DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.28212606.1400.4.11.2.9

فصلنامه علمی آماد و فناوری دفاعی، سال چهارم، شماره یازدهم، پاییز ۱۴۰۰

ارائه یک مدل ریاضی برای مسیریابی وسایل نقلیه نظامی جهت پشتیبانی موقعیت‌های مختلف

دکتر محمدرضا خسروی [۱]، محمدتقی موحدی فر [۲]

تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۳/۰۷ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۵/۳۰**

چکیده

در این تحقیق بحث مسیریابی وسایل نقلیه موردبررسی قرارگرفته که از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار است. با توجه به نقش حمل‌ونقل در پخش مواد و تجهیزات از انبارهای آماد و پشتیبانی روشی ارائه‌شده تا بتوان آن را بهتر مدیریت کرد. در این تحقیق مسئله‌ی VRP [۳] با پیش‌فرض‌هایی شروع‌شده و برای حل آن از مدل ریاضی تبرید (SA [۴]) استفاده شد که این مدل با توجه به پیچیدگی‌های موجود انتخاب شده است. نکته قابل‌توجه این است که مسئله مسیریابی وسایل نقلیه نظامی ازجمله مسائلی است که برای حل آن باید از الگوریتم‌های فرا ابتکاری استفاده کرد. در ادامه هم مدل ریاضی را با استفاده از یک مثال به‌صورت برنامه‌نویسی در برنامه‌ی متلب حل کردیم که به دادن خروجی‌هایی همچون تخصیص کدام مشتری به کدام وسیله نقلیه، استفاده از چند وسیله نقلیه، مسافت طی شده هر وسیله و میزان ظرفیت استفاده منتهی می‌شود.

کلمات کلیدی: آماد و پشتیبانی، زبان برنامه‌نویسی متلب، مدل ریاضی تبرید، مسیریابی

[۱] محمدرضا خسروی، استادیار دانشگاه دفاع ملی، دکتری، ۰۲۱۲۷۳۵۲۲۲۷ و morekhosravi@gmail.com
[۲] محمدتقی موحدی فر، کارشناسی ارشد مهندسی عمران، نویسنده مسئول، ۰۹۱۲۰۷۵۷۹۴۱، movahedifar70 @gmail.com

[۳] vehicle routing problem
[۴] Simulated Annealing

مقدمه

حمل‌ونقل در سیستم‌های اقتصادی، تولیدی و خدماتی از جایگاه مهمی برخوردار است. یکی از جذابیت‌های مسئله حمل‌ونقل ارزش اقتصادی آن در توسعه کشور و یا اثربخشی مؤثر آن در سودآوری شرکت‌ها و سازمان‌های خصوصی است. ازاین‌رو کشورها و سازمان‌ها بیش‌ازپیش توجه خود را به امر بهینه‌سازی شبکه حمل‌ونقل معطوف کرده‌اند. یکی از مسائل مهم در حوزه‌ی حمل‌ونقل و سیستم‌های لجستیکی مسئله مسیریابی وسایل نقلیه است. مسیریابی وسیله نقلیه به مسأله‌ای گفته می‌شود که در آن هدف تعیین مسیرهای بهینه برای وسایل نقلیه موجود است به‌نحوی‌که تقاضای مجموعه‌ای از مشتریان برطرف شود. مسیریابی وسایل نقلیه به دلیل کاربردهای بسیار ازجمله مهم‌ترین و گسترده‌ترین مسائل در حوزه‌ی بهینه‌سازی و تصمیم‌گیری است. مسئله مسیریابی مسئله‌ای است که در آن می‌بایست یک مجموعه‌ای از مسیرها برای جریانی از وسایل نقلیه که مستقر در یک یا چند انبار هستند تعیین گردد تا به مجموعه‌ای از مشتریان و یا شهرهایی که به‌صورت جغرافیایی پراکنده شده‌اند، خدمت دهند. ازاین‌رو کاربرد این تحقیق در پخش اقلام مختلف نظامی با توجه به حجم بالای این اقلام به این صورت است که بتوان با در نظر گرفتن تقاضاها و ظرفیت وسایل نقلیه راه‌های مناسب برای سرویس‌دهی به نقاط مختلف نظامی را تعیین و بررسی کرد.

