	
۱۲	Vincent et al.(2016)	*				*	*			*	*	
۱۳	Hemmati & Zarei (2017)	*			*		*			*	*	
۱۴	Ahmadi et. Al (2018)	*				*	*			*	*	
۱۵	پژوهش حاضر	*		*	*	*	*	*	*		*	

۲- روش‌شناسی تحقیق

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده بر روی مدل ریاضی پایه، توسعه مدل ریاضی در خصوص مسیریابی و مکان‌یابی اجرا می‌شود. مسائل مسیریابی وسیله نقلیه که شامل یک دسته **k** تایی مسیرهای ساده و مرتبط با مسیر تک وسیله به‌منظور حداقل‌کردن هزینه مجموعه مسیرها است دارای ضوابط زیر است:

- هر مسیرها به طور مجزا از نقطه مبدأ شروع و مجدد به نقطه مبدأ منتهی می‌شود.
- مشتریان به‌طورمجزا فقط توسط یک وسیله‌نقلیه ملاقات می‌شوند.
- ظرفیت وسیله نقلیه می‌بایست کوچکتر و مساوی مجموع تقاضای مشتریان در یک مسیر باشد.

ازآنجایی‌که پژوهش‌های صورت گرفته برای موضوع مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با در نظر گرفتن مکان‌یابی سیستم‌های تقاطعی تمرکز نمودند، یکی از نوآوری‌های در نظر گرفته‌شده در مدل مسیریابی وسایل نقلیه، در نظر گرفتن هزینه حمل‌ونقل با تابعی از زمان می‌باشد. بدین‌صورت که ممکن است فاصله دونقطه از هم یکسان باشد ولی به دلیل شرایط مسیرها (جاده‌ها و پل‌های ارتباطی) سرعت رسیدن به نقطه مدنظر کم باشد که در این مدل فرض شده است که هزینه حمل‌ونقل تابعی از زمان حمل‌ونقل می‌باشد.

الف) فرضیات مدل

فرض بر آن است که برداشت و تحویل محصول مجاز می‌باشد و یک افق برنامه‌ریزی برای دریافت محصولات در انبار تقاطعی وجود دارد.

رسیدن هم‌زمان وسایل نقلیه در ناوگان بارگیری ضروری است.

یک تقاضای معین از محصول وابسته به هر نقطه تقاضا می‌باشد.

فرض بر آن است، یک قیاسی از انواع محصولات و مقدار هر محصول بارگیری شده در هر بارگیری شناخته شده است.

همه مسیرهای وسایل نقلیه از انبار تقاطعی شروع و خاتمه می‌یابند.

برداشت و تحویل در چند بار مجاز نیست؛ یعنی مشتری حاضر به تحویل گرفتن سفارش در چند بار نمی‌باشد.

وسایل نقلیه محدودیت ظرفیت دارند.

تعداد وسایل نقلیه محدود می‌باشد.

وسایل نقلیه توانایی حمل یک یا چند نوع کالای خاص را دارا می‌باشند.

تمام وسایل نقلیه در سیستم انبار خرده‌فروشی مختلف قرار داده شده‌اند.

شروع و پایان هر مسیر سیستم انبار فروش یکسان است.

وسایل نقلیه ورودی در هر دوره باید در ابتدای دوره به سیستم انبار فروش برسند و وسایل نقلیه خروجی باید در طول روز محموله‌ها را توزیع نمایند

ب) اندیس‌ها و مجموعه‌ها

k شاخص برای عرضه‌کنندگان $(k = 1, \dots, N)$

i شاخص برای مراکز توزیع $(i = 1, \dots, N)$

j شاخص برای مشتریان $(j = 1, \dots, N)$

r شاخص برای محصولات $(r = 1, \dots, R_i)$

l شاخص برای نوع وسایل نقلیه $(l = 1, \dots, L)$

t دوره‌ی زمانی

ج) پارامترها

D_{jrt} مقدار تقاضای خرده‌فروش j از محصول r در دوره‌ی t

CV_l هزینه‌های ثابت وسیله نقلیهl

C_{lki} هزینه حمل محصول توسط ماشین l از عرضه‌کننده k به مرکز توزیع i با در نظر گرفتن موارد آلایندگی و توسعه پایدار

TC_{likt} هزینه حرکت ماشین l از مرکز توزیع i به عرضه‌کننده k با در نظر گرفتن موارد آلایندگی و توسعه پایدار

CC_{lij} هزینه حمل محصول توسط ماشین l از مرکز توزیع i به مکان مشتری j با در نظر گرفتن موارد آلایندگی و توسعه پایدار

CCC_{lkk_n} هزینه حمل محصول توسط ماشین l از عرضه‌کننده k به عرضه‌کننده k_n با در نظر گرفتن موارد آلایندگی و توسعه پایدار

$CCCC_{ljj_n}$ هزینه حمل محصول توسط ماشین l از مشتری j به مکان مشتری j_n با در نظر گرفتن موارد آلایندگی و توسعه پایدار

FC_{it} هزینه ثابت استقرار مرکز توزیع i در دوره t

p_l ضریب آلایندگی وسیله نقلیه l

Te_{ij} زمان سفر بین مرکز توزیع i و مکان مشتری j

CT_{ij} هزینه زمان سفر بین مرکز توزیع i و مکان مشتری j در نظر گرفتن موارد آلایندگی

TT_{jjn} زمان سفر بین مکان مشتریj ام مشتری jn

$TIME_J$ مدت زمان تخلیه بار در مشتری J

CCT_{jjn} هزینه زمان سفر بین مکان مشتری j و مکان مشتری jn با در نظر گرفتن موارد آلایندگی

VP_r حجم هر محصول r

V_i ظرفیت مرکز توزیع i

VV_l ظرفیت ماشین l

H_{Irt} هزینه نگهداری هر واحد محصول R در مرکز توزیع I در دوره T

U عدد خیلی بزرگ

د) متغیرها

Q_{rlkit} : مقدار محصول r که از عرضه‌کننده k به مرکز توزیع i در دوره t ارسال می‌شود.

QP_{rlijt} : مقدار محصول r که از مرکز توزیع i به مکان مشتریj مشتری در دوره t ارسال می‌شود.

QQ_{rlkk_nt} : مقدارحصول r که از عرضه‌کنندهk_n به عرضه‌کننده k در دوره t ارسال می‌شود.

QPT_{rlijj_nt}: مقدار محصول r که از مشتری j به مشتری j_n توسط ماشین l در دوره t ارسال می‌شود.

SH_{Irt} : مقدار محصول R در مرکز توزیع I در دوره T

X_{likt} : متغیر زوجی است که اگر ماشین l از مرکز توزیع i به سمت انبار مرکزیk در دوره t حرکت کند برابر یک و در غیراین‌صورت برابر صفر می‌باشد.

XX_{lkk_nt} : متغیر زوجی است که اگر ماشین l از عرضه‌کننده k به عرضه‌کنندهk_n در دوره t حرکت کند برابر یک و در غیراین‌صورت برابر صفر می‌باشد.

XXX_{lkit} : متغیر زوجی است که اگر ماشین l از عرضه‌کننده k به مرکز توزیع i در دوره t حرکت کند برابر یک و در غیراین‌صورت برابر صفر می‌باشد.

Y_{lijt} : متغیر زوجی است که اگر ماشین l از مرکز توزیع i به مکان مشتری j در دوره t حرکت کند برابر یک و در غیراین‌صورت برابر صفر می‌باشد.

YY_{lijj_nt} : متغیرزوجی است که اگر ماشین l از مکان مشتری j به مکان مشتری j_n در دوره t حرکت کند برابر یک و در غیراین‌صورت برابر صفر می‌باشد.

YYY_{ljit} : متغیر زوجی است که اگر ماشین l از مکان مشتری j به مرکز توزیع i در دوره t حرکت کند برابر یک و در غیراین‌صورت برابر صفر می‌باشد.

bX_{it} : متغیر زوجی است که اگر مرکز توزیع i در دوره t برقرار باشد برابر یک و در غیراین‌صورت برابر صفر می‌باشد.

ه) مدل ریاضی

در این بخش یک مدل عدد صحیح برنامه‌ریزی خطی را برای مسئله داده شده با نمادهای ذکر شده در بالا ارائه می‌دهد. تابع هدف سعی بر آن دارد که کل هزینه عملیاتی و جابجایی را با تعیین بهترین مسیر و تعداد بهینه وسیله نقلیه مورداستفاده به حداقل برساند.

$$\text{Min } Z = (1) \sum\sum\sum\sum\sum\sum Q_{\dots} * C_{\dots} + (2) \sum\sum\sum\sum\sum\sum QP_{\dots} * CC_{\dots}$$

$$+ (3)\sum_{r}\sum_{l}\sum_{k}\sum_{k_n}\sum_{t} QQ_{rlkk_nt} * CCC_{lkk_n} + (4)\sum_{r}\sum_{l}\sum_{j}\sum_{j_1}\sum_{t}\sum_{i} QPT_{rlijj_nt} * CCCC_{ljj_n} + (5)\sum_{l}\sum_{i}\sum_{j}\sum_{k}\sum_{t} CV_l * (X_{likt} + Y_{lijt}) + (6)\sum_{i}\sum_{t} BX_{it} * (FC_{it}) + (7)\sum_{l}\sum_{i}\sum_{j}\sum_{t} Y_{lijt} * T_{ij} * CT_{ij} + (8)\sum_{l}\sum_{j}\sum_{jn}\sum_{t}\sum_{i} YY_{lijnt} * TT_{jjn} * CT_{jjn} + (9)\sum_{I}\sum_{R}\sum_{T} H_{IRT} * SH_{IRT} + (10)\sum_{I}\sum_{k}\sum_{T}\sum_{l} TC_{likt} * X_{likt}$$

تابع هدف اول به‌منظور کمینه‌سازی هزینه‌های زیر طراحی شده است:

(۱) تأمین محصولات از عرضه‌کننده،

(۲) ارسال محصولات دسته‌بندی شده در مرکز توزیع به مشتری،

(۳) تأمین محصولات که از عرضه‌کننده ثانی به مرکز توزیع ارسال می‌شود،

(۴) ارسال محصولات که از مشتری به مکان مشتری دیگر ارسال می‌شود،

(۵) هزینه‌های ثابت مربوط به تأمین محصولات و توزیع بین مکان مشتریان از طریق مرکز توزیع خرده‌فروش،

(۶) هزینه ثابت مکان‌یابی مرکز توزیع خرده‌فروش،

(۷ و۸) هزینه مدت زمان سفر برای ارسال محصولات بین مشتریان،

(۹) هزینه نگهداری محصول در مکان خرده‌فروش،

(۱۰) هزینه حرکت خودرو به سمت عرضه‌کننده

تابع هدف دوم کمینه‌سازی آلایندگی خودروهای مورد مصرف

$$\text{Min } Z2 = \sum_{l}\sum_{i}\sum_{j}\sum_{k}\sum_{t}\sum_{kn\neq k}\sum_{jn\neq j} p_l * (Y_{lijt} + X_{likt} + XX_{lkk_nt} + YY_{lijj_nt})$$

در ادامه محدودیت های پژوهش ارائه شده است.

محدودیت اول با عبارت شماره (۳) تضمین می‌کند که کل محصولات دریافت شده از کلیه عرضه‌کنندگان از ظرفیت خودرو حمل‌ونقل مورداستفاده کمتر باشد.

$$\sum_{r} Q_{rlkit} * VP_r + \sum_{r}\sum_{k_n\neq k} QQ_{rlkk_nt} * VP_r \leq VV_l \qquad \forall l, k, i, t$$

محدودیت دوم با عبارت شماره(۴) تضمین می‌کند کل محصولات دریافت شده در مرکز توزیع خرده‌فروش از حجم انبار دریافت مرکز توزیع آن کمتر باشد.

$$\sum_{r}\sum_{k}\sum_{l} Q_{rlkit} * VP_r + \sum_{r} SH_{IR(T-1)} * VP_r \leq V_i \qquad \forall i, t$$

محدودیت (۵) تضمین می‌کند بالانس محصولات در مرکز توزیع خرده‌فروش به‌گونه‌ای که کل محصولات ورودی بایستی در هر دوره به مکان مشتریان دارای تقاضا منتقل گردد.

