چگونگی حل مسایل حمل و نقل با الگوریتم VRSP[1]

دکتر بابک سهرابی*

دکتر محمد رضا کاباران زاد قدیم**

چکیده

هدف اصلی مقاله بررسی اهمیت مساله مسیریابی برای یافتن حداقل مسیرهای توزیع کالا یا انسان از مراکز اصلی توزیع است، به طوری که با حداقل مسافت طی شده، در حداقل زمانی سفر و با حداقل تعداد وسائط نقلیه بتوان درخواست حداکثر تعداد مشتریان را تامین کرد. این شرکتها بسته به نوع فعالیت، مواد اولیه و کالای خریداری شده را در انبارها گردآوری می کنند و بعد از مراحل آماده سازی از طریق توزیع آن را در اختیار مشتریان قرار می دهند. بنابراین تعیین مسیرهای طی شده بین مراکز و مشتریان حائز اهمیت خاصی است. چرا که این عامل موجب تعیین تعداد وسائط نقلیه و زمان طی شده و چگونگی تعیین تقدم و تاخر مسیرهای مشتریان و ... می شود.ضمن اینکه در تعیین هزینه های سفر نیز مؤثر است. در این مقاله سعی شده است روشهایی که موجب کاهش عوامل فوق (مسیرهای طی شده، تعداد وسائط نقلیه، زمان طی شده، هزینه های سفر) می شود، تشریح گردد. در این خصوص، علاوه بر مسایل ریاضی ، مسایل هیورستیک و هوش مصنوعی نیز مورد اشاره قرار گرفته و نشان داده شده است که چگونه روشهای فوق می تواند به حل مسایل مسیریابی کمک کند.

واژگان کلیدی: **مساله مسیریابی، مسیرهای حمل و نقل، وسایط نقلیه، الگوریتم های هوش مصنوعی.**

مقدمه

در طول سالیان دراز بازرگانان در جهت انجام تجارت به دنبال یافتن نزدیک ترین راه برای رساندن کالاها به مصرف کنندگان بوده اند. حتی ایجاد و احداث جاده ابریشم از چین تا روم که در آن مسیر ایران به عنوان کشور رابط تجاری عمل می کرد به این جهت بوده است، که در حقیقت کوتاه ترین مسیر بین شرق و غرب محسوب می شده است.

با توجه به رشد روز افزون تولید و مصرف ومسایلی مانند دور بودن تولید کنندگان از مشتریان و مشتریان از یکدیگر و یافتن بهترین و کوتاهترین مسیر بین آنها با توجه به نیاز مشتریان به کالاها و خدمات تولیدی اهمیت بسیاری دارد. تولیدکنندگان همیشه درصدد پیدا کردن مسیرهایی هستند تا بتوانند کالاها و خدمات را در کوتاهترین مسیر، با کمترین زمان، با حداقل تعداد وسیله نقلیه، به دست مشتریان برسانند و از اینطریق موجبات کاهش هزینه و افزایش رضایت بیشتری را فراهم سازند.

شرکتها روشهای توزیع متفاوتی را برای توزیع کالاها و خدمات اتخاذ می کنند. برخی از شرکتها برای اینکه مسایل فوق را بهینه کنند، یا برای کاهش هزینه ها خود توزیع را به عهده می گیرند.

---

* عضو هیات علمی دانشگاه تهران دانشکده مدیریت

**عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز دانشکده مدیریت

♦ تاریخ دریافت مقاله:۱۳۸۳/۷/۲۶ ، تاریخ پذیرش نهایی:۱۳۸٤/۳/۱

1.Vehicle Routing & Scheduling Problem

برخی ازشرکت ها،برای کاهش هزینه های ترابری ، خدمات توزیع را به شرکت های حمل و نقل می سپارند. برخی از شرکتها فقط در جهت توزیع انسانها و خدمات فعالیت می کنند، مانند شرکت های هواپیمایی، شرکت پست، شرکت راه آهن، شرکت های اتوبوسرانی و مسافربری بین شهری و داخل شهری ... . هرکدام از شرکت های فوق هر روشی را که اتخاذ کنند برای مساله مسیریابی تفاوتی نمی کند، مهم این است که بهترین روش توزیع باید انتخاب شود تا هزینه ها کاهش یابد و رضایت مشتریان حاصل شود.

در این مقاله با توجه به موارد فوق اهمیت مساله مسیریابی که تحت عنوان *مسایل مسیریابی وسایط نقلیه* " (VRP)[1] یا " *مسایل مسیریابی و زمان بندی وسایط نقلیه* "(VRSP) مطرح می شود، سعی در یافتن بهینه ترین مسیرها باشد.

مفهوم مسیریابی وسایط نقلیه

تحقیقات بسیار محققین در جهان در سطح وسیعی از مسایل عملی در رابطه با مساله VRSP انجام شده است. دلیل توجه فراوان به این موضوع از آن جهت است که به طور واضح VRSP برای اقتصاد شرکتها اهمیت بسیار دارد. به این دلیل که VRSP از این حقیقت نشات گرفته که بسیاری از اقلام مربوط به حمل و نقل کالاها یا افراد بسیار گران قیمت است که می تواند شامل وسایط حمل و نقل ، سوخت ، حقوق رانندگان و مسیر طی شده باشد.

در واقع VRSP در حالت کلی یک مساله بهینه یابی ترکیبی است که از لحاظ پیچیدگی مربوط به طبقه ای از مسائلی است که NP- hard نامیده می شود.

