ارایه مدل مکانیابی امکانات پارک سوار و حل آن با الگوریتم ژنتیک در محیط GIS

مهدی رحمانی*، عضو هیأت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائنات، قائنات، ایران

ماشاالله سعیدیان طبسی، استادیار، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

E-mail: mi_rahmani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۵ – تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۹

چکیده

یکي از مسائلي که باعث پایین آمدن سطح سرویس در یک سیستم حمل‌ونقل عمومي و در نتیجه کاهش تقاضا مي‌شود، دسترسي مناسب وسایل نقلیه شخصي به این سیستم است. در این مورد مي‌توان بحث تسهیلات پارک سوار را به عنوان راهکاري مناسب براي ترغیب وسایل شخصي در استفاده از حمل‌ونقل همگاني مطرح کرد. در طرح و برنامه‌ریزي امکانات پارک سوار یکي از کلیدي ترین موضوعهاي موقعیت مناسب آنهاست. بنابراین، این تحقیق سعي در ارایه روشي کارا براي مکانیابي p سایت پارک سوار در دو مرحله نامزد و بهینه دارد، به طوري که در مرحله اول با استفاده از تعدادي از معیارها به جانمایي موقعیت‌هاي نامزد در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایي پرداخته و در ادامه به بهینه‌یابي موقعیت‌ها با حل مدلي (با استفاده از الگوریتم ژنتیک) چند معیاره شامل مباحث پوشش حداکثر، دسترسي به راههاي سریع شهري، اولویت ارایه سیستم‌هاي حمل‌ونقل همگاني عملکرد بالا و منافع ناشي از حفظ پارکینگهاي با قابلیت پارک سوار شدن مي‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: پارک سوار، مکانیابی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌یابی

۱. مقدمه

افزایش روز افزون وسایل نقلیه شخصی با توجه به رشد روزافـزون منابع و امکانات و سهولت تهیه خودروی شخصی باعث شده است، که بحث‌هایی در زمینه عدم تحمل سیستم حمـل‌ونقـل موجـود بـه وجود آید. ایجاد یک سامانه حمل‌ونقل عمومی‌مناسب و سریع یـک راهکار مناسب برای کم کردن مطلوبیت وسایل شخـصی اسـت کـه به تبع آن مزایای بسیار برای جامعه ایجاد خواهد شد [۱].

یکی از مهم‌ترین مشکلات برنامه ریزان حمل‌ونقل شهری،که ممکن است باعث پایین آمدن سطح خدمت در یـک سیـستم حمـل‌ونقـل عمومی و در نتیجه کاهش تقاضا شود را مـی‌تـوان عـدم دسترسـی مناسب وسایل نقلیه شخصی به این سیستم ومطلوبیت قابـل توجـه وسایل نقلیه شخصی در مقایسه با حمل‌ونقل همگانی، نام برد. یکی از راهکارهای قابل تأمل، بحث امکانات پارک سـوار بـرای ترغیـب وسایل شخصی در استفاده از حمل‌ونقل همگانی است[۲]. هدف از ایجاد این گونه تـسهیلات عمومـاً تـأمین دسترسـی منـاسب بـرای مناطق مرکزی شهرها و مراکز بزرگ تجـاری و کاهش حجم ترافیک در مناطق مذکور است[۳]. اهمیت و مزایای این امکانات را می‌توان در فعالیت‌هایی که کشورهای مختلف از جمله، آمریکا، ژاپن، کـره، انگلـستان، آلمـان، هنـد و ... در مـورد اجـرای ایـن امکانـات انجام داده‌اند، مشاهده کرد [٤].

۱-۱ هدف

در سال ۱۹۳۰ بحث امکانات پارک سوار به عنوان یک راهکار مؤثر برای مدیریت تقاضا در مجامع و سازمانهای حمل‌ونقلی برای اولین بـار مطـرح شـد [۵] و از آن پـس بـه دلیـل افـزایش روز افـزون وسائل نقلیه شخصی و به دنبال آن مشکلات بسیار از قبیل ازدحـام، کاهش ارجحیت حمل‌ونقل همگانی، آلودگی‌های صـوتی، آلـودگی هوا و ... باعث پیشرفتهای بسیاری در باب این امکانات و بکارگیری آنها شد[۲]. با قبول مزایای بـسیار امکانـات پـارک سـوار از جملـه کاهش هزینه سفر، زمان کوتاه تر سفر و هزینه بـسیار کـم پارکینـگ در مقایسه با هزینه‌های داخلی و خـارجی پـارک در منـاطق شـلوغ

* نویسنده مسئول

Archive of SID

www.SID.ir

شهر، مصرف سوخت کمتر، آلودگی کمتر، اشغال سطح کمتری از خیابان در مقایسه با سایر وسایل نقلیه و جابجایی تعداد زیادی مسافر[۷،٦]، در این تحقیق با مرور مطالعات گذشته در مورد مکانیابی امکانات پارک سوار در ابتدا به شناسایی معیارهای مؤثر در مکانیابی امکانات پارک سوار پرداخته و در ادامه به معرفی روشی مناسب در مکانیابی امکانات پارک سوار در دو مرحله نامزد و بهینه خواهیم پرداخت، روش ارایه شده از سه بخش کلی تشکیل شده است، به طوری که در بخش اول هدف شناسایی معیارهای مناسب و در بخش دوم جانمایی سایت‌های نامزد در سیستم اطلاعات جغرافیایی حوزه مورد مطالعه با مد نظر قرار دادن تعدادی از معیارها است، در بخش سوم نیز مدلسازی سایر معیارها و بهینه‌یابی از میان موقعیت‌های نامزد با حل مدل ارایه شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک مد نظر است. همچنین به صورت موردی روش ارایه شده برای شهر مشهد بکاربرده می‌شود.

