تعیین تعداد بهینه انبارها

درمراکز توزیع استانی

و الگوی بهینه تورهای توزیع

در صنعت پخش

محسن قانون
فوق لیسانس مدیریت تولید

مهدی خسروانی
لیسانس مهندسی صنایع

یکی از رویکردهای مطرح در مدیریت زنجیرهٔ تأمین، افزایش کارایی و بهره‌وری از طریق بهبود فرایند توزیع کالا به کمک تکنیک‌های تحلیل و طراحی شبکه توزیع است. در سال‌های اخیر به‌کارگیری توأمان دو مفهوم مکان‌یابی مراکز توزیع(انبارها) و مسیریابی وسایل حمل‌ونقل (تورهای توزیع) منجر به ابداع مدل یکپارچه مکان‌یابی - مسیریابی(LRP) گردید که می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش هزینه‌های مربوط به انبارش و توزیع، کاهش زمان سرویس‌دهی و افزایش کیفیت خدمات توزیع و پخش داشته باشد به‌گونه‌ای که امروزه در بسیاری از کشورهای صنعتی بهینه کاوی شبکه‌های توزیع، به‌عنوان جزء لاینفکی از نظام پایدار توزیع محسوب می‌گردد. در این مسائل، تعداد انبارها (مراکز توزیع)، اندازه ناوگان و تعداد خودروهای مسئول حمل‌ونقل و ساختار مسیرها (شکل تورهای توزیع) بر اساس نوع صنعت پخش (غذائی، داروئی و ...)، نواحی و گستردگی جغرافیائی، حجم و ارزش ریالی کالاها، الزامات کاری، استانداردهای صنعت و بسیاری شاخص‌های مؤثر در فرآیند توزیع و پخش، تعیین می‌گردد. لذا آشکارا تکنیک LRP نه‌تنها جهت بهینه‌سازی در شرکت‌های پخش در حال کار (دایر) قابل استفاده است بلکه به‌منظور تعیین مناسب‌ترین ساختار یك شرکت پخش جدیدالتأسیس نیز از قابلیت بالائی برخوردار است. در این مقاله ضمن معرفی اجمالی مسائل مکان‌یابی مسیریابی، به بررسی یك نمونه پروژه واقعی در صنعت پخش دارو پرداخته‌شده است. بدیهی است به دلیل پیچیدگی مدل‌های LRP و گستردگی اطلاعات مربوط به فاکتورهای مؤثر در عملیات توزیع و پخش، مسئله ریاضی موردبحث از نوع NP-hard بوده لذا به‌منظور دستیابی به پاسخ قابل‌قبول درزمانی معقول، از روش فرا ابتکاری شبیه‌سازی تبرید به‌منظور جستجوی فضای جواب و از برنامه‌نویسی تحت نرم‌افزارMATLAB بهره گرفته‌شده است. نتایج حاصل از حل مدل LRP پیشنهادی، مبین تأثیر فزاینده مدل درافزایش ظرفیت‌های خدمت‌دهی و کاهش هزینه‌های ناشی از حذف انبارهای مازاد و اصلاح تورهای توزیع، در شرکت پخش موردمطالعه است.

در انتها شایان‌ذکر است فارغ از نوع کالا، نوع تجهیزات حمل و ساختارهای مالی و کارکنان شرکت‌های پخش ، به دلیل انعطاف‌پذیری مدل‌های LRP ، امکان به‌کارگیری تکنیك مذکور در انواع شرکت‌های شاغل در حوزه انبارش و توزیع کالا به سهولت وجود دارد.

واژه‌های کلیدی:

مدل‌سازی ریاضی، مسئله مکان‌یابی مسیریابی، روش حل فرا ابتکاری، شبکه توزیع، مرکز توزیع(انبار استانی)