به این معنی که زمان حل مساله با توجه به اندازه و حجم مسئله به طورنمایی افزایش می یابد (آلفا[2] ، ۱۹۹۱). روشهای بهینه یابی ریاضی موجود برای حل چنین مسایلی (مانند مدل های برنامه ریزی ریاضی) به طور عمده شامل تعداد بسیار زیادی متغیر و محدودیت است که از کارایی عملی آنها در حل مسایل با ابعاد واقعی می کاهد. از این رو استفاده از روش های ابتکاری در حل این مسایل موجه می نماید. روش های ابتکاری در بهینه سازی، به روشهایی اطلاق می شود که به دنبال جوابهای خوب و موجه (و نه لزوما بهینه) برای مسایل هستند. این روش ها حجم زیادی از کارهای بهینه سازی درصنعت رابه خوداختصاص می دهند، چرا که مسایل واقعی غالبا بسیار پیچیده تر و یا بزرگتر از آن هستند که حل آنها به روشهای بهینه سازی قطعی مدل های ریاضی ، امکان پذیر شود.

مفهوم لجستیک و اهمیت آن

لجستیک می تواند به عنوان مطالعه «مسایل یکپارچگی و بهینه سازی خرید و عرضه ، ساخت و فرایند ، حمل و نقل و توزیع، و مبادله مواد صنعتی» تعریف شود (رجین[3] ،۱۹۸۹). در این تعریف همچنین ضروری است که حمل و نقل و توزیع افراد و همچنین خدمات نیز جزو مسایل فوق، به شمار آورده شود. بعضی از محققین توزیع را با لجستیک یکی می دانند (کریستوفدز و مینگزی[4] ، ۱۹۸۹).

1.Vehicle Routing Problem

2.Alfa
3.Rjin
4.Christofeds & mingozzi

در اهمیت موضوع به این امر باید توجه کرد که بسیاری از سیستم های عمومی لجستیک شامل عملیات زیراست: کسب و خرید مواد اولیه و قطعات، حمل و نقل و کنترل ، مدیریت موجودی های مواد اولیه و محصولات نهایی آماده شده، مدیریت فیزیکی توزیع محصولات از کارخانه ها تا انبارها (جمع آوری) و از انبارها تا مشتریان (تحویل). این یک سیستم بسیار بزرگ و پیچیده ای است و به این دلیل است که حل مسایل لجستیک در دنیای واقعی هم علم است و هم هنر.

توزیع فیزیکی (عملی)، زیر سیستمی از لجستیک است که مجموعه ای از عملیات متقابل و مربوط به هم (اساساً حمل و نقل، انبارداری، نگهداری، حمل مواد و فرایندهای سفارش) درگیر در انتقال فیزیکی محصول نهایی از تولید کننده به مصرف کننده به طور مستقیم یا به طریق واسطه ها را شامل می شود (مکینون[1] ،۱۹۸۹،ص ٤٥١-٤٢١).

VRP یا VRSP زیر مجموعه ای از سیستم توزیع عملی است که هم حمل و نقل مواد و هم حمل و نقل افراد و خدمات را در بر می گیرد. اهمیت لجستیک می تواند با هزینه مربوط به آن در نظر گرفته شود. بنابراین برخی اطلاعات آماری به منظور نشان دادن اهمیت آن در زیر آورده می شود:

بودین[2] و دیگران (۱۹۸۳) بیان کرده اند که هزینه های توزیع در آمریکا افزون بر ٤۰۰ میلیون دلار به ازای هزینه مواد اولیه خریداری شده در هر سال است. این در حالی است که آمار مربوط هزینه هایی نظیر جمع آوری زباله و تردد مردم به محل کار و یا مدارس را شامل نمی شود.

مگی[3] و دیگران(۱۹۸۵) اظهارکرده اند که بیش از ۸٪ از GNP آمریکا مربوط به حمل ونقل است. آنها همچنین اعلام کرده اند که هزینه حمل و نقل مهمترین بخش از هزینه لجستیک می باشد. در مورد بعضی از محصولات هزینه حمل و نقل می تواند بیش از ۵۰٪ هزینه محصول باشد.

کریستوفدز (۱۹۹۸) اعلام کرد که در یک کشور صنعتی توسعه یافته هزینه لجستیک حدود۱۰٪ GNP و شامل حدود ۱۵٪ متوسط قیمت فروش محصول است. آنها همچنین نشان دادند که هزینه عرضه محصولات نهایی به مشتریان از انبار حدود ۳۰ تا ٤۰٪ کل هزینه لجستیک را شامل می شود.

مک کینون[4] (۱۹۸۹) در مقاله ای نوشت که هزینه توزیع فیزیکی در شرکتهای انگلیسی و آمریکایی به طور متوسط حدوداً ۸٪ در آمد حاصل از فروش است. او همچنین ریز محاسبات هزینه های توزیع فیزیکی را به شرح جدول(۱) ارائه کرد.

جدول ۱- تفکیک هزینه های توزیع فیزیکی

	آمریکا (۱۹۸۴) (%)	انگلستان (۱۹۸۴) (%)
حمل و نقل	۴۶	٤۸
موجودی ها	۲۲	۲۰
انبار	۲۲	۲۵
اداری	۱۰	۷

منبع: مک کینون، ۱۹۸۹

1.Mekinnon
2.Bodin
3.Magee
4.McKinnon

واترز[1] (۱۹۹۰) بیان می کند که به نظر می رسد هزینه های توزیع حدود ۲۰٪ ارزش محصولات است،هرچند که این نسبت بر حسب نوع محصول می تواند متفاوت باشد. این نسبت ممکن است در محدوده ۱ تا ۲٪ برای ماشین آلات گرانبها و تا ٦۰٪ برای مصالح ساختمانی تفاوت کند.

