ارایه و حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی جدید برای مسیریابی وسائط نقلیه در حالت رقابتی: یک مطالعه موردی

رضا توکلی مقدم*، استاد، گروه مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
مهدی علینقیان، دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
علیرضا سلامت بخش، دانشجوی کارشناسی ارشد،دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران
E-mail: tavakoli@ut.ac.ir
دریافت:۱۳۸۷/۱۲/۱٤-پذیرش:۱۳۸۸/۱۰/۱۵

چکیده

حمل و نقل در سیستم‌های اقتصادی تولیدی و خدماتی از جایگاه مهمی برخوردار است و بخش قابل توجهی از تولید ناخالص ملی[1] (GNP) هر کشوری را به خود اختصاص می‌دهد. به همین جهت محققان نسبت به بهبود مسیرها وحذف سفرهای غیرضروری و یا ایجاد مسیرهای کوتاه جایگزین، اقدام کرده‌اند. مباحثی مانند فروشنده دوره‌گرد، مسیریابی وسیله نقلیه[2] (VRP) و غیره در همین راستا توسعه یافته‌اند. عموماً، در مورد مسیریابی تسهیلات فرض بر این است که نوعی انحصار در محیط وجود دارد و هیچ گونه توجهی به تاثیر مسیریابی مناسب بر رقابت در نظر گرفته نشده است. این مقاله، بر مبنای مشاهدات دنیای واقعی، رویکرد جدیدی از مسائل مسیریابی وسائط نقلیه به نام مسیریابی رقابتی توسعه یافته است. در این رویکرد توجه به رقابت بین رقبا و تمایل به دسترسی سریع‌تر به مشتریان با ارزش بالا برای کسب نقدینگی بیشتر علاوه بر یافتن مسیرهای کوتاه، مد نظر قرار گرفته است. مساله مسیریابی وسائط نقلیه در حالت رقابتی نیز با توجه به اینکه حالتی از مسیریابی وسائط نقلیه است، جز مسائل NP-Hard قرار می‌گیرد. در این مقاله، در راستای رویکرد جدید، مدل ریاضی ارایه شده و سپس برای اعتبار بخشی این مدل پیشنهادی، از نرم افزار لینگو برای حل مسائل با ابعاد کوچک استفاده شده است. در ضمن، برای حل مسائل با ابعاد بزرگ از الگوریتم فراابتکاری تلفیقی مبتنی بر شبیه‌سازی تبرید با اپراتورهای ژنتیک استفاده شده است. در انتها، مطالعه موردی بر روی یکی از شرکت‌های پخش در شیراز انجام گرفته و نتایج حاصل گزارش شده است.

واژه‌های کلیدی: مسیریابی وسائط نقلیه، نقدینگی، محیط رقابتی، برنامه‌ریزی ریاضی، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید.

۱. مقدمه

مسئله مسیریابی وسائط نقلیه دارای نقش بسیار مهمی در لجستیک و توزیع کالاست، مدل کلاسیک مسئله مسیریابی وسائط نقلیه با در نظر گرفتن ظرفیت محدود وسائط به وسیله یک گراف که درآن گره‌ها، مشتریان (m) هستند و یال‌ها مسیر بین مشتریان را نشان می‌دهند، ارایه شد. در این مدل هرمشتری مقدار مشخصی تقاضا دارد که تمامی این تقاضاها (q) بایستی با یک وسیله نقلیه حمل شود. ثابت شده است که مسئله مسیریابی وسائط نقلیه که منجر به کاهش هزینه حمل و نقل می‌شود، باید زمان رسیدن رقبای دیگر نیز به مقاصد در نظر گرفته شود. اهمیت وسائط نقلیه یک مسئله NP-Hard است[۱و ۲]. این مساله درصدد است تا با مدل‌های ریاضی و بهینه‌سازی به گونه‌ای عمل کند که مسافت طی شده، زمان کل سفر، تعداد وسائط نقلیه، جریمه‌های دیرکرد و در نهایت تابع هزینه حمل و نقل کمینه و در نهایت رضایت مشتریان حداکثر شود [۳].با توجه به مشاهدات واقعی، در بین توزیع کنندگان در محیط رقابتی وجود دارد که لازم است علاوه بر در نظر گرفتن طول مسیر و میزان گنجایش این موضوع چنان است که واحدهای تولیدی برای به دست آوردن بیشترین نقدینگی و از دست ندادن بازار فروش، مسیریابی وسائط

* نویسنده مسئول

Archive of SID
www.SID.ir

نقلیه را بر اساس وضعیت رقبای دیگرتعیین می‌کنند. از جهتی برای اقتصاددانان، رقابت و بخصوص بعد مکانی[3] آن بسیار مهم است. از نظر اقتصاددانان یک مدل مسیریابی را می‌توان رقابتی نامید، اگر شامل شرایطی شود که در آن تسهیلاتی قبلا مستقر شده‌اند یا درآینده مستقرخواهند شد و همچنین مسیری که وسائط نقلیه برای رسیدن به مصرف کننده طی می‌کنند،باید طوری طراحی شود که با کمترین هزینه حمل و نقل برای به دست آوردن بیشترین سهم بازار[4] با یکدیگر رقابت کنند. به همین منظور در این مقاله رویکردی جدیدی ازمسیریابی وسائط نقلیه ارایه می‌شود. در این رویکرد، دو تابع هدف کمینه کردن هزینه مسیرها و رسیدن به بیشترین میزان نقدینگی را در کنار هم در نظر می‌گیرد. چنین فرضی مباحث دیگری از قبیل نوع رقابت، نوع تصمیم‌گیری مشتری و زمان رسیدن رقبا به مصرف کنندگان را مطرح می‌کند که مدل‌های موجود مسیریابی وسائط نقلیه، قادر به ارایه جواب بهینه نیستند و پاسخ گویی به این سؤال نیازمند مدل مشخص است. در ادامه، مدلی برای مسیریابی وسائط نقلیه با توجه به وجود سایر رقبا جهت به دست آوردن حداکثرنقدینگی مصرف‌کنندگان وکمینه کردن هزینه مسیرها ارایه می‌شود.

۲. پیشینه تحقیق

دنتزیگ و همکاران [٤] برای اولین بار مساله مسیریابی وسائط نقلیه را مدل کردند و بر اساس روش‌های ریاضی به حل آن پرداختند. در ادامه کلارک و رایت الگوریتم صرفه جویی را برای حل VRP پیشنهاد کردند که مبنای بسیاری از تحقیقات بعدی قرار گرفت [٥]. همچنین در ادامه توکلی مقدم و همکاران [٦] یک مدل ریاضی برای مسئله حمل و نقل وسائط نقلیه بازگشتی[5] (VRPB) را توسعه دادند که به دلیل پیچیدگی مدل، از الگوریتم ممتیک[6] برای حل آن استفاده کردند. فیشر [٧] و لاپورت و همکاران [٨] برای حل مسئله مسیریابی وسائط نقلیه، رویکردهای گوناگونی از روش شاخه و حد[7] را توسعه دادند. در چند سال اخیر به مسیریابی وسائط نقلیه چند هدفه توجه زیادی شده است، از جمله اهدافی که در این مقالات مورد توجه قرارگرفته، می‌توان به موارد میزان کالایی که درهر مسیر جابجا می‌شود، تعداد مشتریانی که در هر مسیر قرار می‌گیرند، طول مسیرها و یا زمان عبور از مسیرها اشاره کرد [٩]. همچنین راسل [١٠] به منظور بهبود جواب‌های ارایه شده، روش مناسبی برای ایجاد زیر تور و جستجوی محلی ارایه کرد. جوزیفیس و همکاران [١١] به بررسی مسیریابی وسائط نقلیه با هدف کمینه کردن طول مسیر و بالانس کردن مسیرها پرداختند که برای حل مسئله از روش‌های فرا ابتکاری با اپراتورهای سنتی مربوط به مسائل چند هدفه استفاده کرده‌اند. بریوب و همکاران [١٢] به بررسی مسائل چند هدفه و بررسی حل آنها به وسیله روش ε-محدودیت[8] پرداختند، آنها در ادامه مسئله فروشنده دوره گرد را با ارایه روش‌های فراابتکاری سریع در حالت چند هدفه حل کردند.