۲. 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 می‌خواهد 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 ارایه حمل‌ونقل همگانی سریع و ارزان به وجود آید، آیا باز هم کاربری پیدا خواهد شد، که برای دستیابی به حمل‌ونقلی ارزان و سریع تغییر مسیر داده تا به سایت پارک سوار دسترسی یابد[۸]. بنابراین اگر امکانات پارک سوار در ابتدای سفر وسایل‌نقلیه شخصی قرار داده شود، تمایل به کاربرد آنها از بقیه حالات بیشتر است[۹].

موضوع قابل تأمل دیگر تغییر احتمالی الگوهای سفر، به دلیل مکانیابی نامناسب امکانات پارک سوار است[۱۰]. به عنوان مثال اگر حجم قابل ملاحظه‌ای از وسایل نقلیه شخصی به هدف دسترسی به امکانات پارک سوار از مسیر سفر خود منحرف شوند، مطمئناً الگوهای سفر جدیدی را به وجود خواهند آورد که به دنبال آن مشکلات ترافیکی محلی و همچنین ترافیک ناخواسته در قسمتهایی از شبکه به ویژه در خیابانهای جمع و پخش کننده جریان پیدا خواهد کرد. با توجه به مطالب ذکر شده موقعیت امکانات پارک سوار بایستی دارای مشخصه‌هایی از قبیل دسترسی مناسب و امکان توسعه در آینده باشد[۱۱] و همچنین در موقعیتهایی قرار گیرد که زمین وسیع و یا امکان ساخت پارکینگهای طبقاتی در آن باشد. همچنین در نقاطی قرار گیرد که حداکثر تداخل با وسایل نقلیه شخصی را داشته باشد[۱۲]. در این امکانات می‌بایستی دسترسی مناسب به شبکه راههای اصلی وجود داشته باشد[۱۱]. از آنجا که طرح مکانیابی چنین امکاناتی بستگی فراوان به مشخصه‌های اقتصادی، اجتماعی و جغرافیایی دارد از اهمیت بسیاری برخوردار است[۱۳].

از دیدگاهی دیگر، مکانیابی بهینه امکانات پارک سوار ضمن اینکه کاربردهای بسیاری در برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و مدیریت سیستم پارک سوار دارد، از سه فرآیند برنامه‌ریزی زیر حمایت می‌کند[١٤]:

۱- برنامه‌ریزی جامع کاربری در سطح محلی

۲- برنامه‌ریزی زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی‌و

۳- برنامه‌ریزی بودجه محدود.

بنابراین به عنوان یک نتیجه می‌توان گفت که کاربرد مؤثر امکانات پارک سوار از سوی وسایل نقلیه شخصی و حل مشکلات بسیار ناشی از ترافیک شهر، در گرو مکانیابی مناسب و صحیح این امکانات است[۱۵].

حال که به اهمیت مکانیابی امکانات پارک سوار، هر چند به گونه‌ای سطحی پی بردیم، در ادامه به مرور مطالعات گذشته در خصوص مکانیابی امکانات پارک سوار با هدف شناسایی معیارهای مؤثر در مکانیابی پارک سوارها پرداخته می‌شود.

۳. مروری بر مطالعات گذشته

در سال ۱۹۷٦ اشنایدر [١٦]، با تعریف یک سری گراف در محیط برنامه اتوکد به مکانیابی امکانات پارک سوار پرداخت، به این صورت که با تعریف یک تابع وزن دهی شده با متغیرهایی از قبیل طول سفر، طولانی‌ترین سفر و تساوی حقوق، به ارزیابی امکانات مکانیابی شده پرداخت. و با تکرار عملیات فوق برای طرحهای مختلف مکانیابی بهترین مجموعه از سایت‌ها را انتخاب کرد[١٦]. محدودیت عمده روش مذکور کاربرد آن بر مبنای روش آزمون و خطا است، که کاربرد آن را زمان بر می‌کند[۱۷].

در سالهای بعد پژوهشگرانی چون کک و لیو برای هر یک از امکانات پارک سوار، حوزه تأثیری به صورت اشکال هندسی دایره یا سهمی تعریف کردند[۱۸]. همچنین در این راستا می‌توان مطالعات [۱۹،۲۰] را نیز نام برد که برای هر یک از امکانات پارک سوار، حوزه تأثیری به صورت سهموی در نظر گرفتند، با این فرض

Archive of SID

www.SID.ir

که این گونه حوزه‌های تأثیر نمایانگر محدوده‌ای از حوزه نفوذ هر سایت است، به عبارت دیگر تمایل یک کاربر را در استفاده از این امکانات در جهت سفر نشان می‌دهد[۲۰]. 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 می‌گیرند، در نظر گرفتن کردن درجه دسترسی برابر برای دو کاربر با فاصله تئوری مساوی از سایت مورد بررسی است[۱۲،۱۷].

روش بعدی[۲۱] که توسط سارجیوس و همکارش معرفی شد، همانند روشهای قبلی، حوزه تأثیری برای هر یک از سایت‌ها در نظر می‌گرفت، با این تفاوت که در تعریف حوزه تأثیر از مقایسه هزینه‌های سفر شامل ارزش زمان، زمان سفر و هزینه‌های پرداختی در حالتهای 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 می‌گرفت، در غیر این صورت کاربر مذکور از حوزه تأثیر سایت مفروض حذف می‌شد[۲۱]. 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 نمی‌دهد[۱۹].

در همین راستا روشی[۲۲] 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 تأثیری برای هر یک از انواع امکانات پارک سوار در نظر گرفته می‌شد [۲۲].