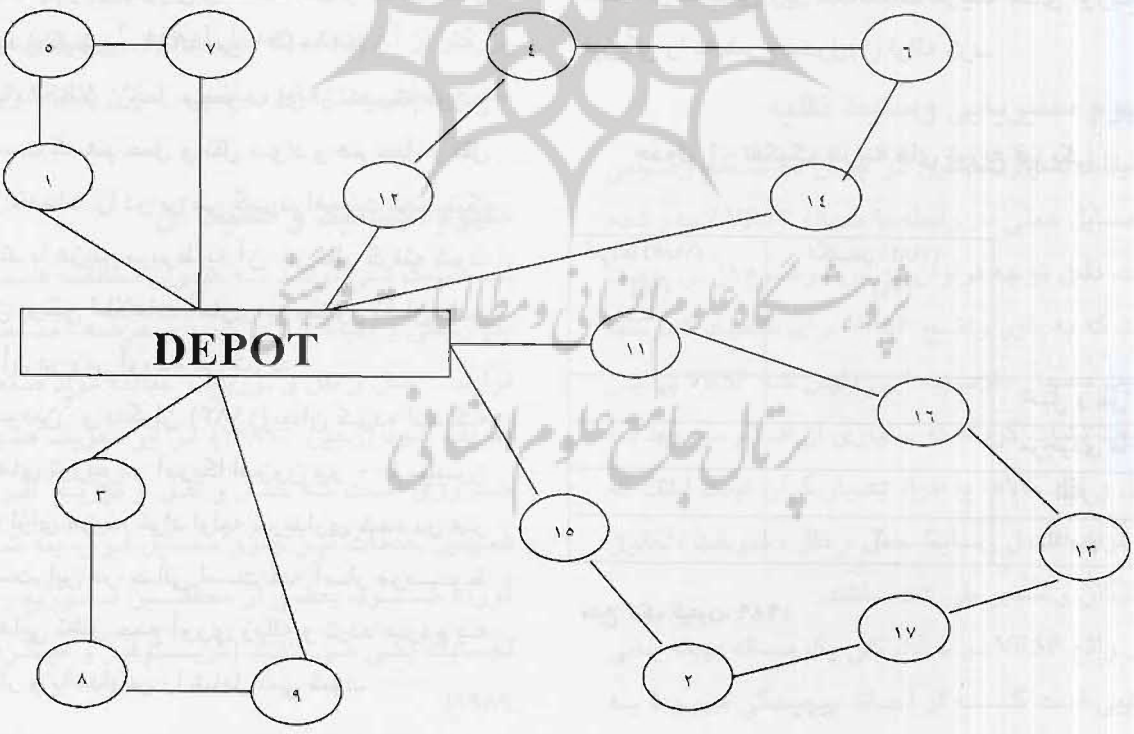
تعریف VRSP

در ادبیات موضوع، مسایل مسیریابی وسایط نقلیه به صورت زیر تعریف شده است:

"یک مرکز توزیع (انبار) وجود دارد که در آن تعدادی وسایط نقلیه با ظرفیت های یکسان یا متفاوت قرار دارد و تعدادی مشتری معین، که به وسیله وسایط نقلیه خدمات موردنیاز را دریافت می کنند.

موقعیت جغرافیایی انبار و همچنین مشتریان به اضافه میزان تقاضای مشتریان مشخص است. هر مشتری بایستی دقیقاً تنها با یک وسیله نقلیه سرویس داده شود. هر وسیله نقلیه انبار را ترک می کند و مواد را طبق سفارش به مشتریان تحویل می دهد و به انبار بر می گردد (این یک مسیر[2] نامیده می شود). مسئله ریاضی عبارت است از پیدا کردن راه حلی (مجموعه ای از مسیرها) که با در نظر گرفتن محدودیتهای بالا، هزینه های (معمولا برحسب فاصله) مسیر را به حداقل برساند (عثمان[3]، ۱۹۹۳).

مثال ساده شده ای در شکل زیر نشان داده شده است که یک انبار مرکزی وجود دارد و تعداد ۱۷ مشتری که توسط چهار وسیله نقلیه خدمت می گیرند.



1.Waters
2.Rout
3.Osman

در مدل فوق مسئله دیگری که باید در نظر داشت موضوع زمان بندی است. رانندگان باید زمان شروع و پایان کارشان را بدانند.مشتریان نیازمند سرویس دهی در زمان تعیین شده هستند. اگر چنانچه به مساله فوق فاصله زمان تحویل (مثلاً تحویل کالا بین ۹ تا ۱۰ صبح) اضافه شود، آنگاه مساله به ***"مساله مسیریابی وسایط نقلیه در بازه زمانی"*** [1](VRSPTW) تبدیل می شود که به هر صورت دراین مقاله به همه آنها VRSP گفته خواهد شد(چانگ و راسل[2]، ۱۹۹٦)

مهم ترین مسئله VRP این است که با توجه به موقعیت مکانی مشتریان (اعم از مشتریان در داخل یک شهر، مانند توزیع کالاهای مربوط به شرکت هائی نظیر شهروند، اتکا، رفاه ، یا توزیع شیر و لبنیات و ... توسط شرکت صنایع شیر پاستوریزه و یا در سطح کشور مانند توزیع کالاها توسط شرکت حمل و نقل جاده ای ، قطار و هواپیما) چگونه می توان کالاها را توسط وسائط نقلیه به مشتریان رساند که هم حداقل مسیر را طی کرده باشند و هم تعداد وسایط نقلیه به حداقل برسد. به ویژه که اگر توجه کنیم کاهش مسیر حرکت وسایط نقلیه در کل موجب کاهش سوخت مصرفی و کاهش ترافیک اضافی حاصل از مسیرهای تکراری یا نامناسب می شود. همچنین اگر تعداد وسایط نقلیه کاهش یابد هم موجب کاهش سوخت می شود و هم بار ترافیکی حاصل از گردش بی مورد وسائط حمل ونقل اضافی را کاهش می دهد، ضمن اینکه تقلیل وسائط نقلیه بر کاهش میزان آلودگی هوا موثر است.

چگونگی حل مسائل VRSP

به دلیل پیچیدگی مسائل VRSP روشهای حل آن را می توان به شرح زیر دسته بندی کرد.