قصیری و قنادپور [١٣] یک مساله مسیریابی وسائط نقلیه (لوکوموتیوها) با پنجره زمانی را در نظر گرفتند که هدف آن کمینه کردن کل هزینه تخصیص لوکوموتیوها با توجه به هزینه مسافت، زمان، هزینه تأخیرها و انتظارهاست. آنها از یک الگوریتم ژنتیک تلفیقی[9] با معرفی دو اپراتور جدید برای حل مساله مورد نظر استفاده کردند که نتایج مربوطه با نرم‌افزار Lingo 8 مقایسه شده است. سپهری و حسینی مطلق [١٤] یک مدل ریاضی جدید، مبتنی بر مساله فروشنده دوره گرد تعمیم‌یافته[10]، ارایه کردند که در آن مساله مسیریابی بهینه سیستم‌های حمل ونقل اقلام و قطعات از یک سیستم گذاشت و برداشت اتوماتیک[11] (AS/RS) برگرفته شده است.برای حل مسئله مورد نظر از الگوریتم اجتماع مورچگان استفاده شده است که جواب‌های به دست آمده با نرم‌افزار Lingo 8 مورد مقایسه قرار گرفته است. توکلی مقدم و همکاران [١٥] مسئله وسائط نقلیه را درحالت تقاضای جدا شده[12] در نظر گرفتند، دراین مسئله اجازه داده می‌شود که تقاضای هر مشتری توسط چند وسیله تامین شود. تابع هدف کمینه مسافت طی شده وحداکثر کردن استفاده از ظرفیت وسائط نقلیه در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است.

همان طور که بیان شد، با توجه به دانش نویسندگان درادبیات مسیریابی وسائط نقلیه هیچ اشاره‌ای به مسیریابی در حالت رقابتی برای کسب حداکثر نقدینگی نشده است. در این مقاله با بررسی موضوعیت توجه به مسیریابی وسائط نقلیه درحالت رقابتی[13] و توجه به نقدینگی قابل کسب، مدلی براساس مسیریابی وسائط نقلیه درحالت رقابتی توسعه داده شده است و به ازای گره‌های مختلف، مدل توسعه داده توسط برنامه Lingo حل شده است و در نهایت نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

Archive of SID
www.SID.ir

۳. مساله مسیریابی وسائط نقلیه در حالت رقابتی

بر اساس جنبه‌های شناسائی شده از مطالعات مروری VRP و نیز جنبه‌های جدید مشاهده شده از مسائل دنیای واقعی، این مقاله به دنبال طراحی وحل مدلی برای مسیریابی وسائط نقلیه با ظرفیت معلوم است که خدمت دهنده اقلام مورد نظر را از محل تسهیلات دریافت کرده وبه متقاضیان تحویل می‌دهد. این مساله تحت شرایطی مطرح می شود که رقابتی بین توزیع کنندگان در محیط برسر کسب نقدینگی بیشترو به دست آوردن سهم بازار وجود دارد. دراین حالت رقابتی، فرض برآن است که میزان نقدینگی روزانه مشتری ثابت بوده وممکن است، رقبا زودتر به جایگاه دسترسی پیدا کنند و تمام نقدینگی مصرف کننده را کسب کنند. همان طور که در شکل شماره ۱ مشاهده می‌شود، توزیع‌کنندگان A و B دارای مراکز توزیع (تسهیلات) در شهر هستند که به ترتیب با رنگ آبی (ناحیه سمت چپ شکل) و قرمز (ناحیه سمت چپ شکل) مشخص شده‌اند. این توزیع کنندگان وظیفه دارند نیاز مصرف کنندگان را در تمامی مناطقی که با رنگ سبز (دایره) مشخص شده است برآورده کنند و نقدینگی مصرف‌کنندگان را تصاحب کنند. هر یک از این توزیع کنندگان برای رسیدن به حداکثر سود با استفاده از وسایل نقلیه سبک با ظرفیت معین با یکدیگر در رقابت هستند.

هدف از این مقاله، ارایه مدلی است که هر یک از این شرکت‌ها برای رسیدن به حداکثر نقدینگی قابل کسب از مصرف‌کننده مسیریابی وسائط نقلیه با ظرفیت معین را طوری تعیین کنند که باکمینه کردن هزینه حمل و نقل، نقدینگی حاصل ازخدمت دهی به مشتریان را با وجود رقبای دیگرحداکثر کند بنابراین، به این سبب توزیع کننده باید نسبت به توزیع کننده دیگر زودتر به مصرف‌کننده برسد تا تمامی نقدینگی را نصیب خود کند، در غیر این صورت نقدینگی به خدمت کننده تعلق نمی گیرد. اهمیت این موضوع در این است که در محیط‌های واقعی امروزه انحصار وجود ندارد و رقبای دیگر در بازار هستند که به راحتی می‌توانند سهم قابل توجهی از نقدینگی را از آن خود کرده و ضرر زیادی را متوجه توزیع کننده مد نظر کنند. درادامه مدل ریاضی ارایه می شود که مدل VRP را درحالت رقابتی ارایه می‌دهد. برای درک بیشتر مساله مفاهیم زیر ارایه می شود.

۳-۱ تسهیلات

تسهیلات (مراکز پشتیبانی) همان مراکز دپو است، که با توجه به مصرف‌کنندگان و رقبای بازار و مسیرهای دسترسی و وضعیت جغرافیایی تعیین می شود.

۳-۲ مشتریان

مشتریان، متقاضیان بازار آزاد هستند. در این مدل فرض بر این است که هر کدام از توزیع کنندگان که زودتر به مشتریان برسند، مشتریان نیاز خود را از آنها تامین می‌کنند و منتظر توزیع کننده دیگر نمی‌مانند.

۳-۳ خدمت دهندگان

منظور از توزیع کنندگان، همان وسائط نقلیه سبک، (ظرفیت معین) است که کالاهای موردنیاز را از دپو تحویل گرفته و بین مشتریان تقسیم می‌کنند.

۳-٤ نقدینگی کسب شده

نقدینگی کسب شده میزان پول نقدی است که پس از تحویل کالا به مشتری از او دریافت می شود. توزیع کننده مورد نظر سعی دارد با برنامه‌ریزی مناسب حداکثر نقدینگی آن منطقه راکسب کند و برای این منظور بایستی زودتر از رقبا به ارایه خدمت، به مشتریان با ارزش بالا بپردازد. درحالت کلی هیچ یک ازرقبا ازاستراتژی یکدیگر اطلاعاتی ندارند.

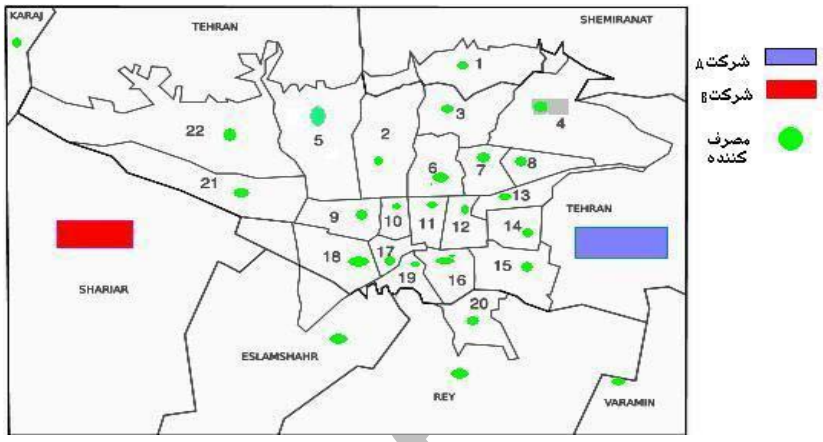
۳-۵ تعریف مسئله

مدل ارایه شده در این مقاله دارای دو تابع هدف یعنی پیدا کردن مسیرهای کوتاه با کمترین هزینه و سرویس‌دهی به مشتریان قبل از رسیدن سایر رقبا برای کسب بیشترین نقدینگی است. در این مسئله برای یافتن زمان مطلوب سرویس‌دهی با نمونه‌گیری آماری بازه سرویس‌دهی رقبا به دست آمده و سعی می شود امید ریاضی سرویس‌دهی به مشتری قبل از رقبا را حداکثر کند.همان طور که در شکل شماره ۲ مشاهده می‌شود هر یک از توزیع‌کنندگان مسیر خاص و استراتژی مشخصی را برای خدمت‌دهی به مشتریان خود دارند. با استفاده از روش‌های آماری مشخص می‌شود که هریک از آنها دربازه زمانی مشخص $[t_1,t_2]$ به هریک از مناطق مختلف می‌رسند. پس بنابراین، تابع توزیع کسب نقدینگی توزیع کنندگان، در صورتی که تعداد نمونه‌گیری کم باشد، از یک تابع با توزیع یکنواخت پیروی می کند که بر حسب زمان رسیدن وسائط نقلیه هر توزیع کننده به مشتری مشخص می شود که تابع توزیع آن در شکل شماره ۳ مشخص است. در این شکل، اگر براساس مشاهدات آماری مشخص شود که توزیع کننده رقیب دربازه

