بهینه‌سازی مسیر تردد سرویسهای حمل و نقل یک شرکت، با استفاده از خوشه‌بندی و الگوریتم ژنتیک

حمید مطیعیان(مسئول مکاتبات)، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، تهران، ایران
محمد سعدی مسگری،استادیار، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، تهران، ایران
احید نعیمی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، تهران، ایران
E-mail: hamid_geo@yahoo.com
دریافت: ۹۰/۰۸/۲۰ پذیرش: ۹۱/۰۹/۲۶

چکیده
یکی از راهکارهای استفاده پایدار از منابع، سیستم حمل و نقل ادارات است. امروزه، سامانه های حمل و نقل به صورت دلخواه و با نظر افراد تعیین می‌شوند، در حالی که این انتخاب بهینه نیست. بنابراین باید روشی اتخاذ شود که بتوان این مسئله را به صورت کارآمد مدل کرد. از سوی دیگر در صورتی که تعداد کارمندان در یک شرکت زیاد باشد، فضای جستجوی مسئله افزایش پیدا کرده و استفاده از الگوریتمهای ریاضی مشکل است. به همین منظور در این مقاله سعی شده‌است با استفاده از یک روش خوشه بندی ساده، فضای جستجوی مسئله را کاهش داده و سپس با استفاده از الگوریتم جمعیت مبنای ژنتیک، مسیر بهینه در هر خوشه برای کارمندان جستجو شود. اما یکی از مشکلات الگوریتم ژنتیک، بکارگیری عملگرهای مناسب با شرایط مسئله است. در این مقاله سعی شده‌است که با بکارگیری عملگرهای تقاطع و جهش مناسب و ابتکاری، شرایط حل مسئله بهبود داده شود و زمان رسیدن به جواب بهینه کاهش داده شود. این الگوریتم در یک قسمت از شهر تهران که اطلاعات آن مربوط به سال ۱۳۸۷ است، بکار گرفته شده است. با استفاده از این الگوریتم توسعه داده شده، مسئله ضمن جوابگو بودن، در تعداد تکرار کمتری نسبت به روش ژنتیک با عملگرهای ساده، به جواب بهینه همگرا شده و دارای آزمون تکرار پذیری بالاتری نیز هست. در نهایت پیشنهاداتی برای نزدیک کردن شرایط مسئله به شرایط واقعی و استفاده از الگوریتمهای جمعیت مبنای دیگر ارایه شده‌است.

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی، سامانه اطلاعات مکانی، مسیریابی وسایل نقلیه(VRP)، خوشه‌بندی، الگوریتم ژنتیک

Archive of SID

www.SID.ir

۱. مقدمه

حمل و نقل یکی از زیر ساختهای هر کشور است که مبنا و لازمه سطوح مختلف دسترسی و انتقال مردم و کالا از یک مکان به مکانهای دیگر است. سامانه حمل و نقل یکی از عوامل مهم بیان کننده میزان توسعه یافتگی یک کشور است. سامانه های اطلاعات مکانی در زمینه مدیریت بهینه تسهیلاتی چون حمل و نقل، دارای قابلیتهای فراوانی هستند. تجزیه و تحلیل شبکه مکانی همانند محاسبه کوتاه ترین مسیر، جابجایی و تخصیص منابع، محاسبه سطح دسترسی و ... از مهم ترین این قابلیتها هستند [Saberian, Mesgari and Shirzadi Babakan, 2010].

برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری یکی از مسائل اساسی کشورهای توسعه یافته و حتی در حال توسعه محسوب می‌شود. اهمیت این برنامه ریزی از آنجایی ناشی می‌شود که این مسئله با سه عامل اساسی، هزینه، زمان و امنیت شهروندان سر و کار دارد. از سوی دیگر اهمیت این مسئله برای دولتها از آنجا ناشی می شود که برنامه‌ریزی حمل و نقل با میزان رضایتمندی شهروندان رابطه مستقیم دارد و به این سبب است که دولتها در پی آن هستند تا این برنامه‌ریزی را به بهترین شکل ممکن به انجام برسانند. [Jasbi and Mackvandi, 2011]

همچنین پدیده تراکم ترافیک یکی از مشکلات حمل و نقل درون شهری در کلان‌شهرها و شبکه‌های بزرگ حمل و نقل شهری است. عدم توزیع بهینه بار ترافیکی در سطح شبکه منجر به افزایش آلودگی زیست محیطی، آلودگی صوتی و اتلاف وقت استفاده کنندگان از شبکه می‌شود. بنابراین ارایه ابزارهای کارآمد مدیریتی، نقش تعیین کننده‌ای داشته و می‌تواند تا حدودی عوامل نامطلوب موجود در شبکه حمل و نقلی را کاهش دهد [A gharpour and Ebrahimnejad, 2001].

یکی از راهکارهای علمی ارتقای سامانه حمل و نقل همگانی شهر، بهینه سازی مسیر ناوگان حمل و نقل همگانی و یکی از انواع سامانه های حمل و نقل همگانی، سرویسهای حمل ونقل ارایه شده توسط ادارات، مدارس و شرکتهای خصوصی است. برای اینکه این سامانه ها، به سامانه های کارآمد و پایدار تبدیل شوند و مردم به استفاده از آنها ترغیب شوند، باید پشتوانه علمی و اجرایی قوی داشته باشند [Chen, Tan Claramunt and Ray, 2009]. هدف اصلی این تحقیق این است که الگوریتم خوشه‌بندی و ژنتیک به عنوان یکی از روشهای بهینه‌سازی برای طراحی مسیرهای سامانه حمل و نقل یک اداره استفاده شدهه و توانایی و مناسبت آن ارزیابی شود.

تاکنون مطالعات زیادی پیرامون مسئله مسیریابی صورت گرفته است. به عنوان مثال در کار دکروچرز از روش قطعی ریاضی برای رسیدن به جواب بهینه استفاده شده ، اما زمان صرف شده برای رسیدن به جواب بسیار زیاد بوده که باعث می‌شود که در بسیاری از موارد که حجم داده‌ها زیاد است، استفاده از این روش غیرممکن باشد [Descrochers, Desrosiers and Sol -mon, 1992].

اما باگسترش علوم و کشف روشهای ابتکاری و فراابتکاری، از روشهای غیرقطعی در زمان محاسباتی کوتاه برای حل این گونه مسائل استفاده شد و با نتیجه گیری مناسب از این روشها، علاقه بیشتری به استفاده آنها ایجاد شد [Braysy and Gendreau 2002;Braysy and Gendreau, 2002;Cordeau, et al., 2001]

در کاری دیگر، یک مدل برنامه ریزی خطی- عدد صحیح از مسئله مسیریابی وسایل نقلیه حمل برگشتی با پنجره زمانی و ظرفیت شده‌است. پنجره زمانی، بازه زمانی است که قرار است در آن بازه به مشتریان سرویس داده شود و وسایل حمل برگشتی وسایل نقلیه‌ای هستند که از مکانی شروع به حرکت می‌کنند و مقصد نهایی گره ابتدایی است.در این مدل یک ناوگان ثابت غیر یکنواخت (ناوگانی با تعداد ثابت از هر نوع خودرو، ولی با هزینه و ظرفیتهای مناسب برای هر یک خودروها) مد نظر است و هدف کلی آن کمینه کردن هزینه ناوگان، تعداد کل سفرها و یا مدت زمان آن است. برای حل مدل، یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر بازپخت شبیه‌سازی[1] شده پیشنهاد شده است. الگوریتم بازپخت شبیه سازی شده یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر یک جواب است که به دنبال جواب بهینه می گردد مانند الگوریتم جستوی

Archive of SID
www.SID.ir

ممنوعه. از آنجا که الگوریتم پیشنهاد شده، جزء الگوریتمهای مبتنی بر یک جواب بوده، بنابراین تنها در ابعاد کوچک قابل قیاس و کنترل با حل بهینه است و در ابعاد بزرگ تر حل آن بسیار مشکل بوده و نمی‌توان در زمان قابل قبولی به حل بهینه رسید، و یا رسیدن به آن غیر ممکن است [Mahdavi, et al, 2010].

