

## ارائه مدلی نوین در جهت جانمایی بهینه تسهیلات پارک سوار با بکارگیری الگوریتم ژنتیک

حمید دهقان بنادکی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه  
آزاد اسلامی واحد تهران جنوب<sup>1</sup>

مالک تجدد، کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - صنایع، دانشگاه شهید باهنر کرمان<sup>2</sup>

محمد رضا معتمدی فرد، فارغ التحصیل مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

مجتبی ترابی میرزایی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - راه و ترابری، دانشگاه پیام نور

واحد تهران

<sup>1</sup>[dehghan9914@yahoo.com](mailto:dehghan9914@yahoo.com), 09133549914

<sup>2</sup>[malek.tajadod@gmail.com](mailto:malek.tajadod@gmail.com), 09367412933

چکیده:

از مهمترین اهداف ایجاد یک سیستم حمل و نقل همگانی، بهبود سیستم برای استفاده کنندگان از آن و در درجه دوم جذب مسافریین حمل و نقل شخصی می باشد. لذا یکی از مسائلی که باعث پایین آمدن سطح سرویس و در نتیجه کاهش تقاضا برای حمل و نقل عمومی می شود، دسترسی نامناسب وسایل نقلیه شخصی به این سیستم است. بنابراین با توجه به این نکته و همچنین سیاست جدید دولت در خصوص سهمیه بندی سوخت و عدم امکان کاربرد وسیله نقلیه برای کل طول سفر در شهرهای بزرگ، یکی از راهکارهای قابل تامل، بحث تسهیلات پارک سوار برای ترغیب وسایل شخصی در استفاده از حمل و نقل همگانی خواهد بود. اما همواره در طرح و برنامه ریزی امکانات پارک سوار، یکی از کلیدی ترین موضوع ها، موقعیت مناسب آنهاست. بنابراین در این تحقیق با هدف بیشترین کاهش ترافیک در شبکه، نسبت به ارائه مدلی برای استقرار تسهیلات پارک سوار اقدام گردیده است. مدل ارائه شده بر اساس نقاط جمعیتی، مکان های بالقوه برای استقرار پارک سوار و مراکز متعدد تجاری فرمول بندی شده است. در ادامه نیز از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک برای حل مسائل با ابعاد بزرگ استفاده شده و کارایی آن نیز برای انجام چنین مسائلی نشان داده شده است.

کلید واژه: پارک سوار، مکان یابی بهینه، الگوریتم ژنتیک، جذب حداکثری جریان، مدیریت ترافیک.

## 1- مقدمه:

از مشکلات اصلی که امروزه شهرهای بزرگ با آن روبرو هستند ازدحام ترافیکی بوده که ناشی از کمبود پارکینگ، عدم استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی، عدم توجه فرهنگی و استقرار مراکز تجاری در مرکز شهر می باشد. همچنین یکی از مهم ترین مشکلات برنامه ریزان حمل و نقل شهری، که ممکن است باعث پایین آمدن سطح خدمت در یک سیستم حمل و نقل عمومی و در نتیجه کاهش تقاضا شود را می توان عدم دسترسی مناسب وسایل نقلیه شخصی به این سیستم و مطلوبیت قابل توجه وسایل نقلیه شخصی در مقایسه با حمل و نقل همگانی، نام برد. از جمله مهم ترین راه کارها برای حل این مشکلات و ترغیب وسایل شخصی در استفاده از حمل و نقل همگانی استفاده از تسهیلات پارک- سوار می باشد که افراد خودرو را در آن پارک کرده و با استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی به سفر خود ادامه دهند. [1]

هدف از ایجاد این گونه تسهیلات عموماً تأمین دسترسی مناسب برای مناطق مرکزی شهرها و مراکز بزرگ تجاری و کاهش حجم ترافیک در مناطق مذکور است. بعبارت دیگر نقش پارک سوار<sup>1</sup> ایجاد گزینه ای برای افرادی است که تمایل دارند تا از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده نمایند و در عین حال برای بخشی از سفر خود به خودروی شخصی نیاز دارند. اغلب کسانی که از تسهیلات پارک سوار استفاده می نمایند قصد سفری کاری به مرکز تجاری شهر<sup>2</sup> را دارند، این افراد می توانند با استفاده از تسهیلات پارک سوار سفر راحت تری را انجام داده و از پرداخت هزینه های سنگین پارک خودرو در مرکز تجاری شهر معاف گردند. کارایی تسهیلات پارک سوار نیز در گرو مکان یابی صحیح این تسهیلات است. تسهیلات پارک سوار به عنوان مکملی برای سیستم حمل و نقل عمومی عمل کرده و در فضایی داخل یا پیرامون شهر استقرار می یابد. به گونه ای که استفاده از آن علاوه بر پراکندگی جمعیت، موجب استفاده بیشتر از وسایل حمل و نقل عمومی می گردد. [2] همچنین اهمیت و مزایای این امکانات را می توان در فعالیت هایی که کشورهای مختلف از جمله، آمریکا، ژاپن، کره، انگلستان، آلمان، هند و... در مورد اجر ای این امکانات انجام داده اند، مشاهده کرد. بنابراین در این تحقیق با هدف بیشترین کاهش ترافیک در شبکه، نسبت به ارائه مدلی برای استقرار تسهیلات پارک سوار اقدام گردیده و مدل ارائه شده بر اساس نقاط جمعیتی، مکان های بالقوه برای استقرار پارک سوار و مراکز متعدد تجاری فرمول بندی شده است. در ادامه نیز از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک برای حل مسائل با ابعاد بزرگ استفاده شده و کارایی آن با انجام مطالعاتی نشان داده شده است.

## 2- پیشینه تحقیق:

تاکنون در جهان تحقیقات مختلفی بر روی مکان یابی تسهیلات پارک سوار صورت گرفته است. در سال 1976 اشنايدر، میلر و فردمن با تعریف یک سری گراف در محیط برنامه اتوكد به مکانیابی امکانات پارک سوار برای استفاده در سیستم حمل و نقل اتوبوس داخل شهری در مورد شبکه ای بزرگ و پیچیده

1- Park and Ride

2- Central Business District

از خیابان های نیمه شمالی شهر سیاتل آمریکا پرداختند، به این صورت که با تعریف یک تابع وزن دهی شده با متغیرهایی از قبیل طول سفر، طولانی ترین سفر و تساوی حقوق، به ارزیابی امکانات مکانیابی شده پرداختند و با تکرار عملیات فوق برای طرح های مختلف مکانیابی بهترین مجموعه از سایت ها را انتخاب کردند. [3] محدودیت عمده روش مذکور کاربرد آن بر مبنای روش آزمون و خطا است، که کاربرد آن را زمان بر می کند. [4]