در ادامه لوتین و جرمی‌از اطلاعات تحقیق [۲۲] برای کالیبره کردن مدلی با هدف تعیین حوزه تأثیر امکانات پارک سوار استفاده کردند. به طوری که آنها به این نتیجه رسیدند که توابع لگاریتمی و نمایی به خوبی رابطه بین قدرت جذب امکانات پارک سوار و معیارهای زمان و فاصله را بیان می‌کند، به عبارت دیگر میزان تمایل یک کاربر در استفاده از یک سایت مفروض با افزایش فاصله کاربر تا سایت مذکور به صورت توابع نمایی و لگاریتمی کاهش می‌یابد[۲۳].

روش‌های بسیار دیگر از جمله[۲٤،۲۵،۲٦] نیز با کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و مفهوم حوزه تأثیر به مکانیابی امکانات پارک سوار پرداختند، به طور مثال می‌توان به کار فرهان و مورای[۲٦] اشاره کرد که در آن با کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی به مکانیابی امکانات پارک سوار پرداخته شده است. در این تحقیق دو محدودیت دسترسی برابر مربوط به تحقیق[۱۹،۲۰] و جهت سفر کاربران مربوط به تحقیق[۲۱] در نظر گرفته و برطرف شده است.

در ادامه، شون[۲۷]، از یک برنامه خطی در طول یک راه اصلی برای تخصیص تقاضای موجود به امکانات پارک سوار با هدف بهینه‌سازی معیار دسترسی استفاده کرد. همچنین هر یک از ایستگاه‌ها را با ظرفیت محدود و مشخص در نظر گرفت. در این روش، بر اساس قدرت پوشش هر یک از سایت‌ها، اقدام به انتخاب موقعیتهای مناسب برای هر یک از سایت‌ها می‌شد، به طوری که هر کدام از امکانات بر اساس تعداد تقاضای تخصیص یافته بایستی ساخته می‌شد[۲۷].

در ادامه روشی برای مکانیابی پارک سوارها ارایه شد[۲۸] که هدف آن، کمینه کردن هزینه کل (کاربر و سیستم حمل‌ونقل) بود، به طوری که برای هر یک از سایت‌های نامزد در طول یک راه اصلی، هزینه کل را تعیین و بر اساس هزینه‌های به دست آمده، بهترین راه انتخاب می‌شد. همچنین در حالت مکانیابی چند سایت به صورت همزمان مانند حالت مکانیابی تک عمل می‌شد، با این تفاوت که در طول راه اصلی، پارامتر فاصله مناسب بین پارک سوارها نیز در فرآیند وارد می‌شد [۲۸].

دو روش [۲۷،۲۸] که روشهایی ابتکاری برای مکانیابی پارک سوار اند، دارای محدودیتی اساسی هستند، به طوری که در هر دو حالت فوق، مکانیابی به یک معبر اصلی محدود شده است و عملاً به تقاضای بیرون از محدوده راه مورد مطالعه پرداخته نمی‌شود.

روش بعدی[۲۹] با هدف ایجاد ابزاری تحلیلی برای مکانیابی سایت بهینه از میان چندین سایت نامزد، توسط اردشیر فقری معرفی شد. در این تحقیق، سامانه‌ای متشکل از GIS و نرم افزار KBES برای کمک به طراحان در مکانیابی امکانات پارک سوار به صورت پرسش و پاسخ ارایه شد. همچنین در این تحقیق، به اهمیت نسبی معیارهای مکانیابی نیز پرداخته شد، به طوری که ٦ معیار به صورت مستقیم و ۸ معیار دیگر به صورت غیر مستقیم در طرح مکانیابی بکار گرفته شدند که از میان معیارها می‌توان به فاصله تا مرکز شهر، فاصله تا نزدیک‌ترین سایت و میزان دسترسی به امکانات حمل‌ونقل همگانی اشاره کرد. تحقیق دیگری [۳۰] با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با هدف ایجاد راهکاری عملی برای مدل‌سازی یک شبکه حمل‌ونقلی چند وسیله‌ای و تحلیل سایت‌های پارک سوار اقدام به ایجاد مدلی در محیط GIS می‌کند. بعد از ایجاد مدلی مرکب از لایه‌های اطلاعاتی شبکه راهها، حمل‌ونقل عمومی‌و پارک سوارها اقدام به بررسی ارتباط بین مودهای مختلف سفر از طریق رویهم‌گذاری لایه‌ها می‌کند و در انتها از موقعیت‌های مناسب برای تعویض بین مودهای مختلف، تقاضای هر یک از امکانات پارک

Archive of SID

www.SID.ir

سوار را به‌دست می‌آورد. روشهای بسیار دیگر نیز در مکانیابی امکانات پارک سوار ایجاد شده است که بیشتر از دیدگاه نظری قابل کاربرد هستند و استفاده عملی از آنها نشده است. به عنوان مثال تحقیق [۳۱] ، روشی بر مبنای مقایسه هزینه سفر در حالتهای مختلف انتخاب وسیله سفر معرفی می‌کند. یکی از ویژگیهای جالب روش فوق ایجاد تعادل بین حالتهای مختلف سفر با هدف بیشینه‌سازی منافع و کمینه سازی هزینه‌های اجتماعی کاربرد امکانات پارک سوار است، ولی روش فوق روشی نظری و کاربرد آن فقط مختص شهرهایی با فرمت خطی است.