کلیات

ادبیات و مبانی نظری

مسئله مسیریابی وسیله نقلیه اولین بار توسط «دانزیگ و رامسر» معرفی شد. این مسئله برروی تحویل کالا به مشتریان با تقاضای مشخص تمرکز می‌کند و به‌صورتی که شروع و پایان مسیر در انبار است (Dantzig,et al,1958:80-90). «مین» محدودیت جدیدی را برای مسئله مسیریابی وسیله نقلیه تعریف نمود. او مسئله حمل‌ونقل کتاب بین کتابخانه‌ها را به شکل فرموله شده در آورد که به مسئله مسیریابی با تحویل و دریافت هم‌زمان معروف شد. همچنین او از رویکرد دومرحله‌ای برای حل این مسئله استفاده کرد. در اولین مرحله، مشتری‌ها با این شرط که مجموع تقاضاهای تحویل یا مجموع دریافت‌ها در داخل آن مسیر کمتر از ظرفیت وسیله نقلیه باشد، در گروه‌هایی خوشه‌بندی شدند. در دومین مرحله، مسئله فروشنده دوره‌گرد[۱] به‌طور کامل حل‌شده، به‌صورتی که اگر مسیر فروشنده دوره‌گرد محدودیت ظرفیت وسیله نقلیه را نیز نقض می‌کرد، مسئله دوباره حل می‌شد(Min,1989:377-386).

بعد از گذشت مدت زمانی طولانی از نتایج «مین»، «سالحی و ناگی» و با استفاده از یک روش ابتکاری، مسئله مسیریابی وسیله نقلیه دریافت و تحویل هم‌زمان کالا را حل کردند (Salhi.et al ,1999:1034-1042). آنها در ابتدا مسئله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت ظرفیت (CVRP[۲]) را با در نظر گرفتن مشتری‌هایی که فقط کالا را دریافت می‌کنند، حل

[۱] Travelling Salesman Problem
[۲] Capacitated Vehicle Routing Problem

کردند و سپس مشتری‌هایی که کالا تحویل می‌دهند را نیز در مسیر اضافه نمودند. «دتلوفه» کاربردهای مسئله مسیریابی وسیله نقلیه دریافت و تحویل هم‌زمان کالا را برای اولین بار در مسائل لجستیک معکوس[۱] برجسته کرد و از روش ابتکاری ارزان‌ترین الحاقی برای حل مسئله استفاده نمود (Dethloff,2001:79-96). «مونتان و گالوو» سه نوع متفاوت از مسئله مسیریابی وسیله نقلیه دریافت و تحویل هم‌زمان کالا را تعریف کردند. آنها مسئله‌های مزبور را با استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری چرخه‌ای و الگوریتم ابتکاری ارزان‌ترین الحاقی حل کردند. عملگرهای تعویض گره‌ها به‌منظور غلبه بر مسیرهای امکان‌ناپذیر و بهبود کیفیت حل مسئله مورد استفاده قرار گرفتند(Montane,et al, 2002:19-33). «آنجلیا و مانسینی» محدودیت زمانی را برای مسئله مسیریابی وسیله نقلیه دریافت و تحویل هم‌زمان کالا معرفی نمودند. تحقیقات آنها، اولین و تنها تحقیق انجام‌شده به‌منظور استفاده از یک الگوریتم دقیق برای حل نسخه اصلی مسئله است. آنها الگوریتم شاخه و ارزش[۲]را به‌صورت مجموعه‌ی فرموله شده توسعه دادند (Angelelli,et al,2002:249-267). «سالحی و ناگی» پژوهش‌های خود را گسترش دادند. آنها روش ابتکاری را با افزودن عملگرهای گره‌ای بیشتر ابداع کردند که منجر به اصلاح حل شد (Nagy,et al ,2005:126-141). «چن و هو» یک روش الحاقی و الگوریتم فرا ابتکاری ترکیبی را بر اساس روش ترکیبی شامل الگوریتم لیست ممنوع و الگوریتم‌های بهبوددهنده پیشنهاد دادند (Chen,et al ,2006:579-587). یکی دیگر از روش‌های حل مسئله مسیریابی وسیله نقلیه دریافت و تحویل هم‌زمان کالا، الگوریتمی است

[۱] Reverse Logistics
[۲] Branch and Price

که توسط «تانگ و گالوا» در سال ۲۰۰۶ میلادی ارائه شد. آنها یک الگوریتم فرا ابتکاری جستجوی ممنوع[1] که دارای مراحل جریمه مضاعف است را پیشنهاد دادند (Tang.et al ,2006:595-619). «بیانچسی و ریقینی» در سال ۲۰۰۷ میلادی، روشی را از ترکیب الگوریتم جستجوی محلی و الگوریتم ممنوع بر روی مثال‌های دتلوف اعمال نمودند که منجر به نتایج بهتری شد (Bianchessi,et al ,2007:2578-2594). «زاچارادیس و همکاران» در سال ۲۰۰۹ یک چارچوب ترکیبی را بر اساس دو الگوریتم ابتکاری شناخته‌شده جستجوی ممنوعه و جستجوی محلی پیشنهاد دادند. این روش با هدف دستیابی به یک تعادل رضایت‌بخش بین شدت و تنوع جستجو ارائه شده است. با این منطق، این روش با شدت بخشیدن در مناطق به‌صورت امیدوارکننده‌تری به جستجوی فضای وسیعی از حل‌ها می‌پردازد (Zachariadis,et al ,2009:1070-1081). در همین سال، «کجیل و همکارش» از یک روش الگوریتم بهبودیافته مورچگان برای حل مسئله مسیریابی وسیله نقلیه دریافت و تحویل هم‌زمان کالا استفاده کردند. در روش آنها از یک ساختار مناسب برای افزایش کیفیت جواب‌ها و همچنین از دو جستجوی محلی چندگانه استفاده‌شده و مزیت این الگوریتم نسبت به الگوریتم‌های دیگر، توانایی حل نسخه‌های دیگر از مسئله مسیریابی است. (Gajpal,et al ,2009:3215-3223)