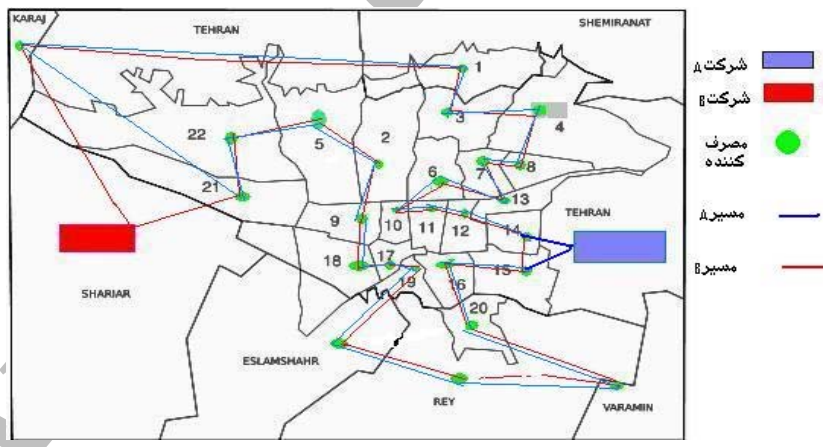
Archive of SID

www.SID.ir

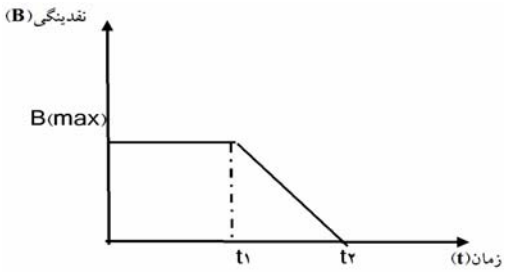
زمانی $[t_1,t_2]$ به گره i (که همان مصرف کنندگان یکی از مناطق است) می‌رسد اگر توزیع کننده در بازه $[t_0,t_1]$ به گره i برسد تمامی نقدینگی حاصل از آن گره یا مصرف کننده را تصاحب و سهم بازار را کسب می کند، ولی اگر در بازه زمانی $[t_1 , t_2]$ به مشتری سرویس بدهد امید ریاضی کسب نقدینگی کاهش می‌یابد و همچنین اگر در بازه t_2 به بعد به گره یا مصرف کننده برسد هیچ نقدینگی را کسب نمی کند. بنابراین هدف توزیع کننده آن است که قبل از رسیدن رقبا به مصرف کننده برسند.



شکل ۱. محل قرار گرفتن شرکت‌های توزیع کننده و محل قرارگرفتن مصرف‌کنندگان



شکل ۲. مسیر خدمت‌دهی هر یک از توزیع کنندگان A و B



شکل ۳. تابع توزیع نقدینگی قابل کسب در حالت رقابتی

www.SID.ir

٤. مساله مسیریابی وسائط نقلیه در حالت رقابتی

در این مقاله، مسیریابی وسائط نقلیه بـه صـورت مـساله پوشـش مجموعه در حالت گسسته در نظر گرفته شده اسـت. بـه عبـارت دیگر، نقاط تقاضا به صورت نقطه‌ای و گسسته هـستند. در مـدل گسسته، مساله در قالب شبکه‌ای از مشتریان (به عنـوان گـره) کـه همزمان مسیری راانتخاب می‌کند که با کمترین زمـان و بـا کمینـه هزینه مسیرها را طی کند.

٤-١ علائم، پارامترها و متغیر مدل

پارامترهای مدل شامل موارد زیر است:

n : تعداد نقاط (گره‌های) تقاضا (قرارگاه مرکزی در گره i=1 قرار دارد).

NV : تعداد خودروهای در دسترس.

K_v: ظرفیت هر خودرو.

TV : حداکثر زمانی که خودرو v می‌تواند طی مسیر کند.

d_i: تقاضای گره i

t_i^v : زمان مورد نیاز برای ارایه خدمت به گره i به وسائط خودرو $(Vt_i^v = 0)$

t_{ij}^v : زمان مورد نیاز جهت طی سویه (i, j) به وسائط خودرو $(Vt_{ij}^v = 0)$

C_{ij}: هزینه سفر (طول فاصله) بین گره‌های i و j.

X : ماتریس با درایه‌های $\sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^v x_{ij}$

M : عدد بسیار بزرگ

b_i : حداکثر میزان نقدینگی قابل کسب در گره i

S : زیر مجموعه‌ای که در آن $n=\left\{ i \mid i=1\ldots n \right\}$ است.

٤-٢ متغیر تصمیم

x_{ij}^v: اگر سویه (i,j) به خودرو (وسائط) v طی می‌شود آنگاه $x_{ij}^v = 1$ است و در غیر این صورت برابر صفر است.

O_i : اگر خدمت‌دهنده در بازه زمانی $[0\text{-}L_i]$ به گره i برسد ۱ است و در غیر اینصورت برابر صفر است.

q_i : اگر خدمت‌دهنده در بازه زمانی $[L_i\text{-}U_i]$ به گره i برسد۱ است و در غیر این صورت برابر صفر است.

٤-٣ مدل ریاضی

$$z : \min \sum_{j=1}^{n}\sum_{j=v}^{n}\sum_{v=1}^{n} C_{ij}X_{ij}^v - W\left(\sum_{i=1}^{n} o_i b_i + q_i \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{u_i - t_i}{u_i - l_i}\right) b_i\right) \quad (١)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{v=1}^{nv} x_{ij}{}^v = 1 \quad ; \quad j = 2,\ldots, n \quad (٢)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{v=1}^{nv} x_{ij}{}^v = 1 \quad ; \quad i = 2,\ldots, n \quad (٣)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ip}^v - \sum_{i=1}^{n} x_{pi}^v = 0 \quad ; \quad p=1,2,\ldots n \; ; \; v=1,2,\ldots,NV \quad (٤)$$

$$\sum_{i=1}^{n} t_i^v . (\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^v) + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} t_{ij}^v x_{ij}^v \le tv \quad ; \quad v=1,2,\ldots,NV \quad (٥)$$

$$\sum_{i=2}^{n} d_i \quad (\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^v) < k_v \quad ; \quad v=1,2,\ldots,NV \quad (٦)$$

$$t_1 = 0;$$

$$t_j = \sum_{i=1}^{n} t_i \, x_{ij} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{v=1}^{nv} t_{ij}^v . x_{ij}^v \quad ; \quad j = 2,\ldots, n \quad (٧)$$

$$(u_i - t_i) + m(1 - q_i) \ge 0 \quad ; \quad i = 1,2,\ldots, n \quad (٨)$$

$$(l_i - t_i) + m(1 - o_i) \ge 0 \quad ; \quad i = 1,2,\ldots, n \quad (٩)$$

$$(l_i - t_i) - m(1 - q_i) \le 0 \quad ; \quad i = 1,2,\ldots, n \quad (١٠)$$

$$\sum_{i=2}^{n} x_{i1}{}^v \le 1 \quad ; \quad v = 1,2,\ldots, n \quad (١١)$$

$$\sum_{i=2}^{n} x_{ij}{}^v \le 1 \quad ; \quad v = 1,2,\ldots, n \quad (١٢)$$

$$x \in s \quad (١٣)$$

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه ۱ بیانگرتابع هدف مدل به منظورکمینه کردن هزینه ها و کسب حداکثر نقدینگی قابل کسب است روابط ۲ و ۳ باعث می‌شود که هرگره (تقاضا) فقط از یک وسیله نقلیه توزیع کننده، خدمت دریافت کند. رابطه ٤ بیان می‌کند که اگر وسائط نقلیه به گرهی وارد شود، بایستی از آن خارج شود و به این ترتیب پیوستگی مسیرها برقرار است. روابط ٥ و ٦ به ترتیب مربوط به حداکثر زمان طی مسیرها و حداکثر ظرفیت‌های خودروها به وسائط آنها و همچنین فواصل زمانی ارایه خدمات به گرهها است. رابطه ۷ مربوط به انتخاب زمان مناسب جهت رسیدن به گره بعدی است. روابط ۸ الی۱۰ مربوط به انتخاب نوع تابع مورد نظر جهت رسیدن به حداکثر نقدینگی است. روابط ۱۱ الی ۱۳ مربوط به حذف زیرگردش‌هاست.