مقدمه

در محیط کسب‌وکار کنونی، سازمان‌ها در پی کسب مزیت رقابتی از طریق پاسخگویی به‌موقع به نیاز مشتریان می‌باشند. مهم‌ترین مسئله در سیستم‌های توزیع، تأمین نیاز مشتری به میزان خواسته‌شده و در زمان خواسته‌شده با کمترین هزینه و نیز با بیشترین رضایت مشتری است. ازاین‌رو توزیع کنندگان با دو مسئله اساسی روبرو هستند: نخست تصمیمات مربوط به تعیین تعداد و مکان احداث مراکز توزیع و از سویی دیگر مسیریابی بهینه توزیع(طراحی تور توزیع) تا در کمترین زمان ممکن بتوانند به تقاضای مشتریان پاسخ دهند. اصولاً مسائل LRP درصدد کمینه کردن هزینه‌های سیستم توزیع به‌وسیله انتخاب همزمان مکان تسهیلات و ایجاد مسیرهای توزیع بهینه در سیستم لجستیك هستند. یکی از اشکالاتی که امروزه در بسیاری از شرکت‌های پخش مشاهده می‌گردد عدم وجود منطق علمی در برآورد مکان احداث مراکز توزیع(انبار) و تعداد بهینه آن‌ها است. وارد شدن این علم به صنعت توزیع موجب گردیده که شرکت‌ها از صرفه‌جویی‌های مالی محسوسی بهره‌مند شوند زیرا تعیین مکان یا تعداد بهینه‌ی مراکز توزیع، سبب جلوگیری از هزینه‌های ناشی از برقراری انبارهای مازاد بر نیاز یا وجود تورهای توزیع طولانی، ناشی از کمی تعداد انبارها و مراکز توزیع می‌گردد. همچنین زمان‌بندی و برنامه‌ریزی بهینه تردد وسایل نقلیه، مبتنی بر تورهای توزیع اصلاح‌شده، موجب کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای و تسریع در عملیات توزیع کالا می‌گردد.

مفاهیم مسئله مکان‌یابی- مسیریابی(Location Routing Problems)

پایه و اساس مسائل مکان‌یابی- مسیریابی برگرفته از مسئله فروشنده دوره‌گرد است. مسئله فروشنده دوره‌گرد یکی از مسائل مشهور بهینه‌سازی است که بر اساس آن یك فروشنده دوره‌گرد می‌خواهد به N شهر سفر کند و کالای خود را به فروش برساند، به‌طوری که ضمن مراجعه به تمام شهرها، از هر شهر فقط یک‌بار عبور نموده و درنهایت کمترین مسیر را طی کرده باشد. روش‌های مختلفی برای حل این مسئله ارائه‌شده است که ساده‌ترین آن روش brute force است که تنها برای تعداد شهر بسیار کم ، جواب می‌دهد ولی درصورتی که تعداد شهرها زیاد باشد به دلیل پیچیدگی مسئله استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازجمله روش‌های حل دقیق مسئله ، روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری ، قابلیت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها دارند و در زمان معقول پاسخ قابل‌قبولی ارائه می‌نمایند.

مسائل مکان‌یابی-مسیریابی تاکنون بر اساس روش‌های زیر حل‌شده‌اند:

الف) الگوریتم‌های دقیق: شامل الگوریتم شاخه و کران ، برنامه‌ریزی پویا و روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی

ب) روش‌های ابتکاری: ازجمله روش ابتدا مکان‌یابی-

تخصیص و سپس مسیریابی، روش ابتدا مسیریابی و سپس مکان‌یابی- تخصیص

ج) روش‌های فرا ابتکاری: یک الگوریتم فرا ابتکاری (Meta heuristic)، فرایندی است که با ترکیب هوشمندانه مفاهیم و اصول مختلف و با استفاده از استراتژی‌های یادگیری و ساختارهای اطلاعاتی (برای جستجو و اکتشاف فضای جواب)، کمک می‌کند تا به‌طور کارآمد، جواب‌های نزدیک به بهینه شناسایی شود. نقطه قوت روش‌های فرا ابتکاری، قابلیت آن‌ها در حل مسائل ترکیبی است که می‌توانند در زمان‌های نسبتاً کوتاه به جواب‌های خوبی دست یابند. الگوریتم ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید، جستجوی ممنوع ، الگوریتم مورچگان و شبکه‌های عصبی نمونه‌هایی از روش‌های فرا ابتکاری هستند که سه روش اول از رایج‌ترین آن‌ها می‌باشند.

تعریف مسئله و مدل ریاضی پیشنهادی

مسئله مکان‌یابی- مسیریابی را این‌گونه می‌توان تعریف نمود که از میان مکان‌هایی با ظرفیت محدود برای انتخاب انبار استانی می‌خواهیم به‌گونه‌ای تصمیم بگیریم که به مجموعه مشتریان یا محل خدمت توسط مجموعه خودروها سرویس داده شود، به‌گونه‌ای که با مشخص بودن تقاضا در هر مکان از ظرفیت خودروها ونیز انبار استانی تجاوز ننماییم.