«بولنت ساتای» یک الگوریتم کلونی مورچه [1]را توسعه داد که مجهز به یک تابع با دید صرفه‌جویی و روش بروزرسانی فرمون[2] بود. نتایج ارائه شده نشان از قابلیت الگوریتم پیشنهادی در یافتن کوتاه‌ترین فاصله دارد (Catay,2010:6809-6817). «زاچارادیس» در سال ۲۰۱۱ میلادی، یک الگوریتم فرا ابتکاری برای مسئله مسیریابی وسیله نقلیه دریافت و

تحویل هم‌زمان کالا را ارائه داد که در آن، با استفاده از یک روش جستجوی محلی کارآمد به اکتشاف همسایگی جواب می‌پردازد. او همچنین نتایج به‌دست‌آمده قبلی خود را در سال ۲۰۰۹ بهبود بخشید(Zachariadis, 2011: 17-26).

در این مقاله، یک الگوریتم فرا ابتکاری ترکیبی برای حل مسئله مسیریابی وسیله نقلیه نظامی ارائه شده است. این روش، ترکیبی از چند الگوریتم ابتکاری و فرا ابتکاری بوده که تاکنون در تحقیقات قبلی دیده نشده است. در ادامه ضمن تعریف ریاضی مسئله، آن را با استفاده از نرم‌افزار متلب به‌صورت کاربردی حل خواهیم کرد.

طرح مسئله

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه به مجموعه‌ای 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 می‌پردازند و این امر را به نحوی انجام می‌دهند که هزینه‌های انجام این کار به حداقل برسد. 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 باز می‌گردد و مسیر در

[۱] Ant Colony
[۲] Pheromone

همان مکان پایان می‌یابد. این گونه مسائل به‌طورکلی به‌عنوان مسائل مسیریابی وسایل نقلیه یا مسائل برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، شناخته‌شده‌اند.

با توجه به اینکه اصلی‌ترین هدف تحقیقات مسیریابی، انتخاب بهینه‌ترین مسیر و کم کردن مسیر پیموده شده است، این سؤال پیش می‌آید که کدام مدل ریاضی می‌تواند برای دستیابی آنها مناسب باشد، تا در کنار پیدا کردن موارد قبلی بتواند کمترین تعداد وسایل نقلیه مورداستفاده و کمترین زمان خدمت‌رسانی را نیز به دست آورد. با توجه به نوع مسئله فرض می‌شود که مدل ریاضی تبرید برای حل آن مناسب باشد.

اهمیت و ضرورت تحقیق

ضرورت اصلی انجام این پروژه حل برخی مشکلات موجود در برنامه‌ریزی‌های حمل‌ونقل انبارهای آماد و پشتیبانی می‌باشد. این مشکلات به دو قسمت تقسیم می‌شوند: اول در موقعیت‌های خطر و دوم در زمان‌هایی که انبارها مسئولیت پخش اقلام موجود خود را بین ایستگاه‌های مختلف دارند.

– در موقعیت‌های خطر: زمان‌هایی همچون خطرهای نظامی و همچنین مواقع وقوع بلایای طبیعی است که مدیریت این انبارها در فرماندهی به‌صورت درست و علمی و مدیریت بحران در زمینه حمل‌ونقل می‌توانند کمک بگیرند، به‌طوری‌که می‌توان قبل از وقوع زمان خطر تمام موقعیت‌های موجود برای سرویس‌دهی با توجه به نوع جاده‌ها و راه‌ها و با توجه به موقعیت مکانی انبارها توسط متخصص شناسایی‌شده و برنامه‌ریزی شود که با عنایت به ظرفیت‌های وسایل نقلیه و راه‌های از پیش تعیین‌شده، مشخص باشد که راننده‌ها باید چه چیزی را به کجا

تحویل دهند تا در این مواقع فرمانده از پیچیدگی‌های مدیریت بحران و سردرگمی‌های زمان‌های پر استرس در امان باشد.