همان طور که مشاهده شد، تاکنون گستره وسیعی از روشها برای مکانیابی امکانات پارک سوار بکار برده شده است. ولی در اکثر آنها بحث مربوط به استاندارد پوشش که برای اولین بار توسط [۳۲] تعریف شد، در نظر گرفته نشد، به طوری که حداکثر فاصله‌ای را که یک کاربر، اشتیاق و توانایی سفر و امکان دسترسی به یک سایت را دارد، استاندارد پوشش نامید. در این فاصله و بعد از آن، عواملی چون هزینه و زمان در استفاده از سایت مذکور در تصمیم هر کاربر تأثیر خواهد گذاشت[۳۲]. در همین راستا مفاهیم مکانیابی یک سامانه چند سایتی به صورت همزمان با هدف تأمین پوشش کافی [۳۳] و همچنین مکانیابی یک سیستم چند سایتی به صورت همزمان با هدف بیشنه سازی پوشش تقاضا که در تحقیق[۳٤] معرفی شد، در هیچ یک از کارهای پیشین به چشم نمی‌خورد.

٤. معیارهای مؤثر در مکانیابی امکانات پارک سوار

با مرور تجربیات گذشته در مورد بکارگیری امکانات پارک سوار مشاهده می‌شود 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 درادامه ضوابط پیشنهادی برای مکانیابی امکانات پارک سوار ارایه می‌شود:

۱- 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،

۲- مد نظر قرار دادن سیستم موجود امکانات پارک سوار و یا پارکینگ‌هایی که قابلیت پارک سوار شدن را دارند،

۳- دسترسی مناسب امکانات نسبت به شریانهای پرسرعت شهری،

٤- ظرفیت محدود برای هر سایت،

۵- فاصله مناسب سایتها از یکدیگر،

٦- مکانیابی امکانات به طوری که هر دو حالت حمل‌ونقل همگانی ریلی و اتوبوسرانی را با اولویت سیستم ریلی پوشش دهد،

۷- فاصله مناسب سایت‌ها از مرکز شهر،

۸- سایت‌ها در مبادی ورودی محدوده‌ای قرار گیرند که هدف، کاهش مشکلات ترافیک آن محدوده است.

۹- سایت‌های نامزد حدود ٤ تا ٦ کیلومتر از هسته مرکزی فاصله داشته باشند.

۱۰- بهتر است سایت‌ها قبل از ورودی خیابانهایی که از ترافیک و ازدحام زیادی برخوردارند قرار گیرند.

با توجه به تعدد معیارهای مؤثر بر مکانیابی امکانات پارک سوار که در فوق ارایه شدند و ارایه روشی که کلیه معیارها را در نظر بگیرد، پژوهشگران در تحقیق حاضر بر آن شدند تا مکانیابی را در دو مرحله مکانیابی سایت‌های نامزد و سایتهای بهینه انجام دهند. بنابراین با چنین رویکردی با بررسی مضاعف معیارهای مؤثر بر مکانیابی امکانات پارک سوار، معیارهای مذکور به دو دسته تقسیم بندی شدند، به طوری که در ادامه، در مرحله اول با استفاده از مجموعه نرم افزاری ARCGIS و آن دسته از معیارهایی که بیشتر ماهیت جغرافیایی و مکانی دارد، به جانمایی سایت‌های نامزد پرداخته و سپس در مرحله دو با استفاده از معیارهایی که مدنظر قرار دادن آنها نیاز به حل‌های تکراری و محاسبات طولانی دارد، به معرفی مدلی مناسب و مدنظر قرار دادن معیارهای باقیمانده در آن پرداخته می‌شود.

۵. مکانیابی سایت‌های نامزد

در این بخش به تشریح دسته اول معیارها به‌منظور جانمایی سایت‌های نامزد در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته می‌شود.

الف- سایت‌ها در مبادی محدوده‌ای قرار گیرند که هدف، کاهش ترافیک آنهاست، برای این منظور لایه‌ای ایجاد کرده و محدوده فوق در این لایه بر اساس مشخصه‌های ازدحام و تراکم نشان داده می‌شوند. کاربرد چنین معیاری در جانمایی سایت‌های نامزد ضمن اینکه به صورت گرافیکی طراح را از موقعیت هر سایت نسبت به محدوده پرترافیک آگاه می‌سازد، با رعایت آن، کاهش مؤثر و مستقیم در مشکلات محدوده مذکور نیز ایجاد می‌شود.

ب- سایت‌های نامزد حدود ٤ تا ۷ کیلومتر از مرکز شهر فاصله داشته باشد، چرایی این معیار باز می‌گردد به تمایل وسایل نقلیه در بکار گرفتن و یا بکار نبستن امکانات در فواصل مختلف از مقصد،

Archive of SID
www.SID.ir

به طوری که اگر امکانات پارک سوار در فاصله‌ای کمتر از ٤ کیلومتر نسبت به مرکز شهر قرار گیرد، کاربر به دلیل فاصله کم تا مقصد(مرکز شهر)، تمایل به کاربرد پارک سوار نداشته و مطمئناً سفر خود را از طریق شبکه خیابانی انجام دهد. همچنین اگر فاصله سایت از مقصد بیشتر از ۷ کیلومتر باشد، به دلیل نبود مشکلات ترافیکی، وسایل نقلیه شخصی تمایل به کاربرد پارک سوار ندارند.

ج- به منظور تأثیر مستقیم بر خیابانهای پرترافیک، سایت‌ها بهتر است، قبل از ورود به خیابانهایی که از ترافیک زیادی برخوردارند قرار گیرد.