سوک تای بای در تحقیق خود سعی در حل مسئله مسیریابی وسایل نقلیه به کمک الگوریتم ژنتیک کرد، ولی در کار خود از عملگرهای موجود و مرسوم مانند عملگر ترکیب[1] نقطه‌ای یا یکنواخت استفاده کرده است. این گونه عملگرها از نظرجوابگو بودن در هر گونه شرایطی از مسئله مناسب اند، ولی می‌توان برای هر مسئله خاص، عملگرهای متناسب با مسئله تعریف کرد تا زودتر به جواب بهینه همگرا شود. همچنین با افزایش تعداد مشتریان، الگوریتم در مدت زمان زیادی به جواب می‌رسد. بنابراین به نظر می‌رسد که خوشه بندی روش مناسبی برای تجزیه مسئله به چند مسئله مسیریابی است [Bae, et al., 2007].

باورمن نیز در کار خود سعی کرده است که ابتدا ایستگاهها را خوشه بندی، سپس درون هر خوشه بهترین مسیر را انتخاب کند. اما روشی که برای مسیریابی استفاده می‌کند روشی ابتکاری بوده که بر مبنای ریاضیات است و این روش نیز در مجموعه ایستگاه‌ای زیاد درون هر خوشه جوابگو نیست و یا در صورت جوابگو بودن زمان زیادی برای محاسبات صرف می‌شود [Bo erman, Hall and Calamai, 1995].

حال با توجه به پیشینه تحقیقات ذکر شده در این زمینه، در این مقاله سعی شده است که ابتدا مسئله با توجه به یک روش خوشه بندی مناسب و آسان، به چند بخش تجزیه شود تا با این راهکار، حل مسئله راحت‌تر شده و زمان رسیدن به جواب بهینه کوتاه تر شود. خوشه بندی در واقع یک روش برای طبقه بندی و دسته بندی داده‌ها است که داده‌ها با توجه با میزان شباهت در دسته‌هایی قرار می‌گیرند. در خوشه بندی فاصله بین داده‌ها می‌تواند به عنوان میزان شباهت بکار رود. در مرحله بعدی، درون هر خوشه با یک روش فراابتکاری مناسب، بهترین مسیر برای حرکت سرویس کارمندان جستجو می‌شود. الگوریتم مورد استفاده در این مطالعه، الگوریتم جمعیت مبنای ژنتیک است. اما از آنجا که عملگرهای موجود در الگوریتم ژنتیک، قسمت اساسی برای حل مسئله بوده و تاثیر بسیاری در رسیدن به جواب بهینه در زمان مناسب دارند، سعی شده است که عملگرهای متناسب با شرایط مسئله انتخاب و استفاده شوند. عملگرها تاثیر بسزایی در همگرایی زودتر مسئله به جواب بهینه در مقایسه با عملگرهای مرسوم در ژنتیک دارد. بنابراین در این مقاله ابتدا از روش خوشه بندی K-Means استفاده و کاربرد آن در مسئله بررسی شده، اما در قسمت بعدی الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده تا حل مسئله راحت‌تر شود. برای پیاده سازی، قسمتی از شهر تهران در نظر گرفته شده است. این منطقه شامل ۳۰ ایستگاه است که هدف این مقاله در ابتدا خوشه بندی ایستگاهها با توجه به قید ظرفیت حداکثر ۱۲ نفر است، سپس درون هر خوشه بهترین مسیر را از نظرمسافت کمتر انتخاب کند.

در فصل دوم به بررسی مسئله مسیریابی وسایل نقلیه[2] و عوامل موثر بر آن پرداخته می‌شود و برخی از حالات مختلف این مسئله مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس در فصل سوم خوشه بندی و الگوریتم K-Means مطرح می‌شود. در فصل چهارم توضیحاتی در مورد الگوریتم ژنتیک داده می‌شود و در فصل پنجم با استفاده از الگوریتم K-Means و تغییراتی که در عملگرهای الگوریتم ژنتیک ایجاد شده، به حل مسئله مسیریابی پرداخته شده است و در فصل آخر نتایج این عملکرد آورده شده و برای تحقیقات آینده نیز پیشنهاداتی ارایه شده است.

۲. مسئله مسیریابی وسایل نقلیه و مراحل آن

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه از جمله مسائل بهینه سازی ترکیبی است که به منظور تخصیص خدمات به شماری از مشتریان توسط یک ناوگان حمل ونقل مطرح شده است و از مهم ترین مسائل مطرح در زمینه‌های حمل ونقل، توزیع و تدارکات است. مبنای این موضوع اولین بار در سال ۱۹۵۹ میلادی توسط دانتزیک و رامسر ارایه شد [Dantzig and Ramser, 1959]. مفهوم کلی مسئله مسیریابی وسایل نقلیه، در رساندن بهینه کالاها و اجناس

Archive of SID

موجود در یک انبار مرکزی به تعدادی از مشتریانی است که آنها را سفارش داده‌اند [Chen, et al., 2009]. اهمیت این مسئله در بهبود مواردی چون میزان مصرف سوخت، اتلاف وقت، حجم ترافیک، آلودگی هوا و همچنین ارایه خدمات عمومی و خصوصی بهتر نمایان می‌شود که هرکدام از این موارد می‌توانند به عنوان هزینه منظور شوند. هدف اصلی مسئله مسیریابی وسایل نقلیه پیدا کردن مسیر با کمترین هزینه ممکن از بین مجموعه مسیرهای موجود بین انبار و مجموعه مشتریان است. مسئله مسیریابی وسایل نقلیه به صورتهای مختلفی توسعه یافته است، از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه بر مبنای بازه زمانی تحویل[3]: در این مسئله بازه های زمانی معینی تعریف می‌شود که سفارشات مشتریان باید در این بازه معین تحویل داده شوند.

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه بر مبنای وسایل نقلیه با ظرفیت محدود بارگیری[4]: در این مسئله وسایل نقلیه مورد استفاده دارای ظرفیت بارگیری محدودی می‌باشند .

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه بر مبنای تنوع وسایل نقلیه و با تعداد مشخص از هر نوع[5]: در این مسئله وسایل نقلیه دارای تنوع کاربردی و با تعداد محدود و مشخص از هر نوع هستند [Brandão, 2010].

در این تحقیق سعی می‌شود به حالت ساده مسئله پرداخته شود و فرض شود خودروی ما، مینی بوس یا ون است. در این حالت مسئله به بخشهای جزیی‌تری تجزیه می‌شود. طبق این تجزیه، می‌توان چهار مرحله برای آن در نظر گرفت که عبارتند از: آماده سازی داده‌ها، تعیین محلهای توقف خودروها، تعیین مسیر حرکت خودرو، زمانبندی مربوط به حرکت خودروها. مرحله آماده سازی داده‌ها، داده‌هایی مانند شبکه راهها، محل زندگی کارمندان، محل کار کارمندان، محل شروع حرکت خودرو و مقصد آن. ارتباط بین این داده‌ها و همچنین افراد مختلف از طریق ماتریسی مشخص می‌شود. محلهای توقف خودروها بر اساس محل زندگی کارمندان تعیین می‌شود. تعیین مسیر حرکت خودرو در مرحله مسیریابی خودرو قرار می‌گیرد و زمانی که چندین محل کار موجود باشد، زمانبندی حرکت خودرو الزامی و پیچیده خواهد شد.