در سال های بعد پژوهشگرانی چون کک و لیو برای هر یک از امکانات پارک سوار، حوزه تأثیری به صورت اشکال هندسی دایره یا سهمی تعریف کردند. [5] همچنین در این راستا می توان مطالعات دیگری ([6 و 7]) را نیز نام برد که برای هر یک از امکانات پارک سوار، حوزه تأثیری به صورت سهموی در نظر گرفتند، با این فرض که این گونه حوزه های تأثیر نمایانگر محدوده ای از حوزه نفوذ هر سایت است، به عبارت دیگر تمایل یک کاربر را در استفاده از این امکانات در جهت سفر نشان می دهد. [7]

طی مطالعات بعدی مشخص شد که مهم ترین محدودیت این دسته از تحقیقات که شکل معینی را برای حوزه تأثیر امکانات پارک سوار در نظر می گیرند، در نظر گرفتن کردن درجه دسترسی برابر برای دو کاربر با فاصله تئوری مساوی از سایت مورد بررسی است. [8 و 4]

روش بعدی توسط سارجیوس و جانارتان در سال 1983 معرفی شد، همانند روش های قبلی، حوزه تأثیری برای هر یک از سایت ها در نظر می گرفت، با این تفاوت که در تعریف حوزه تأثیر از مقایسه هزینه های سفر شامل ارزش زمان، زمان سفر و هزینه های پرداختی در حالت های مختلف انتخاب وسیله سفر استفاده کردند. به این ترتیب که کاربری که هزینه سفرش از طریق امکانات پارک سوار از هزینه سفر با وسیله شخصی کمتر باشد، در حوزه تأثیر سایت مورد بررسی قرار می گرفت، در غیر این صورت کاربر مذکور از حوزه تأثیر سایت مفروض حذف می شد. [9] محدودیت اساسی که بر این روش وارد است، این است که صرفاً به بحث هزینه سفر پرداخته و جهت سفر کاربران را مد نظر قرار نمی دهد. [6]

در همین راستا روشی معرفی شد که برای هر یک از انواع امکانات پارک سوار شکل و حوزه تأثیری به صورت پیش فرض تعریف کرد، به طوری که از آمار موجود سفرها بر اساس فاصله و زمان سفر آنها تا هر سایت، حوزه تأثیر ی برای هر یک از انواع امکانات پارک سوار در نظر گرفته می شد. [10]

هورنر و گریسیک در سال 2001 یک روش منعطف و مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>1</sup> را برای ارزیابی مکان های بالقوه قرار گرفتن تسهیل پارک سوار در امتداد خطوط قطار داخل شهری ارائه دادند. [11] فقری، لانگ، حمد و هنک در سال 2002 یک ابزار ترکیبی شامل یک سیستم خبره مبتنی بر دانش و یک سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای تعیین مکان بهینه تسهیلات پارک سوار ارائه کردند. [12] همچنین مطالعه انجام شده توسط وانگ، یانگ و لیندسی در سال 2003 نیز مکان یابی بهینه و تعیین هزینه پارک خودرو در پارک سوار را در یک شهر که توزیع جمعیت خطی فرض شده بود، مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق ساکنین شهر به طور یکنواخت از مرکز تا محوطه

بیرونی شهر توزیع شده اند و تمام مسافرت ها از محل اقامت به مرکز شهر است. مدل با بیشینه کردن مقدار منفعت و کمینه کردن هزینه عمومی، مکان یابی بهینه استقرار پارک سوارها را تعیین می کرد. [13]

در تحقیقی که توسط هورنر و گروز (2007) انجام شده انتخاب مکان بهینه برای تسهیلات پارک سوار بر روی مسیر مترو بررسی گردیده است. آنها با هدف استقرار مناسب پارک سوارها با توجه به مکان های بالقوه مدلی جدید ارائه کردند. در این مدل سعی گردید که میزان  $VMT^1$  کاسته شده از شبکه حمل و نقل به بیشترین میزان ممکن افزایش یابد. در این مقاله با توسعه مدل هورنر و گروز، مدلی مناسب برای مکان یابی تسهیلات پارک سوار بر روی شبکه حمل و نقل شهری ارائه می گردد.

### 3- اهمیت مکانیابی امکانات پارک سوار:

به دلایل بسیار، موقعیت امکانات پارک سوار از اهمیت زیادی برخوردار است. به عنوان مثال بی میلی یک کاربر معمولی، صرفنظر از مقدار ترافیک را در نظر بگیرید، که می خواهد قبل از رسیدن به مقصد از اتومبیل شخصی خود پیاده و باقیمانده سفر خود را از طریق امکانات پارک سوار انجام دهد. با فرض اینکه چنین میلی از طریق ارائه حمل و نقل همگانی سریع و ارزان به وجود آید، آیا باز هم کاربری پیدا خواهد شد، که برای دستیابی به حمل و نقلی ارزان و سریع تغییر مسیر داده تا به سایت پارک سوار دسترسی یابد. [14] بنابراین اگر امکانات پارک سوار در ابتدای سفر وسایل نقلیه شخصی قرار داده شود، تمایل به کاربرد آنها از بقیه حالات بیشتر است. [15]

موضوع قابل تأمل دیگر تغییر احتمالی الگوهای سفر، به دلیل مکانیابی نامناسب امکانات پارک سوار است. [16] به عنوان مثال اگر حجم قابل ملاحظه ای از وسایل نقلیه شخصی به هدف دسترسی به امکانات پارک سوار از مسیر خود منحرف شوند، مطمئناً الگوهای سفر جدیدی را به وجود خواهند آورد که به دنبال آن مشکلات ترافیکی محلی و همچنین ترافیک ناخواسته در قسمت هایی از شبکه به ویژه در خیابان های جمع و پخش کننده جریان پیدا خواهد کرد. با توجه به مطالب ذکر شده موقعیت امکانات پارک سوار بایستی دارای مشخصه هایی از قبیل دسترسی مناسب و امکان توسعه در آینده باشد. [7] و همچنین در موقعیت هایی قرار گیرد که زمین وسیع و یا امکان ساخت پارکینگهای طبقاتی در آن باشد و حداکثر تداخل با وسایل نقلیه شخصی را داشته باشد. [8] در این امکانات می بایستی دسترسی مناسب به شبکه راه های اصلی وجود داشته باشد. [7] از آنجا که طرح مکان یابی چنین امکاناتی بستگی فراوان به مشخصه های اقتصادی، اجتماعی و جغرافیایی دارد از اهمیت بسیاری برخوردار است. [17]

#### 4- معیارهای مؤثر در مکانیابی امکانات پارک سوار: [19]

با مرور تجربیات گذشته در مورد به کارگیری امکانات پارک سوار مشاهده می شود که یکی از مهم ترین عواملی که در روند مکانیابی امکانات پارک سوار بایستی به آن پرداخته شود، ضوابط و معیارهای مناسب برای مکانیابی این امکانات است. بنابراین در ادامه ضوابط پیشنهادی برای مکانیابی امکانات پارک سوار ارائه می شود:

4-1. پوشش حداکثر تقاضای موجود و تقاضای بالقوه با مد نظر قرار دادن کاهش تمایل افراد در کاربرد امکانات به نسبت افزایش فاصله آنها از امکانات:

با چنین معیاری ضمن اینکه گزینه مناسبی برای کلیه کاربران برای انجام قسمتی از سفر خود با حمل و نقل همگانی ایجاد کرده ایم، همچنین سیستم حمل و نقل عمومی را طوری گسترش داده ایم که ساکنین مناطق مسکونی کم جمعیت به راحتی به سیستم حمل و نقل عمومی دسترسی پیدا می کنند.