د- برای هر یک از سایت‌ها ظرفیتی مشخص و محدود تعریف شود. در اکثر روشهای قبلی از نظر ظرفیت محدودیتی برای سایت‌ها در نظر گرفته نشده است زیرا که در اغلب آنها فرض شده بود که پارک سوارها به ظرفیت خود نمی‌رسند. ولی مطمئناً حالتهایی وجود دارد که در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت برای سایتها از اهمیت بسیاری برخوردار است. به عنوان مثال در شهری مانند مشهد تقاضا برای حرم مطهر و اطراف آن در مقاطعی از سال چنان افزایش می‌یابد که بدون شک سایتهای پارک سوار به ظرفیت خود خواهند رسیدکه مشکلات بسیار نیز در پی خواهد داشت. بنابراین مد نظر قرار دادن ظرفیت مناسب بر اساس تقاضای بالادست هر سایت، از اهمیت بسیاری برخوردار است، برای این منظور ابتدا بایستی تقاضای امکانات پارک سوار را به شیوه‌ای مناسب برآورد کرد، بنابراین با بررسی قدرت جذب مرکز شهر از نواحی مختلف با استفاده از ماتریس مبدا و مقصد مربوط به سفر وسایل نقلیه شخصی در مقیاس بلوک‌های آماری، سفرهایی که به صورت معمول به مقصد مرکز شهر دارند، شناسایی و در لایه‌ای از سیستم اطلاعات جغرافیایی قرار می‌گیرد. سپس در لایه دیگری برای هر یک از امکانات پارک سوار حوزه تأثیری به صورت سهمی شکل در نظر گرفته می‌شود. در ترسیم حوزه تأثیر سهمی شکل می‌توان از تمایلات کاربران جاری پارک سوار نیز کمک گرفت، به این صورت که در مطالعات بسیار از جمله [۱۸،۲۱،۲٦] حداکثر فاصله‌ای که یک کاربر در بالادست یک سایت مفروض در جهت سفر خود تمایل به کاربرد آن دارد، برابر ۸ کیلومتر معرفی شده، همچنین حداکثر فاصله‌ای که یک کاربر برای دسترسی به سایت در خلاف جهت سفر خود طی می‌کند برابر ۸۰۰ متر تعیین شده است، بنابراین به راحتی می‌توان سهمی ترسیم کرد که این دو ویژگی را نسبت به کانون خود یا همان سایت پارک سوار داشته باشد. نکته قابل تأمل دیگر در خصوص پیش بینی ظرفیت امکانات پارک سوار، شناسایی و بررسی خصوصیات کاربران و شهروندان است زیرا بنا به دلایل فرهنگی، اقتصادی و ... تمامی سفرهای شناسایی شده در حوزه تأثیر یک سایت مفروض، بعد از اجرای طرح از امکانات پارک سوار استفاده نمی‌کنند، تحقیقات بسیاری بر این باورند که هیچ روش علمی مطمئنی برای برآورد تقاضا وجود ندارد [نقل از ۳۵]. به این دلیل بر اساس تحقیق [۳٦] که معتقد است در حدود ۷۰ درصد از دارندگان وسایل شخصی می‌دانند که امکانات پارک سوار، راهکاری برای حل مشکلات حمل‌ونقل شهری بوده و به این دلیل از آن استفاده می‌کنند، در این تحقیق ظرفیت هر یک از سایت‌های نامزد برابر ۷۰ درصد تقاضای بالقوه موجود در حوزه تأثیر سهمی شکل هر یک از سایت‌ها در نظر گرفته می‌شود.

ه- در وضعیت موجود در برخی موارد پارکینگهای مناسبی وجود دارد که با ارایه سرویس حمل‌ونقل عمومی، قابلیت پارک سوار شدن را دارند، به دلیل هزینه زیاد تحصیل اراضی و ساخت، در این مرحله سعی می‌شود حتی الامکان پارکینگهای موجود که سایر معیارها را دارند، به عنوان نقاط نامزد انتخاب شوند.

و- سعی می‌شود که سایت‌های نامزد با اولویت قرارگیری در مسیرهای ریلی، سپس اتوبوسهای سریع و در ادامه اتوبوسهای معمولی و ... قرار گیرند.

ن- سایت‌های نامزد با دسترسی مناسب نسبت به خیابانهای پرسرعت شهری طوری قرار گیرند که دسترسی و ورود و خروج به آنها به سهولت انجام شود زیرا طی بررسی‌ها و مشاهدات میدانی، مؤلف بر این باور است که به دلیل این که این خیابانها اکثراً منتهی به مرکز شهر بوده و مسیر اکثر وسایل نقلیه شخصی به سمت مرکز است، چنین معیاری تمایل کاربرد سایت از سوی کاربران را به دلیل سهولت دسترسی افزایش می‌دهد، به عبارت دیگر تداخل سیستم امکانات پارک سوار با شبکه حمل‌ونقل شخصی بیشتر خواهد بود.

با پیاده سازی معیارهای فوق و جانمایی سایت‌های نامزد در محیط GIS، در ادامه به مدلسازی معیارهای باقیمانده مکانیابی امکانات پارک سوار پرداخته شود.