در بسیاری از کاربردها این اجزای مسئله به صورت مجزا و متوالی فرض می‌شوند، اگرچه این اجزا از یکدیگر مستقل نبوده و بین آنها رابطه وجود دارد، ولی با توجه به ابعاد و پیچیدگی مسئله از یکدیگر تفکیک می‌شوند. همچنین ممکن است در برخی از مسائل بعضی از اجزا به علت آنکه ثابت هستند و یا قابل مدل‌سازی نیستند، در نظر گرفته نشوند [Park and Kim, 2009].

در واقع مسئله‌ای که قرار است به آن پرداخته شود از نوع مسیریابی وسایل نقلیه با بازه زمانی تحویل و ظرفیت محدود است. در این مسئله از طرفی قید ظرفیت، بر مبنای وسیله[6] سرویس کارمندان موجود است و از طرف دیگر زمان مربوط به سرویس‌دهی به کارمندان (زمان مربوط به حمل کارمندان) مطرح است.

a. آماده سازی داده‌ها

آماده سازی داده‌ها یکی از مراحل اصلی است که داده‌ها را برای مراحل دیگر آماده می‌کند. در این مرحله، شبکه راه مورد نظر به همراه کارمندان، محلهای کار، وسایل نقلیه و ماتریسهای فاصله مشخص می‌شود. داده‌های مورد نیاز برای کارمندان شامل محل زندگی آنها، محل کار آنها و نوع کارمند است. داده‌های مورد نیاز برای محل کار عبارتند از: نشانی و موقعیت محل کار، زمان شروع و اتمام کار (به منظور تنظیم زمان وسایل نقلیه) و حداکثر زمانی که کارمند می‌تواند در داخل وسیله حمل و نقل باشد. داده‌های مورد نیاز برای وسیله نقلیه عبارتند از: موقعیت مبدا شروع حرکت، نوع خودرو و ظرفیت آن. ماتریس فاصله، کمترین زمان سفر یا کمترین مسافت بین هر جفت گره (که می‌تواند محل کار، محل زندگی کارمندان و محل شروع حرکت خودرو باشد) را ذخیره می‌کند. این ماتریس که شامل اعداد کمترین مسافت است، می‌تواند به سامانه اطلاعات جغرافیایی کمک کند و مسیر بهینه توسط الگوریتمهای طراحی شده و سامانه اطلاعات مکانی محاسبه شود [Park and Kim, 2009]. در همین راستا در این مقاله سعی شده که از الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده استفاده شود.

Archive of SID
www.SID.ir

b. انتخاب محلهای توقف خودروها

در این مرحله تعدادی از ایستگاههای توقف مشخص می‌شوند که کارمندان در آن ایستگاهها سوار می‌شوند. فقط در تعدادی از تحقیقات این مرحله در نظر گرفته می‌شود که اکثر آنها نیز از الگوریتمهای ابتکاری برای تشخیص آن استفاده می‌کنند [Park and Kim, 2009].

c. طراحی مسیر حرکت خودرو

در طراحی مسیر حرکت خودرو، مسیر منتهی به شرکت، اداره و... طراحی می‌شود. الگوریتم‌های مورد استفاده را می‌توان به دو دسته شامل ابتدا مسیریابی و سپس خوشه بندی یا برعکس طبقه بندی کرد.در دسته دوم (ابتدا خوشه بندی سپس مسیریابی) که بیشتر مورد نظر ماست یک مسیر طولانی با الگوریتمهای مسئله فروشنده دوره گرد[6]، با در نظر گرفتن تمامی ایستگاهها طراحی می‌شود و سپس برای هر خوشه مسیری که قیود (قیود ظرفیت و زمان و هزینه) را رعایت می‌کند طراحی می‌شود [Park and Kim, 2009].

d. زمان بندی مسیر حرکت

در زمانبندی مسیر حرکت زمان دقیق شروع و پایان هر مسیر طراحی می‌شود به طوری که این مسیرها به صورت زنجیروار و متوالی توسط یک خودرو طی شوند[Park and Kim, 2009; Spada, Bierlaire, and Liebling, 2005].

۳. خوشه بندی و روش K-Means

خوشه‌بندی درواقع تقسیم کردن داده‌ها به گروهها یا اشیای مشابه است و هرگروه را اصطلاحاً یک خوشه می‌نامند. اشیا درهرخوشه به یکدیگرشبیه و درعین حال با اشیای موجود درخوشه‌های دیگرمتفاوت اند. خوشه بندی دربسیاری ازعلوم کاربرد داشته و موردتوجه بسیاری از محققان بوده‌است. نمونه‌هایی ازکاربردهای آن عبارتنداز: آنالیزکشف داده‌ها،گروه‌بندی داده‌ها، فرآیند تصمیم گیری، داده کاوی، پردازش تصویر، طبقه‌بندی الگو و...[Abr- ham and Grosan, 2006].

همچنین (Roth.V ۲۰۰۲) درمقاله خود تعریفی از خوشه‌بندی ارایه کرده است که عبارتست از: خوشه بندی یک مسئله آموزش بدون نظارت است که سعی براین داردکه ساختارمخفی درمیان مجموعه داده‌ها را کشف کند. درابتدا باید ساختار مورد انتظار که قرار است کشف شود، مشخص شود. سپس روش مناسب برای کشف این ساختار در مورد خوشه بندی انتخاب خواهد شد [Roth, et al., 2011].

روشهای متعددی برای خوشه بندی وجود دارد. در این مطالعه روش K-means جهت خوشه‌بندی مسافران بکار گرفته خواهد شد.

روش K-means با وجود سادگی آن یک روش پایه برای بسیاری از روشهای خوشه‌بندی دیگر (مانند خوشه‌بندی فازی) [Alpaydin, 2004] و روشی انحصاری و مسطح محسوب می‌شود. خوشه بندی به چند گروه تقسیم می‌شود که عبارتند از:انحصاری یا پوششی، قطعی یا فازی، مسطح یا سلسله مراتبی، جزیی یا کامل.

در روش انحصاری، داده‌ها پس از خوشه بندی دقیقا متعلق به یک خوشه هستند، ولی درخوشه بندی پوششی داده‌ها، هر داده بعد از خوشه بندی با یک درجه تعلق به هر خوشه تعلق می‌گیرد.در روش سلسله مراتبی بعد از خوشه بندی داده‌ها ، میزان عمومیت خوشه‌ها به صورت سلسله مراتبی است، ولی در خوشه بندی مسطح تمامی خوشه‌ها دارای یک میزان عمومیت هستند. برای این الگوریتم شکلهای مختلفی بیان شده است، ولی همه آنها دارای روالی تکراری هستند که برای تعداد ثابتی از خوشه‌ها سعی در تخمین موارد زیر دارند:

- بدست آوردن نقاطی به عنوان مراکز خوشه‌ها. این نقاط در واقع همان میانگین نقاط متعلق به هر خوشه هستند.
- نسبت دادن هر نمونه داده به یک خوشه که آن داده کمترین فاصله تا مرکز آن خوشه را دارا باشد.

در نوع ساده‌ای از این روش ابتدا به تعداد خوشه‌های مورد نیاز، نقاطی به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. سپس داده‌ها با توجه به میزان نزدیکی (شباهت) به یکی از این خوشه‌ها نسبت داده

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شوند و به این ترتیب خوشه‌های جدیدی حاصل می‌شود. با تکرار همین روال می‌توان در هر تکرار با میانگین‌گیری از داده‌ها، مراکز جدیدی برای آنها محاسبه کرد و دوباره داده‌ها را به خوشه‌های جدید نسبت داد. این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که دیگر تغییری در داده‌ها حاصل نشود. رابطه ۱-۳ به عنوان تابع هدف مطرح است.

$$J = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}\left\|x_i^{(j)} - c_j\right\|^2 \qquad (۱)$$

که $\|\ \|$ معیار فاصله بین نقاط بوده و $x_i^{(j)}$ نقطه i ام است که انتساب داده شده به خوشه‌ی jام بوده و c_j مرکز خوشه jام است. تعداد خوشه‌ها برابر با k و تعداد کل نقاط یا داده‌ها برابر با n است.