۱- روش تحقیق در عملیات

علاقه تحقیق در عملیات به مساله VRP به طور خاصی در نتیجه اهمیت عملی آن قرار دارد. ولی باید در نظر داشت که مسایل VRP ماهیتاً دشوار است و به طبقه مسایل NP-hard تعلق دارد(عثمان، ۱۹۹۳). به این معنی که زمان حل مساله با توجه به اندازه مساله به طور نمایی برای کل الگوریتم های شناخته شده افزایش می یابد و الگوریتم های زمانی مدلهای دقیق ریاضی برای پیدا کردن مدل مطلوب غیر ممکن به نظر می رسد. در نتیجه موفقیت محدود الگوریتم های دقیق ریاضی ، موجب شده است که توجهات و تحقیقات به سوی گسترش الگوریتم های تقریبی (تخمینی) کشیده شود، که می توانست راه حل نزدیک به بهینه را برای مسایلی با اندازه بزرگ پیدا کند.

۲- بسته های نرم افزار کامپیوتر

در حالی که بسیاری از شرکتها سعی می کنند مسایل توزیع شان را به نحوی حل کنند، برای بعضی از آنها که دارای محدودیتهای بسیار زیاد و پیچیده ای می باشند یک بازار بزرگ برای شرکت هایی وجود دارد که بسته های نرم افزار تجاری را تولید می کنند و گسترش می دهند. آنها باید هوشیار باشند که این نرم افزارها باید محدودیتهای واقعی را در نظر بگیرد و بکارگیری آنها کاملاً راحت و موافق طبع مشتری باشد و بتواند ترکیب الگوریتم های هیوریستیک (ابتکاری) و بهینه را برای کمک به حل مسایل مسیر یابی وسایط نقلیه داشته باشد.

1.Vehicle Routing & Scheduling Problem with Time Windows
2.Chaing&Russel

نرم افزارهای تجاری آماده ای برای حل مسائل مسیر یابی توسط شرکتهایی طراحی و به بازار عرضه شده اند. در این خصوص از جمله می توان به نرم افزارهای DiPS - محصول شرکت DiPS انگلیس - اشاره کرد که در سال ۱۹۷۹ به بازار عرضه شده است و می تواند مسایلی چون برنامه ریزی استراتژیک (موقعیت انبارها) و یا برنامه های تاکتیکی (روزانه) مانند عملیات حمل و نقل بین شرکتها و انبارها و تحویل را انجام دهد. این نرم افزار شامل شبکه مسیر جاده ها، کدپستی و بانک اطلاعاتی موقعیت های جغرافیایی است و روی کامپیوترهای PC قابل نصب است که در واقع استفاده کننده به دو کامپیوتر، یکی برای رسم مسیر جاده ها و دیگری برای حل مساله مسیریابی نیاز دارد.

همچنین می توان به نرم افزار Optrak که توسط شرکت Logistics Business طراحی شده است اشاره کرد که شرکت آن را به عنوان سیستم پشتیبانی تصمیم گیری DSS طراحی کرده است. مقیاس شبکه مسیر جاده ای ۱:۲۵۰۰۰ می باشد. هر جاده ممکن است دارای سرعتهای مختلفی باشد . این نرم افزارتحت ویندوز، محدودیتهای زیر را نیز در نظر می گیرد: بازه های زمانی[1] ترکیبی (حداکثر تا ۳ مورد)، انواع مختلف وسایل نقلیه و محصولات، که شامل محصولاتی است که با هم ترکیب نمی شود، زمان بارگیری و تخلیه، انبارهای ترکیبی و متعدد، اولویت بندی سفارشات، تحویل یا جمع آوری... و استفاده از آن برای کاربر بسیار راحت است.

دانشگاه ها نیز نسبت به اجرای پروژه های تحقیقاتی جهت ساخت نرم افزارهای بسیار قوی اقدام کرده اند که برای نمونه می توان به نرم افزاری اشاره کرد که داچسی[2] (۱۹۸۸)آن را ابداع کرد. می توان گفت نرم افزار داچسی ترکیبی از "پشتیبانی تصمیم گیری[3]"[DSS]و "سیستم مهارت بر پایه دانش[4]" [KBES] است.

DSS عملیات زیر را انجام می دهد: کاربر را قادر می سازد تا نیازمندی های تحویل و مسیر را وارد کند، مسیرها را تغییر دهد، گزارش ها را دریافت و مسیرها را روی نقشه بخواند، مسیرها را به طور اتوماتیک تولید کند و تجزیه و تحلیل حساسیت را انجام دهد. KBES برای ساختن پیشنهاد برای بهبود مجموعه ای از مسیرها استفاده می شود. کل سیستم بسیار جاه طلبانه است ولی در حال حاضر تنها عملیاتی را شامل می شود و اجرا می کند که مربوط به انبارهای دور از مرکز است و محدودیتهای مساله را نمی پذیرد.

پوتوین[5] (۱۹۹۰) یک سیستم کامپیوتری گرافیکی بوسیله ALTO طراحی کرد که هوش مصنوعی[6] [AI] را با تکنیکهای مربوط به تحقیق در عملیات[7] OR یکپارچه می سازد.

این نرم افزار با LOOPS نوشته شده است و زبان برنامه نویسی آن هدف مدار است. این نرم افزار چهار چوبی را به وسیله تخمین عمومی فراهم می کند که اجازه می دهد متخصص استفاده کننده هیوریستیک های خاصی را برای حل مسایل انبار واقعی ایجاد کند.

1.Time Windows

2.Duchessi
3.Decision Support System
4.Knowledge Base Expert System
5.Potvin
6.Artificial Intelligence
7.Opration Research

اگر چه ALTO بسار مناسب طراحی شده است با اینحال دارای نقاط ضعف بسیاری است. استفاده کننده برای اینکه بتواند سریعاً کار کند به دانستن مقدار زیادی از الگوریتم های خاص برای مسیریابی نیاز دارد. مشکل دیگر این است که زمان محاسبه، حتی برای مسایل کوچک بسیار طولانی است.