۳-۱- مدل ریاضی پیشنهادی:

$$\min z=\sum_{i\in I} o_i y_i+\sum_{i\in V}\sum_{j\in V}\sum_{k\in K} c_{ijk} x_{ijk}+\sum_{k\in K}\sum_{i\in V}\sum_{j\in V} F_i x_{ijk} \quad (۱-۱)$$

$$\sum_{k\in K}\sum_{i\in V} x_{ijk}=1,\ \forall j\in J \quad (۱-۲)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{i\in V} d_j x_{ijk}\le Q,\ \forall k\in K \quad (۱-۳)$$

$$\sum_{j\in J} d_j f_{ij}\le W_i y_i,\ \forall i\in I \quad (۱-۴)$$

$$\sum_{j\in V} x_{ijk}-\sum_{j\in V} x_{jik}=0,\ \forall i\in V,\ \forall k\in K \quad (۱-۵)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in I} x_{ijk}\le 1,\ \forall k\in K \quad (۱-۶)$$

$$\sum_{i\in S}\sum_{j\in S} x_{ijk}\le |S|-1,\ \forall S\in J,\ \forall k\in K \quad (۱-۷)$$

$$\sum_{u\in I} x_{iuk}+\sum_{u\in V\setminus i} x_{uik}\le 1+f_{ij},\ \forall i\in I,\ \forall j\in J,\ \forall k\in K \quad (۱-۸)$$

$$x_{ijk}\in\{0,1\},\ \forall i\in I,\ \forall j\in V,\ \forall k\in K \quad (۱-۹)$$

$$y_i\in\{0,1\},\ \forall i\in I \quad (۱-۱۰)$$

$$f_{ij}\in\{0,1\},\ \forall i\in I,\ \forall j\in V \quad (۱-۱۱)$$

۳-۲- اجزاء تابع هدف:

(۱-۱) به ترتیب از سمت راست ، مجموع هزینه‌های احداث مسیر ، هزینه سفر و هزینه راه‌اندازی انبار می‌باشند.

۳-۳- محدودیت‌ها:

محدودیت (۱-۲) تضمین می‌کند هر مشتری به یک مسیر تعلق داشته باشد.

محدودیت‌های (۱-۳) و (۱-۴) به ترتیب ظرفیت کامیون و انبار را محدود می‌کنند.

دو محدودیت (۱-۵) و (۱-۶) باهم تضمین می‌کنند که هر مسیر از یک انبار شروع شده و به همان انبار ختم شود به‌عبارت‌دیگر منجر به شروع و پایان یکسان هر مسیر می‌شود.

محدودیت (۱-۷) زیر تورها را حذف می‌کند. محدودیت (۱-۸) مشتری را به انباری اختصاص می‌دهد که مسیر حرکت از انبار به مشتری احداث‌شده باشد.

محدودیت‌های (۱-۹)، (۱-۱۰) و (۱-۱۱) سه متغیر صفر و یک استفاده‌شده در مدل را تصریح می‌کند.

۳-۴- متغیرهای تصمیم:

- x_{ijk} : اگر کامیون K وظیفه‌ی توزیع داروی تحویل گرفته از مرکز i جهت تحویل دارو در نقطه مصرف j را داشته باشد مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت مقدار ۰ می‌گیرد.
- f_{ij} : درصورتی که مرکز توزیع i وظیفه تحویل دارو به نقطه مصرف j را داشته باشد مقدار ۱ می‌گیرد و در غیر این صورت مقدار ۰ می‌گیرد.
- y_i : در صورتی مقدار ۱ دارد که مرکز توزیع i جهت پخش دارو فعال تشخیص داده شود.

۳-۵- پارامترهای مدل:

- C_{ij} : هزینه هر کیلومتر جابه‌جایی جهت توزیع دارو از نقطه i (شامل مراکز توزیع و نقاط مصرف) به نقطه j برحسب ریال
- W_i : میزان ظرفیت نگهداری دارو در مرکز توزیع i برحسب کارتن استاندارد سرم ۱۲ تایی
- O_i : هزینه احداث و نگهداری مرکز توزیع i برحسب ریال
- d_j : مقدار تقاضای دارو در نقطه مصرف j برحسب کارتن استاندارد سرم ۱۲ تایی
- F_i : هزینه ثابت انجام تور از مرکز توزیع i برحسب ریال