۵. روش پیشنهادی شبیه‌سازی تبریدی با اپراتورهای ژنتیک

همان طورکه پیشتر بیان شد، مساله VRP جزء مسائل NP-Hard [۲] است که حل آن در ابعاد بزرگ نیازمند استفاده از رویکردهای ابتکاری است. در این بخش برای اعتبار بخشی به مدل پیشنهادی برای مقابله با رقبا در کسب نقدینگی بیشتر، الگوریتم پیشنهادی بر اساس شبیه‌سازی تبرید و با ترکیب اپراتورهای الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار گرفته است. الگوریتم شبیه‌سازی تبرید با استفاده از قواعد علم فیزیک آماری به وجود آمده است و به دنبال یافتن راهی برای استفاده این قواعد در بستر بهینه‌سازی ترکیبی است. فرآیند فعالیت این الگوریتم همانند شکل‌گیری کریستال‌های فلز گداخته در حین خنک شدن است. فرایند فیزیکی سرمایش که هدف از آن کاهش دمای ماده به پایین‌ترین سطح انرژی است، تعادل گرمایی نامیده می‌شود. فرآیند سرمایش با ماده‌ای در وضعیت گداخته آغاز شده است و سپس به تدریج دمای آن کاهش می‌یابد. در هر دما جسم مجاز به رسیدن تعادل گرمایی است. دما نباید خیلی به سرعت کاهش یابد، بویژه در مراحل اولیه، در غیر این صورت برخی کاستهها در ماده پیدا شده و ماده به وضعیت انرژی کمینه نخواهد رسید. کاهش دما شبیه به کاهش مقدار تابع هدف در مسائل کمینه‌سازی است که توسط یک سری تغییرات بهبود دهنده انجام می‌گیرد. برای اینکه دما به آهستگی کاهش یابد، باید تغییرات غیر بهبود دهنده تابع هدف نیز با احتمال معینی انتخاب شوند، به طوری که وقتی تابع هدف کاهش می‌یابد این احتمال نیز کاهش یابد. این امر موجب می‌شود که الگوریتم در دام بهینه‌های موضعی گرفتار نشود. بنابراین در مسائل بهینه‌سازی، دما به عنوان یک پارامتر کنترلی عمل خواهد کرد [۱۳-۹]. برای مشخص کردن الگوریتم SA ابتدا متغیرها تعریف می‌شود:

EL = طول زنجیره مارکف (تعداد جواب‌های پذیرفته شده در هر دما – معیار خروج از حلقه داخلی).

MTT = حداکثر انتقالات دما (معیار توقف – خروج از حلقه خارجی).

T_0 = دمای اولیه.

α = ضریب کاهش دما.

X = حل شدنی.

C(X) = مقدار تابع هدف به ازای حل شدنی X.

L = شمارنده تعداد جواب پذیرفته شده در هر دما.

K = شمارنده تعداد انتقالات دما.

۵-۱ الگوریتم تولید حل اولیه

اولین گام در هر رویکرد فراابتکاری تولید حل اولیه است. برای تولید حل اولیه رویکرد ابتکاری زیر مورد استفاده قرار گرفته است.

۱. مشتریان را بر اساس ارزش نقدینگی به صورت نزولی مرتب کنید

۲. از مشتری اول شروع کنید. آن را به وسیله نقلیه اول تخصیص دهید. در صورتی که فاصله مشتری دوم از دپو بیشتر از فاصله این مشتری با مشتری تخصیص یافته است، این مشتری را با توجه به محدودیت حداکثر زمان طی مسیر و حداکثر ظرفیت به وسیله نقلیه اول تخصیص دهید، در غیر این صورت مشتری را به وسیله نقلیه جدید تخصیص دهید.

۳. برای بقیه مشتریان گامهای ذیل را انجام دهید :

۳-۱ مشتریان را به ترتیب انتخاب کنید.

۳-۲ فاصله مشتری با آخرین مشتری هر یک از مسیر ها و دپو را محاسبه کنید.

۳-۳ . مشتری را با توجه به محدودیت طول مسیر و ظرفیت آن به مسیری تخصیص دهید که کمترین فاصله را با آن دارد. در صورتی که وسیله نقلیه ای بدون مشتری وجود دارد و کمترین فاصله مربوط به دپو است مشتری را به یکی از وسائل نقلیه جدید تخصیص دهید.

Archive of SID
www.SID.ir

۴. مرحله ۳ را تا زمانی که تمامی مشتریان به وسائط نقلیه تخصیص یابند تکرار کنید.

۵-۲ پیمایش فضای شدنی

دو عملگر کارا از جنس عملگرهای ژنتیکی جهت پیمایش در فضای شدنی و به دست آوردن حل همسایه طراحی شده است که عبارتند از:

۱- ***عملگر تقاطعی***: در این عملگر دو مسیر مربوط به دو وسیله نقلیه از جواب شدنی فعلی به تصادف انتخاب شده و سپس دو گره از دو مسیر با رعایت محدودیت‌های ظرفیت خودرو و زمان احتمالی عبوری از مسیرها با یکدیگر تعویض می‌شوند.

۲- ***عملگر جهشی***: در این عملگر دو مسیر مربوط به دو وسیله نقلیه از جواب شدنی فعلی به تصادف انتخاب شده و سپس یک گره از یک مسیر حذف و به مسیر دیگر با رعایت محدودیت‌های ظرفیت خودرو و زمان سرویس اضافه می‌شود. شکل شماره ۳ نمایی از دو عملگر ژنتیکی مورد استفاده در حل مسئله را نشان می‌دهد.

۵-۳ الگوریتم پیشنهادی SA برای محاسبه مسیریابی وسائط نقلیه رقابتی

طرح کلی الگوریتم شبیه سازی تبرید برای حل مسئله مسیر یابی وسائط نقلیه رقابتی بر اساس گام‌های زیر است:

گام ۱: در اولین قدم، یک جواب اولیه به طور تصادفی تولید می شود.

گام۲- به طور تصادفی، یک همسایگی برای X_1 تولید می شود (مثل X_2). با جواب X_2، مقدار تابع هدف E_2 به دست می‌آید.

گام ۳- E_1 و E_2 نسبت به هم دو حالت مختلف دارند.

$$E_1 >= E_2 \qquad (۱)$$

$$E_1 < E_2 \qquad (۲)$$

در حالت (۱) : جواب جدید مساله X_2 است

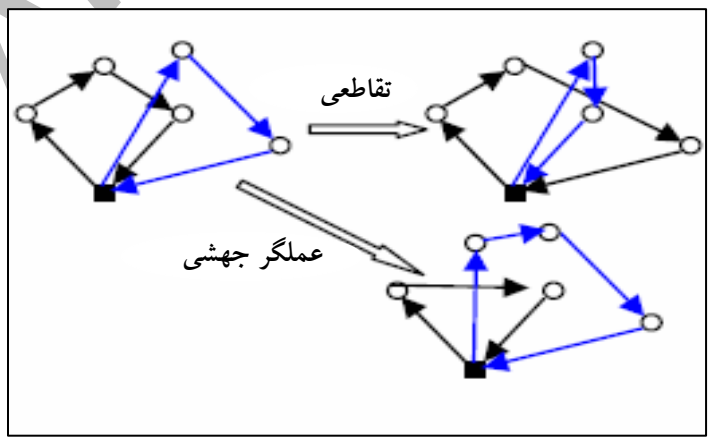
در حالت (۲) : جواب جدید مساله $\exp\{-(E_2 - E_1) / KT\}$ است.