الف. پوشش حداکثر تقاضا

در سیستم امکانات پارک سوار انتظار می‌رود کاربران وسایل نقلیه شخصی در مسیر سفر خود در نزدیک ترین سایت پارک سوار از وسیله شخصی خود پیاده و پس از پارک کردن وسیله خود در سایت پارک سوار از سیستم حمل‌ونقل همگانی ارایه شده در سایت

Archive of SID
www.SID.ir

مـذکور اسـتفاده نماینـد. بنـابراین کـاربران تمایـل دارنـد به نزدیک‌ترین سایت بدون انحراف از امتداد سـفر خـود از طریـق شبکه خیابانی دسترسی داشته باشند، بنابراین می‌توان گفـت در ایـن حالت هدف، مکانیابی مجموعه‌ای از موقعیت‌هاسـت، کـه بیـشترین پوشش را بر شبکه تقاضا داشته باشد. برای در نظر گرفتن این معیار می‌توان با قدری تغییرات از مدل پی مدین ارایه شده در تحقیق[۳۷] استفاده کرد، بنابراین در ادامه، فرمولبندی آن ارایه می‌شود:.

$$\alpha_1 = +\sum_{i\in\psi_j}\sum_{j=1}^{P} a_i.e^{-\beta d_{ij}/S}.C_C \qquad (۱)$$

که در آن:

i: اندیس نقاط تقاضا،

j :اندیس سایت‌های نامزد،

ψ_j :مجموعه کاربرانی که در حوزه تأثیر سایت j قرار دارند،

P : تعداد سایت‌هایی که باید مکانیابی گردد،

d_{ij}: فاصله یا زمان سفر بین نقطهi و سایت j ،

a_i: تقاضای نقطه i،

C_c: منافع ریالی ناشی از جذب هر وسـیله نقلیـه شخـصی توسـط امکانات پارک سوار که مقدار آن برابر ۱۰۰۰۰ ریال در نظـر گرفتـه می‌شود،

S: حداکثر فاصله‌ای که یک کاربر تمایل به کاربرد امکانات پـارک سوار دارد، که مقدار آن برابر ۸۰۰۰ متر مد نظر قرار می‌گیرد.

هدف معیار فوق(رابطه۱)یافتن مجموعه‌ای از سایت‌هاست، به‌طوری که بیشترین پوشش را بر کـاربران دارد، ضـمن اینکـه اثـر کاهـشی افزایش فاصله را نیز در نظر می‌گیرد. همچنین می‌تـوان گفـت ایـن معیار مجموعه‌ای از موقعیت‌های بهینه را به گونه‌ای تعیین مـی‌کنـد که مجموعه فاصله کاربران تا سایت‌ها کمینه شود. موضوع باقیمانده در خصوص این معیار اثر کاهشی افـزایش فاصـله اسـت. بـا مـرور مطالعات گذشته سه نوع توابع توانی، نمایی و لگاریتمی برای فرموله کردن بحث فوق به چشم می‌خورد[۳۷،۳۸]. در این تحقیق از رابطه نمایی استفاده می‌شود، به طوری که در آن β ضریب ثابتی است که دامنه تغییرات آن برای هر شبکه خیابانی بین ۰/۵ و ۱/۵ است [۳۷]. در این تحقیق با کاربرد β برابر یک از آن چشم‌پوشی می‌شود.

ب- مد نظر قرار دادن سیستم موجود امکانات پارک سوار

در نظر گرفتن این پارامتر به دلیل حفظ منابع مـالی بـسیار ناشـی از عدم حذف پارکینگ‌هـای بـالقوه اسـت. بنـابراین بـه صـورت زیـر تعریف می‌شود:

$$\alpha_2 = +\sum_{j\in E}\frac{V_j.C_S}{18250} \qquad (۲)$$

به طوری که در آن:

j: اندیس سایت‌های نامزد،

E: مجموعه پارکینگ‌های موجود که قابلیت پارک سوار را دارنـد،

C_S: هزینه متوسط ارایه یک فضای پـارک در هـر سـایت ، شـامل ساخت و تحصیل زمین برابر۳۰۰۰۰۰۰۰ریال در نظر گرفته می‌شود،

V_j: ظرفیت پیش بینی شده برای سایت j است.

معیار فوق(رابطه۲) مجموعه‌ای از سایت‌ها را انتخـاب مـی‌کنـد کـه بیـشترین تعـداد سـایتهای موجـود را در خـود دارد. بـه منظـور همانند سازی این معیار به لحاظ طول دوره ارزیابی با سایر معیارهـا (با فرض ۵۰ سال عمر مفید برای امکانات پـارک سـوار) از ۱۸۲۵۰ استفاده می‌شود.

ج - فاصله امکانات نسبت به شریانهای اصلی

یکی از موضوعات اساسی فاصله هر یـک از سـایت‌هـا نـسبت بـه شریانهای اصلی است. بنابراین در ادامه این معیار را طـوری فرمولـه می‌کنیم که در آن هدف مکانیابی تعداد P سایت است، به طوری که مجموع فاصلهP سایت تا نزدیک‌ترین راه اصلی هر یک کمینه شود.

$$\alpha_3 = -\sum_{j=1}^{P} D_j.V_j.C_D \qquad (۳)$$

که درآن:

P: تعداد سایت‌های مورد نظر،

C_D: هزینه متوسط سفر به طول واحد فاصله،

D_j: فاصله سایت j تا نزدیک‌ترین راه اصلی است.

د- فاصله تا مرکز شهر از طریق شبکه حمل‌ونقل همگانی

در این تحقیق بر خلاف تحقیقات گذشته هدف پوشش دو سیـستم ریلی و اتوبوسرانی با اولویت سیستم ریلی است، به منظـور فرمولـه کردن اولویت مذکور از فاصله زمانی استفاده می‌شـود، بنـابراین بـه صورت زیر می‌توان آن را فرمول‌بندی کرد:

$$\alpha_4 = -\sum_j \frac{S_j.V_j}{\overline{V}_{\left(Bus\ or\ Rail\right)}}.C_T \qquad (٤)$$

j : اندیس سایت‌های نامزد،

C_T: هزینه واحد زمان هر کاربر،

V_j: ظرفیت هر یک از سایت‌ها،

$\overline{V}_{bus}$: سرعت متوسط حرکت با سیستم اتوبوسرانی،

Archive of SID

www.SID.ir

$\overline{V}_{(rail)}$: سرعت متوسط حرکت با سیستم ریلی،

S_j: فاصله سایت j تا مرکز شهر از طریق شبکه حمل‌ونقل همگانی.