ارزیابی استفاده از نرم افزار ها

سه دلیل اصلی برای ارزیابی استفاده از نرم افزار های توزیع عبارتند از :

۱. اهمیت اقتصادی توزیع؛
۲. توسعه و گسترش تکنولوژی اطلاعات؛
۳. توسعه وگسترش الگوریتم ها برای توزیع.

با وجود اینکه نرم افزارهای کامپیوتری بسیار خوب طراحی شده اند با اینحال اشکالاتی وجود دارد که بکارگیری آنها را محدود می کند.در این خصوص می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. بهترین نرم افزار برای VRSP ، که از طرف پژوهشگران توصیه می شود، نرم افزاری است که بتواند مسایل خاص شرکت را حل کند. این امر در نتیجه این واقعیت است که مسایل VRSP بسیار پیچیده است و در کل، مسایل خاص آن از هر شرکتی به شرکت دیگر، حداقل در نقاط مهم تفاوت می کند.
۲. نرم افزارهای طراحی شده به طور کلی عمومی طراحی شده اند و مسایل خاص هر شرکت را در نظر نمی گیرند.بنابراین بایستی با مسایل شرکت منطبق شوند (که عموماً شدنی نیست). برای این امر ضروری است که فرد خبره ای را پیدا کرد که با این نرم افزار آشنایی کافی داشته باشد، مسایل شرکت را خوب درک کرده باشد تا بتواند اینها را با هم تطبیق دهد و به ساختار اصلی برنامه افزاری دست پیدا کند و آن ها را تغییر دهد. که چنین کاری به دشواری امکان پذیر است.
۳. نرم افزارهای موردنظر بسیار گران قیمت هستند که بایستی برای دستیابی به آنها مبالغ بسیار زیادی پرداخت شود. علاوه بر آن، باید مبلغ زیادی را بابت خدمات پس از فروش و نصب، پرداخت. همچنین لازم است مبالغی در هر دوره بابت به روز شدن یا بهنگام سازی بسته نرم افزاری پرداخت شود.
٤. به طور کلی گزارشات ارائه شده، نشان دهنده این است که روشهای به کار گرفته شده از طریق نرم افزار های کامپیوتری صرفه جویی ۱۵-۱۰ درصدی داشته است (هولان[1]، ۱۹۸۸) که اغلب آن نیز در نتیجه بکارگیری سیستم استفاده از راه حل های مناسب VRSP نبوده است بلکه بیشتر در نتیجه مدیریت مناسب تر بوده است که شامل موارد زیر است:

- برنامه ریزی استراتژیک برای توزیع کالاها؛
- برنامه ریزی تعمیرات و نگهداری وسایط نقلیه و کاهش تعداد وسایط نقلیه؛
- برنامه ریزی جهت خرید وسایط نقلیه؛
- کنترل موجودی ها؛

1.Hoolan

- تجزیه و تحلیل (هزینه – منفعت).

۳- الگوریتم های هیوریستیک

بر طبق نظر (گندورا[1]، ۱۹۹٤) الگوریتم های هیوریستیک برای مسائل VRP می تواند به شرح زیر طبقه بندی شود:

الف- هیوریستیک های سازنده

مدلهایی هستند که به تدریج و قدم به قدم مسیرهای وسایط نقلیه را به وسیله جایگذاری یک مشتری درهر قدم بر حسب میزان صرفه جویی آنها تا زمانی که همه مشتریان به خدمت موردنظر دست یابند ایجاد می کنند. در این روش، با شروع از یک جواب تهی، تصمیم ها مرحله به مرحله گرفته می شود تا جوابی کامل به دست آید. هر تصمیم، یک تصمیم آزمند[2] است، یعنی قصد دارد با استفاده از اطلاعات به دست آمده از آنچه تا کنون انجام شده است، بهترین تصمیم را بگیرد.

الگوریتم فوق صرفه جویی لازم را بر طبق فرمول ارائه شده توسط کلارک و رایت[3] به شرح زیر انجام می دهد:

۱. محاسبه صرفه جویی بر طبق $S_{ij} = CO_i + CO_j - C_{ij}$ برای همه جفتهای مشتریان i,j ؛
۲. دستور ذخیره سازی بر طبق روش نزولی؛
۳. شروع از بالای فهرست و حرکت به طرف پایین به ترتیب زیر:

- اولین زنجیره شدنی را در فهرست پیدا کنید، که بتواند برای گسترش یکی از دو مسیر پایانی برای مسیر جاری ایجاد شده استفاده شود.
- اگر مسیر به علت محدودیت نتواند گسترش یابد یا مسیری وجود نداشته باشد، اولین زنجیره شدنی در فهرست را برای شروع در یک مسیر جدید انتخاب کنید.
- در مرحلهٔ فوق را تا زمانی که زنجیره بیشتری نتوانید انتخاب کنید تکرار کنید.

در پایان دستورالعمل ، زنجیره های پیوسته از یک راه حل شدنی برای VRP ایجاد می شود.

ب- الگوریتم های دو فازی

این الگوریتمها هم براساس دستورالعمل «اول خوشه - دوم مسیر» و هم براساس دستورالعمل «اول مسیر- دوم خوشه» ساخته می شوند (گهرینگ و هامبرگر[4]، ۲۰۰۱).

روش « اول خوشه - دوم مسیر» ، دسته های مشتریان تخصیص یافته به وسایط نقلیه را تعیین می کند و یک حداقل هزینه مسیر بر اساس الگوریتم فروشنده دوره گرد (TSP) را برای هر دسته محاسبه می کند.

