یادداشت پژوهشی

بهینه یابی مسیر حمل ونقل کالا بین مراکز استان ایران، با استفاده از الگوریتم ژنتیک(GA)

علی خاکساری (مسئول مکاتبات)، دانشیار، دانشکده مدیریت و علوم اجتماعی ، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
سمانه نیازخانی،دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
زهرا قربانپور، کارشناس مهندسی برق- الکترونیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
E-mail: akhaksari@yahoo.com

دریافت: ۹۱/۰۲/۲۷ پذیرش: ۹۱/۰۸/۲۵

چکیده

تلاش برای افزایش کارآیی سیستم حمل و نقل، گامی بزرگ در جهت اقتصادی‌تر کردن فعالیتهای این بخش است. در این راستا کاهش مسیر طی شده توسط وسایل نقلیه در سیستم حمل‌ونقل که برصرفه‌های مختلف اقتصادی(هزینه مالی، مصرف انرژی، زمان و...) تأثیر دارد یکی از مسائل مطرح در این حوزه است.

هدف از این تحقیق یافتن مسیر بهینه حمل و نقل کالا در بین مراکز استان کشور است . یکی از تکنیکهای پرآوازه در حل مسائل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک است که بر نظریه تکاملی داروین استوار است .

نتایج این تحقیق ضمن نمایش میزان حساسیت خروجی الگوریتم برنامه نوشته شده به پارامترهای ورودی الگوریتم، با بکارگیری حل مساله TSP در الگوریتم ژنتیک و پیدا شدن مسیر بهینه‌تر(کوتاه تر) حمل ونقل کالا بین مراکز استان ایران در هر گام تکرارهای الگوریتم ، نشان می‌دهد که می‌توان از تکنیکهای جدید ریاضی در افزایش کارآیی سیستمهای اقتصادی کشور و از آن جمله ناوگان حمل و نقل استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: کارآیی سیستمهای اقتصادی، حمل‌ونقل کالا، بهینه یابی مسیر، الگوریتم ژنتیک

۱. مقدمه

سالهای متمادی است که کشورهای مختلف جهان هر یک به نوعی طرحهایی را برای اصلاح اقتصادی در عرصه بازرگانی و تجارت ارایه می‌کنند. دولتمردان جهان بویژه در کشورهای در حال توسعه باید به طور کامل به اهمیت ارتقای سطح کیفی و کمی در عرصه بازرگانی و تجارت به عنوان موتور محرکی برای تسریع روند رشد و توسعه کشور آگاه شوند. از این رو، باید دولتها در تلاش باشند تا علاوه بر سرمایه گذاری در توسعه زیرساختهای اقتصادی با کاهش مصرف بی رویه انرژی برای رقابتی کردن عرصه تجارت، گوی سبقت را از رقبای خود در منطقه بربایند و با اطمینان دهی بالا به سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی از حیث بهینه بودن هزینه ها (مالی، انرژی، زمانی و ...) زمینه‌ساز سرمایه‌گذاریهای بیشتر در بخش خصوصی باشند.

این طرحها که مزایای بلند مدت را به همراه خواهد داشت شامل اصلاحهایی در زمینه های سخت افزاری و نرم افزاری بوده و گاهی نیازمند سرمایه گذاریهای اولیه هستند.

یکی از بهترین اصلاح های سخت افزاری را شاید بتوان در ناوگان حمل ونقل کشور و در این تحقیق بخصوص ناوگان حمل‌ونقل جاده‌ای، نام برد. این اقدام علاوه بر بهینه کردن الگوی مصرف برای تسریع در ارسال محموله ها نیز نقش بسزایی را ایفا می کند. اقتصاد شامل بخشهای متنوعی است که یکی از مهم ترین آنها بخش حمل و نقل است. در صورتی که صنعت حمل و نقل تقویت و بازسازی شود باعث ایجاد فعالیتهای اقتصادی جدید، اشتغال زایی، سرمایه گذاری و تولید خواهد شد [Mankasa – ian, 2009] ازجمله چالشهای اصلی شبکه‌های حمل‌ونقل، هدایت وسایل نقلیه به مقصدشان، با هدف کاهش هزینه‌های مختلف چون زمانهای سفر، مصرف سوخت و استفاده مؤثرتر از ظرفیتهای موجود شبکه است. در واقع هدایت ترافیکی در پی توزیع مناسب جریانهای ترافیکی بر روی همه مسیرهای شبکه حمل و نقل است.[Levinson,2003 ; Sadek, 2003]

چرخه فعالیتهای اقتصادی در طیف گسترده خود هرگز بدون مبادله کالا و مواد، و جابجایی محصولات، مخابرات و اطلاعات میسر نیست. در حقیقت ارتباطات و حمل و نقل، رابط میان بخشهای مذکور است. با پیشرفت سطح اقتصادی جوامع، سهم شاغلان و درآمد ملی مرتبط با انواع فعالیتهای مطرح شده دچار تغییر می‌شود. بازتاب این امر در الگوهای فضایی فعالیتهای انسانی هویداست.

به اعتقاد تاف، هسته مرکزی علم اقتصاد، سازوکارهای اقتصادی تولید، توزیع، مصرف؛ و هسته مرکزی جغرافیای اقتصادی، تجزیه و تحلیل آثار و بازتابهای مکانی–فضایی است.[Toulaiee, 2005]

با توجه به اینکه هم اکنون حدود ۹۰ درصد کالا در سطح کشور به وسیله ناوگان حمل و نقل جاده ای جابجا می شود؛ در این تحقیق، بر روی بحث انتخاب مسیر بهینه بین مبدا تا مقصد محموله‌های باری در ناوگان حمل‌و نقل جاده‌ای بین مراکز استان کشور، تمرکز شده است. برای یافتن این مسیر بهینه از مساله مشهورTSP.(Travelling Salesman Problem) در زمینه الگوریتم ژنتیک (Genetic Algorithm) که از شاخه‌های هوش مصنوعی است استفاده خواهیم کرد.

۲. پیشینه تحقیق

استفاده از الگوریتم ژنتیک، با هدف بهینه سازی مسایلی که می‌توان به نحوی برای آن تابعی و مدلی ریاضی توصیف کرد مرسوم است. تحقیقات متنوعی در این باب انجام شده که برای نمونه چند تحقیق که قرابت بیشتری با موضوع بحث حاضر دارد در اینجا معرفی می شوند:

۱– حسنی رخ، یافتن محل استقرار و مسیریابی پویا با استفاده از تکنیک‌های ژنتیک را به منظور یافتن مسیر بهینه در تردد انجام داده است. در این تحقیق او به این نتیجه رسیده است که روش Dijkstra روشی سریع تر از الگوریتم ژنتیک است، اما قابلیت اعتماد به بهینه‌تر بودن آن نسبت به GA وجود ندارد. همچنین روش GA بسیار سریع تر از روشهای محاسباتی است و در مسایلی که تعداد نقاط و گرهها بیشتر می‌شود استفاده از GA اجتناب ناپذیر است.[Hasanirokh, 2000]

۲- آهان و راماکریشنا کاربرد الگوریتمهای ژنتیکی را برای حل مسئله کوتاه ترین مسیر پیشنهاد کردند. شبیه‌سازی رایانه ای توسط آنها نشان داد الگوریتمهای پیشنهادی از نقطه نظر همگرایی بهتر از دیگر الگوریتمهای مرسوم عمل می‌کند.[Ahn and Ra -akrishna, 2002]

۳- ظفری و همکاران، به منظور تعیین کمینه هزینه جابجایی چندین وسیله نقلیه که به طور همزمان از انبار کالا شروع به حرکت می‌کنند و بعد از ملاقات کردن مشتریها، مشروط بر آنکه اولا هر گره فقط توسط یکی از این وسایل نقلیه ملاقات شود و ثانیا هر وسیله نقلیه بیشتر از ظرفیت خود در طول مسیر بارگذاری نکند و سپس به انبار بازگردند، را تحت عنوان ، الگوریتم ترکیبی مؤثر ژنتیک برای حل مساله مسیریابی وسیله نقلیه را انجام داده‌اند. [Zafari et.al. 2000]

٤- یقینی و همکاران، به دنبال یافتن کوتاه ترین مسیر همیلتونی بین شهرهای ایران از الگوریتمهای جستجوی ممنوعه و ممتیک استفاده کردند، به گونه ای که هر شهر فقط یکبار در مسیر قرار گرفته و مسیر ساخته شده به شهر اول منتهی شود. نتایج مقایسه ای تحقیقات آنها نشان دهنده کارآیی و اثربخشی بسیار الگوریتمهای پیشنهادی است.[Yaghini et al, 2010]

در این پژوهش یافتن مسیر بهینه بین مراکز استان ایران در راستای افزایش کارآیی سیستم حمل و نقل جاده ای کشور بر پایه الگوریتم ژنتیک انجام شده است که در آن فواصل شهرهای مورد نظر از خروجی برنامه دیجکسترای بخش فناوری اطلاعات ساز مان راهداری استخراج شده است.

۳. مواد و روشها

از آنجا که در این تحقیق قصد بر آنست تا مسیر بهینه را برای حمل‌ونقل محموله‌های باری،به عنوان نمونه بین مرکز استانهای ایران از طریق الگوریتم ژنی بیابیم، مجموعه داده‌ها که مورد استفاده الگوریتم برنامه است مشتمل بر نام مراکز استانهای ایران به ماتریسی مشتمل بر فواصل دو به دوی آنها از یکدیگر است که از آمار سال ۱۳۸۹ سازمان راهداری کشور تهیه شده است.

شایان ذکر است که در تعیین فاصله بین دو مرکز استان در این ماتریس توسط این سازمان، با محاسبه کمانهای زمانی در طی مسیر فیمابین آنها با توجه به نوع راه جاده‌ای بین شهرها کوتاه ترین مسیر به لحاظ صرف کمترین بعد زمانی با استفاده از الگوریتم دیجکسترا[1] درنظر گرفته شده است،بنابراین نگرانی پژوهشگران در استفاده از فواصل دودویی شهرها به عنوان پایگاه دادهای برنامه طراحی شده، از جهت چگونگی محاسبه فاصله بین دو شهر که مسیر مستقیم بین آنها وجود ندارد مرتفع شده است.[Organization for Repair and Maintenance of Roads, 2011]

برای بیان آنچه در روال و روش انجام این تحقیق صورت گرفته است، بیان مقدمه‌ای از الگوریتم ژنتیک گریز ناپذیر است که در ادامه به آن پرداخته می شود. پس از آن فرایند پیاده‌سازی مساله TSP برای شهرهای ایران، بیان خواهد شد.

۳-۱ مقدمه ای بر الگوریتم ژنتیک:

به طور کلی در حل مسائل بهینه سازی دو دسته از روشها مطرح هستند:

۱- روشهای دقیق (که با صرف انرژی و زمان زیاد به بهترین جواب دست پیدا می‌کنند).

۲- روشهای تخمینی(که با صرف انرژی و زمان معقول تری به جواب بهینه دست پیدا می‌کنند).

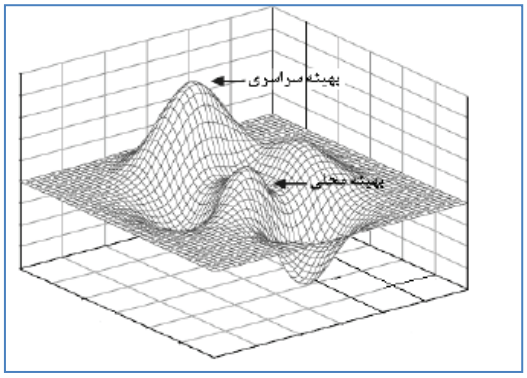
که بسته به ماهیت مسئله و اهمیت بحث انرژی و زمان حل مسئله و یافتن بهترین و یا بهینه‌ترین پاسخ، یکی از این دسته روشها انتخاب می‌شوند.

خود روشهای تخمینی به سه دسته کلی الگوریتمهای ابتکاری، فراابتکاری و ترکیبی تقسیم می‌شوند.

در الگوریتمهای فراابتکاری که میزان اجرای الگوریتم، برخلاف روشهای ابتکاری به تصمیم کاربر وابسته است، جوابها تقریباً در یک زمان بیشتر از الگوریتمهای ابتکاری و کمتر از روشهای دقیق به دست می‌آید. اگرچه معمولاً جوابهای این الگوریتمها از جوابهای الگوریتمهای ابتکاری بهتر است و این گونه از الگوریتمها

از راهکارهایی استفاده می‌کنند تا حد ممکن در بهینه‌های محلی گیر نیفتند (شکل ۱)، اما پارامترهای زیادی در این الگوریتمها وجود دارند که باید توسط کاربر و به صورت تجربی به دست آید. این حجم زیاد پارامترها سبب می‌شوند تا الگوریتمها نتوانند در تکرارهای مشابه جوابهای یکسانی را به دست آورند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این گونه الگوریتمها دارای روال ثابتی برای رسیدن به جواب نبوده و پارامترهای تصادفی نقش زیادی را در این الگوریتمها بر عهده دارند.[Zafari et al., 2010]

به طور مثال از این الگوریتمها می‌توان به روشهای جستجوی ممنوع [Kelly,1999]، شبیه‌سازی آنیلی [Osman,1993] ، الگوریتم ژنتیک [Jaszkiewicz and Kominek, 2003] ، شبکه‌های عصبی [Su and Chen, 1999] ، الگوریتم مورچگان [Bella and McMullen,2004] و [Bin and Zhong-Zhen, 2009]، الگوریتم پرندگان[Ai and Kachitvichy-nukul, 2009] و الگوریتم ممتیک [Su and Chen, 1999] اشاره کرد.



شکل ۱. مساله بهینه‌سازی ترکیباتی[Zafari et al, 2010]

الگوریتم ژنتیک یکی از مشهورترین روشهای فراابتکاری است که توسط جان هالند[۲] و همکارانش در سال ۱۹۷۵[Mitc-ell,1997] ابداع شد.

۳-۲ پیاده‌سازی نظریه فروشنده دوره‌گرد بر روی شهرهای ایران با استفاده از ژنتیک الگوریتم

هدف اصلی از این تحقیق یافتن مسیر بهینه بین تعدادی از شهرهای مرکز استان ایران است که کاربر از برنامه TSP می‌خواهد.به این معنا که بهینه ترین مسیر که در این پژوهش معیار ان کوتاه تر بودن مسیر است با توجه به قیود:

- مسیر خروجی الگوریتم از تمامی شهرهای ورودی کاربر عبور کند
- هر یک از شهرها تنها یکبار در مسیر خروجی الگوریتم دیده شوند
- مسیر به صورت حلقه بازی است که از مبدا شروع و به مقصد خاتمه می‌یابد و نیازی به برگشت به مبدا نیست.

در این قسمت لازم به ذکر است که بانک اطلاعاتی الگوریتم این تحقیق که مبتنی بر فواصل دو دویی بین شهرهای منتخب است از خروجی برنامه دیجکسترا استخراج شده است و نظر به اینکه در الگوریتم دیجکسترای مورد استفاده کوتاه ترین زمان، معیار انتخاب بین کمانهای موجود بین دو شهر دلخواه بوده است بنابراین بر مزیت الگوریتم این تحقیق می‌افزاید. الگوریتم دیجکسترای مورد استفاده از دفتر فناوری اطلاعات سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور اخذ شده است. [Organization for Repair and Maintenance of Roads, 2011]

کد این برنامه در نرم‌افزار Matlab۲۰۰۸ به همراه یک واسط گرافیکی[۳] که برای دریافت ورودی از کاربر و نمایش خروجی نوشته شده است.

برنامه TSP این شهرها را به صورت یک بردار اولیه دریافت می‌کند و سپس آن را کد گذاری کرده و جامعه اولیه را از روی آن به طور تصادفی تولید می کند.

قابل ذکر است که اندازه جمعیت[۴]، تعیین کننده فضای جستجوی است که در خلال اجرای الگوریتم ژنتیک مورد جستجو قرار می‌گیرد. اگر اندازه جمعیت خیلی بزرگ باشد، در هر نسل (هر تکرار از الگوریتم را یک نسل می گویند) فرزندان زیادی ایجاد می‌شوند و در نتیجه جهت رسیدن به جواب مناسب باید محاسبات زیادی صورت گیرد. از طرف دیگر اگر جمعیت خیلی کوچک باشد، معمولاً از تنوع کافی برای الگوریتم ژنتیک برخوردار نیستند که فضای آن را جستجو کند و همگرایی به سرعت در زیر نقاط بهینه حاصل می شود. بنابراین این انتخاب

اندازه جمعیت مناسب برای مسأله از اهمیت خاصی برخوردار است.

سپس با توجه به تعدادتولیدنسل‌ها[5] (تعداد تکرار الگوریتم تا رسیدن به پاسخ بهینه)، میزان احتمال تقاطع[6] (درصد کروموزومهایی که عملگر تقاطع بر آنها اعمال می‌شود) و جهش درصدی از بیتهای مجموعه فضای جستجوی پاسخ که به طور تصادفی متاثر از عملگر جهش خواهند شد) که توسط کاربر مشخص می شود به ایجاد نسلهای بعدی می پردازد و در هر نسل بهترین کروموزوم که دارای کمترین مسافت یا بهترین تابع برازندگی است را انتخاب می کند و در آرایه بهترین ژن قرار داده ودر انتهای الگوریتم ژنتیکی بهترین آن را به عنوان خروجی به کاربر نشان می دهد.

آشکار است که با افزایش تعداد تولید نسل زمان به جواب رسیدن الگوریتم طولانی‌تر و با احتمال بالایی جواب بهینه تر خواهد بود،منتها توجه به ماهیت الگوریتم ژنتیک که از گامی به بعد با افزایش تعداد تولید نسل شاهد کاهش میزان بهبود جواب و حتی ثابت ماندن جواب هستیم در انتخاب تعداد تولید نسل لازم است.

در این برنامه روش اجرای عملگر تقاطع(انتخاب عددی بین ۱ تا n و تغییر کدهای باینری قرار گرفته در سطر و ستون متناظر آن عدد با یکدیگر در ماتریس متقارن مربعی از فواصل دودویی آن شهرها با یکدیگر) به نحوی است که از ایجاد شدن دو کد یکسان در یک کروموزوم (قرار گرفتن دو شهر در یک جواب) جلوگیری می‌کند. همچنین آنچه توسط کاربر برای احتمال تقاطع، وارد می‌شود میزان درصدی از کروموزومهای یک نسل است که این عملگر بر آنها انجام می‌شود.

لازم به ذکر است که درصد متعارف برای عملگر جهش که به منظور جلوگیری از به دام افتادن پاسخ در بهینه‌های محلی است بین ۱ – ۱۰٪ است که پیشنهاد می‌شود با افزایش تعداد شهرها و تعداد تولید نسل این درصد به حد بالای خود و به عکس میل کند.

مثال: فرض کنید کاربراسامی شهرهای زیر را اعلام می نماید:

اصفهان– بندرعباس– بوشهر– تهران– زاهدان– سمنان – شیراز– کرمان– مشهد– یزد

برنامه TSP برای هر یک از این شهرها یک شماره (۳۲–۱) اختصاص می دهد واز رمزگذاری جایگشتی استفاده می کند و کروموزوم اولیه را ساخته و سپس با استفاده از زیر برنامه chro جامعه اولیه را می سازد. این برنامه با تغییر مکان ژنها در کروموزوم، کروموزوم های جدید و در نتیجه جامعه اولیه را می سازد و با استفاده از زیر برنامه fitness تابع برازندگی هر کروموزوم که مسافت بین شهرهای آن کروموزوم است را به دست می آورد و در مرحله بعد افراد جامعه بر اساس تابع برازندگی رده بندی می شوند و افراد با برازندگی کمتر از جامعه حذف شده وبه جای آن ها کروموزومهای جدید از طریق عملگرهای جهش و تقاطع جایگزین می شوند.

با توجه به تعداد نسلها عملگرهای تقاطع و جهش را برروی جامعه پیاده کرده ودر پایان آخرین نسل بهترین کروموزوم را یافته ودر اختیار کاربرقرار می دهد.

٤. نتایج تحلیل داده ها

درقسمت اول از این بخش به بیان نتایج برنامه از مثال بیان شده و در قسمت دوم به مقایسه میزان حساسیت نتایج برنامه به پارامترهای ورودی پرداخته می شود.

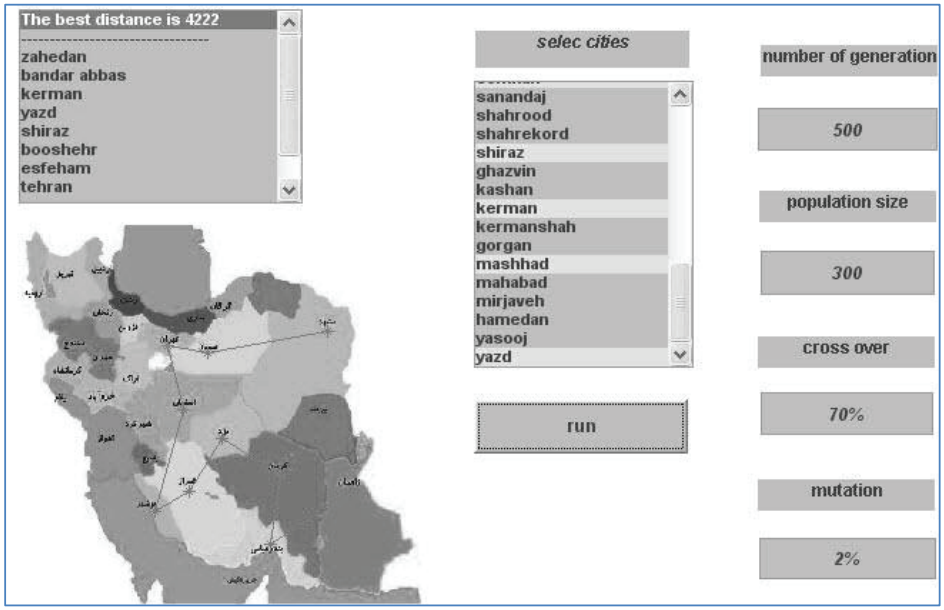
٤–١ نتایج برنامه

جدول ۱ بیانگر نتایج برنامه برای نمونه مثالی مذکور با میزان ورودیهای مختلف (تعداد تولید نسل، اندازه جمعیت، احتمال تقاطع و احتمال جهش) توسط کاربر است.

مشاهده می شود که با افزایش جمعیت و همچنین افزایش تعداد نسلها جواب تثبیت شده است و الگوریتم ٤٢٢٢km را به عنوان بهترین مسافت در اختیار کاربر قرار می دهد. شکل ۲ به عنوان نمونه ای از خروجی برنامه به ازای دسته ورودی تکرار پنجم در واسط گرافیکی برنامه در زیر آورده شده است.

جدول ۱. نتایج خروجی برنامه بر حسب دسته های ورودی کاربر

	پارامترهای ورودی				نتایج خروجی	
	تعداد تولید نسل	اندازه جمعیت	احتمال تقاطع	احتمال جهش	مسافت بهترین مسیر	مسیر عبوری
تکرار اول	۱۰۰	۸۰	٪۵۰	٪۱	٤۷۷۷	مشهد–سمنان– تهران–اصفهان–شیراز–بوشهر–یزد– بندعباس–زاهدان– کرمان
تکرار دوم	۲۰۰	۱۰۰	٪٦۰	٪۱	٤٥۲٤	سمنان–تهران–اصفهان–بوشهر–شیراز–یزد–کرمان–بندرعباس–زاهدان–مشهد
تکرار سوم	۳۰۰	۲٥۰	٪٦٥	٪۲	٤٥۱٥	مشهد–زاهدان–بندرعباس–کرمان–یزد–شیراز–بوشهر–اصفهان–تهران–سمنان
تکرار چهارم	٤۰۰	۲۷۰	٪۷۰	٪۲	٤۲۲۲	زاهدان–بندرعباس–کرمان–یزد–شیراز–بوشهر–اصفهان–تهران–سمنان–مشهد
تکرار پنجم	٥۰۰	۳۰۰	٪۷۰	٪۲	٤۲۲۲	زاهدان–بندرعباس–کرمان–یزد–شیراز–بوشهر–اصفهان–تهران–سمنان–مشهد



شکل ۲. بعد از ٥۰۰نسل و جمعیت ۳۰۰ نفر

٤-٢ حساسیت نتایج به پارامترهای ورودی

کردار ۱ حساسیت خروجی برنامه (کوتاه ترین فاصله بین شهرهای منتخب) را نسبت به پارامترهای:

۱- ورودی تعدادتولیدنسلها (تعداد تکرار الگوریتم تا رسیدن به پاسخ بهینه)

۲- اندازه جمعیت (تعداد کروموزوم های ساخته شده از جایگشت کدهای باینری شهرها)

۳- میزان احتمال تقاطع (درصد کروموزومهایی که عملگر تقاطع بر آنها اعمال می‌شود) و

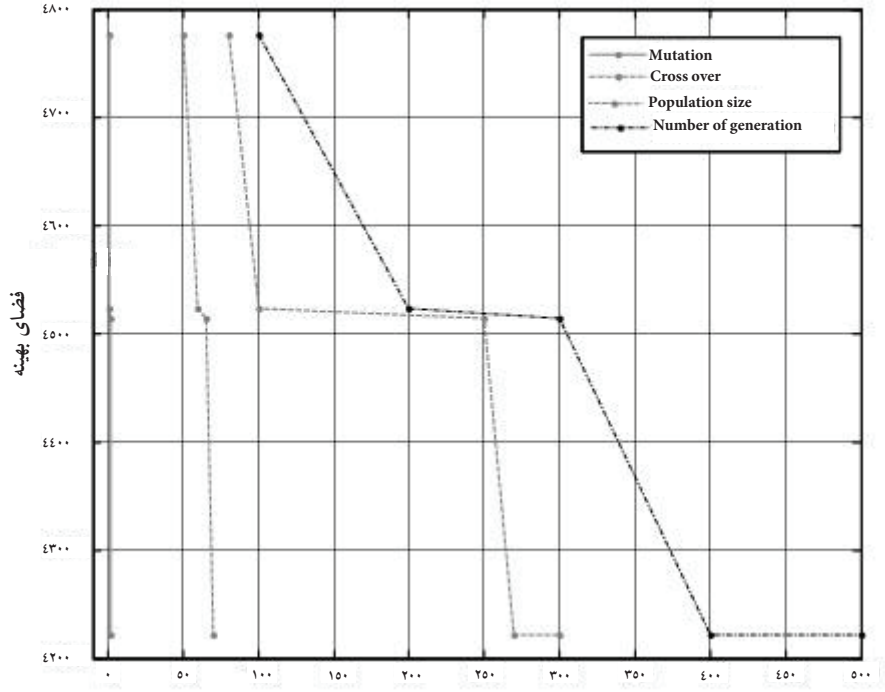
٤- جهش (درصدی از بیت‌های مجموعه فضای جستجوی پاسخ که به طور تصادفی متاثر از عملگر جهش خواهند شد)

به ترتیب از منحنی راست به چپ بیان می کند.

همان طور که در کردار ۱ دیده میشود حساسیت خروجی برنامه در یافن کوتاه ترین مسیر بین شهرها ، با توجه به شیب منحنیها از ورودی چهارم به ورودی اول کم می‌شود؛ البته ذکر این نکته درخور توجه است که بازه تغییرات منطقی و معمول برای این پارامترها از هم متفاوت است و برای مقایسه بین آنها ناگزیر از رسم کردارها بر محورهای یکسان بوده ایم؛ هرچند که این مساله در اصل مقایسه حساسیت خروجی نسبت به ورودیهای مختلف اثرگذار نیست.

بنا بر آنچه بیان شد، نتیجه برنامه طراحی شده تحقیق حاضر، با اتکا به الگوریتم ژنی مسیر بهینه بین چندین شهر که قصد حمل‌ونقل محموله‌ای از کالا میان آنها را داریم مشخص می‌کند؛ اما این پاسخ همراه با محدودیتهایی است، از جمله :

- ثابت نبودن نقطه شروع در پاسخهای مختلف در یک دور اجرای برنامه
- شرط توقف برنامه که مبتنی بر اتمام میزان تولید نسل وارد شده توسط کاربر
- به دام افتادن پاسخ در بهینه‌های محلی ناشی از درصدهای ورودی نامناسب جهش توسط کاربر
- عدم پوشش تمامی شهرهای موجود درشبکه حمل‌ونقل جاده‌ای برای رفع هر یک از این محدودیتها می‌توان با ابتکار عمل برنامه نویسی محدودیتهایی را برای مقادیر ورودی کاربر و نیز شروطی را در خلال فرایند الگوریتم ژنتیک وارد کرد و نیز گسترش پایگاه



کردار ۱. مقایسه حساسیت خروجی برنامه نسبت به پارامترهای ورودی

داده‌ای برنامه برای تعمیم برنامه به کل گره‌های شبکه حمل‌ونقل در دست گرفت.

۵. نتیجه گیری

یکی از حوزه‌های مهم در بحث برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، یافتن مسیربهینه برای جابجایی کالا میان شهرهای کشور از طریق ناوگان حمل‌ونقل جاده‌ای است. اهمیت این حوزه از حیث دخالت عواملی همچون کاهش هزینه حمل‌ونقل، صرفه‌جویی در انرژی، تسریع روند جابجایی کالا و بحث کاهش زمان و ... است. با پیشرفت چشمگیر دانش بشری، در حوزه‌های علمی جدیدی همچون هوش مصنوعی، بکارگیری روشهای جدید و استفاده از تکنیکهای این حوزه ضمن انگیزه‌سازی برای ابتکار عمل در حل مسائل، پژوهشگران را به پاسخهای بهینه‌تری با صرف زمان و انرژی کمتری رهنمون می‌سازد.

نتایج به دست آمده استفاده از این تحقیق مبتنی بر استفاده از الگوریتم ژنتیک است که یک روش فراابتکاری مشهور در مسائل بهینه‌سازی است، در مقایسه با الگوریتم دیجکسترا که هم‌اکنون در سازمان راهداری و حمل ونقل جاده ای کشور برای یافتن فواصل دودویی شهرها استفاده شده است هم از نظر یافتن پاسخ بهینه و هم قابلیتهای بالاتر در افزایش تعداد گرهها برتری دارد. شایان ذکر است که نتایج این تحقیق می‌تواند با تغییرات اندکی در الگوریتم طراحی شده به تعداد بیشتری از نقاط کشور و یا منطقه ای از آن تعمیم پیدا کند.

از این رو هدایت پژوهشها به سمتی که در جهت یافتن مسیر بهینه مذکور موثر باشد و از آن مهم تر، فراهم کردن ضمانت اجرایی وعملیاتی نتایج این تحقیقات، شرط درایت برنامه‌ریزان و مدیران کشوری خواهد بود.

٦. پی نوشتها

1- Dijkstra
2- John Holland
3- Graphic sing Interface
4- Population size
5- Number of generation
6- Crossover
7- Mutation
8- Fitness function
9- Number of generation
10- Population size
11- Crossover
12- Mutation

۷. منابع

– تولایی، سیمین (۱۳۸۱) "درآمدی بر مبانی جغرافیای اقتصادی". انتشارات جهاد دانشگاهی تربیت معلم

– حسنی رخ، سعید (۱۳۷۹) "یافتن محل استقرار و مسیریابی پویا با استفاده از تکنیکهای ژنتیک"،پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس

– سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای. دفتر فناوری اطلاعات (۱۳۹۰) "سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کل کشور".

– ظفری، علی؛ تشکری هاشمی، سید مهدی و یوسفی خوشبخت، مجید(۱۳۸۹) "الگوریتم ترکیبی موثر ژنتیک برای حل مساله مسیریابی وسیله نقلیه"، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید. شماره ۲. جلد ۲۱

– مانکاساریان، آرتین(۱۳۸٤) " تسریع رشد و توسعه حمل و نقل کشور با بهره‌گیری از ITS"، مجله گسترش صنعت،بهمن، ص ۱

- Ahn, C. W. and Ramakrishna, R. S. (2002) "A genetic algorithm for shortest path routing problem and the sizing of populations", IEEE Transaction on Evolutionary Computation, Vol.6, No.6, pp.566-579.

- Ai, T. J. and Kachitvichyanukul, V. (2009) "Particle swarm optimization and two solution representations for solving the capacitated vehicle routing problem", Computers and Industrial Engineering, 56, pp.380.387.

- Bella, J. E. and McMullen, P. R. (2004) "Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem", Advanced Engineering Informatics, 18, pp. 41.48.

- Bin, Y., Zhong-Zhen, Y. and Baozhen, Y. (2009) "An improved ant colony optimization for vehicle routing problem", European Journal of Operational Research

196, pp. 171.176

- Bryant, Kylie (2000) "Genetic algorithm and the traveling salesman problem", Hervey Mudd College.

- Jaszkiewicz, A. and Kominek, P. (2003) "Genetic local search with distance preserving recombination operator for a vehicle routing problem", European Journal of Operational Research, 151, pp. 352-364.

- Kelly, J. P., Xu, J. (1999) "A set-partitioning based heuristic for the vehicle routing problem", INFORMS J. Comput. 11(2), pp. 161.72.

- Levinson, D. (2003) "The value of advanced traveler information systems for route choice", Transportation Research Part C, Vol.11, No.1, pp.75-87.

- Mitchell, M. (1997) "An introduction to genetic algorithm", MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

- Osman, L. H.(1993) "Meta strategy simulated annealing and tabu search algorithms for the vehicle routing problem", Annals of Operations Research 41, pp. 421-451.

- Prins, C. (2009) "Two memetic algorithms for heterogeneous fleet vehicle routing problems", Engineering Applications of Artificial Intelligence 22, pp. 916.928.

- Sadek, A. and Chowdhury, M. A. (2003) "Fundamentals of intelligent transportation systems planning", Boston, Artech House

- Su, C. T. and Chen, H. H. (1999) "Vehicle routing design of physical distribution center", Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, 16(3), pp. 405-417

پیوست:

کد الگوریتم پیشنهادی تحقیق برای یافتن مسیر بهینه حمل و نقل کالا میان مراکز استان ایران به شرح زیر است:

```
function varargout = tspfig(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @tspfig_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @tspfig_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
   gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
   [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
   gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end


function tspfig_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);

function varargout = tspfig_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
```

```
h=imread('iran6.jpg');
  image(h);
  axis off;
function listbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function listbox1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

city_name{1}='abadan';
city_name{2}='astara';city_name{3}='arak';city_name{4}='ardebil';city_name{5}='esfeham';

city_name{6}='ahvaz';city_name{7}='iranshahr';city_name{8}='ilam';city_name{9}='babol';city_na
me{10}='babolsar';
    city_name{11}='bazargan';city_name{12}='bandare emem';city_name{13}='bandar
abbas';city_name{14}='booshehr';

city_name{15}='piranshahr';city_name{16}='tabriz';city_name{17}='tehran';city_name{18}='jolfa';
city_name{19}='chaloos';

city_name{20}='khorramabad';city_name{21}='khorramshahr';city_name{22}='khosravi';city_name
{23}=' ramsar';
  city_name{24}='rasht'; city_name{25}='oroomieh';city_name{26}='zahedan';
city_name{27}='zanjan';city_name{28}='sari';

city_name{29}='sarakhs';city_name{30}='semnan';city_name{31}='sanandaj';city_name{32}='shahr
ood';city_name{33}='shahrekord';

city_name{34}='shiraz';city_name{35}='ghazvin';city_name{36}='kashan';city_name{37}='kerman';
city_name{38}='kermanshah';

city_name{39}='gorgan';city_name{40}='mashhad';city_name{41}='mahabad';city_name{42}='mirj
aveh';city_name{43}='hamedan';
    city_name{44}='yasooj';city_name{45}='yazd';
num=get(handles.listbox1,'value');
[a,b]=size(num);
for i=1:b
    travellingcities{i}=city_name{num(:,i)};
k(i)= num(:,i);
end
```

```
prob=str2double(get(handles.edit6,'string'));
probmutation=str2double(get(handles.edit7,'string'));
popsize=str2double(get(handles.edit5,'string'));
numberofgeneration=str2double(get(handles.edit1,'string'));
[bestgenespergen,C]=tsp(popsize,numberofgeneration,k,prob,probmutation);
for i=1:b
  travellingcity{i}=city_name{bestgenespergen(:,i)};
end
travellingcitiess=travellingcity
list(1) = {['The best distance is ' num2str(C)]};
list(2) = {'---------------------------------'};

list(3)={'you must travell with this respect'};
for i=1:b
   list(i+2)={cell2mat(travellingcitiess(1,i))};

end
list=list;
set(handles.listbox2,'string',list);

x_of_city=[86 95 117 84 170 87 350 50 160 165 8 110 260 140 24 47 153 35 145 85 80 28 135 112
16 345 85 184 339 195 55 ...
  220 127 175 113 145 270 50 205 320 34 365 85 133 210];
y_of_city=[241 54 143 51 182 220 310 177 100 90 25 248 313 281 85 58 118 34 90 177 248 150 85
80 60 260 95 100 85 125 124 100 ...
  203 261 108 155 245 150 86 105 75 275 138 237 210];
for i=1:b
    if i+1<b+1

line([x_of_city(bestgenespergen(:,i)),x_of_city(bestgenespergen(:,i+1))],[y_of_city(bestgenespergen(
:,i)),y_of_city(bestgenespergen(:,i+1))], ...
       'Marker','*','LineStyle','-','color','b');
    end
   pause(1);
end
function listbox2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function listbox2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');

end
```