معیار فوق مکانیابی را به سمت مجموعه‌ای از سایت‌ها هدایت می‌کند، که تعداد بیشتری از آنها در مسیر ریلی قرار می‌گیرند. با توجه به حضور پارامتر فاصله هر سایت از مرکز شهر در صورت، نتیجه ناخواسته‌ای که این معیار به طرح مکانیابی تحمیل می‌کند، تمایل آن به انتخاب مجموعه‌ای از سایت‌ها که به مقصد نزدیک‌تر است. ولی به دلیل اطمینان خاطر از این موضوع که سایت‌های نامزد در مرحله اول در فاصله مناسبی از مرکز شهر جانمایی شده‌اند، می‌توان وجود تأثیر فوق را نادیده گرفت. همچنین در معیار فوق چرایی استفاده از سرعت متوسط سفر مدنظر قرار دادن تأخیرها و توقف‌های هر یک از مودهای حمل‌ونقل همگانی است.

٦. تابع هدف

با توجه به معیارهای تعریف شده حال می‌توان تابع هدف را به صورت زیر بازنویسی کرد:

(٥)

$$F = +\sum_{i\in\Psi_j}\sum_{j=1}^{P} a_i.e^{-\beta d_{ij}/S}.C_C + \sum_{j\in E}\frac{V_j.C_S}{18250} - \sum_{j=1}^{P} D_j.V_j.C_D - \sum_{j}\frac{S_j.V_j}{\overline{V}_{\left(Bus\ or\ Rail\right)}}.C_T$$

یا به صورت ساده‌تر می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Maximize \quad F = \alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_3 - \alpha_4 \qquad (٦)$$

نکته قابل توجه در خصوص تابع (٦) موضوع اهمیت متفاوت هر یک از معیارهاست، به عبارت دیگر نظر تصمیم‌گیران یک شهر در خصوص معیارهای فوق متفاوت است، بنابراین به منظور ارایه یک موقعیت تصمیم‌سازی شفاف، نیاز به وزن دهی هر یک از معیارها به صورت نسبی خواهد بود. برای این منظور دو راه ممکن وجود خواهد داشت، یکی اینکه می‌توان با مد نظر قرار دادن وزن‌های متفاوت یک مجموعه جواب بهینه را تعیین و بر اساس تمایلات و منابع در دسترس تصمیم‌گیران جواب مورد نظر را از مجموعه جواب مذکور تعیین کرد و یا این که در ابتدا وزنی را برای هر معیار مشخص و بر اساس آن یک جواب بهینه را تعیین کرد[٣٨]. وزن دهی معیارها را می‌توان با استفاده از نظر متخصصین انجام داد، در همین راستا تحقیق [٢٩] از همین روش برای وزن دهی معیارها با استفاده از پرسشنامه‌هایی اقدام نموده است، با توجه به اینکه در آن تحقیق از نظرات حدود ١٩ سازمان معتبر حمل‌ونقلی استفاده شده و از نظر فنی و علمی قابل استناد است، بنابراین از مقادیر آن به صورت زیر استفاده می‌شود.

وزن معیار پوشش حداکثر برابر ٨/٤٤، معیار هزینه ساخت هر سایت برابر٦/٣٧، دسترسی مناسب به سایت برابر٨/٦٣ و وزن معیار فاصله زمانی تا مرکز شهر برابر٦/٢٨ در نظر گرفته می‌شود، بنابراین تابع هدف را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد.

$$Maximize \quad F = 8.44\alpha_1 + 6.37\alpha_2 - 8.63\alpha_3 - 6.28\alpha_4 \qquad (٧)$$

٧. اجرای روش تحقیق

٧-١ حوزه مورد مطالعه

با توجه به اینکه در مکانیابی امکانات پارک سوار نیاز به شناسایی سفرهای وسایل نقلیه شخصی با هدف سفر به مرکز شهر خواهد بود، بنابراین می‌توان گفت که محدوده مورد مطالعه به لحاظ جغرافیایی به منطقه‌ای محدود می‌شود که تقریباً تمام سفرهای روزانه شهروندان در آن اتفاق می‌افتد. بنابراین بر این اساس حوزه مورد مطالعه این تحقیق تمامی‌شهر مشهد شامل ١٥ منطقه ترافیکی و ١٦٣ ناحیه ترافیکی مطابق شکل(١) خواهد بود[٣٩].

- **سیستم حمل‌ونقل همگانی شهر مشهد**

الف- سیستم قطار سبک شهری

این سیستم به دلیل عدم اتمام مراحل ساخت آن هنوز فعال نبوده و به بهره برداری نرسیده است. با توجه به اینکه در طرح مکانیابی امکانات پارک سوار هدف پوشش کلیه سفرهای وسایل نقلیه شخصی از طریق مودهای مختلف سیستم حمل‌ونقل همگانی است، بنابراین با وجود این که این سیستم فعال نشده، در این تحقیق به منظور نمایش توانمندی روش پیشنهادی، سیستم مذکور نیز مد نظر قرار خواهد گرفت. بنابراین بر اساس آمارنامه حمل‌ونقل مشهد[٤٠] خطوط چهارگانه قطار شهری مد نظر قرار گرفت. همچنین طبق اعلام منبع[٤١] سرعت سفر با این سیستم برابر ٣٨ km/h است.

ب- سیستم اتوبوسرانی

خطوط این سیستم تقریباً تمامی خیابانهای شریانی شبکه خیابانی شهر مشهد را زیر پوشش دارد و متوسط سرعت سفر با آن km/h ١٦/٣ است.