4-2. مدنظر داشتن تسهیلات موجود پارک سوار و یا پارکینگ هایی که قابلیت پارک سوار شدن را دارند:

در نظر گرفتن این معیار بدلیل حفظ منابع مالی بسیار ناشی از ساخت پارک سوارهای جدید و عدم حذف سایت های موجود یا پارکینگ های بالقوه برای کاربرد به عنوان پارک سوار می باشد.

4-3. دسترسی مناسب امکانات نسبت به شریان های پرسرعت و فاصله مناسب آنها از مرکز شهر:

محققین بسیاری پیشنهاد می کنند که این امکانات بهتر است در کنار شریان های اصلی و قبل از ورودی خیابانهایی که از ترافیک زیادی برخوردارند و هدف، کاهش مشکلات ترافیک آن محدوده است، قرار گیرند. همچنین سایتهای نامزد حدود 4-6 کیلومتر از مرکز تجاری فاصله داشته باشند.

4-4. ظرفیت محدود برای هر سایت:

در اکثر روش های قبلی محدودیتی به لحاظ ظرفیت برای سایت ها در نظر گرفته نشده بود، چراکه در اغلب آنها فرض شده بود که پارک سوارها به ظرفیت خود نمی رسند. ولی مطمئناً حالت هایی برای شهرهایی مثل مشهد وجود دارد که در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت برای سایت ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

4-5. فاصله مناسب سایت ها از یکدیگر:

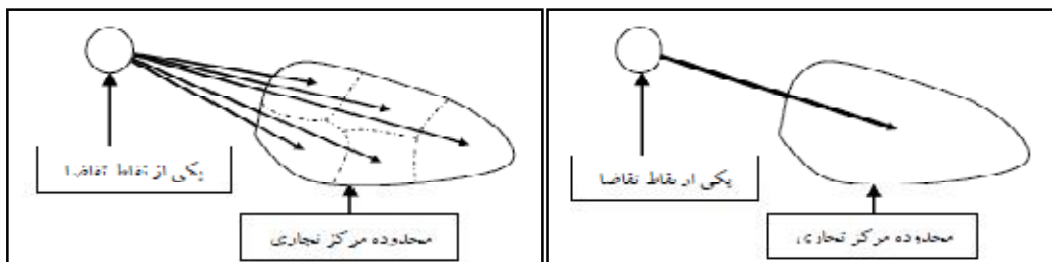
دلیل تعریف چنین معیاری برای اجتناب از تجمع سایت‌ها در یک محدوده می‌باشد. هرچند که در معیار پوشش حداکثر بحث دوری مناسب پارک‌سوارها از یکدیگر وجود دارد. ولی تعریف یک فاصله استاندارد باعث اطمینان از این مسئله خواهد بود که ترافیک بسیاری در اطراف تسهیلات پارک‌سوار از بین خواهد رفت.

## 5- تعریف مسئله:

همان‌طور که بیان شد هورنر و گروز در سال 2006 مدلی برای مکان‌یابی تسهیلات پارک‌سوار ارائه نمودند که هدف آن بیشینه کردن ترافیک کاسته شده از شبکه بود. معیار ترافیک در این مدل، مجموع مسافت طی شده توسط تمام خودروها در پربود زمانی مشخصی در نظر گرفته شده بود. در ارتباط با مدل هورنر و گروز نکات زیر حائز اهمیت است:

- در بسیاری از مواقع مسافت معیار مناسبی برای ارزیابی فاصله بین دو نقطه نمی‌باشد، زیرا این احتمال وجود دارد که یک مسیر کوتاه اما پر ازدحام در مدت زمانی بیش از یک مسیر طولانی، که دارای ازدحام کمتری نسبت به مسیر قبلی است، طی شود. لذا مناسب‌تر است که از عامل زمان برای ارزیابی فاصله بین دو نقطه استفاده گردد.

در تحقیق انجام شده تنها یک مرکز تجاری شامل کل محدوده مرکزی تجاری برای شهر در نظر گرفته شده است. همچنین میزان تقاضای سفر از هر یک از نقاط تقاضا به مرکز تجاری برابر با میزان سفر از هریک از نقاط تقاضا به کل نقاط موجود در محدوده مرکزی تجاری فرض شده است. (شکل 1) به لحاظ اعمال شرایط واقعی در مدل می‌توان با تقسیم محدوده مرکزی تجاری شهر به نواحی کوچکتر و منظور نمودن هر یک از آنها به عنوان یک مرکز تجاری و در نظر گرفتن میزان تقاضای سفر از هر یک از نقاط تقاضا به هریک از این مراکز تجاری نتایج دقیق‌تری به دست آورد.



شکل (1-الف): در نظر گرفتن یک محدوده تجاری (شکل 1-ب): تقسیم محدوده تجاری شهر به نواحی کوچکتر

- از شاخصه‌های مهم در بررسی سیستم‌های حمل و نقل عمومی و ارائه خدمات به مسافران، میزان رضایت مسافر از زمان و کیفیت سفر می‌باشد که در تحقیق آقایین هورنر و گروز مد نظر قرار نگرفته بود. افراد در صورتی از پارک‌سوار استفاده می‌نمایند که نسبت زمان سفر از پارک‌سوار با استفاده از وسیله شخصی و بدون استفاده از پارک‌سوار، از مقدار معینی بیشتر نباشد.

• تجربه نشان داده است در صورتی که فاصله میان تسهیلات پارک سوار و نقطه شروع حرکت از حد معینی کمتر باشد، مسافر تمایلی به استفاده از این تسهیلات نخواهد داشت. در این تحقیق با در نظر گرفتن عامل زمان و رضایت مسافر و تعدد مراکز تجاری مدلی ارائه می‌گردد که مکان‌های مناسب برای استقرار پارک سوار بر روی شبکه حمل و نقل شهری به نحوی تعیین می‌شوند که ترافیک شبکه به بیشترین میزان ممکن کاهش یابد. در ارائه مدل فرض‌های زیر در نظر گرفته شده‌اند:

1. احداث تمامی پارک سوارها دارای هزینه یکسان می‌باشد.
2. پارک سوارها دارای محدودیت ظرفیت نمی‌باشند.
3. ارتباط متقابلی بین پارک سوارهای استقرار یافته وجود ندارد.
4. در صورت برقراری دو شرط زیر برای هر یک از نقاط بالقوه، قابلیت تخصیص تقاضای میان نقطه تقاضا و مرکز تجاری به آن نقطه بالقوه وجود دارد: الف- نسبت زمان سفر با استفاده از پارک سوار به زمان سفر با خودروی شخصی بیش از مقدار معینی نباشد. ب- فاصله بین نقطه تقاضا و نقطه بالقوه بیش از مقدار تعیین شده باشد.
5. هزینه سفر با خودروی شخصی بیش از هزینه سفر با استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی می‌باشد. از این رو از میان نقاط بالقوه‌ای که پارک سوار در آنها استقرار یافته و امکان تخصیص سفر به آنها وجود دارد، مکان بالقوه‌ای که دارای کمترین زمان سفر با استفاده از خودروی شخصی باشد انتخاب می‌شود.
6. در صورتی که مسافر از تسهیلات پارک سوار استفاده نماید زمان سفر به مراکز تجاری از جمع زمان سفر از نقطه مبدا به پارک سوار و زمان سفر از پارک سوار به مرکز تجاری حاصل می‌شود. در این عبارت، زمان سفر از تسهیل پارک سوار به مرکز تجاری، از طریق تقسیم فاصله تسهیلات پارک سوار تا مرکز تجاری بر متوسط سرعت وسیله حمل و نقل عمومی محاسبه می‌شود.
7. فاصله بین دو نقطه برابر با کوتاهترین مسیر بین آنها بر روی شبکه فرض می‌شود.
8. فواصل ارائه شده بیانگر فاصله بین مرکز دو ناحیه مورد نظر می‌باشد.

در توسعه مدل پیشنهادی نمادهای زیر برای پارامترها و متغیرها در نظر گرفته شده است:

$n$ : تعداد مراکز تجاری شهر

$m$ : تعداد نقاط بالقوه برای استقرار تسهیلات پارک سوار

$d$ : تعداد نقاط تقاضا

$PR$ : حداکثر تعداد پارک سوارها

$D^{k,s}$ : متوسط تقاضای سفر از نقطه تقاضای  $k$  ام به مرکز تجاری  $s$  ام

$distance^{k,p}$ : فاصله بین نقطه تقاضای  $k$  ام و نقطه بالقوه  $p$  ام

$distance^{p,s}$ : فاصله بین نقطه بالقوه  $p$  ام و مرکز تجاری  $s$  ام



$V$ : متوسط سرعت وسیله نقلیه عمومی

$T^{k,s}$ : متوسط زمان سفر از نقطه تقاضای  $k$  ام به مرکز تجاری  $s$  ام (در صورتی که کل این مسیر با استفاده از خودروی شخصی طی شود، به عبارت دیگر از تسهیل پارک سوار استفاده نشود).

$t^{k,p}$ : متوسط زمان سفر از نقطه تقاضای  $k$  ام به نقطه بالقوه  $p$  ام (این مسیر با استفاده از خودروی شخصی طی می‌شود).

$t^{p,s}$ : متوسط زمان سفر از نقطه بالقوه  $p$  ام به مرکز تجاری  $s$  ام (این مسیر توسط سیستم حمل و نقل عمومی طی می‌شود).

بنابراین با توجه به تمام نکات و همچنین فرض 6 که در صفحه قبل به آن اشاره شد، زمان سفر از تسهیلات پارک سوار به مرکز تجاری از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$t^{p,s} = \left( \frac{\text{distance}^{p,s}}{V} \right) \quad \text{رابطه (1)}$$

$t^{k-s,p}$ : متوسط زمان سفر از نقطه تقاضای  $k$  ام به مرکز تجاری  $s$  ام، با استفاده از پارک سوار مستقر در نقطه بالقوه  $p$  ام که طبق فرض 6، زمان سفر به مرکز تجاری در صورت استفاده از پارک سوار برابر است با:

$$t^{k-s,p} = t^{k,p} + t^{p,s} \quad \text{رابطه (2)}$$

با استفاده از روابط (1) و (2) خواهیم داشت:

$$t^{k-s,p} = t^{k,p} + \left( \frac{\text{distance}^{p,s}}{V} \right) \quad \text{رابطه (3)}$$

$\theta^{k,s}$ : ضریب رضایت برای سفر از نقطه تقاضای  $k$  ام به مرکز تجاری  $s$  ام.

بر مبنای فرض 4، نقاط بالقوه ای که در محدودیت زیر صدق کنند، سفر رضایت بخشی را بین نقطه تقاضای  $k$  ام و مرکز تجاری  $s$  ام فراهم می‌آورند:

$$\frac{t^{k-s,p}}{t^{k,s}} \leq \theta^{k,s} \quad \text{رابطه (4)}$$

$DC$ : حداقل فاصله مجاز بین نقاط تقاضا و نقاط بالقوه.

طبق فرض 4، شرط لازم برای تخصیص تقاضای سفر نقطه  $k$  ام و هر یک از مراکز تجاری به نقطه

بالقوه  $p$  فراهم می‌شود. اگر:

$$\text{distance}^{k,p} \geq DC \quad \text{رابطه (5)}$$

$At^{k-s,p}$ : اگر نقطه بالقوه  $p$  ام فرض 4 را برآورده سازد، آنگاه مقدار این متغیر برابر اب 1 و در غیر این صورت مقدار آن صفر است. به طور کلی هر یک از نقاط بالقوه  $p$  که قابلیت این را داشته باشد که تقاضای سفر بین نقطه تقاضای  $k$  ام و مرکز تجاری  $s$  ام به آن تخصیص داده شود، مقدار  $At^{k-s,p}$  آن 1 و در غیر این صورت مقدار آن صفر است. بنابراین طبق روابط (4) و (5) داریم:

$$At^{k-s,p} = \begin{cases} 1: & \frac{t^{k-s,p}}{T^{k,s}} \leq \theta^{k,s} , \text{distance}^{k,p} \geq DC ; \forall k, s, p \\ 0: & \end{cases} \quad \text{رابطه (6)}$$

همچنین متغیرهای زیر، در غیر این صورت



$y_p$ : اگر پارک سوار در نقطه بالقوه  $p$  ام استقرار داده شود، مقدار آن برابر 1 و در غیر این صورت مقدار آن برابر 0 است:  $y_p \in \{0,1\}$

$A^{k-s,p}$ : بر اساس فرض 5 می‌دانیم که تقاضای سفر از نقطه تقاضای  $k$  ام به مرکز تجاری  $s$  ام به پارک سواری اختصاص می‌یابد که در میان تمامی پارک سوارهایی که امکان تخصیص سفر میان این دو نقطه، نقطه تقاضای  $k$  ام و مرکز تجاری  $s$  ام، به آنها وجود دارد، دارای کمترین طمان سفر با استفاده از خودروی شخصی باشد. متغیر  $A^{k-s,p}$  بیانگر نقطه بالقوه ای است که تقاضای سفر از نقطه تقاضای  $k$  ام به مرکز تجاری  $s$  ام، به آن اختصاص می‌یابد. از این رو در صورتی که میزان تقاضای سفر از نقطه تقاضای  $k$  ام به مرکز تجاری  $s$  ام، به نقطه بالقوه  $p$  ام تخصیص داده شود مقدار آن برابر 1 و در غیر این صورت برابر 0 است.