روش «اول مسیر- دوم خوشه» یک مسیر TSP نزدیک به بهینه را می سازد و سپس آن را به مسیرهای شدنی وسایط نقلیه تخصیص می دهد.

پ - برنامه ریزی ریاضی

روش هایی هستند که از مدلهای مطلوب و شرح ناقص مناسب از یک رویه حل دقیق برای کسب یک الگوریتم هیوریستیک موثر برای مسئله استفاده

1.Genderau
2.Greedy
3.Clark &Wright
4.Gehring & Homberger

می کـــند. خیلی دقیق تر، وقتی یک شدنی قابل محاسبه ای برای تعیین ضمنی تمامی موارد ممکن وجود ندارد، تنها یک مقدار کوچک به طور سیستماتیک تعیین می شود و بقیه به طریق هیوریستیک تعییـــن می گردد و این ایده می تواند به طور طـــبیعی با الگوریتم شاخه و کران یا برنامه ریزی دینامیک ترکیب شود. روش fisher یکی از این رویه ها برای VRP است.

ت - روشهای جستجوی بهبود دهنده

این الگوریتم با یک راه حل شدنی شروع می شود و به طور پی در پی آن را با تبادلهای متوالی یا جایگذاری در یک جستجوی محلی بهبود می دهد. عموماً، یک راه حل شدنی در میان حل رویه حفظ می شود. تمامی هیوریستیک های جستجوی محلی (همسایگی) و یا بهبود دهنده های تکراری در این طبقه قرار می گیرند.

در این روشها ، جستجو با حرکت از یک راه حل شدنی به یکی از همسایگی ها انجام می گیرد، تا زمانی که تابع هدف را بهبود داده و شدنی حفظ شود. اگر یک راه حل شدنی پیدا نشود، یک بهینه محلی به دست آمده است.

مساله فوق را می توان اینگونه نیز توضیح داد. جستجو، با یک یا چند جواب (مجموعه ای از مقادیر متغیرهای تصمیم) شروع می شود و در هر مرحله، حرکت ها یا تغییرات مشخصی در مجموعه فعلی در نظر گرفته می شود و حرکت هایی که بیشترین بهبود را ایجاد می کند، انجام می شود و عمل جستجو ادامه می یابد.

یک مورد مهم در طراحی این روش، انتخاب جواب اولیه است. گاهی جواب اولیه یک جواب تصادفی است وگاهی نیز از روش هایی نظیر جستجوی سازنده برای ساختن یک جواب اولیه، استفاده می شود. مساله دیگر، تعیین حرکت ، یا به عبارتی تعریف همسایگی است (یافتن مجموعه جواب هایی که با یک حرکت از جواب فعلی قابل دسترسی است)معمولا بهتر است برای تعریف همسایگی از اطلاعات موجود از دامنه جوابهای مساله، استفاده شود.

یکی از آسان ترین کاربردهای جستجوی بهبود یافته، جستجوی محلی[1] است. با شروع از یک جواب اولیه موجه، در هر تکرار همه جواب های همسایه در نظر گرفته می شود و به بهترین نقطه (نقطه دارای بهترین تابع هدف) همسایه موجه، حرکت می کند و این عمل ادامه می یابد، تا جایی که هیچ یک از نقاط همسایه بهتر و یا موجه نباشد. آخرین جواب به عنوان بهینه محلی[2] شناخته می شود.

اخیراً تعدادی از روشهای توسعه یافته جالب توجه برای گریز از بهـــینه محلی ابداع شده اند، که بهبود دهنده های متاهیوریستیک نظیر، Tabu Search (TS) ،Genetic Algorith (GA) ، Ant Colony (AC),Simulated Annealing(SA) ، شبکه های عصبی (Neural network) می باشند (لاپورت و عثمان[3]، ۱۹۹٦).

SA،TS طرحهای جستجویی هستند که به طور متوالی همسایگی یک راه حل را آزمایش کرده و اجازه می دهد که تابع هدف برای پرهیز از حد مطلوب محلی بدتر شود.

SA براساس یک مقیاس با فرایند سرد کردن Annealing در فیزیک بر روی فلزات استفاده شده

1.Local Search
2.Local Optimum
3.Laporte & Osman

است (کرک پاتریک[1]، ۱۹۸۳).در اینجا به تشریح چگونگی عملکرد این روش پرداخته می شود.

تعریف الگوریتم Simulated Annealing

روش Simulated Annealing یکی از الگوریتم های هوش مصنوعی است که برای حل مسایل پیچیده به کار می رود. این روش با توجه به عمل Annealing بر روی فلزات طراحی شده است. لذا آن را Simulated Annealing می نامند. واژه Annealing به معنای گرم کردن و سپس به تدریج سرد کردن است.

این عمل به این صورت است که در اثر عوامل گوناگون در شبکه کریستالی فلزات یک سری نابجایی ایجاد می شود، یعنی بعضی از کریستال ها شکل اولیه خود را از دست می دهند. این نابجایی ها سطح انرژی مولکولهای درگیر را افزایش می دهد، زیرا پیوندهای اولیه شبکه کریستالی این انرژی را به حداقل رسانده بود.

برای بر طرف کردن این نابجایی ها، فلز را حرارت می دهند تا به دمای معینی برسد (در دمای بالا مولکول ها توان جابجایی بیشتری دارند و لذا راحت تر می توانند شبکه کریستالی را ترمیم کنند.) و سپس آن را به آرامی سرد می کنند. لازم به ذکر است که در اثر سرد کردن سریع فلز برخی از این نابجایی ها باقی خواهد ماند.

چنانچه در مباحث قبلی عنوان شده است، مساله مسیریابی یکی از انواع مسایل بهینه یابی ترکیبی از نوع NP-hard است. بنابراین حل این نوع مسایل در اندازه های بزرگ با روش های بهینه یابی معمول، میسر نیست. لذا از الگوریتم های هوش مصنوعی برای حل این نوع مساله استفاده می شود (آلفا، ۱۹۹۱).