الگوریتم پایه برای این روش در زیر ارایه شده است:

i. در ابتدا K نقطه به عنوان نقاط مراکز خوشه‌ها انتخاب می‌شوند.

ii. هر نمونه داده به خوشه‌ای که مرکز آن خوشه کمترین فاصله تا آن داده را داراست، نسبت داده می‌شود.

iii. پس از تعلق تمام داده‌ها به یکی از خوشه‌ها، برای هر خوشه یک نقطه جدید به عنوان مرکز محاسبه خواهد شد. (میانگین نقاط متعلق به هر خوشه)

iv. مراحل ii و iii تکرار می‌شوند تا زمانی که دیگر هیچ تغییری در مراکز خوشه‌ها حاصل نشود.

از آنجا که در روش K-means ابتدا باید تعداد خوشه‌ها مشخص شود، در این تحقیق فرآیند خوشه بندی در یک برنامه با تعداد متغیر خوشه‌ها، تکرار می شود تا بهترین خوشه بندی از نظر قیود ظرفیت و خوشه‌ها حاصل گردد.

٤. الگوریتم ژنتیک

ترکیب مسئله انتخاب ایستگاه خودرو و مسیریابی حرکت خودرو برای یک شرکت جز مسائل NP-Hard است. مسئله مسیریابی خودرو همراه قیود ظرفیت وسیله نقلیه و حداکثر زمان مسافرت متناسب با قیود ظرفیت و مسافت نیز جز مسائل NP-Hard است [Razavi, Soukhkian and Ziarati, 2010] . مسائل NP-Hard، مسائل بهینه سازی هستند که اکثر مسائل امروزی در هر جامعه‌ای را شامل می‌شوند. مسایل NP-Hard ، مسایل بهینه سازی هستند که برای حل آنها روش ریاضی قطعی کارآمدی وجود ندارد. برخی از مسائلی که جز مسائل NP-Hard به شمار می‌آیند عبارتند از: برنامه ریزی و زمانبندی کارها و مسئولیتها، گروهبندی داده‌ها مانند خوشه بندی، تخصیص منابع، مسیریابی وسایل نقلیه و ... [Talbi and El-Ghazali,2009]. با توجه به مشکلات مربوط به این مسائل، بیشتر تحقیقات از روشهای فراابتکاری به جای روشهای دقیق ریاضی استفاده کرده‌اند. بنابراین برای حل مسائل NP-Hard از روشهای فراابتکاری استفاده می‌شود.روشهای فراابتکاری دو دسته دارد: مبتنی بر یک جواب و مبتنی بر جمعیت. روشهای مبتنی بر جمعیت دارای سرعت بهتر و دقت بالاتری است. همچنین در مناطق بهینه محلی نیز گرفتار نمی‌شوند [Talbi, El-Ghazali,2009]. یکی از روشها مبتنی بر جمعیت الگوریتم ژنتیک است. بنابراین سعی شده است از الگوریتم ژنتیک به عنوان یک روش فراابتکاری در این مطالعه انتخاب شود.

به طور کلی الگوریتم ژنتیک از بخشهای زیر تشکیل می‌شود: تابع برازش، نمایش، انتخاب و تغییر که در ادامه به توضیح آنها می‌پردازیم. الگوریتم ژنتیک یک تکنیک جستجو در علم رایانه برای یافتن راه حل بهینه در مسائل پیچیده است. این الگوریتم یکی از انواع الگوریتمهای تکاملی است که از علم زیست شناسی مثل وراثت، جهش[۷]، انتخاب ناگهانی، انتخاب طبیعی و ترکیب الهام گرفته است. عموما راه حلها به صورت دوتایی ۰ و ۱ نشان داده می‌شوند. ولی روشهای نمایش دیگری هم وجود دارد. تکامل معمولا از یک مجموعه تصادفی از موجودیتها شروع و در نسلهای بعدی اصلاح می‌شود. در هر نسل، مناسب‌ترین‌ها انتخاب می‌شوند نه بهترین‌ها. روش چگونگی انتخاب جوابهای مناسب در فصل بعد در مرحله انتخاب توضیح داده می‌شود.

یک راه حل برای مسئله مورد نظر، با یک لیست از مشخصه‌ها نشان داده می‌شود که به این لیست، کروموزوم می‌گویند. هریک از مشخصه‌های این کروموزوم، ژن نام دارد که این ژنها در کنار هم قرار می‌گیرند و یک کروموزوم را تشکیل می‌دهد. در ابتدا چندین

Archive of SID
www.SID.ir

کروموزوم یا به عبارت دیگر چندین ترکیب مختلف از مشخصه‌ها به صورت تصادفی برای ایجاد نسل اول بکار گرفته می‌شوند. در طول هر نسل، هر کروموزوم ارزیابی و ارزش تناسب، توسط تابع تناسب اندازه گیری می‌شود. گام بعدی ایجاد دومین نسل از مجموعه جوابها بر اساس نسل فعلی است که با استفاده از عملگرهای ژنتیکی صورت می‌پذیرد. این عملگرها عبارتند از: اتصال کروموزومها به سر یکدیگر(تقاطع) و تغییر(جهش) و تولید مجدد.

برای هر فرد جدید در نسل جدید یک جفت والد انتخاب می‌شود. انتخاب والدین به گونه‌ای است که مناسب‌ترین عناصر انتخاب شوند تا حتی ضعیف‌ترین عناصر هم شانس انتخاب داشته باشند که این امر از محدود شدن به جوابهای بهینه محلی جلوگیری می‌کند. چندین الگوی انتخاب وجود دارد: چرخ منگنه دار(رولت)، انتخاب مسابقه‌ای(تورنامنت) و... . اتصال دو کروموزوم فرزندی ایجاد می‌کند که به نسل بعدی اضافه می‌شود. این فرزندها می‌توانند مشخصه‌های (ژنها) خود را به صورت تصادفی یا به صورت انتخاب بر اساس یک شایستگی، از دو والد خود به ارث برند. این مراحل انجام می‌شوند تا این که کاندیداهای مناسبی برای جواب، در نسل بعدی پیدا شوند. مرحله بعد تغییر دادن فرزندان جدید است. الگوریتمهای ژنتیک یک احتمال تغییر کوچک و ثابت(جهش) را فرض می‌کنند. جهش به این معنی است که در تعداد کمی از اعضای نسل جدید، بعضی از ژنهای این اعضا انتخاب و تغییر داده شوند. این امر باعث می‌شود که الگوریتم، قسمتهایی از فضای مسئله را به منظور رسیدن به جواب بهینه جستجو کند. کل فرآیند برای نسلهای بعدی هم تکرار۸ می‌شود، جفتها برای ترکیب انتخاب می‌شوند، جمعیت نسل سوم به وجود می‌آید و ... . فرآیند تکرار شده تا شرایط توقف حاصل شود.

شرایط خاتمه الگوریتمهای ژنتیک عبارتند از: به تعداد ثابتی از نسلها برسیم، بودجه اختصاص داده شده تمام شود (زمان محاسبه/ پول)، یک فرد (فرزند تولید شده) پیدا شود که کمینه (کمترین) ملاک را برآورده کند، بیشترین درجه برازش فرزندان حاصل شود یا دیگر نتایج بهتری حاصل نشود [Zandieh and Alamtabriz, 2008] .