– در مواقع عادی: انبارها وسایلی همچون البسه‌ی نظامی، مواد غذایی، تجهیزات جنگی و... را در اختیاردارند که مسئولیت نگهداری، حمل و تحویل آن بر عهده آنهاست. در این مواقع مشکلاتی همچون میزان بارگیری، نوع تحویل‌گیرنده‌ی هدف و مسیرهای حمل‌ونقل مشکل اصلی این نوع مراکز است، به این گونه که با توجه به تقاضاها عرضه‌ها برنامه‌ریزی نمی‌شود و این امر باعث اتلاف وقت، پرداخت هزینه‌های نیروی انسانی، مصرف بیشتر سوخت، استهلاک بیشتر وسایل نقلیه و سردرگمی در برنامه‌ریزی و ساماندهی این نوع از انبارها هست که با کمک این پروژه و برنامه‌ریزی‌های مبنی بر آن می‌توان به مدیریت این انبارها و سیستم حمل‌ونقل آن کمک و خروجی بهتر و منظم‌تری داشت.

روش تحقیق

این تحقیق در زمره تحقیقات کاربردی دسته‌بندی می‌شود، به این دلیل که با استفاده از نتایج این تحقیقات به‌منظور بهبود و به کمال رساندن رفتارها، روش‌ها، ابزارها، وسایل، ساختارها و الگوهای مورداستفاده در مسئله مسیریابی وسایل نقلیه انجام می‌شود. هدف تحقیق کاربردی توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است که در این پروژه مسئله مسیریابی وسایل نقلیه نظامی موردبررسی قرار می‌گیرد.

برای انجام این تحقیق از یک مدل ریاضی استفاده خواهد شد و در ادامه با استفاده از نرم‌افزار متلب برنامه‌نویسی شده و آن مدل ریاضی حل می‌شود، همچنین آمار و اطلاعات موردنیاز با توجه به کاربری هر پروژه وارد می‌شود که در این تحقیق یک مثال کامل با

ورودی‌های فرضی طرح‌شده که با توجه به اینکه این مثال‌ها برنامه‌نویسی شده‌اند برای استفاده در پروژه‌ها کافی است آن عددها در فایل برنامه‌نویسی به اعداد موجود تغییر پیدا کنند.

مدل ریاضی

مسائل بهینه‌سازی ترکیبی، موضوعاتی در ارتباط با یافتن بهترین راه‌حل یا راه‌حل بهینه از میان تعداد محدود یا نامحدود قابل شمارش گزینه‌های مسئله می‌باشند به طوری که تمام ترکیبات ممکن و قابل قبول، به‌عنوان جواب انتخاب و بررسی می‌گردد. یکی از خواص منطقی و ذاتی این مسائل، طولانی بودن زمان یافت حل بهینه است. به همین دلیل، حل آن‌ها از طریق الگوریتم‌های دقیق و نرم‌افزارهای موجود، امکان‌پذیر نیست و یا به زمان بالایی نیاز است. ازاین‌رو، برای رسیدن به جواب بهینه در زمان معقول، از الگوهای فرا ابتکاری استفاده می‌شود.

در ساختار این مسائل، یک یا چند تابع هدف وجود دارد و متغیرها از نوع صفر و یک می‌باشند. یکی از خواص منطقی و ذاتی این مسائل، طولانی بودن زمان یافتن حل بهینه است. زمان حل مسئله، تابعی از ابعاد آن مسئله می‌باشد و این موضوع، معیار مناسبی به‌منظور ارزیابی تکنیک حل مسائل می‌باشد. این معیار، تابع پیچیدگی زمان مسئله نامیده می‌شود.

مسئله مسیریابی وسیله نقلیه به مجموعه‌ای از مسائل اطلاق می‌گردد که در آن تعدادی خودرو متمرکز در یک یا چند قرارگاه، بایستی به مجموعه‌ای از مشتریان مراجعه نموده و خدمتی را ارائه دهند که هر یک دارای تقاضای معینی می‌باشند. در این پروژه ، حالت توسعه-یافته‌ای از مسیریابی وسیله نقلیه ارائه می‌شود که در آن، تابع هدف مسئله به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که ضمن کمینه‌سازی هزینه حمل‌ونقل، تحویل اقلام در مسیرهایی صورت گیرد که با احتمال بیشتری قابل دسترسی است.

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه نظامی

با مطالعه سیستم توزیع یک سازمان لجستیک دفاعی، مشخص شد که مسیرهایی از ارسال اقلام، تخریب شده‌اند. همچنین در مواقعی از زمان، امکان عبور خودروها از برخی مسیرها وجود نداشته است و یا عبور آن‌ها، همراه با ریسک بوده است. در این حالت، برای عبور خودروها، هر مسیر با احتمال معینی بین (۱و۰) قابل دسترسی است.

در ادامه، با در نظر گرفتن جنبه جدید (احتمالی بودن دسترسی به مسیرها)، مدل ریاضی مسیریابی وسیله نقلیه در حالت چند قرارگاهی، چند هدفی و احتمالی ارائه می‌گردد.
از آنجا که مسیریابی وسیله نقلیه‌یک مسئله NP – Hard است، حل آن از طریق برنامه‌ریزی خطی و نرم‌افزارهای موجود، امکان‌پذیر نبوده و یا به مدت زمان بالایی نیاز است. لذا از روش‌های فرا ابتکاری استفاده می‌شود .