رابطه ذکر شده به معنای احتمال جایگزین شدن X_2 به X_1 است. در این رابطه K عددی ثابت است که در اغلب مسایل برابر یک در نظر گرفته می‌شود. T نیز عددی است که در ابتدای مساله برابر مقدار خاصی در نظر گرفته می‌شود و سپس به تدریج در ادامه، کاهش می‌یابد. با کاهش پیدا کردن T، احتمال پذیرش جواب‌هایی که تابع هدف را زیادتر می‌کنند، کم می‌شود.

گام٤- الگوریتم چند بار در دمای T تکرار می‌شود (تعداد تکرار در هر درجه حرارت، از پارامترهای ورودی الگوریتم است).

گام۵- دمای محیط کاهش می یابد. به طور مثال، کاهش دما با رابطه زیر، صورت می‌گیرد:

$T(n+1) = \alpha \times T(n) \quad 0 < \alpha < 1$ (در این رابطه، α بیانگر سرعت سرد کردن است). ٦- الگوریتم تا آنجا ادامه می‌یابد که به شرایط پایانی مساله برسد. معیار توقف الگوریتم، ممکن است در این حالت تعداد دفعات معین تغییر درجه حرارت، رسیدن به درجه حرارت نهایی و یا عدم بهبود جواب پس از تعداد معینی تکرار می شود.

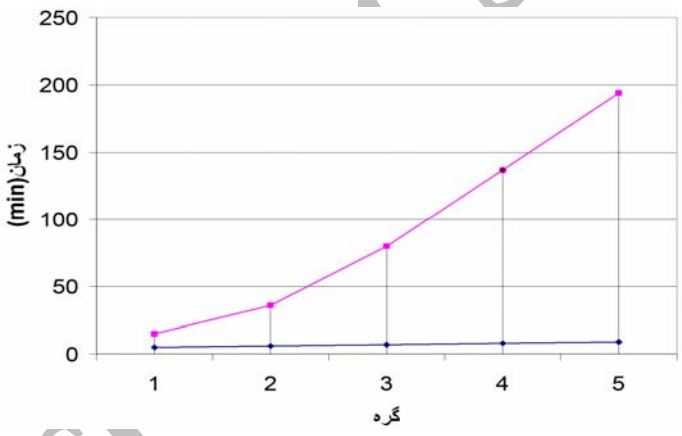


شکل ۳. عملگر تقاطعی و جهشی

Archive of SID
www.SID.ir

٦. اعتبار سنجی مدل

در این بخش نتایج حاصل از مدل ریاضی ساخته‌شده به منظور اعتبار سنجی ارایه خواهد شد. مدل مزبور توسط نرم افزار لینگو ۸ و بر روی رایانه‌ای با پردازنده Intel dual core, 1.66 GHz و یک گیگا بایت حافظه داخلی به دست آمده است. الگوریتم این مسئله توسط برنامه VISUAL BASIC طراحی شده است که برای هر وسیله نقلیه مسیر طی شونده مشخص شده و کلیه هزینه‌های مرتبط با آن شامل هزینه‌های سفرو هزینه ناوگان محاسبه شده است. همچنین زمان عبوری توزیع کنندگان از مسیرهای مختلف به مقصد محاسبه می شود. جهت بررسی تاثیر تابع هدف افزوده شده به مدل، به‌دلیل عدم وجود نمونه مسئله در ادبیات، چندین مسئله تولید شد و مسائل با نرم افزار لینگو حل شد. برای تولید مسائل نمونه از توزیع یکنواخت استفاده شده است. برای حل مسائل نمونه طول زتجیره مارکوف و حداکثر انتقالات دما برابر ۱۰۰ و دمای اولیه و دمای نهائی برابر ۰/۵ و ضریب کاهش دما ۰/۹۹ در نظر گرفته شده است. بر طبق جدول شماره ۱، نتایج به دست آمده از حل پنج نمونه در ابعاد کوچک و متوسط در نظر گرفته شده است. از مقایسه نتایج محاسباتی حاصل از نرم افزار طراحی شده برای الگوریتم SA با جواب‌های به دست آمده از LINGO می‌توان نتیجه گرفت که نرم افزار بکار گرفته شده بر اساس SA قابلیت رسیدن به جواب‌های قابل قبول در مسائل را دارد. ازسوی دیگر، بررسی زمان حل مسایل نیز در دو بخش SA و LINGO 8 نشان از افزایش نمائی زمان حل با استفاده از LINGO داشته و در مقابل زمان لازم برای حل مسئله به وسیله نرم افزار SA با افزایش خطی در ابعاد بسیار بالا حاصل خواهد شد. با بررسی افزایش زمان‌های حل نیز می‌توان به تاثیر بسیار بالای افزایش وسائط نقلیه در زمان حل مسائل پی برد. نتایج حل مسائل در ابعاد کوچک و متوسط در جدول ۱ آمده است.



شکل ٤. مقایسه زمان‌های حل به ازای تعداد گره‌های مختلف

جدول۱. مقایسه جوابهای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید و نرم‌افزار لینگو در ابعاد کوچک و متوسط

مشخصات مسئله			لینگو		شبیه‌سازی تبرید	
	تعداد وسیله نقلیه	تعداد مشتریان	مقدار بهینه	زمان حل (دقیقه)	مقدار بهینه	زمان حل (دقیقه)
نمونه ۱	۲	۵	٤١,٢	۱۰	٤١,٢	۰/۲
نمونه ۲	۲	٦	۳٥٥/۲٥	۳۰	۳٥٥/۲٥	۰/۲
نمونه۳	۲	۷	٥۰۷۸	۷۳	٥۰۷۹	۰/۳
نمونه ٤	۲	۸	٥۸۳۱	۱۲۹	٥۸۳۷	۰/۳٥
نمونه ٥	۲	۹	٦٤۲۳	۱۸٥	٦٤۲۹	۰/۳۷

www.SID.ir

جدول ۲. مقایسه جوابهای الگوریتم شبیه سازی تبرید و نرم‌افزار لینگو در ابعاد بزرگ

شبیه سازی تبرید		لینگو		مشخصات مسئله		
زمان حل (دقیقه)	مقدار بهینه	زمان حل (دقیقه)	مقدار بهینه	تعداد مشتریان	تعداد وسیله نقلیه	
۱/۲	۱۹۵٦۳	۲۰	۲۰۳٦٥	۲۰	٥	**نمونه ۱**
۱/۳	۲۱٦۳٤	۲۰	۲۱۹٥٤	۲٥	٦	**نمونه ۲**
۱/۳	۲۰۳٦٤	۲۰	۲۱٦٥٤	۲٥	۷	**نمونه۳**
۱/٤	۲۱٦۹۷	۲۰	۲۲۳٦٤	۳۰	۸	**نمونه ٤**
۱/٥	۲۱۹۸۷	۲۰	۲۲۳٦۹	٤۰	۹	**نمونه ٥**
۱/٥	۲۲۳٦٤	۲۰	۲۳٦٥۸	٤٥	۱۰	**نمونه ٦**
۱/۷	۲٥٦۹۸	۲۰	۲٦۹۸۷	٥۰	۱۱	**نمونه۷**
۱/۸	۲٤٥٦۹	۲۰	۲٥۸٦۳	٥٥	۱۲	**نمونه۸**
۱/۸	۲٦۱۰۱	۲۰	۲٦٥٦۹	٦۰	۱۳	**نمونه۹**
۱/۹	۲٦۸۹۷	۲۰	۲۷۳٦۹	٦٥	۱٤	**نمونه۱۰**