5-1. ارائه مدل:

بر اساس تعاریف فوق مدل مکان یابی تسهیلات پارک سوار به صورت زیر می‌باشد:

$$MAX \quad PI = \frac{\sum_p \sum_k \sum_s A^{k-s,p} * (T^{k,s} - t^{k,p}) * D^{k,s}}{\sum_k \sum_s T^{k,s} * D^{k,s}} \quad \text{رابطه (7)}$$

S.T:

$$\sum_p y_p = PR \quad ; \quad y_p \in \{0,1\} \quad \text{رابطه (8)}$$

$$x^{k-s,p} = y_p * A^{k-s,p} \quad \text{رابطه (9)}$$

$$Z_p = M(1 - y_p) + y_p \quad \text{رابطه (10)}$$

$$T_{min}^k \leq Z_p * t^{k,p} \quad , \quad \forall p = 1, 2, \dots, m \quad \text{رابطه (11)}$$

$$T_{min}^k - t^{k,p} < \delta^{k,p} \quad \text{رابطه (12)}$$

$$t^{k,p} - T_{min}^k \leq -M(\delta^{k,p} - 1) \quad \text{رابطه (13)}$$

$$A^{k-s,p} \leq (\delta^{k,p} + x^{k-s,p})/2 \quad \text{رابطه (14)}$$

$$A^{k-s,p} > \delta^{k,p} + x^{k-s,p} - 2 \quad \text{رابطه (15)}$$

$$\sum_p A^{k-s,p} \leq 1 \quad \text{رابطه (16)}$$

$$A^{k-s,p}, \delta^{k,p}, x^{k-s,p} \in \{0,1\} \quad \text{رابطه (17)}$$

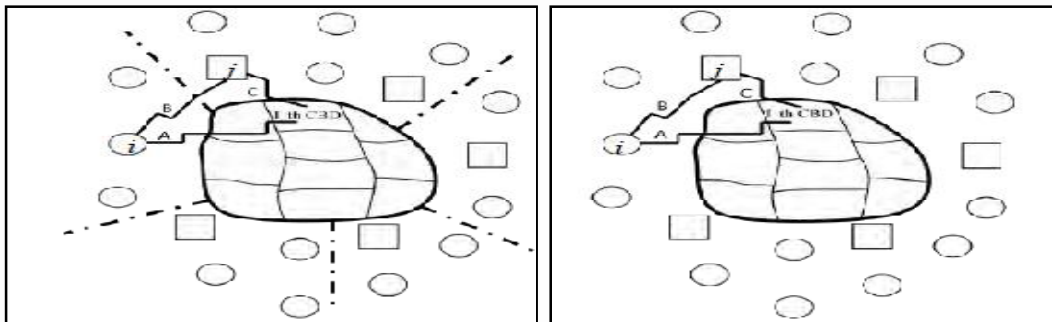
$$Z_p, T_{min}^k \geq 0 \quad \text{رابطه (18)}$$

رابطه (7) تابع هدف و بیانگر نسبت میزان ترافیک کاسته شده از شبکه حمل و نقل می‌باشد. صورت کسر بیانگر زمان کاسته شده از شبکه و مخرج کسر برابر با کل زمان سفر شبکه می‌باشد. در حقیقت این تابع بیان میکند که چند درصد از کل زمان سفر در شبکه، توسط پارک سوارهای جدید جذب می‌شوند. محدودیت (8) مربوط به تعداد پارک سوارها می‌باشد و روابط (9) تا (15) بیان می‌کنند که تقاضای میان هر یک از نقاط تقاضا و مرکز تجاری، در صورت تخصیص یافتن، به کدام نقطه بالقوه تخصیص می‌یابد. تقاضای میان دو نقطه نباید بیش از یک پارک سوار تخصیص داده شود. (محدودیت 16)

طبق مفروضات بیان شده و از آنجایی که تعداد تسهیلاتی که باید استقرار داده شوند مشخص بوده، نقاط بالقوه دارای هزینه یکسان می‌باشد و تجهیزات دارای محدودیت ظرفیت نمی‌باشند، می‌توان مدل پیشنهادی را در دسته مدل های P-Median قرار دارد. از طرف دیگر جذب جریان حمل و نقل توسط

مدل پیشنهادی، وجه اشتراک آن با مدل مکان یابی جذب کننده جریان می باشد. همچنین از آنجایی که در مدل ارائه شده علاوه بر تعیین مکان های بهینه برای استقرار، هریک از نقاط تقاضا به تسهیلات پارک سوار نیز تخصیص داده می شوند، می توان این مدل را در دسته مدل های مکان یابی - تخصیص قرار داد. از آنجایی که مدل ارائه شده مربوط به مکان یابی تسهیلات پارک سوار بر روی شبکه شهری می باشد. بنابراین می توان با ارائه دیاگرام مدل، اطلاعات مربوط به موقعیت جغرافیایی نقاط جمعیتی، مراکز تجاری و مکان های بالقوه برای استقرار پارک سوار را به روشنی نشان داد.

شکل (2- الف) را در نظر بگیرید. در این شکل دایره هایبیانگر نقاط تقاضا، مربع ها بیانگر نقاط بالقوه برای ایجاد تسهیلات پارک سوار و مراکز تجاری، در محدوده مرکزی آن قرار دارند. نقطه تقاضای  $i$ ، مکان بالقوه  $j$  و مرکز تجاری  $l$  توسط سه مسیر  $A$ ،  $B$  و  $C$  به یکدیگر مرتبط می شوند. مسیر  $A$  بیانگر مسیر سفر بین نقطه تقاضای  $i$  و مرکز تجاری  $l$  می باشد. زمانی که شخص از پارک سوار استفاده نکند با استفاده از خودروی شخصی این مسیر را طی می نماید.



شکل (2-ب): تقسیم بندی شبکه حمل و نقل شهری

شکل (2-الف): شبکه حمل و نقل شهری

به منظور شناخت و تجزیه و تحلیل بهتر، مدل در راستای 2 سناریوی زیر بررسی می گردد:

**سناریو 1:** در این سناریو فرض می شود که تسهیلات می توانند در هریک از نقاط بالقوه استقرار یابند. طبق این فرض تغییری در مدل به وجود نمی آید.

**سناریو 2:** در این حالت شبکه شهری به نواحی مختلف تقسیم و فرض می شود در هر یک از این نواحی می توان حداکثر به تعداد مشخصی پارک سوار مستقر نمود. این محدودیت به صورت روبرو به مدل اضافه می گردد.

$$\sum_{p \in I} y_p \leq q_l$$

در محدودیت فوق  $l$  بیانگر تعداد نواحی و  $q_l$  بیانگر حد بالای تعداد پارک سوارهایی است که می تواند در ناحیه  $l$  ام استقرار یابد. عبارت  $p \in I$  نیز به معنی نقاطی است که در ناحیه  $l$  ام قرار دارند.

همچنین مقدار  $PR$  باید در رابطه زیر صدق نماید:

$$PR \leq \sum_l q_l$$

رابطه (19)

برای سناریو دوم، شکل (2- ب) را در نظر بگیرید. در این شکل، شبکه شهری به 5 قسمت تقسیم

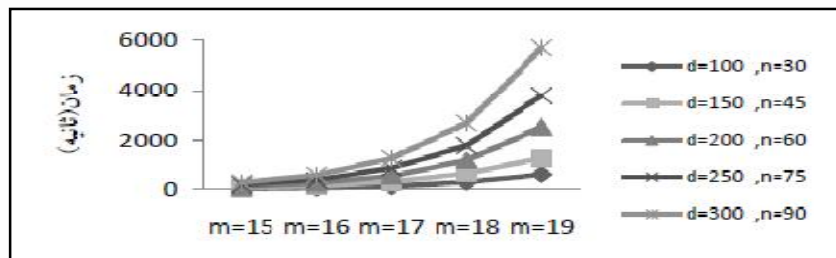
و در هریک از این قسمت ها حداکثر می توان یک پارک سوار مستقر نمود. بنابراین می توان نوشت:

$$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = 1$$

راهکار بهینه برای شناسایی بهترین مکان (یا مکان‌ها) برای استقرار پارک سوار، بررسی تمام حالات و بهترین حالت می‌باشد. روش شمارش کامل اگرچه جواب بهینه مربوط به استقرار پارک سوار را ارائه می‌دهد، اما به دلیل محدودیت زمانی فقط می‌تواند برای حل مسائل با ابعاد کوچک و متوسط مورد استفاده قرار گیرد. شکل (3) زمان حل مسائل ارائه شده در جدول (1) را با استفاده از روش شمارش کامل نشان می‌دهد. زمان حل این مسائل نمایی با درجه پیچیدگی ( $2n$ ) می‌باشند.

جدول (1): مسائل تعریف شده به همراه پارامترهای آن‌ها

25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
					19					18					17					16					15					m
	300	250	200	150	100	300	250	200	150	100	300	250	200	150	100	300	250	200	150	100	300	250	200	150	100	d				
	90	75	60	45	30	90	75	60	45	30	90	75	60	45	30	90	75	60	45	30	90	75	60	45	30	n				



شکل (3): زمان حل مسائل با استفاده از روش بهینه

## 6- راهکار فرا ابتکاری (الگوریتم ژنتیک):

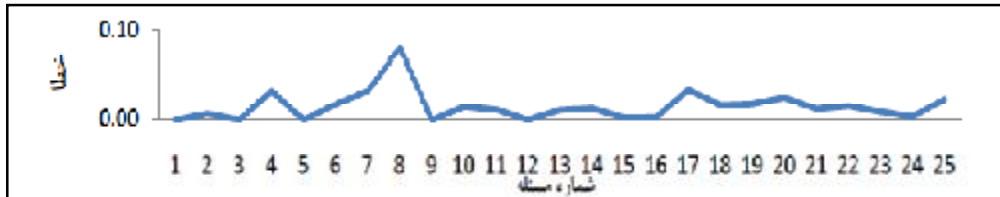
هر چند از راهکار بهینه می‌توان برای حل مسائل با ابعاد کوچک و متوسط استفاده نمود، ولی برای حل مسائل بزرگ نیاز به استفاده از رویکردهای ابتکاری یا فرا ابتکاری می‌باشد. الگوریتم ژنتیک (هالند 1975) دارای کاربردهای متفاوتی همچون حل مسائل بهینه سازی عددی و ترکیبی، آموزش ماشین و پیش بینی می‌باشد. [ ] به دلیل ویژگی‌های مدل ارائه شده از الگوریتم ژنتیک برای حل مسائل بزرگ استفاده شده است.

6-1. پارامترهای الگوریتم ژنتیک: پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک به کار رفته در این تحقیق مطابق جدول شماره (2) می‌باشند:

جدول (2): پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک

پارامترها	نماد	مقدار
جمعیت اولیه	N	تعداد مکان‌های بالقوه (m)
جهش		0/5
ادغام	$\beta$	0/5
معیار توقف	iteration	
		$i$ : تعداد پارک سوارهایی که باید استقرار یابند.

به منظور بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک ارائه شده، 25 دسته مسئله با پارامترهای مشخص شده در جدول 1، توسط روش ارائه شده حل و نتایج آنها بررسی شده است. (شکل 4)

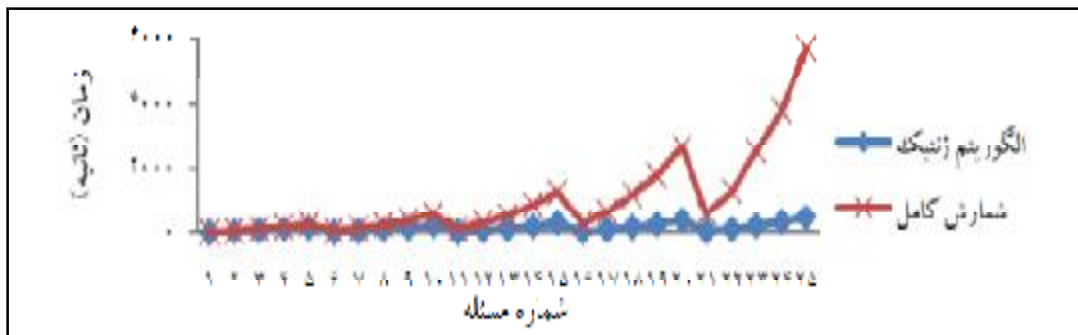


شکل (4): درصد خطای مسائل حل شده توسط الگوریتم ژنتیک

با توجه به شکل 4، میزان خطا در این مسائل، 0/08% میباشد که از طریق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\text{ژنتیک} = \frac{\text{جواب بهینه}}{\text{خطا}}$$

زمان حل: طبق شکل (5)، مسائل بزرگ با استفاده از الگوریتم ژنتیک در زمانی بسیار کوتاه به جواب مناسب دست یافته اند.



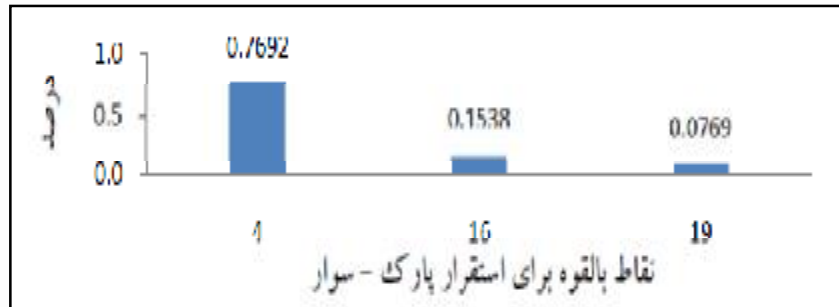
شکل (5): زمان حل مسائل

## 7 - مطالعه موردی:

از آنجایی که استقرار صحیح پارک سوار تاثیر به سزایی بر کارایی این تسهیلات دارد، این تحقیق به عنوان مطالعه موردی سعی بر مکان یابی موثر تسهیلات پارک سوار در سطح شهر اصفهان داشته است. در ارائه مدل و به منظور مکان یابی تسهیلات پارک سوار در سطح شهر اصفهان، اطلاعات متعددی از جمله شناسایی مراکز تجاری اصفهان، تعیین نقاط بالقوه برای استقرار پارک سوار، تعیین نقاط تقاضا، تهیه ماتریس تقاضای سفر، تعیین ماتریس زمان سفر از نقاط تقاضا به مراکز تجاری، تهیه ماتریس زمان سفر از نقاط تقاضا به نقاط بالقوه برای استقرار پارک سوار، تعیین ماتریس فاصله میان نقاط تقاضا و نقاط بالقوه برای استقرار پارک سوار، تهیه ماتریس فاصله بین نقاط بالقوه برای استقرار پارک سوار و مراکز تجاری و .... با توجه به مطالعات انجام شده در شهر اصفهان، به دست آمده است.

### 7-1. اجرای مدل و ارائه نتایج حاصله:

مدل به طریق شمارش کامل در محیط *Microsoft Visual C# 2008* برنامه نویسی شده و اجرا گردیده است. مدل به ازای مقادیر مختلف سرعت وسیله حمل و نقل عمومی حل و نتایج زیر حاصل شده است. بخشی از نتایج حاصل از اجرای مدل در شکل (6) آمده است. این شکل بیانگر این است که اگر قرار باشد یک پارک سوار استقرار داده شود، نقطه بالقوه شماره 4 در 76/92% موارد به عنوان بهترین گزینه بوده و مکانهای 16 و 19 بترتیب با 15/38% و 7/69% موارد در اولویت بعدی قرار دارند.



شکل (6): نمایش نتایج حاصل از اجرای مدل

همچنین در جدول (3) نتایج حاصل از استقرار چند پارک سوار آمده است. این جدول به دلیل کمبود فضا برای احداث تعداد زیادی تسهیلات پارک سوار، فقط چهار نقطه مکان های بهینه با احتمال بیشتر برای استقرار 3، 2 و 4 پارک سوار را نشان می دهد.

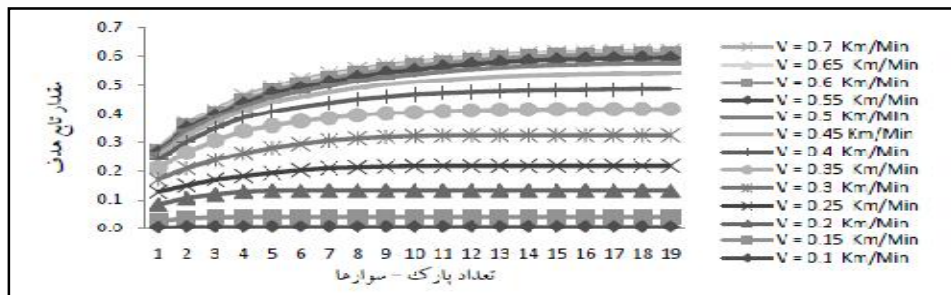
جدول (3): مکان های بهینه استقرار پارک سوارها

4 پارک سوار		3 پارک سوار		2 پارک سوار	
مکان ها	احتمال (%)	مکان ها	احتمال (%)	مکان ها	احتمال (%)
19-8-4-3	38/46	19-8-4	46/15	19-4	69/23
16-9-5-4	15/38	19-11-4	15/38	16-4	15/38
16-9-8-4	15/38	9-5-4	7/69	5-4	7/69
19-11-8-4	15/38	16-5-4	7/69	9-4	7/69

همان طور که در جدول فوق مشاهده می شود، مکان های بهینه برای استقرار دو پارک سوار (نقاط 4 و 19) از اضافه شدن مکان 19 به مکان بهینه در حالت استقرار یک پارک سوار (نقطه 4) به دست می آید. این ویژگی این امکان را فراهم می سازد تا بتوان بدون هزینه جابجایی، گسترش لازم در تسهیلات پارک سوار برای سیستم حمل و نقل را ممکن ساخت. برای مثال اگر قرار باشد که در ابتدا تنها یک پارک سوار در سیستم استقرار یابد و در آینده تصمیم به استقرار دو پارک سوار گرفته شود، آنگاه با اضافه نمودن پارک سوار به مکان بالقوه مورد نظر، بهینگی حفظ می شود.

## 2-7. تغییرات تابع هدف و تعیین حد بهینگی:

با تغییر سرعت متوسط علاوه بر تغییر در مکان های انتخاب شده، مقدار تابع هدف نیز تغییر می کند. تغییر در تابع هدف رابطه مستقیم با تغییر سرعت متوسط دارد. شکل (7) بیانگر تغییرات تابع هدف به ازای مقادیر مختلف سرعت متوسط می باشد. همچنین یکی دیگر از تحلیل هایی که می توان ارائه داد تعیین حد بهینه تعداد پارک سوارها به ازای سرعت معینی می باشد. همان طور که مشاهده می شود، در این نمودار بعد از مقدار  $PR=12$  تغییرات تابع هدف کم و ناچیز می باشد.



شکل (7): نمایش نتایج حاصل از اجرای مدل

از نمودار موجود در شکل (7) می توان به نتایج زیر رسید:

$\bar{U}$  مقدار تابع هدف به ازای مقادیر پایین سرعت متوسط، یعنی  $V = 0.1, 0.15 \text{ km/min}$  بسیار اندک است و در صورتی که سرعت متوسط وسایل نقلیه عمومی برابر با این مقادیر باشد باید اقدام به افزایش سرعت متوسط این وسایل نمود. از جمله راهکارهای افزایش سرعت ایجاد خطوط BRT و ... می باشد.  $\bar{U}$  رشد تابع هدف، به ازای تغییر سرعت متوسط از  $V = 0.2$  تا  $V = 0.45$  بسیار زیاد است و با اعمال تغییراتی اندک در سرعت متوسط می توان افزایش قابل توجهی را در مقدار تابع هدف شاهد بود. همچنین نوسان تابع در  $V = 0.5$  به بعد اندک است و تقریباً تابع به مقدار ثابتی میل میکند.

## 8- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات:

مدل ارائه شده در این تحقیق، مکان های بهینه برای استقرار پارک سوارها را به نحوی انتخاب می کند که میزان ترافیک کاسته شده از شبکه بیشینه گردد. در تمامی تحقیقات صورت گرفته برای مکانیابی پارک سوار، تنها یک مرکز تجاری برای شهر در نظر گرفته شده است که شامل کل محدوده مرکز تجاری می باشد و فرض شده که تمامی سفرها به سمت این ناحیه (مرکز تجاری) می باشد. همچنین میزان تقاضای سفر از هر یک از نقاط تقاضا به مرکز تجاری برابر با میزان سفر از هر یک از نقاط تقاضا به کل نقاط موجود در محدوده مرکز تجاری در نظر گرفته شده است. مدل ارائه شده در این تحقیق، با تقسیم محدوده مرکز تجاری به نواحی کوچکتر و لحاظ هر یک از آنها به عنوان یک مرکز تجاری، و در نظر گرفتن میزان تقاضای سفر از هر یک از نقاط تقاضا به هر یک از مراکز تجاری



نتایج دقیق تری را به دست می آورد. پس از ارائه مدل و حل آن با استفاده از روش شمارش کامل، برای حل مسائل با ابعاد بزرگ یک الگوریتم فرا ابتکاری ارائه و تعدادی مسئله نمونه حل گردید. نتایج حل بیانگر کارایی این الگوریتم بودند. بر اساس کاربرد الگوریتم ژنتیک در این تحقیق و تعداد محدودی از مطالعات گذشته می توان نتیجه گرفت که قدرت الگوریتم ژنتیک در مباحث بهینه یابی، در مقایسه با روش های دیگر بسیار زیاد بوده و نتایج بسیار دقیق تری می دهد، به طوری که با اطمینان کامل می توان بهینه سراسری را در فضای جستجو پیدا کرد، در صورتی که در اغلب روش های پیشین از جمله روش های جستجوی همسایه، شبیه سازی ائل ینگ، نیبرهود سرچ و ... در اکثر حالات به سمت بهینه های محلی همگرا می شود. در نهایت نیز میتوان موضوعاتی با محوریت، محدودیت ظرفیت برای هر یک از پارک سوارها، محاسبه هزینه استقرار هر پارک سوار و در نظر گرفتن این هزینه ها در استقرار پارک سوار را بعنوان موضوعی برای تحقیقات آینده پیشنهاد کرد.



1. Erik T. Verhoef , "Time, speeds, flows and densities in static models of road traffic congestion and congestion pricing", *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 29, pp. 341–369, 1999.
2. [http://www.calgarytransit.com/html/park\\_n\\_ride\\_policy.html](http://www.calgarytransit.com/html/park_n_ride_policy.html)
3. Schneider, J., Miller, D. and Friedman T. (1976) , "Locating and sizing park-ride lots with interactive computer graphics". *Journal of Transportation*; 5:pp.389–406.
4. Horner, Ark W. and Groves, Sarah (2007), "Network flow-based strategies for identifying rail park-and- ride facility locations" *Socio-Economic Planning Sciences*. Article in press, Available at [www.elsevier.com/locate/seps](http://www.elsevier.com/locate/seps).
5. Keck, C.A. and Liou, P.S. (1976) "Forecasting demand for peripheral park-and-ride service", *Transportation Research Record*, 563, pp.63-74.
6. Christiansen, D., Bullard, D., and Peterson, R. (1981) "Houston park-and-ride facilities: an analysis of survey data", *Texas Transportation Institute*.
7. Turnbull, K. F. (1995) "Effective use of park-and-ride facilities. *Transportation Research Board*". *National Cooperative Research Program Synthesis* 213.
8. Farhan, Bilal, and Murray, Alan, T., (2007) "Siting park – and - ride facilities using a multi - objective spatial optimization model", *Computers & Operations Research*. Article in press, Available at [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)
9. Sargious, M.A. and Janarthanan, N. (1983) "Forecasting demand for the park-and-ride mode and determining the optimal location of stations", *Canadian Journal of Civil Engineering*; 10: pp.695–702.
10. Allen, D. (1979) "Estimating the service area for park-and-ride operations", *North Central Texas Council of Governments*.
11. Horner, M. and T. Grubestic. A Gis-Based Planning Approach to Locating Urban Rail 3 Terminals. *Transportation*, Vol. 28, No. 1, 2001, pp. 55-77.
12. Faghri, A., Lang, A., Hamad, K. and Henck, H., "Integrated Knowledge-Based Geographic Information System for Determining Optimal Location of Park-and-Ride Facilities", *Urban Planning and Development*, Vol. 128, No. 1, pp. 18-41, 2002.
13. Judith Y.T. Wang, Hai Yang, Robin Lindsey. Locating and pricing park-and-ride facilities in a linear monocentric city with deterministic mode choice. *Transportation Research Part B* 38 (2004) 709–731.
14. Taaffe, E.J., Gauthier, H.L. and O'Kelly, M.E. (1996) "Geography of transportation". N.J: Prentice Hall, Inc.
15. Burns, E.N. (1979) "Priority rating of potential park- and- ride sites". *ITE Journal*; 4; pp.9:29–31.
16. Parkhurst G. (1995) "Park-and-ride: could it lead to an increase in car traffic?" pp.15–23
17. Spillar, R. (1997) "Park-and-ride planning and design guidelines", New York: Parsons Brinkerhoff Quade and Douglas.
18. Dickins, I. S. J. (1991) "Park and ride facilities on light rail transit systems", pp.23-36.
19. سعیدیان، م، رحمانی، م، (1387)، "مکانیابی امکانات پارک سوار"، هشتمین کنفرانس حمل و نقل تهران، هتل المپیک.
20. خاکباز، ا، شاهنده، ع، (1388)، "مکان یابی تسهیلات پارک سوار بر روی شبکه حمل و نقل شهری"، هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان.





## Provide a new model for Optimal locating of park and ride facilities using Genetic Algorithm

*Hamid Dehghan Banadaki* , Master's degree student, Dep. Of Transportation Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Iran<sup>1</sup>

*Malek Tajadod*, Graduated of Master Of Science, Dep. Of Industrial Engineering, Kerman, Iran<sup>2</sup>

*M.Reza Motamedifard*, Graduated of Civil Engineering, Islamic Azad University, Yazd, Iran

*Mojtaba Torabi* ,Master's degree student, Dep. Of Roads and Transportation, Payam Noor University, Tehran

[dehghan9914@yahoo.com](mailto:dehghan9914@yahoo.com), 0098-913-354-9914<sup>1</sup>

0098-936-741-2933<sup>2</sup>

### **Abstract:**

*The main objectives of establishing a public transportation system, improve the system for its users and the second is to attract private passenger transport. One of the problems that cause low levels of service and thus reduce the demand for public transport is poor access to private transport system. Thus, according to this point and new government policy about the rationing of fuel and the inability to use the vehicle for traveling in large cities, one of the strategies for consideration, discuss park and ride facilities to encourage the use of private means of transportation will be universal. However, always in the park and ride facilities planning the key issue, the situation is appropriate. Therefore, this study aims to reduce traffic in the network, to provide a model for the establishment of park facilities. Model based on the population, potential sites for establishment of commercial centers and park and ride is formulated. The initiative came from the genetic algorithm for solving large-scale use and its performance for such problems is shown.*

**Keywords:** Park and ride, Finding the optimal location, Genetic algorithm, The maximal absorption, Traffic management.