از بین آن‌ها الگوریتم شبیه‌سازی تبرید با تلفیق برخی عملگرهای الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله استفاده می‌شود. دلیل انتخاب الگوریتم شبیه‌سازی تبرید آن است که این الگوریتم مبتنی بر جستجوی فضای جواب بوده و قدرت بالایی در جستجوی جواب دارد. همچنین الگوریتم شبیه‌سازی تبرید انعطاف‌پذیری فوق‌العاده‌ای در پذیرش جواب‌های نامناسب دارد و سبب فرار از جواب‌های بهینه محلی موقت می‌شود و جواب بهبود می‌یابد.

مفروضات مدل

۱- ارسال اقلام به مشتری، از یک قرارگاه انجام می‌شود.
۲- اقلام موردنیاز مشتری، در محل قرارگاه موجود است.

۳- مقدار تقاضای هر مشتری، ثابت و معین است.

٤- ناوگان وسایل نقلیه، همگن است.

۵- ظرفیت حمل هر وسیله نقلیه، محدود است.

٦- هر مسیر، با احتمال معینی قابل دسترسی است.

$$Z_1 = Min \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} \sum_{v=1}^{NV} C_{ij} X_{ij}^{v} \quad (1)$$

and

$$Z_2 = Max \sum_{v=1}^{NV} \left(\prod_{i=1}^{N} \prod_{j=1}^{N} P_{ij} X_{ij}^{v} \right) \quad (2)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^{N} \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^{v} = 1 \quad , j = 2, \ldots, N \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{N} \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^{v} = 1 \quad , i = 2, \ldots, N \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{N} X_{ip}^{v} - \sum_{j=1}^{N} X_{pj}^{v} = 0, v = 1,\ldots, NV, p = 1,\ldots, N \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{N} d_i \left(\sum_{j=1}^{N} X_{ij}^{v}\right) \le DV \qquad , v = 1,\ldots, NV \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{N} t_i^{v} \sum_{j=1}^{N} X_{ij}^{v} + \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} t_{ij}^{v} X_{ij}^{v} \le T_v, v = 1,\ldots, NV \quad (7)$$

$$\sum_{j=2}^{N} X_{ij}^{v} \qquad , v = 1,\ldots, NV \quad (8)$$

$$X_{ij}^{v} \in \{0,1\} \quad , \quad \forall i, j, v \quad (9)$$

$$\sum_{v=1}^{V} \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} X_{ij}^{v} \le |S| - r(S), \forall S \subseteq A - \{1\}, S \neq \varnothing \quad (10)$$

تابع هدف، از دو جزء تشکیل شده است:

رابطه (۱) که تابع هدف را تشکیل می‌دهد، در راستای کاهش هزینه حمل‌ونقل تعریف شده است.

رابطه (۲) که جزء دوم تابع هدف را تشکیل می‌دهد، سعی دارد احتمال تحویل اقلام به مشتریان را حداکثر کند.

روابط (۳) و (٤)، موجب می‌شوند هر گره تقاضا، فقط از یک وسیله نقلیه خدمت دریافت کند.

روابط (۵) و (۸) متضمن این است که اگر وسیله‌ای به گره‌ای وارد شود، باید از آن خارج گردد و به این ترتیب پیوستگی بین مسیرها برقرار گردد.

رابطه (٦) مربوط به حداکثر ظرفیت وسیله نقلیه است.

رابطه (۷) «حداکثر زمان طی مسیر و خدمت دهی» هر وسیله نقلیه را نشان می‌دهد.

همچنین رابطه (۹) دلالت می‌کند که متغیرها از نوع صفر و یک هستند و به معنای عبور یا عدم عبور وسیله نقلیه v، در مسیر بین i و j است.

رابطه (۱۰) نیز به محدودیت زیرتورها معروف است، یعنی حذف تور یا حلقه‌های احتمالی که فاقد نقطه مبدأ می‌باشند.

مسیریابی وسیله نقلیه جزء مسائل NP-hard است و حل آن در ابعاد بزرگ، از طریق برنامه‌ریزی خطی و نرم‌افزارهای موجود امکان‌پذیر نبوده و یا به مدت زمان بالایی نیاز دارد. برای حل این مسئله از روش فرا ابتکاری شبیه‌سازی تبرید استفاده می‌شود.