۷. مطالعه موردی

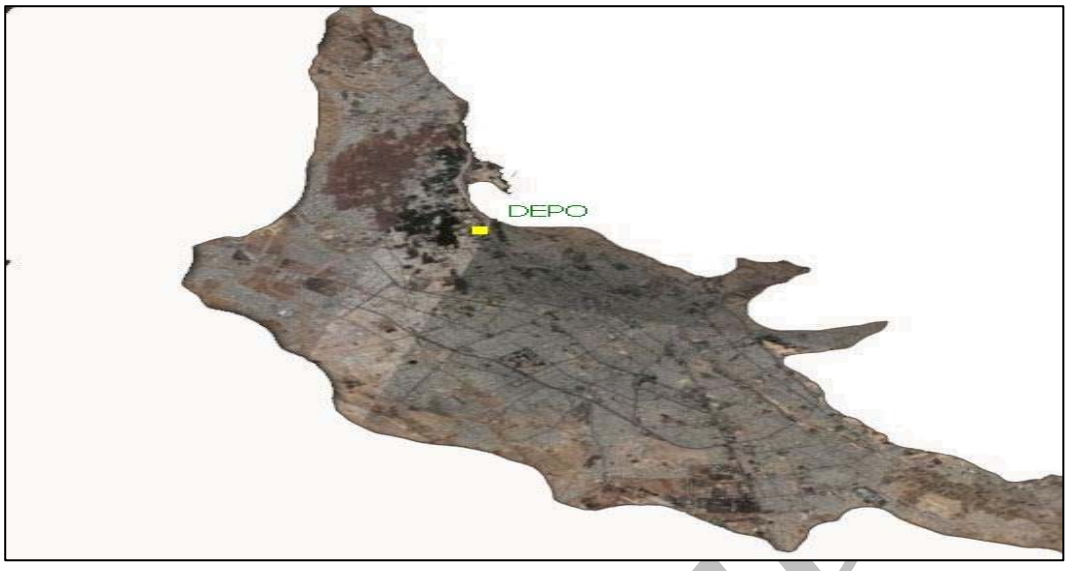
به منظور ارایه درک بهتری نسبت به مدل ارایه شده، از داده های سال ۱۳۸۷ مربوط به یکی از شرکت‌های پخش محصولات لبنی ایران استفاده شده است. این شرکت در شهر شیراز واقع شده و فعالیت‌های خود را از سال ۱۳٤۲ شروع کرده است. این شرکت با دارا بودن ٤ کامیون، شبکه ای بالغ بر ۱٤۱ مشتری را در سطح شهر خدمت رسانی می کند. شکل شماره ٥ محل قرار گرفتن انبار مرکزی شرکت را نشان می‌دهد.

برای مطالعه مدل در این شرکت در گام اول محصولات این شرکت مورد مطالعه قرار گرفته و در دو دسته تقسیم‌بندی شدند. دسته اول محصولاتی بودند که دارای برند مطلوب بوده و زمان رسیدن وسائل نقلیه بر فروش آنها تاثیر گذار نبود. دسته دوم محصولاتی بودند که زمان ارایه خدمت در فروش آنها تأثیر گذاشته و فروش آنها را به اندازه قابل توجهی کاهش می داد. برای جمع آوری اطلاعات فروش، سه روز به صورت تصادفی انتخاب شدند و متوسط فروش به عنوان میزان تقاضا مورد استفاده قرار گرفت. این اطلاعات به تفکیک در جدول شماره ۳ آورده شده اند. در این جدول به ازای هر مشتری دو ردیف وجود دارد: ردیف اول میزان فروش محصولات نوع اول (بدون تاثیر نسبت به زمان) و ردیف دوم میزان تقاضا برای محصولات نوع دوم (تأثیر پذیر نسبت به زمان) بر حسب وزن و ارزش فروش بر حسب ریال آورده شده‌اند. با توجه به اطلاعات کسب شده از اطلاعات موجود میزان تاثیر فروش محصولات نوع دوم در صورت تاخیر نسبت به رقیب ۲۰٪ با توجه به داده‌های موجود در نظر گرفته شد.

برای محاسبه بازه زمانی، ورود رقیب در روزهای جمع‌آوری زمانهای ورود رقیب، ثبت شده و بازه داده حاصله به عنوان بازه ورود رقیب برای هر یک از مشتریان در نظر گرفته شد. محاسبه هزینه مسیر و سود از دست رفته از دیگر مشکلات این مطالعه به شمار می‌رفت. محصولات نوع دوم هر یک دارای حاشیه سود متفاوت بوده که در این تحقیق از میانگین سود ۱٥٪ برای آنها استفاده شد. برای محاسبه هزینه طی مسافت در واحد زمان از نسبت هزینه روزانه به تعداد ساعات کاری بهره گیری شد و از این هزینه‌ها برای وزن دهی به توابع هدف استفاده شد. متاسفانه به علت وجود تعداد زیادی مشتری و سخت بودن مسئله مدل برنامه‌ریزی خطی در زمان قابل قبول، قابل حل نبوده و بنابراین از الگوریتم فراابتکاری توسعه داده شده برای حل مسئله بهره برده شد. این الگوریتم در مدت ۲۰ دقیقه اجرا و پس از عدم یافتن جواب مناسب در هزار تکرار انتهایی متوقف شد که در جدول ٤ مقدار تابع هدف و مدت زمان اجرای الگوریتم ارایه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. محل قرار گرفتن دپوی شرکت در شهر شیراز

جدول۳. میزان متوسط تقاضا

	تقاضا		ردیف	تقاضا		ردیف	تقاضا		ردیف	تقاضا		ردیف
	کیلو	ردیف		کیلو	ارزش (ریال)		کیلو	ارزش (ریال)		کیلو	ارزش (ریال)	
۱	۶۰	۱۱۴۰۰۰	۳۷	۳۰	۵۷۰۰۰	۷۳	۵۵	۱۰۴۵۰۰	۱۰۹	۵۰	۹۵۰۰۰	
	۹۴	۷۰۷۴۰۰		۲۴	۲۱۴۷۰۰		۴۵	۵۳۶۷۳۳		۶۷	۶۱۵۲۰۰	
۲	۲۰	۳۸۰۰۰	۳۸	۱۵	۲۸۵۰۰	۷۴	۳۵	۶۶۵۰۰	۱۱۰	۴۰	۷۶۰۰۰	
	۲۲	۱۲۶۰۰۰		۴۸	۲۷۴۹۰۰		۳۰	۲۱۹۰۰۰		۳۱	۲۹۰۱۳۳	
۳	۳۰	۵۷۰۰۰	۳۹	۵۵	۱۰۴۵۰۰	۷۵	۳۵	۶۶۵۰۰	۱۱۱	۷۰	۱۳۳۰۰۰	
	۵۳	۳۷۵۰۰۰		۶۳	۵۳۰۲۰۰		۵۱	۴۶۰۸۳۳		۶۱	۵۹۵۹۶۷	
٤	۴۵	۸۵۵۰۰	۴۰	۳۰	۵۷۰۰۰	۷۶	۷۰	۱۳۳۰۰۰	۱۱۲	۹۰	۱۷۱۰۰۰	
	۷۱	۵۳۷۰۵۰		۳۳	۱۸۹۵۰۰		۴۹	۴۰۶۵۰۰		۹۶	۹۵۰۴۰۰	
۵	۸۶	۱۶۳۴۰۰	۴۱	۱۵	۲۸۵۰۰	۷۷	۳۰	۵۷۰۰۰	۱۱۳	۴۰	۷۶۰۰۰	
	۲۸	۲۴۵۸۰۰		۱۹	۱۲۶۰۰۰		۳۱	۱۴۷۳۳۳		۴۹	۴۴۲۱۰۰	
۶	۴۵	۸۵۵۰۰	۴۲	۵۰	۹۵۰۰۰	۷۸	۴۰	۷۶۰۰۰	۱۱۴	۵۰	۹۵۰۰۰	
	۶۰	۴۰۲۸۰۰		۳۷	۳۰۶۵۰۰		۵۶	۴۰۱۳۳۳		۳۵	۳۱۸۹۶۷	
۷	۴۵	۸۵۵۰۰	۴۳	۵۰	۹۵۰۰۰	۷۹	۷۰	۱۳۳۰۰۰	۱۱۵	۳۰	۵۷۰۰۰	
	۴۸	۳۴۳۶۰۰		۳۲	۲۷۰۸۳۳		۵۹	۴۷۶۰۰۰		۲۷	۲۷۴۱۰۰	
۸	۴۵	۸۵۵۰۰	۴۴	۲۰	۳۸۰۰۰	۸۰	۲۵	۴۷۵۰۰	۱۱۶	۰	۰	
	۹۴	۹۰۲۵۰۰		۹	۱۲۸۵۰۰		۳۷	۲۴۹۸۳۳		۹۰	۱۰۴۴۴۶۷	
۹	۶۰	۱۱۴۰۰۰	۴۵	۴۰	۷۶۰۰۰	۸۱	۴۵	۸۵۵۰۰	۱۱۷	۷۰	۱۳۳۰۰۰	
	۶۹	۴۰۸۸۰۰		۴۰	۳۱۰۶۶۷		۷۳	۶۴۶۵۰۰		۶۲	۶۱۸۱۶۷	
۱۰	۱۲۰	۲۲۸۰۰۰	۴۶	۲	۳۱۶۷	۸۲	۵۵	۱۰۴۵۰۰	۱۱۸	۵۵	۱۰۴۵۰۰	
	۱۴۳	۱۲۶۳۶۰۰		۱۰	۱۱۸۱۶۷		۵۳	۴۳۳۸۳۳		۶۲	۵۸۶۶۰۰	
۱۱	۴۵	۸۵۵۰۰	۴۷	۲۰	۳۸۰۰۰	۸۳	۶۵	۱۲۳۵۰۰	۱۱۹	۹۰	۱۷۱۰۰۰	
	۶۹	۵۱۷۵۰۰		۳۰	۲۹۱۶۶۷		۶۵	۵۵۶۱۶۷		۶۶	۴۳۲۸۳۳	
۱۲	۶۰	۱۱۴۰۰۰	۴۸	۳۵	۶۶۵۰۰	۸۴	۱۰	۱۹۰۰۰	۱۲۰	۴۵	۸۵۵۰۰	
	۶۴	۵۰۸۴۰۰		۳۸	۲۴۷۶۶۷		۲۷	۲۹۴۶۶۷		۵۵	۴۶۵۴۰۰	
۱۳	۶۰	۱۱۴۰۰۰	۴۹	۳۰	۵۷۰۰۰	۸۵	۱۰	۱۹۰۰۰	۱۲۱	۲۵	۴۷۵۰۰	
	۷۲	۸۷۲۵۰۰		۳۲	۲۴۱۸۳۳		۱۰	۴۶۶۶۷		۶۳	۴۹۳۰۳۳	