شرح الگوریتم Simulated Annealing

فرض کنید تابع هدف به صورت کمینه کردن باشد.

۱. در اولین قدم این الگوریتم یک جواب اولیه برای مساله می یابد (X_1) . این جواب مقدار تابع هدف را برابر E_1 می کند. (به مقدار به دست آمده از تابع هدف سطح انرژی می گویند.)

۲. حال یک همسایگی برای X_1 به دست می آوریم(X_2) . در مسایل مختلف نقاط همسایه تعریف های متفاوتی دارند. لذا یکی از قسمتهای حل هر مساله به روش S.A تعریف نقاط همسایگی است. جواب X_2 مقدار تابع هدف را برابر E_2 می کند (سطح انرژی E_2 به دست می آید).

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

$E_1>E_2$ (1)

$E_1<E_2$ (2)

در حالت ۱ : جواب جدید مساله برابر است با X_2

در حالت ۲ : جواب جدید مساله برابر است با $\exp(-(E_2-E_1)/kt)$

عبارت دوم به این معناست که احتمال جایگزین شدن X_2 به X_1 از رابطه ذکر شده به دست می آید. در این رابطه K عددی ثابت است که در اغلب مسایل یک (۱) در نظر گرفته می شود.

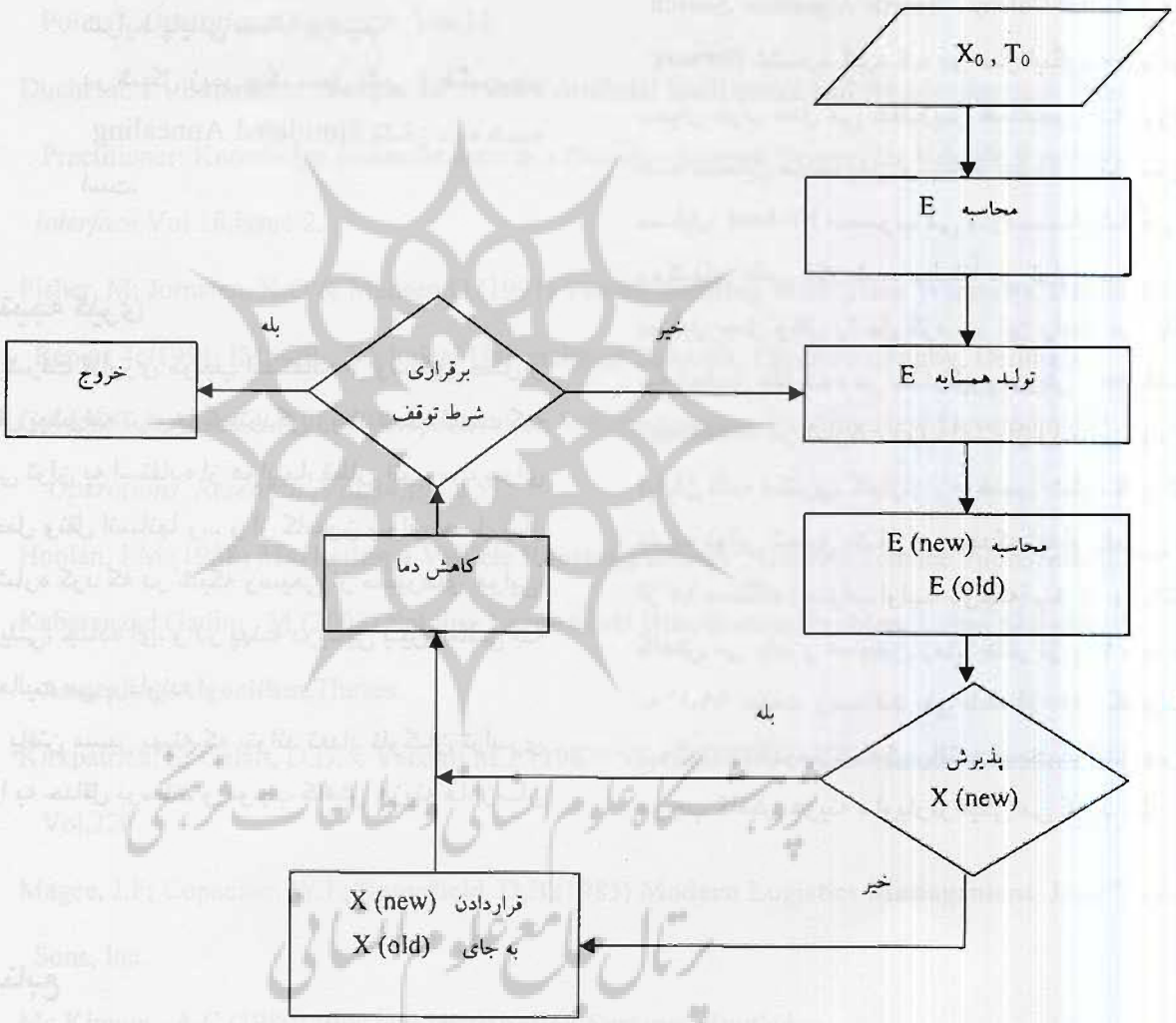
T نیز عددی است که درابتدای مساله برابر مقدار خاصی در نظر گرفته می شود و سپس به تدریج در ادامه مساله کاهش پیدا می کند.

1.Kirkpatrick

با کاهش پیدا کردن T احتمال پذیرش جوابهایی که تابع هدف را زیادتر می کنند کم می شود (به T دمای محیط می گویند و همانطور که دیده می شود کاملا مانند دمای محیط در عمل Annealing جسم جامد کار می کند).

٤. الگوریتم را چند بار در دمای T_1 تکرار می کنیم.

٥. دمای محیط را کاهش می دهیم.