۵. ساختار حل مسئله

در این مقاله سعی شده است که قسمتی از شهر تهران به عنوان مطالعه موردی بررسی شود (شکل ٤). این منطقه شامل ۳۰ کارمند است که قصد عزیمت به یک شرکت را دارند و برای حرکت به سمت شرکت، قرار است از سرویسهای عمومی استفاده شود. اما محدودیتهایی برای مسئله وجود دارد مانند محدودیت طرفیت خودروها و محدودیت زمانی. از سوی دیگر باید سعی شود که کارمندان نزدیک به هم از یک سرویس استفاده کنند. بنابراین نیاز به دسته بندی کارمندان است. برای دسته بندی از خوشه بندی استفاده شده است. با توجه به الگوریتم K-Means که در فصل سوم بیان شد، مجموعه‌کارمندان با توجه به قیود ظرفیت و زمان، خوشه بندی می‌شوند. از آنجا که ظرفیت خودروها برای مسئله حداکثر ۱۲ نفر است و با توجه به قید زمانی حداکثر یک ساعت (با توجه به اینکه سرویسها معمولا طی بازه زمانی ۱ ساعت افراد را منتقل می‌کنند، قید زمانی ۱ ساعت انتخاب شده است)، کارمندان به ۳ خوشه تقسیم می‌شوند. بنابراین با توجه به الگوریتم K-Means، ۳ خوشه برای مسئله در نظر گرفته می‌شود و در مرحله بعد سعی می‌شود که بهترین مسیر برای کارمندان طراحی شود. اما همان طور که بیان شد، در الگوریتم K-Means ابتدا باید تعداد خوشه‌ها مشخص شود. اما هر چقدر تعداد خوشه کمتر باشد در حالی که قیود زمانی و ظرفیت رعایت شود، شرایط حل مسئله بهینه می‌شود. در واقع با کم شدن خوشه‌ها، تعداد خودروها کم می‌شود (زیرا به هر خوشه یک خودرو اختصاص داده می‌شود). بنابراین کارمندان با تعداد متفاوتی خوشه بندی می‌شوند، به طوری که قیود زمان و ظرفیت رعایت شود، یعنی تعداد کارمندان در هر خوشه بیش از ۱۲ نفر نباشد و فاصله کارمندان چنان باشد که زمان مربوط به مسافت طی شده بین دورترین کارمندان از یک ساعت بیشتر نشود. از آنجا که تعداد کارمندان در هر خوشه نمی‌تواند تعداد اندکی باشد، بنابراین برای

Archive of SID

www.SID.ir

مسیریابی بین کارمندان، از الگوریتمهای فراابتکاری استفاده شده است. روشهای فراابتکاری بر دو دسته اند: مبتنی بر یک جواب و مبتنی بر جمعیت. روشهای مبتنی بر جمعیت دارای سرعت بهتر و دقت بالاتری است و همچنین در مناطق بهینه محلی نیز گرفتار نمی‌شوند. یکی از روشها، مبتنی بر جمعیت الگوریتم ژنتیک است. بنابراین سعی شده در این مقاله از این الگوریتم استفاده شود. الگوریتم ژنتیک سعی می‌کند با تولید یکسری جواب تصادفی اولیه، چند حالت ممکن یک مسئله را بررسی کند و با استفاده از جستجو حول جوابهای برتر این مجموعه جواب، جوابهایی که احتمال می‌رود نزدیک به جواب بهینه نهایی باشد را تولید و بررسی کند. سپس این فرآیند تولید جواب تصادفی و بررسی جوابهای برتر به دست آمده در طی مراحل مختلف، تکرار می‌شود تا به جواب بهینه نهایی نزدیک شود. تمامی این فرآیندها در زمان بسیار کمتری نسبت به بررسی تمامی حالتهای ممکن یک مسئله انجام می‌شود. همچنین در اکثر مواقع جوابهای به دست آمده همان جواب بهینه نهایی است. بنابراین، این الگوریتم می‌تواند مسائلی را که الگوریتم ریاضی قطعی برای آنها وجود ندارد حل کند. اما برای حل بهتر مسئله، عملگرهای الگوریتم ژنتیک با توجه به شرایط مسئله طوری تغییر داده می‌شوند که در زمان مناسب، جواب بهینه به دست آید. منظور از زمان مناسب این است که الگوریتم در مدت زمان کوتاهی به جواب بهینه همگرا شود.

مراحل کاری این الگوریتم برای حل این مسئله شامل موارد زیر است:

a. کد گذاری کروموزوم

از آنجا که کروموزومهای مسیریابی وسایل نقلیه با بازه زمانی تحویل و ظرفیت محدود لیستی از گره‌ها(محل کارمندان) هستند، بنابراین مسیرها ترتیب قرار گرفتن این کارمندان در کروموزوم هستند. این نوع کد گذاری کروموزومها، به سادگی کارمندان را به ترتیب سرویس دهی به آنها فهرست بندی می‌کند. البته با توجه به اینکه مقصد نهایی هر کدام از سرویسها شرکت مربوط است، بنابراین در هر کروموزوم، آخرین گره مربوط به شرکت است. گره ابتدایی مسیر می‌تواند شرکت باشد یا نباشد. در این مسئله فرض می‌شود که ابتدای مسیر از هر مکانی می‌تواند باشد. بنابراین تعداد ژنهای مربوط به هر کروموزوم برابر با تعداد ایستگاههاا به اضافه یک گره مربوط به شرکت است. در شکل (۱) یک کروموزوم نشان داده شده است که ژن آخری آن مربوط به گره شرکت است و بقیه ژنها ایستگاهها هستند که به صورت تصادفی در آن قرار داده شده اند. بنابراین طول کروموزوم برابر با تعداد ایستگاهها به اضافه یک است که این یک مربوط به گره آخر یعنی شرکت است. همچنین مسیر ارایه شده در این کروموزوم مسیری است که از گره ۱ شروع شده و پس از گذر از گره ٦و۳ و ...(مطابق با ترتیب ژن‌ها در شکل ۱) به گره ۰ ختم می‌شود.

۱	٦	۳	۲	۷	۵	۸	٤	۹	۰

شکل ۱.کروموزوم با تعداد ژنها که تعیین کننده تعداد ایستگاهها است

b. مجموعه جواب اولیه

در این مرحله با استفاده از مجموعه کروموزومها، یک مجموعه جواب اولیه برای الگوریتم ساخته می‌شود. برای هر کدام از کروموزومها، یک مسیر ممکن تصادفی ایجاد شده که بر اساس ساختاری به این شرح است: ابتدا یک کارمند به صورت تصادفی انتخاب می‌شود و گره مربوط به محل آن کارمند به عنوان اولین مکان برای ملاقات شدن روی اولین ژن کروموزوم قرار داده می‌شود. سپس کارمند تصادفی دیگری انتخاب می‌شود و آن کارمند در کروموزوم فعلی، بعد از گره مربوط کارمند قبلی قرار می‌گیرد. همان طور که بیان شد در آخر هر کروموزوم نیز، گره مربوط به شرکت قرار داده می‌شود. کروموزوم طوری ساخته می‌شود که قید زمان رعایت شود یعنی ترتیب قرار گرفتن کارمندان در کروموزوم طوری باشد که زمان طی شده برای جمع آوری کارمندان از یک حد خاص تجاوز نکند. در این مرحله به تعداد مشخص شده برای الگوریتم، کروموزوم ساخته می‌شود. زیرا برای هر الگوریتم فراابتکاری ابتدا باید تعداد جوابهای اولیه مشخص شود. هر یک از جوابهای این الگوریتم یک کروموزوم هستند.