www.SID.ir

ادامه جدول ۳. میزان متوسط تقاضا . . . .

۱٤	٦۰	۱۱٤۰۰۰	۵۰	۵۰	۹۵۰۰۰	۵۰	۸٦	۵۷۰۰۰	۳۰	۱۲۲	۲٤۷۰۰۰	۱۳۰
	٦۳	٤۲۵٤۰۰	٤٦		۳۳۳۰۰۰	۲۸		۲۱۱۳۳۳	۲۸		۱۰۲۵۳۰۰	۱۰۳
۱۵	٦۰	۱۱٤۰۰۰	۳۰	۵۱	۵۷۰۰۰	۳۵	۸۷	٦٦۵۰۰	۳۵	۱۲۳	۵۷۰۰۰	۳۰
	۸۳	۵۸٦۹۰۰	۱٤		۱۵۳۸۳۳	۱۹		۱٤۵۱٦۷	۱۹		۱۹٦۷۳۳	۳۰
۱٦	٦۰	۱۱٤۰۰۰	۱۵	۵۲	۲۸۵۰۰	۵۵	۸۸	۱۰٤۵۰۰	۵۵	۱۲٤	۳۰٤۰۰۰	۱٦۰
	٦۳	٤۸۸۷۰۰	۱٦		۱۱۹۸۳۳	٤٤		۳۷۷۱٦۷	٤٤		۸۵۸۸۳۳	۹۲
۱۷	۹۰	۱۷۱۰۰۰	۱۰	۵۳	۱۹۰۰۰	۳۵	۸۹	٦٦۵۰۰	۳۵	۱۲۵	۱۵۲۰۰۰	۸۰
	۱۲٦	۹٤۵۷۰۰	۸		٤۰۷۱۷	۲۵		۲۰۰٦٦۷	۲۵		۵۷۸۷٦۷	٦۵
۱۸	٤۵	۸۵۵۰۰	۳۵	۵٤	٦٦۵۰۰	۱۰	۹۰	۱۹۰۰۰	۱۰	۱۲٦	۸۵۵۰۰	٤۵
	٦۳	٤٦٤۹۰۰	۳۵		۲٦۷۸۳۳	۷		۷۱۵۰۰	۷		٤۲۳۸۳۳	۵۷
۱۹	۱۰۵	۱۹۹۵۰۰	٦۰	۵۵	۱۱٤۰۰۰	۷۰	۹۱	۱۳۳۰۰۰	۷۰	۱۲۷	۱۹۰۰۰	۱۰
	۱۲۲	۱۰۹۱۱۰۰	۳۲		۲۱۷۸۳۳	۵۵		۵۱۳۰۰۰	۵۵		۹۱۹٦۷	۱۱
۲۰	٤۵	۸۵۵۰۰	۵۵	۵٦	۱۰٤۵۰۰	۲۵	۹۲	٤۷۵۰۰	۲۵	۱۲۸	۲۸۵۰۰	۱۵
	٤۲	۲۷۷۷۵۰	٤۷		۳۷۲٦٦۷	۹		۱۰۳۵۰۰	۹		۱۰۳٦۰۰	۱۹
۲۱	۹۰	۱۷۱۰۰۰	٤۰	۵۷	۷٦۰۰۰	۳۵	۹۳	٦٦۵۰۰	۳۵	۱۲۹	۷٦۰۰۰	٤۰
	۱۲٤	۱۱٤٦۱۰۰	۲۰		۱۷٤۱٦۷	٤۲		۳۷٦۰٦۷	٤۲		۳۱۱۷٦۷	۳۹
۲۲	۳۰	۵۷۰۰۰	٦۰	۵۸	۱۱٤۰۰۰	٤۰	۹٤	۷٦۰۰۰	٤۰	۱۳۰	۷٦۰۰۰	٤۰
	۷٤	۵۷۵۵۰۰	۱٤		۸۵۰۰۰	۱۸		۲۷۳۰۰۰	۱۸		٤۵۰۷٦۷	۳۸
۲۳	٤۵	۸۵۵۰۰	۲۰	۵۹	۳۸۰۰۰	۵۵	۹۵	۱۰٤۵۰۰	۵۵	۱۳۱	۲۸۵۰۰	۱۵
	٤۲	۳۵۳٦۰۰	۱۰		۵٤٦٦۷	۳۱		۲۲۹۰۰۰	۳۱		۱۰۵۵۳۳	۹
۲٤	۷۵	۱٤۲۵۰۰	۱۱۰	٦۰	۲۰۹۰۰۰	۱۱	۹٦	۲۰۳۳۳	۱۱	۱۳۲	۲۸۵۰۰	۱۵
	۹۳	٦۸۷٤۵۰	۲٤		۱۸۷۸۳۳	۱۲		۷۹۳۳۳	۱۲		۱٦۷۲۰۰	۱۰
۲۵	۱۵	۲۸۵۰۰	۲۵	٦۱	٤۷۵۰۰	۱۰	۹۷	۱۹۰۰۰	۱۰	۱۳۳	۱۹۰۰۰	۱۰
	٤۱	۳۹۱۰۰۰	۲۱		۱۹٦۳۳۳	۲۳		۱۹۸۵۰۰	۲۳		۲۱۸۱۳۳	۲۸
۲٦	٤۵	۸۵۵۰۰	۰	٦۲	۰	۲۰	۹۸	۳۸۰۰۰	۲۰	۱۳٤	۱۹۰۰۰	۱۰
	۳۱	٤۷۷۲۵۰	۳۲		۳۵۰۰۰۰	۲۰		۱۳۰۵۳۳	۲۰		۱۳۹۲۰۰	۱۷
۲۷	٦۰	۱۱٤۰۰۰	۱۰	٦۳	۱۹۰۰۰	۲۰	۹۹	۳۸۰۰۰	۲۰	۱۳۵	٤۷۵۰۰	۲۵
	٦٤	٤۳۱۸۰۰	۸		۱۰۵٦٦۷	۲۳		۱۷٤۳۳۳	۲۳		۳۲۹٦۰۰	۲۵
۲۸	٤۵	۸۵۵۰۰	۱۵	٦٤	۲۸۵۰۰	۱۰	۱۰۰	۱۹۰۰۰	۱۰	۱۳٦	۱۹۰۰۰	۱۰
	۳٤	۲۲۵٦۰۰	۲۷		۲۲٦٦٦۷	۹		۵۹۳۳۳	۹		۸۷۵۰۰	۱۱
۲۹	٤۵	۸۵۵۰۰	۲۰	٦۵	۳۸۰۰۰	۱۰	۱۰۱	۱۹۰۰۰	۱۰	۱۳۷	۹۵۰۰	۵
	۷٤	٦۸۰۹۰۰	۱٤		۱۹۲۰۰۰	٤		٤۹٦٦۷	٤		۲۲۷۹۳۳	۳۱
۳۰	۲	۳۱٦۷	۲۰	٦٦	۳۸۰۰۰	۲۰	۱۰۲	۳۸۰۰۰	۲۰	۱۳۸	۳۸۰۰۰	۲۰
	۲۸	۲۱۰٦٦۷	۱۰		۱۰۵۸۳۳	۱۸		۱۱۲٤٦۷	۱۸		۲۸۱٦٦۷	۲٤
۳۱	۲۵	٤۷۵۰۰	۲۰	٦۷	۳۸۰۰۰	۷	۱۰۳	۱۲٦٦۷	۷	۱۳۹	۱۹۰۰۰	۱۰
	۲۱	۳۲۷۵۰۰	۸		۸۳۳۳۳	٤		۲۹۵۰۰	٤		۳۰۲۷٦۷	۲۱
۳۲	۱۳	۲۵۳۳۳	۱۰	٦۸	۱۹۰۰۰	۷۰	۱۰٤	۱۳۳۰۰۰	۷۰	۱٤۰	۲۸۵۰۰	۱۵
	۷	۸۰۰۰۰	۱۸		۱۱٦۰۰۰	٦٦		۵۹۲٤۰۰	٦٦		۳۷٦۷۳۳	۳۱
۳۳	۱۰	۱۹۰۰۰	۱۵	٦۹	۲۸۵۰۰	۵۰	۱۰۵	۹۵۰۰۰	۵۰	۱٤۱	۳۸۰۰۰	۲۰
	۱۰	۲۹۰۰۰	۲٤		۲٦۸۱٦۷	٦۲		۵۱۳٤٦۷	٦۲		۳۰۵۸۰۰	۲۸
۳٤	٤۰	۷٦۰۰۰	۱۰	۷۰	۱۹۰۰۰	۵۰	۱۰٦	۹۵۰۰۰	۵۰			
	۳۹	۲۷۵٦٦۷	۱٤		۱۰۰۰۰۰	٤٦		۵۸۲٤٦۷	٤٦			
۳۵	۰	۰	٤۰	۷۱	۷٦۰۰۰	۸۵	۱۰۷	۱٦۱۵۰۰	۸۵			
	۱۱۹	۱۹٦۲۹۵۰	٤۷		۳۷۹۰۰۰	۸٦		۷۸۸۳٦۷	۸٦			