اجرای مسئله در شرایط واقعی

به‌منظور پیاده‌سازی مدل در شرایط واقعی، یک شرکت پخش سراسری دارو متشکل از ۱۹ مرکز توزیع (انبارهای استانی) در کل کشور و یک انبار مرکزی موردمطالعه قرار گرفت. بر این اساس در اولین گام اقدام به جمع‌آوری اطلاعات میدانی گردید. اطلاعات موردنیاز در این مسئله به‌طور خلاصه شامل شناسایی نقاطی که به‌عنوان مشتری (دریافت‌کننده دارو) می‌باشند، متوسط تقاضای داروی هر مشتری، تعیین فواصل بین نقاط استقرار مشتریان، انواع وسایل نقلیه موجود و ظرفیت هر نوع وسیله نقلیه، ظرفیت انبارش کالا در مراکز توزیع (انبارهای استانی)، چگونگی تخصیص نقاط مصرف به مراکز توزیع، ترتیب تورهای توزیع، چگونگی تخصیص وسایل نقلیه به تورها و فواصل زمانی انجام تورها است. همچنین به‌منظور ایجاد امکان مقایسه قابلیت مدل در کاهش هزینه‌ها، اقدام به محاسبه هزینه‌ها قبل و بعد از اجرای مدل گردید بدین منظور کل هزینه‌های توزیع و پخش به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: هزینه‌های برگزاری تورهای

توزیع و هزینه‌های مربوط به مراکز توزیع(انبار استانی) پس از محاسبه هزینه‌ها، به‌منظور حل مدل، سه سناریو در نظر گرفته‌شده است:

۱- در سناریوی اول تمرکز مدل تنها بر روی بهبود مسیریابی و بهینه‌سازی شکل تورهای توزیع دارو بدون تغییر تعداد مراکز توزیع بوده، لذا هیچ کدام از مراکز توزیع(انبار استانی) نباید غیرفعال شوند.

۲- در سناریوی دوم مدل اجازه دارد در صورت لزوم تنها تعدادی از مراکز توزیع کم‌درآمد(ازلحاظ فروش) را حذف نماید و همزمان اصلاح مسیریابی و بهینه‌سازی شکل تورهای توزیع نیز مجاز است.

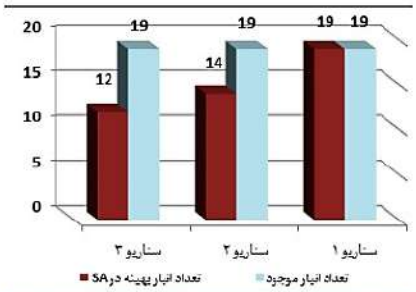
۳- در سناریوی سوم حل آزاد مسئله مکان‌یابی - مسیریابی موردنظر است. یعنی مدل می‌تواند در صورت لزوم هرکدام از مراکز را که منجر به بهینگی بهتر مسئله می‌گردد، غیرفعال نماید و همچنین اصلاح مسیریابی و بهینه‌سازی شکل تورهای توزیع دارو نیز بلامانع است. (حل کشوری)

۴-۱- متدولوژی حل مسئله

در راستای بررسی کارآمدی مدل پیشنهادی، ابتدا در ابعاد کوچک‌تر و برای دو انبار استانی هم‌جوار اقدام به بهینه یابی و حل مسئله گردید تا در صورت صحت نتایج، روش مذکور به حل مدل در ابعاد بزرگ‌تر که کل مراکز توزیع کشور را شامل می‌شود تعمیم یابد. بدین منظور از الگوریتم فرا ابتکاری شبیه‌سازی تبرید استفاده گردید و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تحت نرم‌افزار MATLAB برنامه‌نویسی شد که نتایج حاصله مبین کارایی الگوریتم شبیه‌سازی تبرید نسبت به حل دقیق است و بر این اساس اقدام به حل یکپارچه مدل با استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید در ابعاد کشوری شد.