Archive of SID

www.SID.ir

c. اندازه گیری شباهت کروموزومها

حفظ تنوع مجموعه جواب برای الگوریتمهای تکاملی بسیار مهم است، به طوری که موفقیت خود را وابسته به اجتناب از همگرایی زودرس و موازنه درجه تعادل بین اکتشاف و بهره برداری از فضای جستجو می‌داند. فضای متشکل از تمامی راه حلهای ممکن فضای جستجو نامیده می‌شود. هر نقطه از فضای جستجو یک راه حل امکان پذیر را نشان می‌دهد. برای انجام این کار در کد گذاری مسیریابی وسایل نقلیه با بازه زمانی تحویل و ظرفیت محدود ، اندازه گیری شباهت بر اساس ضریب تشابه جاکارد تعیین می‌شود که میزان تشابه دو مجموعه را از نسبت قدر مطلق اشتراک به اجتماع آن دو مجموعه به دست می‌آورد. به عبارت دیگر، شباهت مجموعه A و B از رابطه۲ به دست می‌آید:

$$J(A,B)=\frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \qquad (۲)$$

هر چه سعی شود که در مجموعه جواب تولید شده شباهت بین کروموزومها کمتر باشد، الگوریتم فضاهای بیشتری را جستجو می‌کند و به جواب مناسب‌تر همگرا می‌شود.

d. انتخاب والد

فرآیند تکاملی نیاز به برخی از عملگرهای تصادفی برای انتخاب والدین از مجموعه جواب دارد، که با توجه به میزان شایستگی آنها برای انجام تقاطع (یا نو ترکیبی) برای ایجاد فرزند انتخاب می‌شوند. شایسته‌ترین جوابها باید با احتمال بیشتری انتخاب شوند ، اما جوابهای با شایستگی کمتر نیز باید با شانس کمتری در نظر گرفته شوند. توجه به فرصتهای کوچک (جوابهای با شایستگی کم)، با این هدف انجام می‌گیرد که اجازه داده نشود الگوریتم در بهینه‌های محلی گرفتار شود. در اینجا برای این منظور از روش انتخاب مسابقه‌ای برای انتخاب m والد استفاده خواهد شد. این نوع انتخاب، به این صورت عمل می‌کند که در هر مرحله، k جواب را (با یا بدون جایگزینی) انتخاب کرده و از میان آنها، بهترین فرد را از لحاظ شایستگی به عنوان والد انتخاب می‌کند و این کار را m بار انجام می‌دهد تا m والد انتخاب شود [Eiben and Smith, 2003].

e. تقاطع (نو ترکیبی)

در این مقاله برای تقاطع از تابع شایستگی استفاده می‌شود. تابع شایستگی باید به گونه‌ای باشد که قطعه مسیری از مسیر والد انتخاب شود که بیشترین احتمال وجود این قطعه مسیر در مسیر نهایی داشته باشد. با انجام این روش، عمل تقاطع دیگر به صورت تصادفی نبوده و قطعه مسیرهای با شایستگی بیشتر انتخاب می‌شوند. این روش منجر به همگرا شدن سریع‌تر مسئله به جواب بهینه می‌شود. برای تعریف شایستگی قطعه مسیر، از تابع شایستگی f در رابطه ۳ استفاده می‌شود.

$$f=\frac{N}{Cost} \qquad (۳)$$

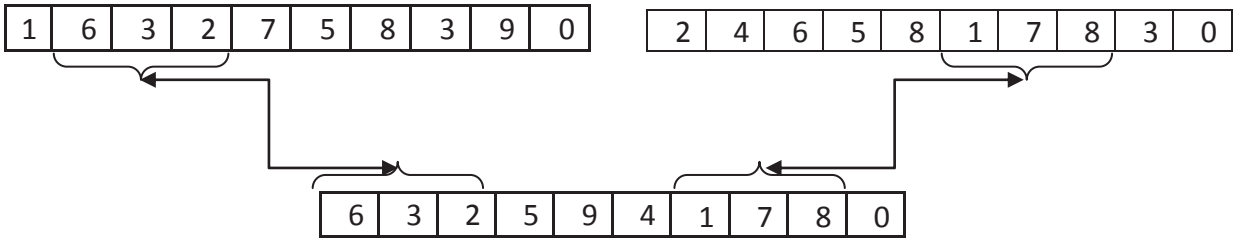
در رابطه ۲، N بیانگر تعداد گره موجود در قطعه مسیر بوده و Cost بیانگر هزینه مسیر بین مجموعه گره‌های N است. تابع بالا بیانگر این موضوع است که هر چقدر تعداد گره یک قطعه مسیر بیشتر و هزینه بین آنها کمتر باشد، قطعه مسیر از مطلوبیت بیشتری برخوردار است. به این ترتیب از هر والد قطعه مسیر شایسته به نسل بعد منتقل شده و بقیه گره‌ها در کروموزوم نسل بعد به صورت تصادفی قرار داده می‌شوند. در مرحله آخر نیز هزینه کل مسیر والدین با مسیر حاصل از تقاطع مقایسه می‌شود و مسیر مناسب‌تر جایگزین و به نسل بعد منتقل می‌شود.

f. جهش

از آنجا که معمولا مسیر بهینه برای یک مجموعه گره به گونه‌ای است که رئوس ایجاد شده توسط یالها به صورت زاویه‌ی تیز ناست، بنابراین برای رسیدن به جواب مناسب‌تر، رئوس با زاویه تیز را حذف خواهند شد. برای این منظور در عملگر جهش به جای جابجا کردن جفت گره به صورت تصادفی و ایجاد مسیر متفاوت، دو گره ای جابجا می‌شوند که یکی از آنها دارای زاویه تیز است. برای تشخیص زاویه تیز، فواصل یک گره با گره مجاور و فاصله دو گره مجاور از یکدیگر محاسبه شده و از طریق عکس

Archive of SID

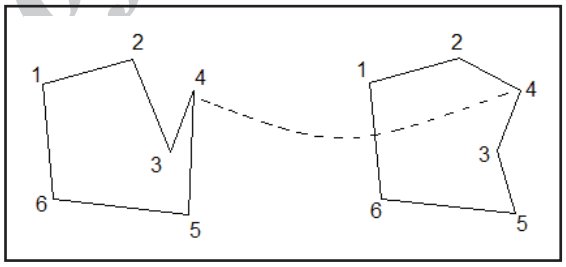
www.SID.ir



شکل ۲. فرآیند تقاطع

رابطه‌ی کسینوس‌ها زاویه راس به دست می‌آید. چنانچه این زاویه کمتر از ۳۰ درجه باشد، ترتیب یالها را بین این ۳ گره متوالی عوض می‌شوند. مقدار ۳۰ درجه یک مقدار دلخواه است که توسط کاربر انتخاب می‌شود. در این مقاله زوایای کمتر از ۳۰ درجه به عنوان زوایای تیز در نظر گرفته شده است. سپس شایستگی مسیر حاصل شده با مسیر اولیه مقایسه و در صورت بهتر بودن، مسیر ثانویه جایگزین مسیر اولیه می‌شود.

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{d^2(i,i-1)+d^2(i,i+1)-d^2(i-1,i+1)}{2\times d(i,i+1)\times d(i,i-1)}\right) \quad (٤)$$



شکل ۳. عمل گر جهش تغییر موقعیت

در شکل (۳) یک شبکه شامل ٦ گره را نشان می‌دهد و در حالت ابتدایی یک مسیر بسته به صورت تصادفی ایجاد شده است. با توجه به اینکه این مسیر دارای یک زاویه تیز است، الگوریتم ژنتیک با استفاده از عملگر جهش، مسیر ۳ گره متوالی ۲،۳ و ٤ را عوض کرده و مسیر به حالت دوم تغییر داده می‌شود که این مسیر نسبت به حالت اول بهتر و بهینه است.

g. ابقا[9]

آخرین مرحله از هر سیکل تکاملی عبارت است از انتخاب جوابها به منظور شکل دهی نسل بعد، برای این منظور چندین امکان وجود دارد: انتخاب مجموعه فرزندان، یک انتخاب تصادفی از والدین مرکب و مجموعه فرزندان، و یا انتخاب بهترین جوابها از مجموعه ترکیبی آنها. در دو روش انتخابی اول، جوابهای با کفایت، با احتمال بالاتری از دست می‌روند. بنابراین روش سوم مناسب‌تر است. برای این کار مجموعههای والدین و فرزندان ترکیب شده و سپس شایستگی جوابها تعیین می‌شود. آن دسته از کروموزومهایی که دارای بیشترین شایستگی هستند برای بقا و شکل دهی نسل بعدی نگه داشته می‌شوند.

h. تکرار

تمامی فرآیندهای انتخاب والد و تولید نسل به تعداد مشخصی تکرار می‌شوند.