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤.نتایج حاصل از حل مسئله مسیریابی شرکت پخش

شبیه سازی تبرید		لینگو		مشخصات مسئله		
زمان حل (دقیقه)	مقدار بهینه-فاصله بر حسب زمان	زمان حل (دقیقه)	مقدار بهینه	تعداد مشتریان	تعداد وسیله نقلیه	
٢٠	١٧٠٤	-	غیر قابل حل در زمان مناسب	١٤١	٤	**شرکت پخش محصولات لبنی**

٨. نتیجه‌گیری

وجود رقابت در توزیع کالا سبب شده است تا تنها اتکا به پیدا کردن مسیرهای کوتاه و با هزینه کمتر نتواند انتظار مدیران را در باب مسیریابی ناوگان توزیع جوابگو باشد. با توجه به دانش نویسندگان، تاکنون هیچ توجهی به مبحث نقدینگی و رقابت در مسیریابی وسائط نقلیه در ادبیات موضوع صورت نپذیرفته است. توجه به مبحث نقدینگی و دانستن این حقیقت که سرویس‌دهی روزانه زودتر به مشتریان سبب کسب حداکثر نقدینگی قابل کسب از مشتریان می شود باعث شد تا در این مقاله مدلی توسعه داده شود که علاوه بر پیدا کردن مسیرهای کوتاه زمانبندی وسائط را به گونه‌ای تنظیم کند که حجم زیادی از نقدینگی موجود را نصیب شرکت کند. در این مقاله، علاوه بر مدل‌سازی در جهت اعتبار سنجی به مدل الگوریتم فراابتکاری شبیه‌سازی تبرید با اپراتورهای ژنتیک توسعه داده شد. در ادامه در جهت اعتبار سنجی مدل تعدادی نمونه عددی ارایه شده و با الگوریتم فراابتکاری و نرم‌افزار Lingo حل شده و جواب‌های حاصله مقایسه گردید. در انتها مطالعه موردی بر روی یکی از شرکت‌های پخش مستقردر شهر شیراز انجام گرفت و نتایج حاصل گزارش شد.

٩. پانویس‌ها

1. Gross National Product
2. Vehicle Routing Problem
3. Spatial
4. Market Share
5. VRP with Backhauls
6. Memetic Algorithm
7. Branch-and-Bound
8. ε-Constraint
9. Hybrid Genetic Algorithm
10. Generalized Travelling Salesman Problem
11. Automated Storage/Retrieval System
12. Split Service
13. Competitive VRP

١٠. فهرست مراجع

الف) مراجع فارسی:

٣. توکلی مقدم، رضا، ربانی، مسعود، شریعت، محمد علی و صفائی، نیما (١٣٨٥) "حل مسیریابی وسائط نقلیه با پنجره زمانی نرم با استفاده از یک الگوریتم فراابتکاری تلفیقی"، نشریه فنی، دانشگاه تهران، جلد ٤٠، شماره ٤، ص ٤٧٦-٤٦٩.

١٣. قصیری، کیوان و قناد پور، سید فرید (١٣٨٧) "مسیریابی لوکوموتیوها در شبکه با استفاده از یک الگوریتم ژنتیک ترکیبی"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال پنجم، شماره ٣،(١٦)، ص٢٥٩-٢٧٣

١٤. سپهری، محمد مهدی و حسینی مطلق، سید مهدی (١٣٨٧) "مسیریابی بهینه سیستم‌های حمل و نقل در انبارهای اتوماتیک"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال پنجم، شماره ٢،(١٥)، ص١٢٧-١٤٤.

ب) مراجع غیر فارسی:

1. Lenstra, J.K. and Rinnooy Kan, A.H.G. (1981) "Complexity of vehicle routing and scheduling problem", Networks, Vol. 11, pp. 221-227.

2. Mingozzi, A., Giorgi, S. and Baldacci, R. (1999) "An exact method for the vehicle routing problem with back hauls", Transportation Science, Vol. 33, pp. 315-329.

3. Dantzig, G.B., Fulderson, R. and Johnson, S.M. (1954) "Solution of a large scale traveling salesman problem", Management Science, Vol. 6, pp. 80-91.

4. Clarke, C. and Wright, J.Q. (1994) "Scheduling of vehicle from a central depot to a number of delivery points," Operations Research, Vol. 12, pp. 568-581.

5. Tavakkoli-Moghaddam, R., Saremi, A.R. and Ziaee, M.S. (2006) "A memetic algorithm for a vehicle routing problem with backhauls", Applied Mathematics and Computation, Vol. 181, pp. 1049-1060.

Archive of SID
www.SID.ir

6. Fisher, M. (1995)"Vehicle routing", in Handbooks in OR & MS, M.O. Ball et al. (Eds), Vol. 8.

7. Laport, G., Mercure, H. and Nobert, Y. (1992) "A branch and bound algorithm for a class of asymmetrical vehicle routing problems", Journal of Operational Research Society, Vol. 43, pp. 469-481.

8. Lee, T. and Ueng, J. (1999) "A study of vehicle routing problems with load balancing", International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 29, pp. 646-658.

9. Russell, R.A. (1977) "An effective heuristic for the M-tour traveling salesman problem with some side conditions", Operations Research, Vol. 25, No. 3, pp. pp. 517-524.

10. Jozefowiez, N., Semet, F. and Talbi, E.-G. (2009) "An evolutionary algorithm for the vehicle routing problem with route balancing", European Journal of Operational Research, Vol. 195, No. 3, pp. 761-769.

11. Bérubé, J.-F., Gendreau, M. and Potvin, J.-Y. (2009) "An exact ϵ-constraint method for bi-objective combinatorial optimization problems: Application to the traveling salesman problem with profits", European Journal of Operational Research, Vol. 194, pp. 39-50.

12. Tavakoli-Moghadam, R., Safaei, N., Kah, M.M.O. and Rabbani, M. (2007) "A new capacitated vehicle routing problem with split service for minimizing fleet cost by simulated annealing", Journal of the Franklin Institute, Vol. 344, pp. 406-425.

Archive of SID

www.SID.ir