۴-۲- نتایج محاسباتی حل مدل LRP پیشنهادی

در سناریوی اول چون هیچ انبار استانی نباید غیرفعال شود صرفاً مسیرهای توزیع کالا بهبودیافته‌اند (اصلاح یا ایجاد تورهای توزیع جدید) لذا حداکثر درصدبهبود مربوط به کاهش هزینه‌های مسیریابی برای یك مرکز ۴۸٪ و بهبود کل بعد از بهینه‌سازی یکپارچه(کشوری) ۱۹٪ خواهد بود. در سناریوی دوم از بین ۸ انبار استانی کاندید(به لحاظ فروش کم)، ۵ انبار، توسط الگوریتم شبیه‌سازی تبرید غیرفعال تشخیص داده شد که ۱۸٪کاهش هزینه‌های مسیریابی و ۱۳٪ کاهش هزینه



نمودار شماره۱: تعداد مراکز توزیع بعد از اجرای هر سناریو

مربوط به دایری مراکز توزیع را در برداشت لذا در کل ۱۴٪ کاهش هزینه ناشی از اجرای سناریوی دوم است.

در روند بهینه‌سازی سناریوی سوم، از بین ۱۹ انبار استانی، ۷ انبار توسط هر دو الگوریتم غیرفعال تشخیص داده شده است. کاهش هزینه ناشی از اجرای این سناریو، ۱۲٪ مربوط به مسیریابی، ۱۸٪ مربوط به دایری مراکز توزیع بوده که در کل ۲۰٪ کاهش هزینه درنتیجه اجرای این سناریو حاصل می‌گردد.

توضیح اینکه با نگاه سخت‌گیرانه و به‌منظور کاهش ریسك ناشی از خطای اطلاعات ، ۵۰٪ هزینه‌های دستمزد کارکنان، هزینه‌نگهداری تجهیزات و هزینه‌های مربوط به آب و برق انبارهایی که تعطیل شده‌اند، به هزینه‌های مسئله بازگردانده شده است.

لازم به ذکر است ازآنجاکه مسائل مکان‌یابی- مسیریابی از نوع گسسته هستند در حل مدل پیشنهادی از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید استفاده‌شده که در حل مدل‌های گسسته نتایج قابل‌قبول‌تری ارائه می‌دهد.

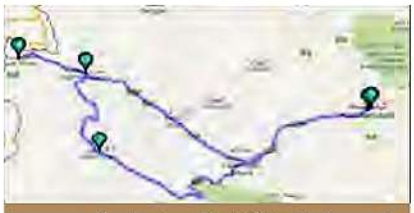
با توجه به اینکه هزینه‌ها به‌دو گروه هزینه‌های مسیریابی و هزینه‌های دایری مراکز توزیع تفکیک‌شده‌اند، بر این اساس درصد تفکیکی کاهش هزینه‌ها در هر دو گروه در جدول شماره ۵-۱ درج گردید.

نظر به هدف مدل LRP پیشنهادی مبنی بر تعیین تعداد بهینه مراکز توزیع، خلاصه نتایج مربوط به سناریوهای سه‌گانه در رابطه با تعدیل مراکز عملیاتی تا سرحدات بهینگی مدل، مطابق نمودار ذیل قابل ارائه است.

۴-۳- نمایش نمونه‌هایی از بهینه‌سازی تورهای توزیع توسط مدل LRP پیشنهادی

۴-۳-۱- مرکز توزیع (انبار استانی) کرمانشاه

یکی از انبارهای استانی در مطالعه حاضر انبار شهر کرمانشاه است که در محدوده توزیع خود دارای تورهای توزیع متعددی است. در وضعیت اولیه و قبل از بهینه‌سازی مجموع مسافت طی شده برابر ۴۹۶ کیلومتر با هزینه ۱،۵۰۱،۸۲۸ ریال است که پس از بهینه‌سازی و حل مدل، تور اسلام‌آباد، کرند با تور گیلان غرب، سرپل ذهاب و قصر شیرین ادغام و یك تور با مسافت ۳۸۶ کیلومتر و هزینه ۹۳۴،۸۳۵ ریال ایجاد گردید.



تصویر شماره۱(قبل از بهینه یابی)

تصویر شماره۲ (پس از بهینه یابی)

۴-۳-۲- مرکز توزیع (انبار استانی) شیراز

تور شیراز، داراب، حاجی‌آباد، خور به طول ۸۹۷ کیلومتر (تصویر شماره ۳) پس از بهینه‌سازی به مرکز بندرعباس تخصیص داده می‌شود و مسافت تور بندرعباس، داراب، حاجی‌آباد، خور به طول ۷۰۰ کیلومتر کاهش می‌یابد. (تصویر شماره ۴)

جدول شماره۵-۱ : درصد کاهش هزینه‌های مسیریابی و مراکز توزیع در هر سناریو

سناریوها	بهینه‌سازی	SA
سناریوی اول	درصد کاهش هزینه‌های مسیریابی	۱۹٪
	درصد کاهش هزینه‌های مراکز توزیع	۰٪
	درصد کاهش کلی هزینه‌ها(سالیانه)	۳۲/۰٪
سناریوی دوم	درصد کاهش هزینه‌های مسیریابی	۱۸٪
	درصد کاهش هزینه‌های مراکز توزیع	۱۳٪
	درصد کاهش کلی هزینه‌ها(سالیانه)	۱۴٪
سناریوی سوم	درصد کاهش هزینه‌های مسیریابی	۱۲٪
	درصد کاهش هزینه‌های مراکز توزیع	۱۸٪
	درصد کاهش کلی هزینه‌ها(سالیانه)	۲۰٪

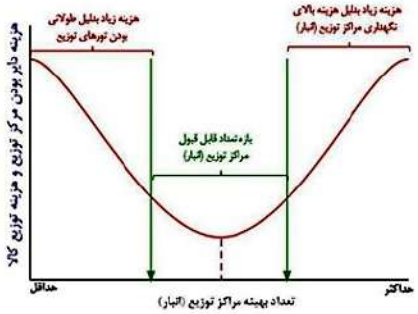
تصویر شماره ۳

تصویر شماره ۴

۵- بررسی رفتار مدل بهینه یابی، تحت الگوریتم SA، به‌منظور شناسایی رابطه بین تعداد مراکز توزیع (انبارهای استانی) با هزینه‌های عملیاتی شرکت‌های پخش

با بررسی رفتار مدل مشخص می‌شود که تعیین تعداد انبارهای بهینه در سازمان‌های مبتنی بر فرایند انبارش و توزیع کالا، تابعی از موازنه میان هزینه‌های نگهداشت (برقراری) مراکز توزیع در مقایسه با هزینه‌های عملیات توزیع ازجمله هزینه سوخت، استهلاک ماشین‌آلات حمل کالا تا مبادی مصرف، هزینه‌های فرصت ازدست‌رفته ناشی از عدم توزیع به‌موقع محصولات و .... است لذا به هنگام تصمیم‌گیری درزمینهٔ ایجاد

نمودار شماره۳: رابطه تعداد مراکز توزیع با هزینه‌های توزیع



شرکت‌های مبتنی بر انبارش و توزیع کالا یا اجرای استراتژی‌های انقباضی یا انبساطی، ضروری است با توجه به ساختار هزینه‌ای هر سازمان، سرحدات بهینگی تعدادی، در راستای کمینه‌سازی هزینه‌های گردش فرایند برآورد گردد و عملیات گسترش یا تعدیل تعداد مراکز انبارش و توزیع، در بازه عددی نزدیک به نقطه بهینه، طرح‌ریزی و اجرا شود.

بر اساس تعداد مراکز توزیع موجود در سازمان موردمطالعه و تعداد مراکز توزیع بهینه حاصل از حل مدل LRP پیشنهادی، به نظر می‌رسد که هرچه تعداد مراکز توزیع از تعداد بهینه بیشتر شود افزایش هزینه ناشی از هزینه احداث و نگهداری انبارها اجتناب‌ناپذیر خواهد بود و همچنین در صورت کاهش تعداد انبارها از تعداد بهینه، افزایش هزینه به دلیل طولانی شدن تورهای توزیع قطعی است.

نتیجه‌گیری

مسئله مکان‌یابی- مسیریابی یکی از مسائل بااهمیت و پرکاربرد در مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک است. در مقاله حاضر برای نزدیک سازی بیشتر مسئله به دنیای واقعی و در جهت کاربردی کردن آن، پس از تعیین محدودیت‌ها و مفروضات واقعی، مدل استاندارد با محدودیت‌های یک شرکت توزیع دارو بومی‌سازی شده است. مدل فوق با نرم‌افزار GAMS جهت حل دقیق برنامه‌نویسی و حل شد که به دلیل ابعاد بزرگ مسئله جواب شدنی حاصل نگردید. سپس با توجه به پیچیدگی حل مسئله و ناتوانی روش‌های بهینه‌سازی دقیق در حل مسئله در ابعاد بزرگ، رویکردی فرا ابتکاری برای حل مسئله ارائه شد و بدین منظور از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید استفاده گردید. مدل فوق در نرم‌افزار متلب برنامه‌نویسی و اجرا شد که جواب‌های قابل توجهی نیز پس از حل مدل به دست آمد. این مدل در سه سناریو تعریف گردید که هر سناریو با توجه به ابعاد و محدودیت‌های آن کاهش هزینه‌های متفاوتی را در پی داشته. در سناریوی اول بدون حذف انبارهای استانی، مسیرهای توزیع بهبود داده شد. در سناریوی دوم تعداد ۸ انبار استانی کم‌درآمد به‌عنوان کاندید حذف در نظرگرفته شد که ۵ انبار حذف گردید و تورهای توزیع مربوطه به سایر انبارها اختصاص یافت. در سناریوی سوم (بدون محدودیت در حذف مراکز توزیع) به مدل اجازه داده شد همه انبارها را به‌عنوان کاندید حذف در نظر بگیرد که در این سناریو تعداد ۷ انبار حذف و تورهای توزیع آن‌ها در عملیات سایر انبارها ادغام گردید که این سناریو بیشترین کاهش هزینه را برای سازمان در پی داشت. پس از حل مسئله در حالت‌های مختلف، نتایج حاصل، کیفیت مدل و الگوریتم انتخابی را در یافتن جوابی مناسب برای مسئله موردمطالعه در زمانی معقول نشان می‌دهد. نظر به اینکه مدل‌های LRP از گستردگی و پویایی بالایی در شرایط واقعی برخوردارند، قابلیت توسعه و ارتقاء به‌منظور تطابق با وضعیت‌های مختلف را دارا می‌باشند. لذا بر اساس مدل‌های پیشنهادی در این مقاله و در صورت اعمال فرضیه‌های جدید به مسئله ازجمله در نظر گرفتن الگوهای متفاوت مسافت-سفر در مراکز توزیع با توجه به گستردگی محدوده توزیع، پنجره زمانی، رضایت مشتری، خرابی خودروها یا استفاده از الگوریتم‌های حل ابتکاری مانند opt-۲، می‌توان به‌عنوان تحقیقات آتی به توسعه و ارتقاء مدل کمک نمود.

منابع

کریمی، حسین،بشیری، مهدی(۱۳۸۹)کاربردالگوریتم‌های ابتکاری و فرا ابتکاری در طراحی سیستم‌های صنعتی

مجتبی حیدر، موسوی اسماعیل و توکلی مقدم رضا(۱۳۸۷) یك مدل مکان‌یابی-مسیریابی با در نظر گرفتن تخصیص یك محصول

Nagy, G. and Salhi, S. (2007). "Location-routing: issues, models and methods." European Journal of Operational Research, 177: 649– 72

Balakrishnan, A., Ward, J.E., Wong, R.T., 1987. Integrated facility location and vehicle routing models: Recent work and future prospects. American Journal of Mathematical and Management Sciences 7, 35–61.

Balakrishnan, A., Ward, J.E., Wong, R.T., 1987. Integrated facility location and vehicle routing models: Recent work and future prospects. American Journal of Mathematical and Management Sciences 7, 35–61.

Bruns.A.D..1998.Zweistufige Standortplanung unter Berucksichtigung von Tourenplanungsaspekten – Primale Heuristiken und Lokale Suchverfahren, PhDDissertation,Sankt GallenUniversity.

Prins, C., Prodhon, C. and Wolfler-Calvo, R. (2006).

Kirkpatrick, S. , Gelatt, C. D. , and Vecchi, M. P. , Optimization by simulated annealing, Science

Cerny, V. , A thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm, Journal of Optimization Theory and Applications

Rand, G.K., 1976. Methodological choices in depot location studies. Operational Research Quarterly 27, 241–249.

Berman, O., Jaillet, P., Simchi-Levi, D., 1995. Location-routing problems with uncertainty. In: Drezner, Z. (Ed.), Facility Location: A Survey of Applications and Methods. Springer, New York, pp. 427–452.

Semet, F., 1995. A two-phase algorithm for partial accessibility constrained vehicle routing problem. Annals of Operations Research 61, 45–65.

Li, J., Chen, H. and Chu, F. "Performance evaluation ofdistribution strategies for the inventory routing problem", European Journal of Operational Research, No. 2, pp. 4122010 ,419-

Abdelmaguid, T. F. and Dessouky, M. M. "A genetic algorithm approach to the integrated inventory distribution problem", International Journal of Production Research, No. 44, pp. 4445-2006 ,4464.