برای پیاده سازی، منطقه ای از تهران مانند Error! Unknown switch argument. در نظر گرفته شده است. این نقشه مربوط به اطلاعات سال ۱۳۸۷ است و تحلیلها و تحقیقات این مقاله روی این اطلاعات صورت گرفته است.این منطقه شامل ۳۰ ایستگاه است که به ۳ خوشه دەتایی با توجه به قید ظرفیت حداکثر ۱۲ نفر برای هر خودرو، توسط الگوریتم K-Means تقسیم شده‌اند. بعد از خوشه بندی، داده‌ها برای تعیین بهترین مسیر در هر خوشه آماده می‌شوند. در این مرحله با استفاده از الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده، سعی می‌شود که بهترین مسیر برای جمع‌آوری کارمندان توسط سرویس مشخص شود. تمامی مراحل توضیح داده شده در فصل قبلی جهت تعیین مسیر طی می‌شود تا الگوریتم به جواب مناسب همگرا شود. طبق مراحل بیان شده، نتایج حاصل از بهترین مسیر که توسط الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده، در ادامه مشخص شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

بهترین مسیرها برای هر خوشه عبارتند از:

خوشه اول:

۷,۱,۹,۲,۳,۸,٤,٦,٥,۰

خوشه دوم:

۱۹,۱۱,۱٤,۱۲,۱۰,۱۸,۱۷,۱٥,۱۳,۱٦,۰

خوشه سوم:

۲۰,۲۲,۲۱,۲٤,۲٥,۲۳,۲۹,۲٦,۲۷,۲۸

٦. نتایج

همان طور که بیان شد، برنامه ریزی حمل و نقل شهری مانند برنامه ریزی حمل و نقل سرویس ادارات، یکی از مهم ترین بخشهای توسعه یک شهر و حل مشکلات ترافیک و آلودگیهاست. در این تحقیق برای سامانه حمل و نقل یک اداره، روشی ارایه شد که می‌تواند راهکار مناسبی برای پرداختن همزمان به چندین هدف در سامانه‌های حمل و نقل اداره باشد. این اهداف می‌توانند شامل کمینه کردن مسیر، برآورده کردنه قید زمانی، حداقل تعداد خودروها، جوابگو بودن الگوریتم در زمان کوتاه، ساده و اجرایی بودن الگوریتم در عین کارآمد بودن آن و... باشند. نتایج حاصل از این تحقیق نشانگر موفق بودن الگوریتم در برنامه‌ریزی بهینه سرویسهای یک شرکت است، به طوری که قید ظرفیت خودروها و زمان رعایت شود. علاوه بر این، الگوریتم توانسته تعداد خودروها را با توجه به شرایط مذکور کمینه کند و مسیر پیشنهادی برای هر خودرو، کم هزینه‌ترین مسیر باشد. با مشاهده نتیجه خوشه بندی در این تحقیق، این مسئله روشن می‌شود که

شکل ۲. منطقه مورد نظر شامل ۳۰ ایستگاه و ستاره قرمز رنگ معرف شرکت است.(گره ۰)

www.SID.ir

الگوریتم، توانایی حل مسائل با محدوده جستجوی بالا را نیز دارد. همان طور که مشاهده شد ابتدا کارمندان به خوشه‌هایی تقسیم شدند و در هر خوشه بهترین مسیرمورد جستجو قرار گرفت. با توجه به این راهکار، مسئله به چند قسمت تقسیم شد و سرعت رسیدن به جواب بهینه افزایش یافت. در صورتی که این خوشه بندی صورت نمی‌گرفت، الگوریتم می‌بایست تمامی فضای مسئله را جستجو می کرد و زمان بسیاری ممکن بود برای همگرایی به جواب بهینه صرف شود . همچنین قید ظرفیتی که باید در مسئله رعایت شود را می‌توان توسط خوشه بندی اولیه رعایت کرد. در این مقاله از روش K-means برای خوشه‌بندی استفاده شد که این روش نیز دارای مزایا و معایبی است.

اما در الگوریتم ژنتیک می‌بایست به تابع شایستگی و چگونگی انتخاب عملگرها توجه کرد. در واقع این قسمت حساس‌ترین قسمت الگوریتم است. چنان که این عملگرها و تابع به درستی انتخاب نشوند ممکن است جوابی برای مسئله به دست نیاید. همچنین در مورد انتخاب والدین برای تقاطع باید روش مناسبی انتخاب شود تا الگوریتم در مناطق بهینه محلی گرفتار نشود. بنابراین در این مقاله سعی شد از روش مسابقه‌ای استفاده شود که از این مشکل جلوگیری می‌کند.

همان طور که بیان شد، یکی از عوامل مهم در جوابگوبودن الگوریتم در زمان مناسب، انتخاب مناسب عملگرهاست. در این مقاله از عملگرهای تقاطع و جهش متفاوت با عملگرهای مرسوم استفاده شد که باعث شد که الگوریتم زودتر همگرا شود و جواب مناسب‌تری در همان نسلهای اول ایجاد شود و الگوریتم در مناطق بهینه محلی گرفتار نشود. همچنین دقت الگوریتم با این روش افزایش پیدا کرده و از تست تکرار پذیری مناسب‌تری برخوردار است به صورتی که به طور میانگین در الگوریتم ژنتیک مرسوم در هر ۱۰ اجرای برنامه، برنامه در ٦ اجرا جوابگو بوده، ولی در حالت استفاده از عملگرهای تعریف شده این مقدار به بیش از ۸ اجرا می‌رسد. منظور از دقت در الگوریتمهای فراابتکاری مانند ژنتیک، بررسی میانگین و انحراف معیار جوابهای نهایی الگوریتم با توجه به جواب بهینه مطلق در تعداد مشخصی اجرا (به عنوان مثال ۱۰ اجرا) مسئله است. آزمون تکرار پذیری هم بیان کننده این است که الگوریتم در تعداد مشخصی اجرا، چند بار به جواب بهینه نهایی همگرا می‌شود. اما در هر اجرای الگوریتم ممکن است الگوریتم شامل تکرارهای بسیاری مانند ۱۰۰ تکرار یا بیشتر باشد. اگر در اجرای برنامه، الگوریتم در تکرار پایین‌تری مانند ۲۰ از ۱۰۰ تکرار نسبت به ٤٠ تکرار به جواب نهایی همگرا شود، سرعت همگرایی بالاتر الگوریتم در مورد اولی را نشان می‌دهد. از آنجا که شرط توقف الگوریتم تعداد تکرار مشخص است، بنابراین زمان اجرای برنامه با استفاده از عملگرهای ابتکاری و مرسوم یکسان است. برنامه با ۱۰۰ تکرار انجام شده است که در الگوریتم ژنتیک با عملگرهای مرسوم، الگوریتم به طور متوسط در ۱۰ بار اجرا، در تکرار ٤٧ همگرا می‌شود. این در حالی است که در ۱۰ بار اجرای برنامه با استفاده از الگوریتم ژنتیک با عملگرهای مرسوم، الگوریتم به طور متوسط در تکرار ۸۳ همگرا می‌شود. بنابراین سرعت همگرایی در الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده، نسبت به الگوریتم ژنتیک ساده، بیشتر است.