$$\sum_{k}\sum_{l} Q_{rlkit} + SH_{IR(T-1)} = \sum_{j}\sum_{l} QP_{rlijt} + \sum_{l}\sum_{j}\sum_{j_n\neq j} QPT_{rlijj_nt} + SH_{IRT} \qquad \forall i, t, r$$

محدودیت (۶) تضمین می‌کند حجم کل محصولات بارگیری شده از حجم خودروها برای ارسال محصول به مکان مشتری کمتر است. به عبارتی از ظرفیت خودرو فراتر نمی‌رود.

$$\sum_{r} QP_{rlijt} * VP_r + \sum_{r} \sum_{j_n \neq j} QPT_{rlijj_nt} * VP_r \leq VV_l \qquad \forall l, j, i, t$$

محدودیت (۷) تضمین می‌کند کل تقاضای مشتریان، یا به‌صورت مستقیم از مرکز توزیع خرده‌فروش دریافت می‌شود یا به صورتی که از یک مشتری به مشتری دیگر ارسال شود.

$$\sum_{l} \sum_{i} QP_{rlijt} + \sum_{l} \sum_{j_n \neq j} \sum_{i} QPT_{rlij_njt} = D_{jrt} \qquad \forall r, j, t$$

محدودیت (۸) تضمین می‌کند درصورتی‌که محصول که از یک عرضه‌کننده دریافت شود، بازگشایی مسیر بین مرکز توزیع خرده‌فروش و عرضه‌کننده انجام شود.

$$\sum_{r} Q_{rlkit} \leq U * XXX_{lkit} \qquad \forall l, i, k, t$$

محدودیت (۹) تضمین می‌کند درصورتی‌که محصول که از یک عرضه‌کننده به عرضه‌کننده دیگر جابجا شود، بازگشایی مسیر بین آن دو عرضه‌کننده انجام شود.

$$\sum_{r} QQ_{rlkk_nt} \leq U * XX_{lkk_nt} \qquad \forall l, k, k_1, t;\ k_n \neq k$$

محدودیت (۱۰) تضمین می‌کند درصورتی‌که محصول از عرضه‌کننده به خرده‌فروش و یا که از یک عرضه‌کننده به عرضه‌کننده دیگر جابجا شود، بازگشایی مسیر بین خرده‌فروش و عرضه‌کننده انجام شود.

$$\sum_{r} Q_{rlkit} + \sum_{k_n \neq k} \sum_{r} QQ_{rlkk_nt} \leq U * X_{likt} \qquad \forall l, i, k, t$$

محدودیت (۱۱) تضمین می‌کند اگر به عرضه‌کننده خودرو در دوره ارسال شود، در همان دوره یا خودرو به عرضه‌کننده بعدی می‌رود و یا به اندازه حجم در دسترس خودرو محصول را بارگیری و مجدد به مرکز توزیع خرده‌فروش برمی‌گردد.

$$\sum_{i} X_{likt} = \sum_{k_n \neq k} XX_{lkk_nt} + \sum_{i} XXX_{lkit} \qquad \forall l, k, t$$

محدودیت (۱۲) تضمین می‌کند در هر دوره به عرضه‌کننده فقط یک‌بار مجوز ورود خودرو داده می‌شود.

$$\sum_{i} \sum_{l} X_{likt} + \sum_{k_n \neq k} \sum_{l} XX_{lk_nkt} \leq 1 \qquad \forall\ k, t$$

محدودیت (۱۳) تضمین می‌کند در هر دوره یا از مرکز توزیع خرده‌فروش به مشتری مسیر بازگشایی می‌گردد و یا از یک مشتری به مشتری دیگر مسیری بازگشایی می‌گردد.

$$\sum_{i} \sum_{l} Y_{lijt} + \sum_{j_n \neq j} \sum_{l} \sum_{i} YY_{lij_njt} \leq 1 \qquad \forall\ j, t$$

محدودیت (۱۴) تضمین می‌کند در هر دوره خودرو از عرضه‌کننده به مرکز توزیع خرده‌فروش می‌رود.

$$\sum_{i} XXX_{lkit} \leq 1 \qquad \forall\ k, l, t$$

محدودیت (۱۵) تضمین می‌کند در هر دوره خودرو وارد شده به هر مشتری یا به مشتری بعدی می‌رود و یا به انبار مرکز توزیع خرده‌فروش برمی‌گردد.

$$\sum_{j_n \neq j} \sum_{l} YY_{lij j_nt} + \sum_{i} \sum_{l} YYY_{ljit} \leq 1 \qquad \forall\ j, t$$

محدودیت (۱۶) تضمین می‌کند درصورتی‌که خودرو از مرکز توزیع خرده‌فروش به مشتری برود، در صورت امکان پس‌ازآن مشتری به مرکز توزیع خرده‌فروش مجدد بازمی‌گردد.

$$\sum_{j} Y_{lijt} \geq \sum_{j} YYY_{ljit} \qquad \forall\ i, t, l$$

محدودیت (۱۷) تضمین می‌کند درصورتی‌که که در هر دوره محصول از عرضه‌کننده وارد مرکز توزیع خرده‌فروش شود در همان دوره نیز محصولات از مرکز توزیع خارج گردند.

$$\sum_{l}\sum_{k} XXX_{lkit} = \sum_{j}\sum_{l} Y_{lijt} \qquad \forall\ t, i$$

محدودیت (۱۸) تضمین می‌کند خودرو در هر دوره می‌تواند یک‌باراز مرکز توزیع خرده‌فروش به مشتری برود.

$$\sum_{l}\sum_{j} Y_{lijt} \leq 1 \qquad \forall\ i, t$$

محدودیت (۱۹) تضمین می‌کند محصولات در هر دوره از مرکز توزیع خرده‌فروش به مشتری ارسال گردد، بازگشایی مسیری بین انبار خرده‌فروش و مشتری ایجاد شود.

$$\sum_{r} QP_{rlijt} \leq U * Y_{lijt} \qquad \forall l, i, j, t$$

محدودیت (۲۰) تضمین می‌کند درصورتی‌که بین مشتریان محصول جابجا گردد، آنگاه مسیری بین مکان مشتری بازگشایی گردد.

$$\sum_{l}\sum_{jn\neq j} QPT_{rijj_nt} \leq U * YY_{lijj_nt} \qquad \forall l, jn \neq j, i, j, t$$

محدودیت (۲۱) تضمین می‌کند بین مشتریان حلقه بسته ایجاد نشود.

$$YY_{lijj_nt} + YY_{lijnjt} \leq 1 \qquad \forall\ l, j, jn \neq j, t$$

محدودیت (۲۲) تضمین می‌کند محصول در هر دوره از مرکز توزیع خرده‌فروش به مشتری ارسال گردد آنگاه مرکز توزیع خرده‌فروش بناشده است.

$$\sum_{r}\sum_{l}\sum_{j} QP_{rlijt} \leq U * BX_{it} \qquad \forall\ i, t$$

محدودیت (۲۳) تضمین می‌کند ورودی و خروجی‌های خودروها به هر مشتری بالانس باشد.

$$Y_{lijt} + \sum_{j_n\neq j} YY_{lij_njt} = \sum_{j_n\neq j} YY_{lijj_nt} + \sum_{i} YYY_{ljit} \qquad \forall\ l, i, j, t$$

محدودیت (۲۴) مربوط به متغیرهای زوجی است.

$$YYY_{ljit}, YY_{ljj_nt}, Y_{lijt}, XXX_{lkit}, XX_{lkk_nt}, X_{likt}, XY_{lkjt} \in \{0,1\}$$

و) سنجش صحت مدل

برای آزمودن صحت و اعتبار مدل پیشنهادی، یک مسئله با ابعاد کوچک ارائه، سپس مدل ریاضی آن ارائه و با یک نمونه حل عددی مدل پیشنهادی مورد بررسی قرار خواهد گرفت و توسط نرم‌افزار گمز[4] که یک نرم‌افزار تحقیق در عملیات است حل خواهد شد. در این مدل با توجه به عوامل مختلف، حداقل سازی هزینه دستیابی مدنظر می‌باشد. همانطور که اشاره شد، هزینه-های مدل پیشنهادی شامل هزینه‌های تأمین محصولات از تأمین‌کنندگان، ارسال محصولات دسته‌بندی شده در فراباراندار به مشتریان، تأمین محصولات که از تأمین‌کننده ثانی به فراباراندار ارسال می‌شود، ارسال محصولاتی که از مشتری به مشتری دیگر ارسال می‌شود و هزینه‌های ثابت مربوط به تأمین محصول و توزیع بین مشتریان از طریق فراباراندار می‌باشد. درنهایت خروجی‌های حاصل از مدل و مقدار تابع هدف ارائه می‌شود.

[4] Gams

در ادامه برای نشان دادن صحت مدل ارائه‌شده، یک مثال عددی با استفاده از نرم‌افزار گمز ۲۲ و حل‌کننده سیپلکس حل شده است به تفصیل بیان‌شده است. در ارزیابی صحه‌گذاری مدل از سه تأمین‌کننده و تعداد پنج مشتری و سه انبار توزیع و سه نوع خودرو برای حمل‌ونقل برای توزیع سه نوع محصول و در دو دوره زمان‌بندی استفاده‌شده است.

ز) اطلاعات ورودی به مدل ریاضی

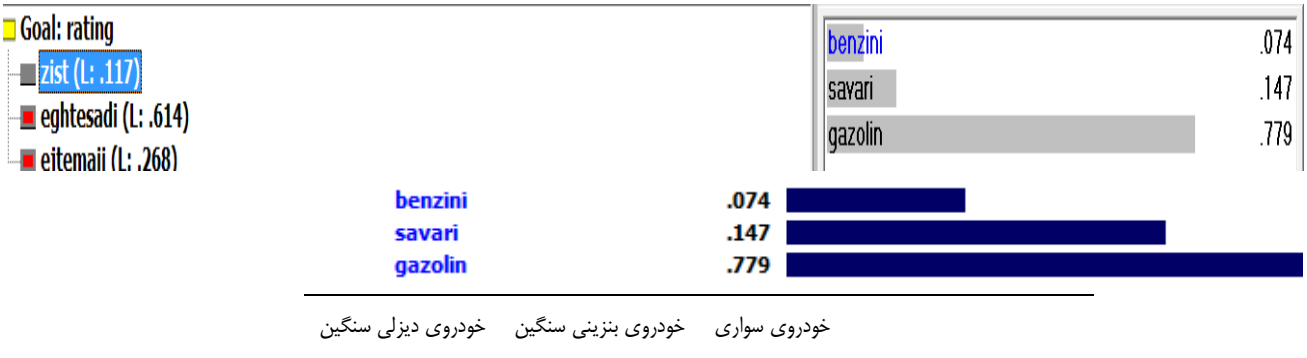
با توجه به پارامترهای ورودی تنظیم شده در نرم‌افزار گمز، به بررسی پارامترهای ارائه‌شده پرداخته‌شده است. در مدل ریاضی صحه‌گذاری شده تعداد عرضه‌کنندگان شرکت سه مرکز در نظر گرفته‌شده است و مراکز خرده‌فروشی را دو مرکز و مشتریان (عامل‌های فروش استانی) را پنج مشتری یا نمایندگی عامل فروش در نظر گرفته‌شده است. ارزیابی انجام‌شده برای سه دسته محصولات در نظر گرفته شد که این محصولات با استفاده از سه نوع خودرو در دو دوره زمانی ارزیابی و بررسی شدند.

در ارزیابی انجام‌شده محصولات نوع ۱ میزان ۲ واحد و نوع ۲ مقدار ۴ واحد و محصول نوع ۳ نیز ۲ واحد در نظر گرفته شد. ظرفیت انبارهای توزیع به میزان ۱۰۰۰۰۰ واحد و ۲۰۰۰۰۰ واحد تخمین زده شده است. ظرفیت سه خودروی حمل‌ونقل ۸.۰۰۰ و ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰ واحد می‌باشد. هزینه‌های ثابت استفاده از خودرو برای خودروی اول تا سوم به ترتیب ۳۰۰ و ۲۰۰ و ۱۰۰ واحد و زمان استاندارد حمل‌ونقل نیز ۱۲۰ ساعت در نظر گرفته‌شده است. تقاضای مشتریان به ترتیب در جدول ۳ در دو دوره بررسی به شرح زیر است:

جدول شماره (۳): تقاضای مشتریان

مشتری	محصول	دوره اول	دوره دوم	مشتری	محصول	دوره اول	دوره دوم
	محصول ۱	۱۲	۲۴		محصول ۱	۳۰	۱۹
مشتری ۱	محصول ۲	۱۶	۲۳	مشتری ۳	محصول ۲	۱۷	۲۳
	محصول ۳	۲۲	۲۵		محصول ۳	۱۳	۲۵
	محصول ۱	۱۸	۱۹		محصول ۱	۲۹	۲۴
مشتری ۲	محصول ۲	۱۴	۲۰	مشتری ۴	محصول ۲	۱۲	۲۷
	محصول ۳	۲۸	۲۴		محصول ۳	۲۵	۱۵
	محصول ۱	۲۷	۱۲				
مشتری ۵	محصول ۲	۲۹	۲۴				
	محصول ۳	۱۷	۱۳				

با توجه به معرفی پارامتر آلایندگی برای خودروها در مدل ریاضی، ضریب هزینه در نظر گرفته‌شده به‌صورت جریمه آلایندگی خودروها محاسبه شده که بر اساس بررسی هزینه‌های حمل‌ونقل به شرح زیر می‌باشد. با توجه به ارزیابی خبرگان، رویکردهای پایداری در سه حوزه زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی است که بر اساس تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل انجام شده توسط نرم افزار اکسپرت چویس نتایج شکل ۱ بدست آمده است.



ضریب وزنی آلودگی و پایداری	٪۱۴.۷	٪۷.۴	٪۷۷.۹

شکل شماره(۱): نمودار تحلیل ارزیابی خبرگان در خصوص ضریب الودگی وسیله نقلیه

با توجه به آزمون آلایندگی انجام‌شده شرکت بر روی خودروها، هزینه بین ۲۰ تا ۳۰ واحد پولی در نظر گرفته شد (به دلیل اهمیت داده‌ها شرکت واحد پولی را اعلام نمی‌کند). همانطور که بیان شد کلیه هزینه‌های حمل‌ونقل از این تابع پیروی می‌کند. جدول ۴ هزینه نگهداری هر واحد محصول را نشان می دهد.

جدول شماره (۴): هزینه نگهداری هر واحد محصول در خرده‌فروش

خرده فروش	محصول	دوره اول	دوره دوم	خرده فروش	محصول	دوره اول	دوره دوم
	محصول ۱	۲	۲		محصول ۱	۴	۲
خرده‌فروش ۱	محصول ۲	۱	۴	خرده‌فروش ۲	محصول ۲	۴	۱
	محصول ۳	۲	۵		محصول ۳	۳	۱

ح) روش معیار جامع

حل مساله توسط روش معیار جامع صورت گرفت. مقدار بهینه تابع هدف i ام (مستقل از بقیه تابع هدف و با در نظرگیری محدودیت‌ها) است. خودروی فرض شده در این مساله خودرو سواری می باشد. با توجه به حل مدل ریاضی در نرم‌افزار گمز و بهینه بودن جواب‌ها نتیجه زیر حاصل می‌شود:

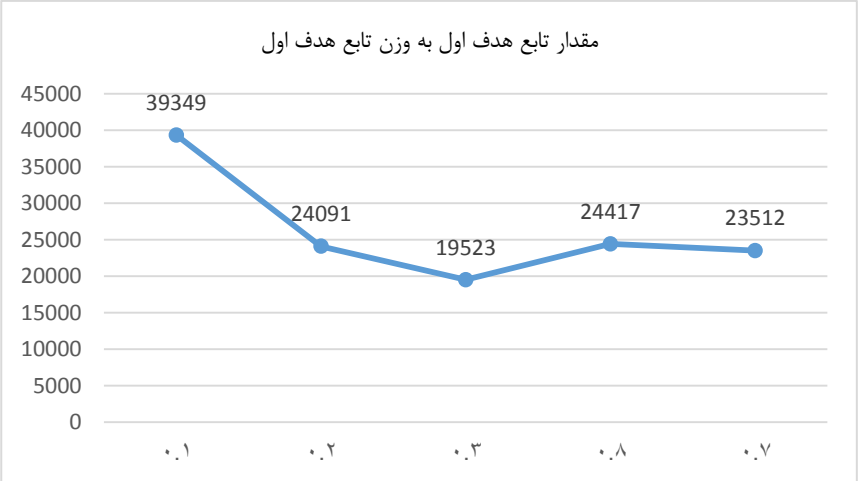
```
                S O L V E      S U M M A R Y

     MODEL                      OBJECTIVE  z1
     TYPE     MIP               DIRECTION  MINIMIZE
     SOLVER   CPLEX             FROM LINE  135

**** SOLVER STATUS      1 Normal Completion
**** MODEL STATUS       1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE                0.0000
```

با توجه به حل مدل انجام‌شده در نرم‌افزار گمز، مدل در مدت زمان ۶ ثانیه حل شده و مقدار تابع هدف اول ۲۰۶۳۶ و مقدار تابع هدف دوم ۲۱۶۰ واحد به‌صورت مستقل برآورد شده است. لذا با توجه به مقادیر معیار جامع ارائه شده در جدول ۵، برای هر مقدار p جدول مطلوبیت جواب‌هایی کارا به شرح زیر است:

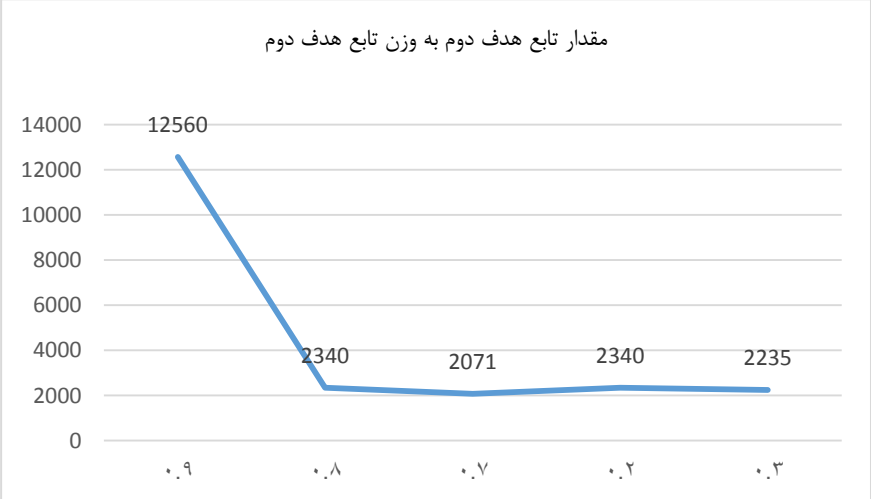
جدول شماره (۵): مقادیر معیار جامع

ردیف	مقدار p	وزن		تابع هدف اول	تابع هدف دوم	مدت زمان حل	مقدار تابع هدف
		تابع اول	تابع دوم				
۱	۱	۰/۱	۰/۹	۳۹۳۴۹	۱۲۵۶۰	۰/۲۱۸	۰/۰۳۳
۲	۲	۰/۲	۰/۸	۲۴۰۹۱	۲۳۴۰	۳۵	۰/۰۸۰
۳	۳	۰/۳	۰/۷	۱۹۵۲۳	۲۰۷۱	۵۵	۰/۱۲۳
۴	۴	۰/۸	۰/۲	۲۴۴۱۷	۲۳۴۰	۶۸	۰/۰۷۹
۵	۵	۰/۷	۰/۳	۲۳۵۱۲	۲۲۳۵	۸۸	۰/۰۷۵

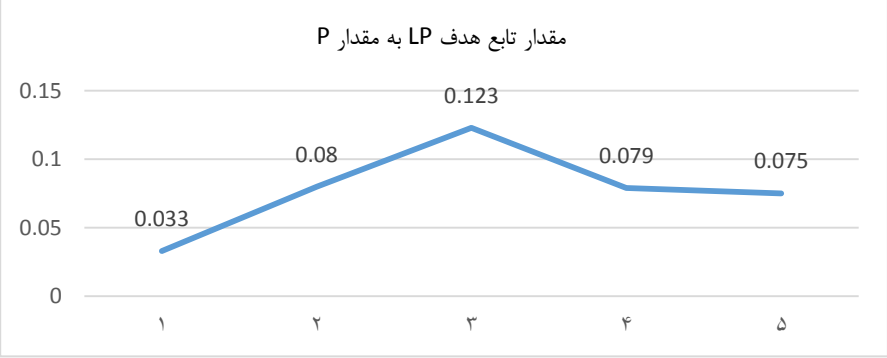
منحنی مقدار تابع هدف اول به وزن تابع هدف درروش معیار جامع در شکل ۲ ، منحنی مقدار تابع هدف دوم به وزن تابع هدف درروش معیار جامع در شکل ۳ و منحنی مقدار تابع هدف LP به مقدار P در شکل ۴ ارائه شده است.



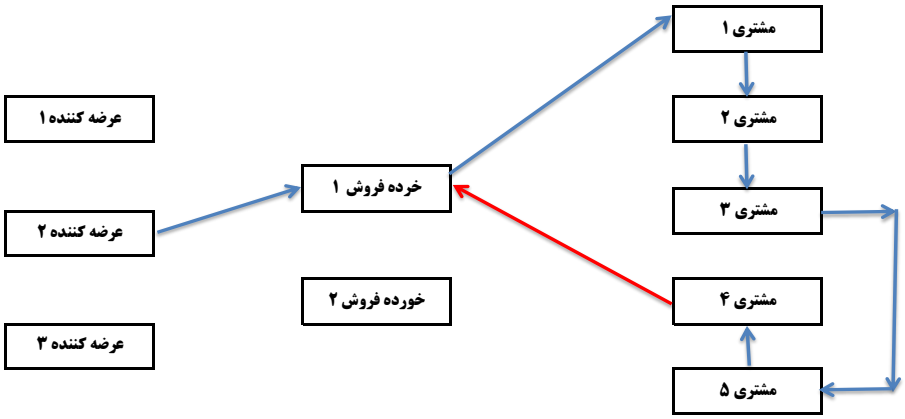
شکل شماره (۲): منحنی مقدار تابع هدف اول به وزن تابع هدف درروش LP-metric



شکل شماره (۳): منحنی مقدار تابع هدف دوم به وزن تابع هدف درروش LP-metric



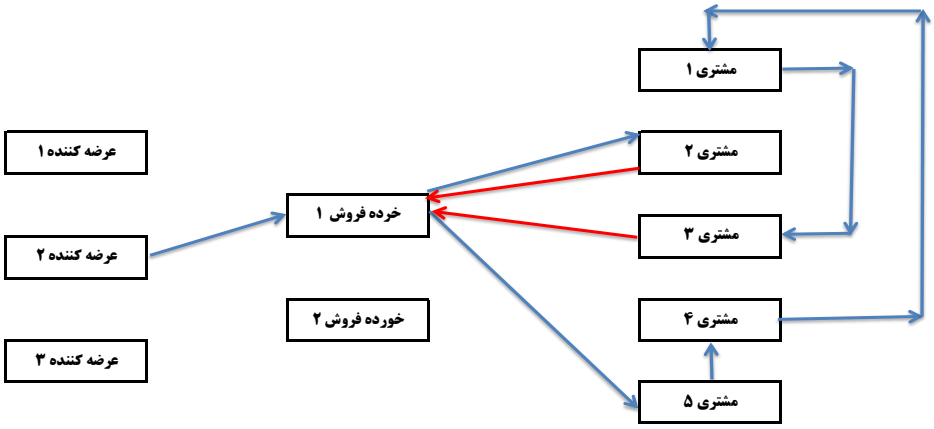
شکل شماره (۴): منحنی مقدار تابع هدف LP به مقدار P



شکل شماره (۵): مسیریابی و مکان‌یابی در دوره اول

همانطور که در شکل شماره ۵ نشان داده شده است، در دوره اول مواد موردنیاز از عرضه‌کننده دوم به خرده‌فروش شماره ۱ انتقال داده شده و با خودروی شماره دو ابتدا به مشتری شماره ۱ رفته و تقاضا را تحویل و سپس به مشتری دوم و سوم رفته و سپس به مشتری پنجم و پس از تحویل به مشتری ۴ به خرده‌فروش شماره ۱ بازمی‌گردد. همانطور که نشان داده شد در دوره اول مکان خرده‌فروشی شماره ۱ انتخاب گردید.

مسیریابی و مکان‌یابی در دوره دوم به شرح شکل۶ است.



شکل شماره (۶): مسیریابی و مکان‌یابی در دوره دوم

همانند دوره اول مکان خرده‌فروشی اول انتخاب شده است و در ابتدا تقاضای مشتری شماره دو به‌صورت مستقیم ارسال شده و سپس خودرو شماره ۱ به مشتری شماره ۵ رفته و سپس به مشتری ۴ و به مشتری شماره ۱ و مشتری شماره ۳ رفته و تقاضاها را تحویل می‌دهد و سپس به انبار بازمی‌گردد.

۳- نتایج و بحث

تولید و توزیع در صنعت، پیوسته در حال گسترش است و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل مناسب، مسیریابی بهینه و کاهش هزینه‌های نگهداری و انبارش از مباحث مهم در این زمینه است. همچنین توزیع محصولات و خدمات از نقطه اصلی به نقطه مصرف، یکی از بخش‌های مهم تولید ناخالص ملی است که نشان دهنده میزان تولید ثروت یک کشور می‌باشد. در نتیجه، فعالیت‌های لجستیک برای یک کشور به منزله ثروت محسوب می‌شوند و حمل‌ونقل نیز یکی از بخش‌های اصلی فعالیت‌های لجستیکی بوده که می‌تواند تأثیر به‌سزایی در قیمت تمام شده محصولات بگذارد.

بنابراین در این پژوهش مدل مسیریابی وسایل نقلیه با سیستم انبارهای خرده‌فروشی و حالت چند کالایی و قابلیت برداشت و تحویل همزمان در مسیر طراحی شد که هدف از طراحی مدل، تعیین بهترین مسیر و تعداد بهینه وسیله نقلیه مورد استفاده در شبکه توزیع می‌باشد به نحوی که کل هزینه عملیاتی و جابجایی در حداقل ممکن باشد.

به‌منظور تحقق اهداف پژوهش از تکنیک‌های بهینه‌سازی متعددی بهره گرفته شده است. در قدم اول مجموعه فرضیات، اهداف و محدودیت‌های این مسئله به‌صورت یکپارچه فرموله گردید. مدل نهایی قطعی این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار گمز حل و نهایی گردید. با توجه به چندهدفه بودن این مسئله و این‌که مسائل موجود در دنیای واقعی معمولاً دارای چندین هدف هستند با استفاده از روش معیار جامع به ارزیابی مدل پرداخته شد. در پژوهش حاضر به سوالات مطرح شده در ذیل پاسخ داده شد.

بهترین مسیری که سفارش‌ها باید در آن حمل شود، کدام است؟ جهت بررسی این موضوع متغیر تصمیم معرفی شد و با توجه به اهداف تعیین شده در مدل ریاضی مناسب‌ترین مسیرهای حمل‌ونقل معرفی شدند.

اولویت برداشت و یا تحویل به گره‌های موجود (مشتری‌ها) در یک مسیر به چه صورت است؟با توجه به تعریف مسئله و متغیر تصمیم تعریف شده متناظر، اولویت‌های برداشت و یا تحویل در انبار خرده‌فروشی تعیین گردید.

آیا امکان استفاده از همه وسایل نقلیه برای تمام گره‌ها (مشتری‌ها) وجود دارد؟با توجه به تعریف متغیرهای وسایل حمل‌ونقل همگن تعریف شده در این حیطه، مشخص گردید کدام وسایل نقلیه بیشترین کاربرد را در مسیریابی دارند.

میزان ظرفیت وسایل نقلیه برای پاسخگویی به کلیه مسیرهای وسایل نقلیه برای جابجایی و حمل کالا بین گره‌ها (مشتری‌ها) به چه مقدار می‌باشد؟با توجه به متغیر تصمیم معرفی شده در خصوص انتخاب خودروها ظرفیت مورد نیاز برای حمل‌ونقل شناسایی شدند.

مکان‌یابی انبار خرده‌فروشی در دوره‌های مختلف به چه شکل است؟با توجه به تعریف متغیر تصمیم باینری انجام شده در خصوص انتخاب مکان احداث انبارها در هر دوره تصمیم‌گیری می‌شود.

میزان محصولی که در انبار خرده‌فروشی در دوره نگهداری می‌شود چه میزان است؟جهت تصمیم‌گیری در این خصوص متغیر تصمیم مورد نیاز در مدل ریاضی در نظر گرفته شد و مقادیر محصول نگهداری شده در هر دوره بدست آمده است.

میزان کسری محصول در انبار خرده‌فروشی برای کمینه‌سازی کل هزینه‌های زنجیره چه میزان است؟جهت تصمیم‌گیری در این خصوص متغیر تصمیم مورد نیاز در مدل ریاضی در نظر گرفته شد و مقادیر محصول کسری در هر دوره بدست آمده است.

محدودیت‌های این پژوهش شامل موارد زیر می‌باشد:

از جمله محدودیت‌های این پژوهش آن است که به صورت مقطعی انجام پذیرفت که توصیه می‌گردد به دلیل اهمیت موضوعات به صورت مستمر مورد بررسی و بازبینی قرار داده شود.

کثرت فرآیندهای اداری برای هماهنگ نمودن بخش‌های مختلف به منظور جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد و در نتیجه طولانی شدن فرآیند انجام پژوهش می‌گردد.

پیشنهادات به دو دسته پیشنهادات کاربردی و پیشنهادات برای تحقیقات آتی طبقه بندی شده اند.

پیشنهاد می‌گردد در راستای ارزیابی صحیح سطح آلایندگی مسیریابی، از معیارهای جامع مربوط به معاینات فنی خودروها استفاده گردد.

پیشنهاد می‌گردد ظرفیت خودروهای حمل‌ونقل به‌گونه‌ای انتخاب گردد تا تورهای مسیریابی بهینه‌سازی شوند.

پیشنهاد می‌گردد در راستای توسعه مفاهیم مکان‌یابی انبار خرده فروشی از روش تصمیم‌گیری بر مبنای شاخص‌های ارزیابی استفاده شود.

در تحقیقاتی آتی می‌توان برای حل مسائل با ابعاد بزرگ الگوریتم‌های فراابتکاری نیز ارائه و عملکرد آن‌ها را با الگوریتم پیشنهاد شده مقایسه‌ی کرد.

در تحقیقات آتی، عدم قطعیت در پارامترهای ورودی مسئله می‌توان به کار برد.

می‌توان پنجره زمانی و انواع مسائل در بخش مسیریابی وسیله نقلیه مدل در نظر گرفت.

مدل ارائه شده در پژوهش با تغییر برخی از محدودیت ها قابل بسط به هر زنجیره یا هر وسیله نقلیه حتی پیک موتوری می تواند باشد

٤- منابع

1- Ahammad, M. F., Glaister, K. W., & Gomes, E. (2020). Strategic agility and human resource management. *Human Resource Management Review*, 30(1), 100- 119.

2- Alhadid, W. (2016). The Effect of Organizational Agility on Organizational Performance. *Journal of Business Research*, 69(5), 1544-1549.

3- Amirnezhad, GH., Parastoo, A. (2016).Effect of Organizational Structure on Organizational Agility in Islamic Azad University Region 6 of Khuzestan (from the View of University Professors). *Quarterly Journal of Social Development*, 11 (1), 273-296. (In Persian).

4- Ansari, R., Abedi SHarabyani., A., KHayat KHosdoz, A. (2018). Impact of Technology Management on Agility Capabilities, Case Study in Kashan Steel Factory, Production and Operations Managmenet. *Journal of Production and Operations Management*, 7(1), 191-214. (In Persian).

5- Appelbaum, S. H., Calla, R., Desautels, D., & Hasan, L. (2017). The challenges of organizational agility (part 1). *Industrial and Commercial Training*, 49(1), 6-14.

6- Ashrafi, A., Ravasan, A. Z., Trkman, P., & Afshari, S. (2019). The role of business analytics capabilities in bolstering firms' agility and performance. I*nternational Journal of Information Management*, 47, 1-15.

7- Bahrami, K, Karimi Goushaki, MH, (2019) A Model for Agility in Overhaul Using Interpretive Structural Modeling (Case Study: One of the Defense Equipment Repair and Recovery Center). *Industrial Management*, 11 (2), 255-272. (In Persian).

8- Costa, R. G. G. D., & Rezende, J. F. D. C. (2018). Strategic alignment of knowledge management and value creation: implications on to an oil and gas corporation. *RAUSP Management Journal*, 53(2), 241-252.

9- Chen, T. C. T., & Lin, Y. C. (2019). A three-dimensional-printing-based agile and ubiquitous additive manufacturing system. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 55, 88-95.

10- Campanelli, A.S., Parreiras, F.S.: Agile methods tailoring a systematic literature review. *Journal of Systems and Software* 110, 85 – 100 (2015).

11- Dehghani Poodeh, H, Shafqat, A, Ibn Al-Reza, S, Houlasu, Amin. (2018). Identifying Factors Affecting Organizational Agility in an Armed Forces Organizations with Fuzzy Approach. *Interdisciplinary Studies of Strategic Knowledge*, 31 (31), 7-48. (In Persian).

12- Fatihiyan, M., Sheykh, A. (2011). Investigating the Impact of Information Technology on the Agility of Small and Medium Enterprises. *Daneshvar (Raftar) Management and Achievement*, 4 (2), 71-96. (In Persian).

13- Farhadi, F., Taghizade Yazdi, M., Momeni, M., Sajadi, S. M. (2018). Providing Sustainable Supply Chain Agility Model in the Brick Industry of Isfahan province. *Industrial Management Journal*, 10 (3), 252-335. (In Persian).

14- Farjad, Sh, Ghorchian, N, Taghipour Zahir, A, (2019). Determining the organizational agility of universities based on Goldman and Nagel models. *Educational Management Innovations*, 14 (1), 63-79. (In Persian).

15- Fatihiyan, M., Sheyekh, A. (2011). Investigating the Impact of Information Technology on the Agility of Small and Medium Enterprises. *Daneshvar (Raftar) Management and Achievement*, 4 (2), 71-96. (In Persian).

16- Hadi Tabar, Javad, Maddooshi, Mehrdad.(2017) .Introducing a native model of organizational agility in knowledge-based companies. *Journal of Executive Management*, 9 (17), 35-58(In Persian).

17- Haghighi, M, Hami, M, Shojaee, V.(2018). Investigating Factors Affecting Organizational Agility in Sport and Youth Offices of Mazandaran Province. H*uman Resource Management in Sport*, 5 (2), 249-262. (In Persian).

18- Horlach, B., Drews, P., Schirmer, I., & Böhmann, T. (2017). Increasing the agility of IT delivery: five types of bimodal IT organization. In Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences.

19- Paterek, P. (2017). Agile Transformation in Project Organization: Knowledge Management Aspects and Challenges. Academic Conferences and Publishing International Limited.

20- Potdar, P. K., & Routroy, S. (2018). Analysis of Agile Manufacturing Enablers: A Case Study. *Materials Today*: *Proceedings*, 5(2), 4008-4015.

21- Sepahvand R, Shariatnejad A, Arefnejad M. (2015) The Survey of Information Technology Effect on Intellectual Capital and Knowledge Management Strategies with Moderator Effect of Organizational Agility. *ORMR*. 5 (3), 71-96. (In Persian).

22- Rashidi, M., Cherabin, M., Akbari, A., & Maghool, A. (2019). Explaining an Organizational Agility Development Model. *Journal of System Management*, 5(2), 211-224. (In Persian).

23- Ravichandran, R. (2017). Investigating the relationship between conflict management, organizational destructive behavior and information technology adequacy, organizational innovation capacity and agility. *R & D Management*, 12(1). 7–19.

24- Vieira, M. H., Araujo, C. F., & Sampaio, C. H. (2017). The role of Agility and Institutional Barriers in the relationship between Learning Orientation and Performance. *REBRAE*, 10(1), 114-130.

25- Yusuf, Y. Y., Gunasekaran, A., Musa, A., Dauda, M., El-Berishy, N. M., & Cang, S. (2014). A relational study of supply chain agility, competitiveness and business performance in the oil and gas industry. *International Journal of Production Economics*, 147, 531-543.