این الگوریتم، تقلیدی از یک واقعیت فیزیکی به نام آنیلینگ است. واژه آنیلینگ به معنای گرم کردن و سپس به تدریج سرد کردن است. فرآیند فیزیکی سرمایش که هدف از آن، کاهش دمای ماده به پایین‌ترین سطح انرژی می‌باشد، تعادل گرمایی نامیده می‌شود . در هر دما، جسم مجاز به رسیدن به تعادل گرمایی می‌باشد. کاهش دما، شبیه به کاهش مقدار تابع هدف (در مسائل کمینه‌سازی) است که به وسیله تغییرات بهبوددهنده، اتفاق می‌افتد. کاهش دما به

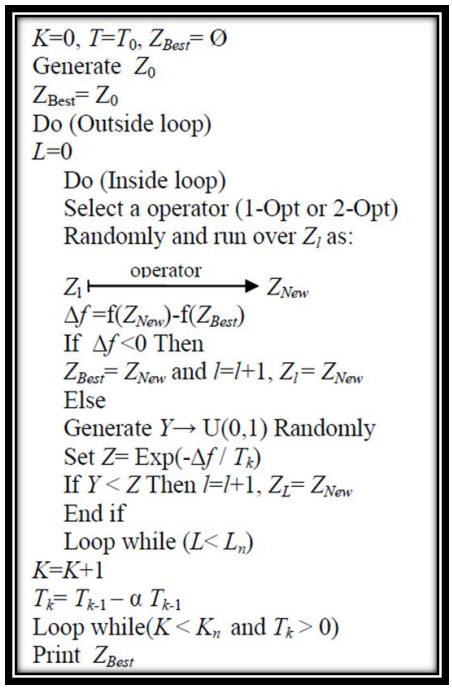
خصوص در مراحل اولیه نباید خیلی سریع باشد، زیرا برخی کاستی‌ها در ماده به وجود می‌آید و ماده به انرژی کمینه نخواهد رسید.

برای اینکه کاهش دما به آهستگی صورت گیرد، باید تغییرات غیربهبوددهنده تابع هدف، با احتمال معینی پذیرفته شوند، به‌طوری که وقتی مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد، این احتمال نیز کاهش یابد. این امر موجب می‌گردد که الگوریتم از جواب بهینه محلی خارج شود. در شکل شماره ۱، گام‌های اساسی الگوریتم پیشنهادی آمده است.

در این الگوریتم T_0 درجه حرارت اولیه، α ضریب سردی، K شمارنده تغییر درجه حرارت، K_n تعداد مجاز تغییر درجه‌حرارت (معیار خروج از حلقه بیرونی یا توقف الگوریتم)، L شمارنده تکرار همسایگی در هر درجه حرارت، L_n تعداد تکرار همسایگی در هر درجه حرارت (معیار خروج از حلقه درونی)، Z و Z_{Best} بهترین جواب شناخته‌شده است.

در شکل شماره ۱، در گام‌های الگوریتم پیشنهادی مشاهده می‌گردد که برای جستجو در فضای شدنی و تولید جواب‌های همسایه، از دو عملگر کارای الگوریتم ژنتیک.

یعنی عملگر جهش (1-Opt) و عملگر تقاطعی (2-Opt) استفاده شده است.

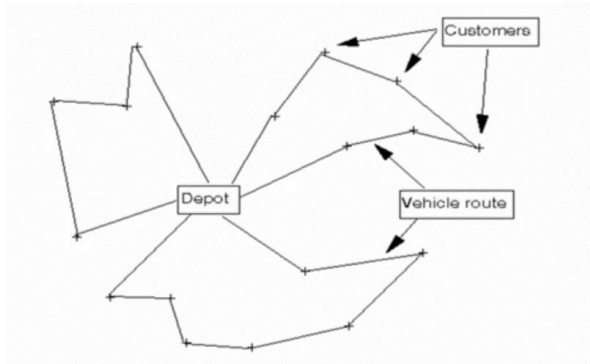


شکل شماره ۱- گام‌های الگوریتم SA پیشنهادی

حل در نرم‌افزار متلب

برای حل این مسئله می‌بایست ایستگاه‌های (مشتری)[۱] مورد نظر را توسط انبار(دپو) [۲]و وسایل نقلیه پوشش داد، در واقع این وسایل نقلیه را باید طوری حرکت دهیم که تمامی ایستگاه‌ها را پوشش دهد. در نتیجه هدف حل مسئله این است که مسیرهای بین دپو و مشتری مینیمم شود و بعد از آن هم فاصله با مشتری بعدی باید کم شود.

[۱] Customer
[۲] Depot



شکل شماره ۲- مجموعه‌ای از ساختمان پخش از انبار به مشتریان توسط ۳ وسیله نقلیه

اطلاعات اولیه مسئله

باید بدانیم:

۱- چند مشتری داریم؟

۲- چند وسیله نقلیه داریم؟

۳- میزان تقاضای مشتریان چه میزان است؟

۴- ظرفیت وسایل نقلیه حمل‌کننده چه مقدار است؟

۵- فاصله بین مشتری با مشتری چقدر است؟

۶- فاصله بین دپو با هر مشتری چقدر است؟

محدودیت مسئله

محدودیت اصلی مسئله این است که میزان تقاضای مشتریان نمی‌تواند از میزان ظرفیت وسایل نقلیه‌ی حمل‌کننده بیشتر باشد.

ورودی‌های برنامه

همانطور که گفته شد جهت حل مسئله می‌بایست اطلاعات زیر را به برنامه‌ی نوشته‌شده وارد کرد:

۱-تعداد وسایل نقلیه (nv) ۲- تعداد مشتریان (nc) ۳-ظرفیت هر وسیله نقلیه(cveh)

٤- ظرفیت تقاضای مشتری (cdem) ٥-فاصله بین مشتری تا مشتری ((dcc(i,j)) ٦-فاصله دپو تا مشتری ((dcc(i))

پس‌ازآن که اطلاعات اولیه در مسئله معرفی شدند طبق برنامه نوشته‌شده مشخص می‌شود که کدام مشتری توسط چه وسیله نقلیه‌ای پوشش داده می‌شود. این امر با توجه به میزان تقاضای دریافت‌کننده و ظرفیت وسیله‌ی نقلیه بر مبنای تعداد آنها و همچنین فاصله‌ها و اهمیت راه‌ها به دست می‌آید.

خروجی‌های برنامه

بعد از اجرای برنامه خروجی‌های زیر با توجه به توضیحات داده‌شده به دست می‌آید:

۱-چند وسیله نقلیه به‌کارگیری می‌شود ۲-کدام مشتری به کدام وسیله نقلیه تعلق می‌گیرد با توجه به مشخص کردن ترتیب رسیدگی به آنها مسیر عبوری وسیله نقلیه از کجاست ۳-فواصل طی شده توسط هر وسیله نقلیه چقدر خواهد بود ٤-ظرفیت توسط هر وسیله نقلیه حمل شده چقدر است.

جامعه آماری

جامعه آماری این تحقیق را می‌توان اطلاعات حمل‌ونقلی یک مرکز آماد در نظر گرفت، برای گردآوری اطلاعات آماری می‌بایست تقاضاها، تعداد مشتری‌ها و تعداد وسایل نقلیه را در اختیار داشت تا بتوان با توجه به ظرفیت وسایل نقلیه اطلاعات آماری کامل را در دست داشت و در برنامه‌ی نوشته‌شده در قسمت مثال وارد کرد تا با توجه به مدل ریاضی تبرید اعمال‌شده آن را حل کرد.

تجزیه‌وتحلیل

با توجه به اینکه مسئله مسیریابی وسایل نقلیه نظامی از جمله مسائل Np-hard است، حل آن تنها با مدل ریاضی فرا ابتکاری امکان‌پذیر است که مدل ریاضی تبرید از جمله این مدل‌هاست. همانطور که مشاهده شد این مدل با کمترین خطا توانست مسئله را حل کند و خروجی‌های لازم را ارائه دهد. در ادامه با کمک برنامه‌نویسی توانستیم کوتاه‌ترین مسیرهای ممکن جهت انتخاب مسیر مناسب وسایل نقلیه و همچنین تعداد کمترین وسایل نقلیه موردنیاز برای اداره سیستم را به‌دست آوریم. مجموعه این خروجی‌ها کمک می‌کند نه‌تنها بهترین مسیر انتخاب شود بلکه سیستم به‌صورت بهینه در جریان باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی شد در ابتدا تمامی ابعاد مسئله موردبررسی قرار گیرد و ادبیات تحقیق به‌دقت موردمطالعه قرار گرفت. بعد از بررسی‌های فراوان و ایجاد شرایط پیش‌فرض برای

مسئله به‌طور کاملاً اجرایی و با داشتن تنها یک محدودیت (میزان ظرفیت وسایل نقلیه)، توانستیم مدل ریاضی الگوریتم تبرید که قبلاً هم در بعضی مسائل ςPΠ نتایج موفقی داشت را ارائه دهیم و در ادامه به‌صورت دقیق مسائل را با استفاده از برنامه زبان برنامه‌نویسی متلب ، برنامه‌نویسی کرده و حل کنیم.

نتایج تحقیق همانطور که در فصل چهارم ارائه شد، به‌گونه‌ای است که کاربر برای حل مسئله‌ی خود باید اطلاعات اولیه را به‌صورت دقیق در M.φιλε های برنامه متلب وارد کند.

اطلاعاتی از قبیل تعداد ایستگاه‌هایی که باید به آن‌ها سرویس داده شود، تعداد وسایل نقلیه‌ای که در اختیار داریم، میزان ظرفیت هر وسیله نقلیه، میزان تقاضاهای مشتری‌ها، فاصله‌ی بین محل دپو با مشتری‌ها و فاصله‌ی بین مشتری تا مشتری، که برای حل مسئله ضروری هستند.

در ادامه پس از اجرا کردن مسئله به نتایج قطعی و کاربردی دست می‌یابیم که در آن اطلاعاتی همچون اینکه کدام مشتری سهم کدام وسیله نقلیه است، مسافتی که هر وسیله نقلیه طی می‌کند چقدر است و همچنین ظرفیت استفاده که این اطلاعات کمک می‌کند تا در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، چه در مواقع خطر و چه در استفاده از آن در مخازن آماد و پشتیبانی جهت ارسال اقلام به ایستگاه‌ها، مقرها و پادگان‌های تحت پوشش کاربری داشته باشد.

این نتایج می‌تواند به‌صورت دستورالعملی پیش‌فرض در مواقع خطر مورد استفاده قرار گیرد به‌طوری که نقشه‌ی مدیریتی دستور دهد تا چه قرارگاه‌هایی باید تحت پوشش قرار گیرند تا از قبل دستورالعمل‌ها آماده شده باشد و در اختیار انبارها و پایگاه‌های آماد و پشتیبانی قرارگیرد تا در مواقع خطر کارهای قابل انجام از پیش معلوم شده باشد.

همچنین می‌توان به‌صورت یک برنامه روزانه توسط یک اپراتور برای پخش مواد انبار شده در مقرهای آماد و پشتیبانی مورد استفاده قرارگیرد. به‌طوریکه از قبل مسافت تمامی ایستگاه‌ها مورد مطالعه قرار گیرد و همچنین میزان ظرفیت وسایل نقلیه، تا بتوان با یک برنامه‌ریزی منظم دستورالعمل بهینه‌ی اجرایی ارائه گردد.

نتایج دیگری که می‌توان در این تحقیق از آن سود برد، میزان استفاده از وسایل نقلیه است، همانطور که در مثال‌های حل‌شده مشاهده کردید گاهی ممکن است نیاز نباشد از تمامی ظرفیت‌های وسایل نقلیه استفاده کرد.

گاهی می‌توان کل سیستم پخش را با دو کامیون تأمین کرد و از استفاده از وسایل نقلیه بیشتر جهت کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و استهلاک جلوگیری کرد.

پیشنهاد

برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود که این موضوع را برای سیستم‌های چند انباره و همچنین تقاضا و عرضه‌های با ضریب امنیتی بیشتر با مدل‌های ریاضی دیگر و زبان‌های برنامه‌نویسی جدیدتر بررسی کنند.

منابع

Angelelli, E. and Mansini. R(2002). The Vehicle Routing Problem with Time Windows & Simultaneous Pick-up and Delivery. Quantitative Approaches to Distribution Logistics & Supply Chain Management, Lecture Notes in Economics & Mathematical Systems, Springer-Verlag, pp. 249–267.

Bianchessi, N. and Righini, G(2007).Heuristic Algorithms for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-up & Delivery. Computers and Operations Research, Vol.34, pp. 2578–594.

Catay. B(2010). A New Saving-based Ant Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-up & Delivery Expert Systems with Applications, Vol. 37, No. 10, pp. 6809-6817.

Chen, J. F. & Wu, T. H(2006).Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries & Pickups.Journal of the Operational Research Society, Vol. 57, No. 5, pp. 579– 587.

Dantzig, G. B. & Ramser, R. H (1958) . The Truck Dispatching problem .Management Science . Vol. 6, No. 1, pp. 80–91.

Dethloff, J.(2001)Vehicle Routing & Reverse Logistics: The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery & Pick-up. OR Spektrum, Vol. 23, No. 1, pp. 79–96.

Davis, L(1985). Applying Algorithms to Epistatic Domains," International Joint Conferences on Artificial Intelligence, Vol. 85, pp. 162-164.

Gajpal, Y. & Abad, P(2009).An Ant Colony System (ACS) for Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery & Pick-up. Computers & Operations Research, Vol. 36, No. 12, pp. 3215–3223.

Min,H (1989) .The Multiple the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery & Pick-up Points . *Transportation Research-Part A*, Vol. 23, No. 5, pp. 377–386.

Montane, F. A. T. & Galvao, R. D.(2002) Vehicle Routing Problems with Simultaneous Pickup and Delivery Service," *OPSEARCH*, Vol. 39, No. 1, pp19–33.

Nagy, G. & Salhi, S(2005).Heuristic Algorithms for Single & Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Pickups & Deliveries," European Journal of Operational Research, Vol. 162, No. 1, pp. 126-141.

Salhi, S. & Nagy, G(1999).A Cluster Insertion Heuristic for Single & Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Backhauling. Journal of the Operational Research Society, Vol. 50, No. 10, pp. 1034–1042.

Tang-Montane, F. A. & Galvao, R. D(2006).A Tabu Search Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup & Delivery Service. Computers & Operations Research, Vol. 33, No. 3, pp. 595–619.

Zachariadis, E.; Tarantilis, D. & Kiranoudis, T(2009).A Hybrid Metaheuristic Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery & Pick-up Service. Expert Systems with Applications, Vol. 36, No. 2, pp. 1070–1081.

Zachariadis, E. E. & Kiranoudis, C. T(2011).A Local Search Meta-heuristic Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-ups & Deliveries. Expert Systems with Applications, Vol. 38, No. 3, pp. 27172726.