در غالب مسایل کاهش دما با توجه به رابطه زیر صورت می گیرد:

$$T(n+1) = aT(n) \qquad 0<a<1$$

در عبارت بالا a بیانگر سرعت سرد کردن است.

٦. الگوریتم را تا آنجا ادامه می دهیم که به شرایط پایانی مساله برسیم.

در شکل زیر یک مدل کلی از الگوریتم Simulated Annealing نشان داده شده است.

نتیجه گیری

پیشرفت فناوری موجب استفاده از وسایل حمل و نقل پیشرفته تر و با گستردگی زیاد شده است که می توان به استفاده از هواپیما، قطار، اتوبوس، برای حمل ونقل انسانها و... و از کامیون برای حمل بار اشاره کرد که در شبکه وسیعی از مسیرهای هوایی، ریلی، جاده ای، و در پهنه دریایی بین المللی به فعالیت می پردازند.

یافتن مسیر بهینه که بتواند تعداد ناوگان ترابری را به حداقل برساند و موجب کاهش هزینه ها، زمان سفر، بار ترافیک و افزایش رضایت مشتریان گردد هدف اصلی است.

در این مقاله روشهای علمی مسیریابی تحت عنوان "حل مسایل مسیریابی وسایط نقلیه" معرفی شد که ازمیان آنهامی توان به الگوریتم های متاهیوریستیک (فرا ابتکاری) نظیر Simulated Annealing ،Tabu Search ،Genetic Algorithm ، Ant Colony ، Neural Network اشاره کرد که در حل اینگونه مسایل بسیار خوب عمل می کنند.زیرا همانطور که آورده شد مسایل مسیریابی وسایط حمل و نقل جزو مسایل NP-hard محسوب می شود.با بکارگیری روشهای علمی ذکر شده مطمئناً می توان بسیاری از مسایل حمل ونقل را حل کرد. در این رابطه می توان به تحقیق نگارنده در بکارگیری روش Simulated Annealing در شرکت ذوب آلیاژ ورامین تهران (پایان نامه دکتری، کاباران زاد قدیم) اشاره کرد که نتیجه نهایی تحقیق نشان می دهدکه تعداد کامیون ها از ۱۵ دستگاه (جواب اولیه موجه) به ۱۲ دستگاه کاهش می یابد و همچنین زمان سفر از ۱۱۰ ساعت به۹۹,۱٦ ساعت ومسافت طی شده از۳۱۵۰ کیلومتر به۲٤۷٤,٦کیلومترکاهش یافته است.عوامل فوق موجب کاهش هزینه هاوبارترافیکی می گردد.□

منابع

Alfa, A.S; Heragu, S.S & Chen، H.(1991)"A 3-Opt Based Simulated Annealing Algorithm for Vehicle Routing Problems", *Computers & Industrial Engineering* , Vol.21.

Bodin, L; Golden,B; Assad,A & Ball, M.(1983)"Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: The State of the Art", *Computers and Operations Research* , Vol.10,Issue.2.

Chiang، W. C. & Russell, A.(1996) "Simulated Annealing Metaheuristics for the Vehicle Routing Problem With Time Windows", *Annals of Operations Research,* Vol.63.

Christofides, N; Mingozzi, A.(1989)**Vehicle Routing; Practical and Algorithm Aspects in logistics-Where Ends Have to Meet**, Pergamon Press.

Clarke, G; Wright, J.W. (1964) "Scheduling of Vehicle from a Central Depot to a Number of Delivery Points", *Operations Research,* Vol.12.

Duchessi, P ; Belardo, p ; Seagle, J.P.(1988)"Artificial Intelligence and the Management Science Practitioner: Knowledge Enhancements to a Decision Support System for Vehicle Routing", *Interface,* Vol.18,Issue 2.

Fisher, M; Jornsten, K.O & Madsen,O.(1991) **Vehicle Routing With Time Windows**, Research Report 4c/1991, IMSOR , Technical University of Denmark, Dk-2800 Lyngby, Denmark.

Golden,B.& Assad,A.(1986)"Perspectives on Vehicle Routing: Exciting New Development", *Operations Research* ,Vol.34,Issue 5.

Hoolan, J.M.(1988) **Marketing a Vehicle Routing Package** , Elsevier Science Publishers, B.V.

Kabaranzad Gadim , M.(2003) **Solving Large Scale Distribution Problem Using Simulated Annealing Algorithm**,Thezes.

Kirkpatrick, S; Gelatt, D.D.& Vecchi، M.P.(1983) "Optimisation by Simulated Annealing", *Science,* Vol.220.

Magee, J.F; Copacino, W.F; Rosenfield, D,B.(1985) **Modern Logistics Management**, John Wiley& Sons, Inc.

Mc Kinnon , A.C.(1989) **Physical Distribution Systems**, Routledge

Osman، I.H .(1993)"Metastrategy Simulated Annealing and Tabu Search Algorithms for the Vehicle Routing Problem", *Annals of Operations Research,* Vol. 41.

Potvin,J;Lapalme,G;& Rouusseau,J.(1990)"Integration of AI and OR Techniques for Computer- aided Algorithmic Design in the Vehicle Routing Domain", *Journal of the Operational Research Society,* Vol.41.

Rijn, C.F.H.Van.(1989)**Logistics –Where Ends Have to Meet**,Edited by C.F.H Van. Rijn, Pergamon Press.

Russel, M; Moore، R.K; Tomlinson, M.J. (1986) "Dynamic Programming and Statistical Modelling in Automatic Speech Recognition", *Journal of the Operational Research Society*, Vol.37.

Van Breedam، A.(2001) "Comparing Decent Heuristics and Metaheuristics for the Vehicle Routing Problem",*Computers & Operations Research*, Vol .28.

Waters,C.D.J.(1990) "Expert Systems for Vehicle Scheduling", *Journal of the Operational Research Society*, Vol.41.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی