

رویکرد پارامترهای هوش مصنوعی (GA) در کاهش تراکم ترافیکی (مطالعه موردی: شهر تهران)

محمد علی دهشیری، مهدی شکرگذار، فریدون مقدس نژاد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش راه و ترابری دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت ایران

۳- دانشیار دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

چکیده

رشد روز افزون جمعیت باعث شده است که در سال‌های اخیر نیاز به وسایل نقلیه افزایش یابد، این افزایش وسایل نقلیه به تبع باعث بوجود آمدن ترافیک در سطح شهرها و افزایش مصرف سوخت در اثر راهبندان‌های ترافیکی و هزاران مشکل دیگر می‌شود. اکثر این تداخلات ترافیکی بواسطه جستجو برای یافتن محل پارک مناسب می‌باشد، اگر بتوان راه‌حلی اتخاذ کرد که با این افزایش وسایل نقلیه ظرفیت خیابان‌ها، ظرفیت پارکینگ‌ها و... نیز افزایش یابد می‌توان ترافیک را کنترل کرد. که این افزایش ظرفیت به معنای ساخت خیابان‌های جدید، ساخت پارکینگ‌های جدید یا ارائه رویکردهای مناسب دیگر مانند مدیریت سیستم پارکینگ‌ها می‌باشد، یکی دیگر از این رویکردها فاصله مناسب تسهیلات و امکانات پارکینگ‌ها از یکدیگر است. در این مقاله سعی شده است تا ضمن معرفی یکی از پارامترهای هوش مصنوعی به نام الگوریتم ژنتیک ترتیبی اتخاذ کرد تا به کمک آن بتوان بهترین گزینه را جهت محل قرارگیری مناسب تسهیلات و امکانات پارکینگ‌ها به منظور کاهش تراکم ترافیکی که در اثر عدم وجود محل پارک مناسب برای وسایل نقلیه ایجاد می‌شود، انتخاب کرد.

کلید واژه: ترافیکی، الگوریتم ژنتیک، پارکینگ، وسایل نقلیه، حمل و نقل

۱- مقدمه

ترافیکی شناخته شده است [۲]. مدیریت تقاضا بیش تر بر جابه جایی مسافر و کالا تاکید می‌کند تا بر وسایل نقلیه. بنابراین انواع مدهای حمل و نقل همچون پیاده روی، دوچرخه سواری و حمل و نقل عمومی خصوصاً در شرایط ترافیک سنگین، افزایش گزینه‌های توسعه حمل و نقل عمومی، توسعه حمل و نقل غیر موتوری، زمان کار شناور (Flexitime) و بهبود تاکسیرانی را شامل می‌شود [۳]. از استراتژی‌های مدیریت تقاضا برای کاهش نیاز به سفرهای فیزیکی و کارآمد کردن کاربری زمین و مدیریت پارکینگ میتوان به رشد هوشمند، شهرنشینی مدرن و مدیریت پارکینگ اشاره کرد [۴]. خط مشی‌هایی که در این مقوله مد نظر قرار میگیرند، امکان استفاده از زمان‌های مختلف برای سفر، مدهای سفر و مسیرهای مختلف را برای مردم فراهم می‌آورد و حتی برخی از این راهکارها باعث کاهش سفرهای فیزیکی می‌شود. از دهه ۹۰ میلادی متخصصان حمل و نقل دریافته‌اند که مصرف کنندگان ظرفیتهای و امکانات جدید را در مدت کوتاهی بلعیده و به دلیل رقابت شدید میان توسعه دهندگان راه و جاده و تولیدکنندگان خودروهای راحت و ارزان، تلاش‌های عمرانی

با تولید انبوه خودرو از دهه ۱۹۵۰ معضل ترافیک نیز به مشکلات دیگر انسان به ویژه امور شهرنشینی اضافه شد. کشورها برای مقابله با این معضل سیاست‌ها و راهکارهای متفاوتی را پیش گرفتند. ابتدا به ساخت خیابان و جاده و بزرگراه پرداختند، اما مشکلات ترافیک کاملاً حل نشد. به تدریج برنامه ریزان حمل و نقل به این نتیجه رسیدند که مقوله جابه جایی مسافر در مناطق شهری را بیشتر مورد توجه قرار داده و با ایجاد شبکه‌های عظیم حمل و نقل عمومی نظیر مترو و اتوبوس رانی مشکل ترافیک را حل کنند [۱]. با گذشت زمان فراهم آوردن امکانات و تسهیلات لازم همچون خدمات دولتی و مدارس برای کاهش سفر به برنامه‌های مدیریت شهری اضافه شده و اصطلاحات دیگری نظیر مدیریت تقاضای حمل و نقل به ادبیات ترافیک وارد شدند. مدیریت تقاضای حمل و نقل به تمام استراتژی‌هایی اطلاق می‌شود که باعث افزایش کارایی سیستمهای حمل و نقل می‌شود و امروزه به عنوان راهکار مناسب برای حل بسیاری از مشکلات

m_a_dehshiri@yahoo.com
shokrgozar_mahdi90@yahoo.com
moghadas@aut.ac.ir

۱- دانشجو،
۲- دانشجو،
۳- دانشجو،

سال ۱۹۷۵ پیشنهاد گردید [۱۲]. کار وی آغاز تمامی کوشش‌ها برای کاربرد الگوریتم ژنتیک در مهندسی است. پس از آن کارهای Dejong در سال ۱۹۷۵ در زمینه بررسی و مقایسه چندین روش الگوریتم ژنتیک پایه‌های نظری بحث را فراهم آورد. این الگوریتم با الهام از طبیعت بر پایه اصل تکاملی «پایداری بهترین‌ها» (Survival of the fittest) استوار است [۱۳]. الگوریتم ژنتیک اگرچه پس از الگوریتم استراتژی تکاملی پیشنهاد گردید ولی مشهورترین روش از بین الگوریتم‌های تکاملی است. در یک الگوریتم ژنتیک یک جمعیت از افراد طبق مطلوبیت آنها در محیط بقا می‌یابند. افرادی با قابلیت‌های برتر، شانس ازدواج و تولید مثل بیشتری را خواهند یافت. بنابراین بعد از چند نسل فرزندان با کارایی بهتر بوجود می‌آیند. در الگوریتم ژنتیک هر فرد از جمعیت بصورت یک کروموزوم معرفی می‌شود [۱۴]. کروموزوم‌ها در طول چندین نسل کامل‌تر می‌شوند. در هر نسل کروموزوم‌ها ارزیابی می‌شوند و متناسب با ارزش خود امکان بقا و تکثیر می‌یابند. تولید نسل در بحث الگوریتم ژنتیک با عملگرهای همبری و جهش صورت می‌گیرد. والدین برتر بر اساس یک تابع برازندگی انتخاب می‌شوند. در هر مرحله از اجرای الگوریتم ژنتیکی، یک دسته از نقاط فضای جستجو مورد پردازش‌های تصادفی قرار می‌گیرند. به این صورت که به هر نقطه دنباله‌ای از کاراکترها نسبت داده می‌شود و بر روی این دنباله‌ها عملگرهای ژنتیکی اعمال می‌شود [۱۵]. سپس دنباله‌های بدست آمده دی‌کد می‌گردد تا نقاط جدیدی در فضای جستجو بدست آید. در آخر براساس این که تابع هدف در هر یک از نقاط چه مقدار باشد، احتمال شرکت نمودن آنها در مرحله بعد تعیین می‌گردد [۱۶].

الگوریتم‌های ژنتیکی را می‌توان یک روش بهینه‌سازی تصادفی جهت‌دار دانست که به تدریج به سمت نقطه بهینه حرکت می‌کند. در مورد ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک در مقایسه با دیگر روش‌های بهینه‌سازی می‌توان گفت که الگوریتمی است که بدون داشتن هیچ گونه اطلاعی از مسئله و هیچ گونه محدودیتی بر نوع متغیرهای آن برای هرگونه مسئله‌ای قابل اعمال است و دارای کارایی اثبات شده‌ای در یافتن بهینه کلی (Global Optimum) می‌باشد [۱۷]. توانایی این روش در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی، است که روش‌های کلاسیک یا قابل اعمال نیستند و یا دریافتن بهینه کلی قابل اطمینان نیستند.

بی‌اثر شده و ایمنی راه‌ها نیز روز به روز در حال کاهش است. از طرف دیگر پیشرفت فناوری‌های روز به ویژه حسگرها و دستگاه‌های الکترونیکی شرایط مناسبی را برای ایجاد ارتباط بلادرنگ یا آنی میان برنامه ریزان، مراکز مدیریت ترافیک، خودروها و نیز ارائه وضعیت ترافیکی جاده‌ها فراهم آورده است. در نتیجه امکان ایجاد مدیریت هوشمندانه، هدفمند و هماهنگ به منظور ارتقای بهره‌وری و افزایش کارایی شبکه‌های حمل و نقل محقق شده و به این ترتیب در ابتدای دهه ۹۰ میلادی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (ITS) به مفهوم امروزی آن متولد شدند [۵]. البته پروژه‌هایی نظیر نصب دوربین در تقاطع‌های شهری و نیز کنترل هوشمند زمان بندی چراغ‌های راهنمایی متناسب با حجم ترافیک در دهه ۷۰ در بسیاری از کشورها آغاز شده بود. اما عبارت سیستم حمل و نقل هوشمند، برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ در آمریکا به بحث مدیریت حمل و نقل وارد شد و کلیه پروژه‌ها و فناوری‌های مرتبط با موضوع و به خصوص روابط تعاملی بین آنها در یک ساختار کلان و به هم مرتبط (Integrate) را دربر گرفت [۶].

در یک بررسی مشخص شد که گروه خاصی از رانندگان، ۴۰ درصد از زمان سفر خود را به پیدا کردن فضای پارک مناسب اختصاص می‌دهند [۷]. جستجوی بی‌ثمر برای پیدا کردن فضای پارک مناسب، ممکن است بیش از ۳۰ درصد ترافیک در راه‌های اصلی شهری را شامل شود [۸]. بعضی از مطالعات نیز بر این واقعیت تأکید می‌کند که وسایل نقلیه ۹۵ - ۹۰ درصد از عمر مفید خود را پارک هستند [۹]. مدیریت امکانات پارکینگ اتومبیل‌ها نقش مهمی در فرآیند برنامه ریزی دارد و ممکن است برای به حداقل رسیدن مشکلات کمک بزرگی باشد [۱۰].

بنابراین، در این مقاله سعی می‌شود تا با استفاده از الگوریتم ژنتیک بین گزینه‌های موجود جهت قرارگیری محل مناسب امکانات پارکینگ، بهترین گزینه را جهت کاهش تراکم ترافیکی ناشی از جستجوی وسایل نقلیه جهت پیدا کردن محل پارک مناسب، اتخاذ کرد.

۲- مروری بر الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک، الهامی از علم ژنتیک و نظریه تکامل داروین است و بر اساس بقای برترین‌ها یا انتخاب طبیعی استوار است. یک کاربرد متداول الگوریتم ژنتیک، استفاده از آن بعنوان تابع بهینه‌کننده است. الگوریتم ژنتیک ابزار سودمندی در بازشناسی الگو، انتخاب ویژگی، درک تصویر و یادگیری ماشینی است [۱۱]. در الگوریتم‌های ژنتیکی، نحوه تکامل ژنتیکی موجودات زنده شبیه‌سازی می‌شود. اگرچه کارهایی توسط یک زیست‌شناس به نام Fraser در زمینه مدل‌سازی تکامل در سیستم‌های بیولوژیک در دهه ۶۰ میلادی صورت گرفت ولی الگوریتم ژنتیک برای کاربردهای مهندسی و به صورت امروزی آن نخستین بار توسط جان هلند متخصص علوم کامپیوتر دانشگاه میشیگان در

۲-۱- ساختار الگوریتم‌های ژنتیکی

به طور کلی، الگوریتم‌های ژنتیکی از اجزاء زیر تشکیل می‌شوند:

الف) کروموزوم

در الگوریتم‌های ژنتیکی، هر کروموزوم نشان دهنده یک نقطه در فضای جستجو و یک راه‌حل ممکن برای مسئله مورد نظر است. خود کروموزوم‌ها (راه‌حل‌ها) از تعداد ثابتی ژن (متغیر) تشکیل می‌شوند. برای نمایش کروموزوم‌ها، معمولاً از کدگذاری‌های دودویی (رشته‌های بیتی) استفاده می‌شود [۱۸].

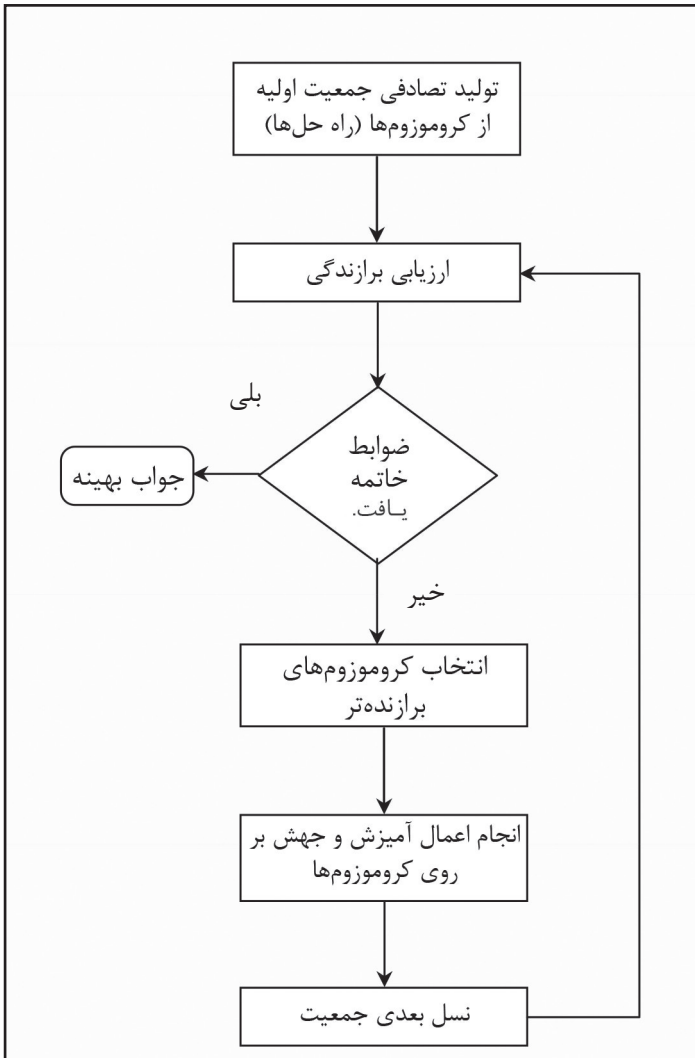
ب) جمعیت

مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها یک جمعیت را تشکیل می‌دهند. با تاثیر عملگرهای ژنتیکی بر روی هر جمعیت، جمعیت جدیدی با همان تعداد کروموزوم تشکیل می‌شود [۱۹].

ج) تابع برازندگی

به منظور حل هر مسئله با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیکی، ابتدا باید یک تابع برازندگی برای آن مسئله ابداع شود. برای هر کروموزوم، این تابع عددی غیر منفی را برمی‌گرداند که نشان دهنده شایستگی یا توانایی فردی آن کروموزوم است [۲۰].

قبل از این که یک الگوریتم ژنتیکی بتواند اجرا شود، ابتدا باید کدگذاری (یا نمایش) مناسبی برای مسئله مورد نظر پیدا شود. همچنین یک تابع برازندگی نیز باید ابداع شود تا به هر راه‌حل کدگذاری شده ارزشی را نسبت دهد. در طی اجراء والدین برای تولید مثل انتخاب می‌شوند و با استفاده از عملگرهای آمیزش و جهش با هم ترکیب می‌شوند تا فرزندان جدیدی تولید کنند. این فرآیند چندین بار تکرار می‌شود تا نسل بعدی جمعیت تولید شود. سپس این جمعیت بررسی می‌شود و در صورتی که ضوابط همگرایی^۱ برآورده شوند، فرآیند فوق خاتمه می‌یابد [۲۱]. در شکل ۱ نمودار گردش الگوریتم‌های ژنتیکی نشان داده شده است.



شکل ۱: نمودار گردش الگوریتم ژنتیک [۲۲]

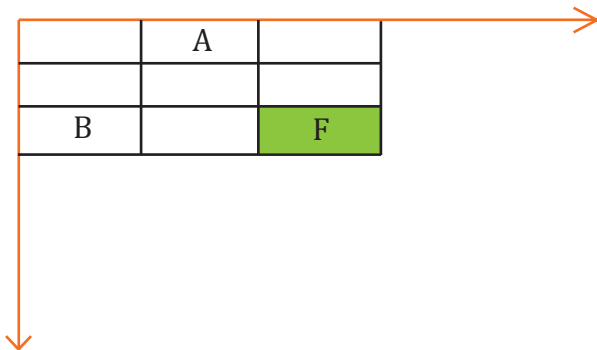
۳- پیشنهاد تحقیق

استفاده از الگوریتم ژنتیک، با هدف بهینه‌سازی 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 می‌شوند:

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 سریع‌تر از الگوریتم ژنتیک است، اما قابلیت اعتماد به بهینه‌تر بودن آن نسبت به GA وجود ندارد.

۱- همگرایی پیشرفت به سوی افزایش یکنواختی محسوب می‌شود. هنگامی که یک جمعیت همگرا می‌شود، متوسط برازندگی‌ها به برازندگی‌های بهترین افراد آن جمعیت نزدیک می‌شود.

گام اول : ارائه مسئله
برای این کار از روش محور مختصات استفاده می کنیم.



که برای این حالت مختصات A و B به ترتیب $X_A = 2$ و $Y_A = 1$ و $X_B = 1$ و $Y_B = 3$ می باشد.

گام دوم : ساخت کروموزم

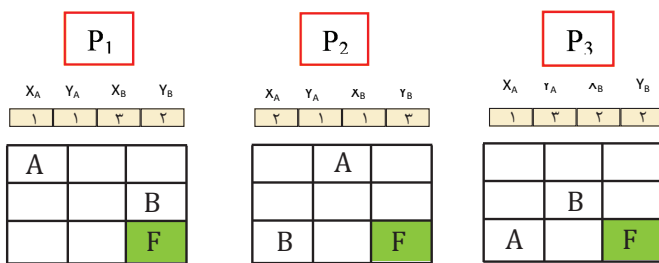
متغیر های مسئله موقعیت تسهیلات A و B می باشد. بنابراین کروموزم مسئله به صورت زیر می باشد که ژن های آن متغیر می باشد.

X_A	Y_A	X_B	Y_B
۲	۱	۱	۳

که مقادیر هر ژن از ۱ تا ۳ متغیر است.

گام سوم : تولید جامعه اولیه

که معمولاً بین ۵۰ تا ۱۰۰ بار تکرار می شود. برای این حالت فرض می کنیم تعداد اعضای جامعه ۳ مورد باشد.



گام چهارم : ارزیابی جامعه

تابع هدف، مینیمم کردن فواصل ذکر شده (site Score) که بصورت زیر می باشد :

$$Score = \frac{(d_{AB}.100 \times d_{AF}.100)}{d_{BF}.100}$$

همچنین روش GA بسیار سریع تر از روشهای محاسباتی است و در مسایلی که تعداد نقاط و گره ها بیشتر می شود استفاده از GA اجتناب ناپذیر است [۲۳].

۲- آهان و راماکریشنا کاربرد الگوریتم های ژنتیکی را برای حل مسئله کوتاه ترین مسیر پیشنهاد کردند. شبیه سازی رایانه ای توسط آنها نشان داد الگوریتم های پیشنهادی از نقطه نظر همگرایی بهتر از دیگر الگوریتم های مرسوم عمل می کند [۲۴].

۳- ظفری و همکاران، به منظور تعیین کمینه هزینه جابجایی چندین وسیله نقلیه که به طور همزمان از انبار کالا شروع به حرکت می کنند و بعد از ملاقات کردن مشتریها، مشروط بر آنکه اولاً هر گره فقط توسط یکی از این وسایل نقلیه ملاقات شود و ثانیاً هر وسیله نقلیه بیشتر از ظرفیت خود در طول مسیر بارگذاری نکند و سپس به انبار باز گردند، را تحت عنوان ، الگوریتم ترکیبی مؤثر ژنتیک برای حل مساله مسیریابی وسیله نقلیه را انجام داده اند [۲۵].

۴- بلا و همکاران، به دنبال یافتن کوتاه ترین مسیر همیلتونی بین شهرهای ایران از الگوریتم های 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 کارایی و اثربخشی بسیار الگوریتمهای پیشنهادی است [۲۶].

۴- تعریف مسئله

جهت بهبود وضعیت ترافیکی در معابر که در نتیجه جستجو جهت یافتن محل پارک مناسب ایجاد می شود، این طرح برای حد فاصل پایانه آزادی تا سبلان (تهران) در نظر گرفته شده است. این منطقه به ۹ قسمت تقسیم شده است (پایانه آزادی، استاد معین، نواب، میدان انقلاب، چهارراه ولیعصر، شریعتی، دروازه دولت، امام حسین، سبلان) که هدف آن یافتن محل مناسب قرار گیری تسهیلات پارکینگ A, B می باشد به صورتیکه :

تسهیلات A تا حد ممکن نزدیک به B

تسهیلات A تا حد ممکن نزدیک به تسهیلات ثابت F

تسهیلات B تا حد ممکن دور از تسهیلات ثابت F

تسهیلات F در میدان انقلاب اسلامی می باشد.

سبلان	دروازه دولت	استاد معین
امام حسین	چهارراه ولیعصر	شریعتی
پایانه آزادی	نواب	میدان انقلاب

که در این تابع مقدار dAB برابر است با :

$$dAB = |X_A - X_B| + |Y_A - Y_B|$$

$$P_1Score = \frac{(dAB \cdot 100 \times dAF \cdot 100)}{dBF \cdot 100} = \frac{(3 \cdot 100 \times 4 \cdot 100)}{1 \times 100} = 1200$$

$$P_2Score = \frac{(dAB \cdot 100 \times dAF \cdot 100)}{dBF \cdot 100} = \frac{(3 \cdot 100 \times 3 \cdot 100)}{2 \times 100} = 450$$

$$P_3Score = \frac{(dAB \cdot 100 \times dAF \cdot 100)}{dBF \cdot 100} = \frac{(2 \cdot 100 \times 2 \cdot 100)}{2 \times 100} = 200$$

گام پنجم : محاسبه ی ارزش هر کدام از اعضای جامعه

$$MeritofP_1 = \frac{\sum_{i=1} Score_i}{Score1} = \frac{1200 + 450 + 200}{1200} = 1.54$$

$$MeritofP_2 = \frac{\sum_{i=1} Score_i}{Score2} = \frac{1200 + 450 + 200}{450} = 4.11$$

$$MeritofP_3 = \frac{\sum_{i=1} Score_i}{Score3} = \frac{1200 + 450 + 200}{200} = 9.25$$

قابل ذکر است خانواده ای که دارای score کوچکتری است دارای ارزش بیشتری می باشد، چراکه هدف مینیمم کردن است.

گام ششم : محاسبه ی ارزش نسبی اعضا

$$RMofP_1 = \frac{merit \times 100}{Sumofmerits} = \frac{1.54 \times 100}{14.9} = 10.34$$

$$RMofP_2 = \frac{merit \times 100}{Sumofmerits} = \frac{4.11 \times 100}{14.9} = 27.6$$

$$RMofP_3 = \frac{merit \times 100}{Sumofmerits} = \frac{9.25 \times 100}{14.9} = 62.1$$

گام هفتم : عملگرهای انتخابی برای ساخت جامعه جدید (mutation و crossover)

نسبت احتمال mutation و crossover به ترتیب ۹۶٪ و ۴٪ انتخاب شده است. برای انتخاب هر کدام از عملگره یک عدد رندوم بین ۰ تا ۱۰۰ تولید می کنیم (به صورت کاملا رندوم) اگر عدد بین ۰ تا ۹۶ بود، crossover در غیر این صورت از mutation استفاده می کنیم.

استفاده از عملگر انتخاب شده (فرض می کنیم crossover انتخاب شده باشد).

- انتخاب دو تا از اعضای جامعه به صورت رندوم بر اساس ارزش نسبی :



در پایان این مراحل بیش از ۱۰۰۰ بار تکرار می شود تا بهترین جواب محاسبه شود.

یکی از راه حل ها به صورت زیر می باشد :

Score = 100

B		
	A	
		F

و بهترین جواب به صورت زیر خواهد بود

Score = 50

		B
		A
		F

بنابراین بهترین گزینه برای قرار گیری تسهیلات به صورت فوق می باشد که نشانه آن است که بهتر است تسهیلات در شریعتی و استاد معین قرار گیرد.

۵- نتیجه گیری

یکی از حوزه های مهم در بحث برنامه ریزی حمل و نقل، یافتن بهترین مکان برای پارکینگ در نقاط مختلف شهر می باشد. اهمیت این حوزه از حیث دخالت عواملی همچون کاهش هزینه حمل و نقل، صرفه جویی در انرژی، تسریع روند جابجایی و بحث کاهش زمان و ... است. با پیشرفت چشمگیر دانش بشری، در حوزه های علمی جدیدی همچون هوش مصنوعی، بکارگیری روش های جدید و استفاده از تکنیک های این حوزه ضمن انگیزه سازی برای ابتکار عمل در حل مسائل، پژوهشگران را به پاسخهای بهینه تری با صرف زمان و انرژی کمتری رهنمون می سازد.

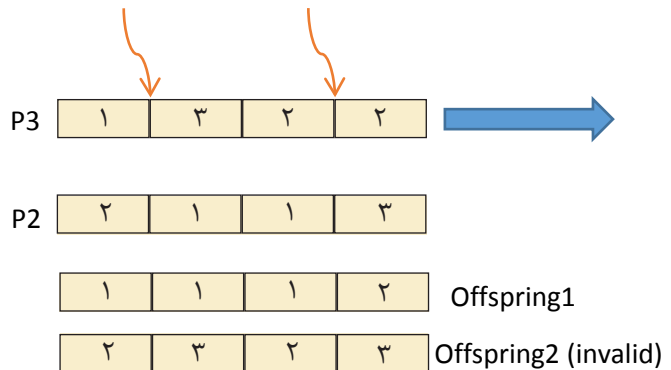
نتایج به دست آمده استفاده از این تحقیق مبتنی بر استفاده از الگوریتم ژنتیک است که یک روش فراابتکاری مشهور در مسائل بهینه سازی است، الگوریتم های ژنتیک الگوریتم هایی هستند که دارای قدرت بسیار زیادی در یافتن جواب مسئله هستند، اما باید توجه داشت که شاید بتوان کاربرد اصلی این الگوریتم ها را در مسائلی در نظر گرفت که دارای فضای حالت بسیار بزرگ هستند و عملاً بررسی همه حالت ها برای انسان در زمان های نرمال (در حد عمر بشر) ممکن نیست. از طرفی باید توجه داشت که حتماً بین حالات مختلف مسئله باید دارای پیوستگی مناسب و منطقی باشیم.

- برای انتخاب خانواده اول، یک عدد بین ۰ تا ۱۰۰ تولید می کنیم. بر طبق این مقدار، خانواده انتخاب می شود. برای مثال، فرض می کنیم عدد حاصل ۸۵ باشد، سپس P۳ انتخاب می شود.

- برای انتخاب خانواده دوم، عدد حاصل ۴۵ بدست آمده که مربوط به خانواده P۲ می باشد.

- اعمال عملگر crossover برای تولید جامعه جدید :

از روش دو نقطه ای به شکل زیر استفاده می کنیم



قابل ذکر است که offspring2 نا معتبر می باشد چرا که مختصات A و B یکی شده (هر دو تسهیلات بر روی هم واقع شده اند) و این مجاز نمی باشد.

Offspring1

A		
B		
		F

گام هشتم : ارزیابی جامعه جدید

$$OffspringScore = \frac{dAB \cdot 100 \times dAF \times 100}{dBF \cdot 100} = \frac{1 \cdot 100 \times 4 \cdot 100}{3 \times 100} = 133.33$$

گام نهم : مقایسه خانواده جدید با جامعه

از آنجا که امتیاز (score) ۱۳۳/۳۳ بهتر از بدترین عضو جامعه (P۱ با امتیاز ۱۲۰ می باشد) ، در نتیجه offspring۱ با P۱ تعویض می شود.

بنابراین P۱ به این صورت زیر تبدیل می شود :

۱	۱	۱	۲
---	---	---	---

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

10. Ghasemi, M. R. (1996). *Structural optimization of Trusses and Axis symmetric Shells Using Gradient based Methods and Genetic Algorithms*. Department of Civil Engineering University of Wales Swansea, November.

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

12. Jaskiewicz, 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.

13. Kelly, J. P., Xu, J. (1999) "A set-partitioning based heuristic for the vehicle routing problem", *INFORMS J. Comput.* 11(2), pp. 161-72.

14. Soremkeun, Gerand, A. E. (1997). *Genetic algorithm for composite laminate design and optimization*. Thesis Submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Engineering Mechanics, February 5.

15. Keshtiarast, A., A.A. Alesheikh and A. Kheirabadi, (2006)." Best route finding based on cost in multi-modal network with care of networks constraints". *Map Asia Conference 2006*.

16. Chen.YL. and K. Tang (1998). "Minimum time paths in a network with mixed time constraints", *Computers and Operations research*, Vol. 25, pp. 793-805.

17. So C. W. and Li K. K., (2004). "Intelligent Method For Protection Coordination", *Proceedings of IEEE International Conference Of Electric Utility Deregulation Restructuring and Power Technology*, Hong Kong,

18. Chang I-S., (2000)." A Hybrid model of A* search and genetic algorithms of ATIS under multiple objective environment", *Journal of the Korean institute of industrial engineers*, 26(4), pp. 421-430.

19. David E. Golddberg, (1989). "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", *Adison-Wesly Pub*.

در نهایت الگوریتم‌های ژنتیک این امکان را به ما می‌دهد که دارای حرکتی سریع در فضای مسئله به سوی هدف باشیم. به گونه‌ای که می‌توانیم تصور کنیم که در فضای حالات مسئله به سوی جواب مشغول پرواز هستیم.

شایان ذکر است که نتایج این تحقیق می‌تواند با تغییرات اندکی در الگوریتم طراحی شده به تعداد بیشتری از نقاط شهر تعمیم پیدا کند. از این رو هدایت پژوهشها به سمتی که در جهت یافتن مکان مناسب مذکور موثر باشد و از آن مهم تر، فراهم کردن ضمانت اجرایی و عملیاتی نتایج این تحقیقات، شرط درایت برنامه ریزان و مدیران کشوری خواهد بود.

۶- منابع

1. Cipriani, Ernesto., Gori, Stefano., Petrelli, Marco. (2012). "Transit network design: A procedure and an application to a large urban area." *Transportation Research Part C. Vol.20*, Pages 14-3.

2. Dorigo, M., Stützle, T. (2004). *Ant Colony Optimization*. Massachusetts Institute of Technology Press.

3. Shrivastava, P., O'Mahony, M. (2007). "Design of Feeder Route Network Using Combined Genetic Algorithm and Specialized Repair Heuristic." *Journal of public transportation*, Vol. 10, No. 2.

4. Shrivastava, P., Dhingra, S. L. (2001). "Development of Feeder Routes for Suburban Railway Stations Using Heuristic Approach." *Journal of transportation engineering*, Vol. 127, No. 0341-0334 , 4.

5. Shrivastava, P., Dhingra, S. L. (2006). "Operational Integration of Suburban Railway and Public Buses – Case Study Mumbai." *Journal of transportation engineering* Vol. 132, No. 522-518 , 6.

6. 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.

7. 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.

8- Cordeau, J., Desaulniers, 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.



20. Su-Young Parka, Jung Hyun Choia, Sookyun Wangb, Seok Soon Parka, (2006) "Design of a water quality monitoring network in a large river system using the genetic algorithm", Ecological Modelling 199 pp 289-297.

21. Lawler, R.L., (1972). "A procedure for computing the K best solutions to discrete optimization problems and its application to the shortest path problem", Management Science 18, pp. 401-405.

22. Negnevitsky, M. 2005 "Artificial Intelligence" A guide to intelligent systems, 2nd Ed., Addison Wesley.

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

24. 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.

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

26. Bella, J. E. and McMullen, P. R. (2004) "Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem", Advanced Engineering Informatics, 18, pp. 41-48.