استفاده صحیح از الگوریتم‌های تکاملی همانند الگوریتم ژنتیک در صورتی که پیچیدگیهای مسئله به درستی مشخص شده و در مدل آورده شوند، می‌تواند راهگشای بسیاری از مشکلات باشد. اما استفاده از این الگوریتمها زمانی که فضای جستجوی مسئله کوچک است و یا شرایط مسئله مبهم و ناشناخته باشد، توصیه نمی‌شود.

۷. پیشنهادات

برای توسعه روش، می‌توان شرایط و قیودی را اضافه کرد تا مسئله به شرایط حقیقی بیشتر نزدیک شود. البته این قیود پیچیدگیهایی نیز به همراه دارد. برخی از این قیود عبارتند از: تنوع و تعداد ادارات مورد نظر که باعث می‌شود مقصد نهایی چند مکان باشد، امکان ترکیب کارمندان که مسئله را بسیار پیچیده می‌کند و نیاز به مدلسازی دقیقی است و یا مسئله همگن یا ناهمگن بودن ناوگان حمل‌ونقل (هر خودرو دارای ظرفیت متفاوت، هزینه متفاوت،

Archive of SID

www.SID.ir

حداکثر زمان سفر و ... است) که می-تواند شرایط حل مسئله را تغییر دهد.

با توجه به آنکه در الگوریتم ژنتیک یکی از مشکلات تبدیل جوابهای ممکن به کروموزومها و انتخاب عملگرهای مناسب برای آن است و همچنین سرعت الگوریتم یاد شده با افزایش تعداد مسافران و ابعاد شبکه به شدت کاهش می‌یابد، این احتمال وجود دارد که با استفاده از الگوریتمهای تکاملی جدیدتر به عنوان مثال الگوریتم مورچه یا الگوریتم زنبور بتوان سرعت همگرایی را افزایش داد و دقت و آزمون تکرار پذیری بهتری حاصل شود. جوابهای حاصل از این روش به شدت به پارامترهای موجود در توابع جهش و... حساس بوده و لازم به ذکر است که می‌توان با اجرای الگوریتم روی شبکه‌های مختلف و شرایط گوناگون اقدام به استاندارد سازی این پارامترها کرد.

در این مقاله از روش خوشه‌بندی K-means استفاده شد که روشی پایه برای بسیاری از روشهای خوشه‌بندی دیگر محسوب می‌شود، اما با توجه به معایبی که دارد از جمله اینکه باید ابتدای امر تعداد خوشه‌ها را مشخص کرد و نتایج به انتخاب اولیه خوشه‌ها وابسته است و همچنین ممکن است در کمینه‌های محلی گرفتار شود بنابراین برای خوشه بندی، روش خوشه بندی با استفاده از شبکه عصبی پیشنهاد می‌شود.

۸. پی نوشتها

1- Simulated annealing
2- Taboo search
3- Recombination
4- Vehicle Routing Problem (VRP)
5- Vehicle Routing Problem with Time Window
6- Capacitated Vehicle Routing Problem
7- Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem
8- Traveling Salesman Problem (TSP)
9- Mutation
10- Roulette
11- Tournament
12- Repetition
13- Survival

۹. مراجع

- اصغرپور، محمد جواد و ابراهیم نژاد، سعدالله (۱۳۸۰) "ارایه مدل تخصیص ترافیک به شبکه حمل و نقل شهری و حل آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک"، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۵ شماره ٤، ص ٦٠٢-٥٨٧.

- جاسبی، جواد و مکوندی، پیام (۱۳۹۰) "مدل سازی فرآیند پیش بینی سفر در برنامه‌ریزی حمل و نقل درون شهری مبتنی بر رویکرد ترکیبی استنتاج فازی"، فراسوی مدیریت، سال پنجم شماره ۱۷، ص۳۲-۷.

- رضوی، مریم، سوخکیان، محمد علی و زیارتی، کوروش (۱۳۸۹)"ارایه الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر کلونی مورچگان برای مکان یابی مسیریابی با چندین انبار و فرض تخصیص چندین مسیر به هر وسیله نقلیه"، مدیریت صنعتی، دوره ۳ شماره ٦، ص. ۳۸-۱۷

- زندیه، محمد و عالم تبریز، اکبر (۱۳۸۷)"الگوریتمهای فرا ابتکاری در بهینه سازی ترکیبی"، انتشارات صفار، جلد ۱

- صابریان ، جواد، مسگری، محمد سعدی و شیرزادی بابکان، علی (۱۳۸۹) "رهیافتی نوین در طراحی مسیر حمل و نقل اتوبوسهای شهری با استفاده از GIS"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال هفتم، شماره۱، ص. ۷۷-٦۷

- مهدوی، ایرج، توکلی مقدم، رضا و قاضی زاده هاشمی، سید مصطفی (۱۳۸۹) "مسیریابی وسایط نقلیه و تعیین تعداد ماشینهای جمع آوری زباله با استفاده از یک روش فراابتکاری - یک مطالعه موردی"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال هفتم، شماره۱، ص. ۱۰۱-۹۵.

-Abraham, A. and Grosan, C. (2006) "Swarm intelligence in data mining", Vol. 34 Ramos, Springer.

Archive of SID

www.SID.ir

-Alpaydin, E. (2004) "Introduction to machine learning", MIT Press.

-Bae, S.T., Hwang, H., Cho, G.S. and Goan, M.-J. (2007) "Integrated GA-VRP solver for multi-depot system", Computers and Industrial Engineering, 53,pp. 233-240.

-Bowerman, R., Hall, B. and Calamai, P. (1995) "A multi-objective optimization approach to urban school bus routing: formulation and solution method", Transportation Research Part A 29 (2), pp.107–123.

-Brandão, J. (2010) "A tabu search algorithm for the heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem", Computers and Operations Research.

-Braysy, O. and Gendreau, M. (2002) "Part 1: route construction and local search algorithms", Vehicle routing problem with time windows

-Braysy, O. and Gendreau, M. (2002) "Part 2: route construction and local search algorithms. In Vehicle routing problem with time windows. Transportation Science

-Bredstrom, D. and Ronnqvist, M. (2008) "Combined vehicle routing and scheduling with temporal precedence and synchronization constraints", European Journal of Operational Research, 191, pp.19-31.

-Chen, S., Tan, J., Claramunt, C. and Ray, C. (2009) "Multi-scale and multi-modal GIS-T data model", Journal of Transport Geography. Pp.145-167.

-Cordeau, J., Desaulniersm, G., Desrosiers, J., Solomon, M. and Soumis, F. (2001) "The VRP with time windows" In Toth, P. and Vigo, D, editors. The vehicle routing problem, SIAM monographs on discrete mathematics and applications. Philadelphia: SIAL, pp.94-157.

- Dantzig, G. B., Ramser, J. H. (1959) "The truck dispatching problem", Management Science 6 (1), pp. 80–91.

-Descrochers, M., Desrosiers, J. and Solomon, M. (1992) "A new optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows", Operations Research, pp.342-352.

-Eiben, A. and Smith, J. (2003) "Introduction to evolutionary computation", Springer.

-Park, J. and Kim, B.-I. (2009) "The school bus routing problem", European Journal of Operational Research.

-Roth, V., Braun, M., Lange, T. and Buhmann, J. (2011) "Stability-based model order selection" In Clustering with applications to gene expression data". Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

-Spada, M., Bierlaire, M. and Liebling, T. (2005) "Decision-aiding methodology for the school bus routing and scheduling problem", Transportation Science 39, pp.477-490.

- Talbi, El-Ghazali (2009) "Metaheuristics: from design to implementation", John Wiley and sons.

Archive of SID

www.SID.ir