Archive of SID
www.SID.ir

شکل۱. ناحیه‌بندی ترافیکی حوزه مورد مطالعه(شهر مشهد) [۳۹]

• **آمارگیری مبدا و مقصد ساکنین**

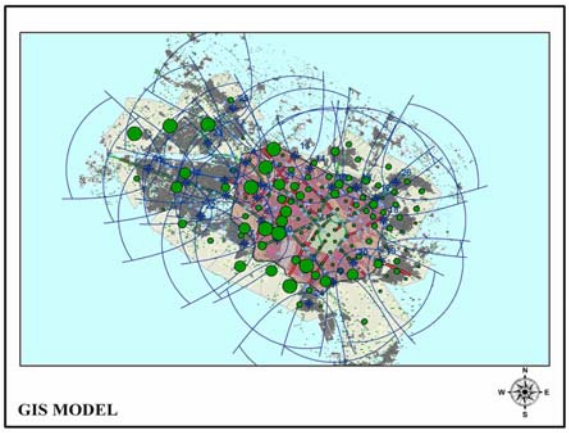
همان گونه که ذکر شد در طرح مکانیابی امکانات پارک سوار هدف جذب سفرهای وسایل نقلیه شخصی با هدف سفر از قسمتهای مختلف شهر به سمت مرکز شهر است، بنابراین می‌بایست ماتریس مبدا- مقصد سفرهای وسیله نقلیه شخصی در سطح بلوک‌های آماری در دسترس باشد. تنها آمار موجود در خصوص تولید و جذب سفرهای شهر مشهد در مقیاس نواحی ترافیکی برای سالهای ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ بوده که توسط یکی از مشاوران سازمان ترافیک مشهد با استفاده از مدل تولید و جذب تعریف شده بر اساس آمارگیری سال ۱۳۷۳(توسط دانشگاه شریف در قالب مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد) و تعمیم آن به سالهای مذکور با نرم افزار emme/2 در دسترس است [٤٢]. بنابراین در این تحقیق از ماتریس مبدا و مقصد سفر وسایل نقلیه شخصی سال ۱۳۹۵ منبع مذکور استفاده شد.

۸ . آماده‌سازی داده‌های ورودی مدل در GIS

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی و تشکیل مدل GIS امکانات پارک سوار همانند شکل (۲) به جانمایی سایت‌های نامزد پرداخته و در ادامه با کاربرد دستورات و توابع موجود از جمله قابلیت الگوریتم‌نویسی در مجموعه نرم افزاری ARCGIS اقدام به تهیه پارامترهای ورودی تابع هدف می‌شود.، در ادامه می‌توان داده‌های مذکور را به صورت فایلی آماده کرده تا در هنگام حل مدل به سهولت آن را مورد استفاده قرار داد.

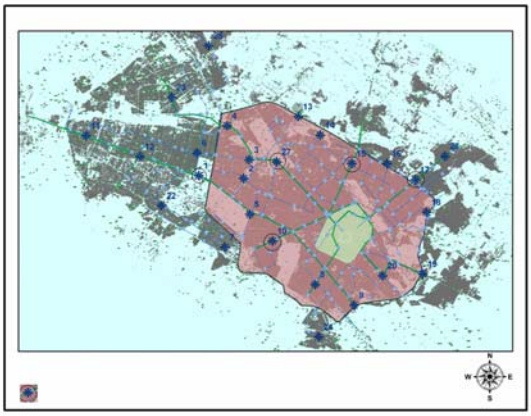
۹. حل تابع با استفاده از الگوریتم ژنتیک

تعریف مسئله مورد بررسی: هدف یافتن یک مجموعه P سایتی به‌صورت همزمان از بین j سایت نامزد به طوری که تابع (۷) بیشینه شود.



شکل۲. سیستم اطلاعات جغرافیایی امکانات پارک سوار شهر مشهد

تابع مذکور یک مدل از نوع چند معیاره است، و با توجه به اینکه هدف، حل آن برای یک حوزه شهری است، بنابراین با حجم زیادی از اطلاعات رو به رو خواهیم بود و در صورت استفاده از روشهای معمول بهینه‌یابی به زمان بسیار زیادی برای تحلیل حالات مختلف نیاز خواهد بود، ضمن اینکه اکثر روشهای معمول به سمت بهینه محلی و نه سراسری همگرا می‌شوند، در صورتی که الگوریتم ژنتیک با استفاده از عملگرهای مختلف از جمله جهش به راحتی توانایی یافتن بهینه سراسری در فضای جستجو را دارد. بنابراین با توجه به خصوصیات مدل (ترکیبی از معیارهای خطی و غیر خطی، فضای گسسته داده‌ها، حجم بالای اطلاعات ورودی، تنوع متغیرها و تعداد زیاد گزینه‌های مورد بررسی) نیاز به الگوریتمی خواهد بود که توانایی بهینه‌یابی در چنین فضایی را داشته باشد. یکی از تحقیقاتی که در خصوص کاربرد الگوریتم ژنتیک در مکانیابی و مقایسه آن با دیگر روشها پرداخته تحقیق[٤٣] است. بعد از حل مدل با الگوریتم ژنتیک برای شهر مشهد نتایج در حالتی که هدف مکانیابی ۵ سایت بهینه باشد، در شکل(۳) آمده است.



شکل۳. موقعیت سایت‌های بهینه

Archive of SID
www.SID.ir

۱۰. جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۰-۱ جمع‌بندی

همان طور که مشاهده شد، در این تحقیق هدف ارایه روشی برای مکانیابی امکانات پارک سوار در یک حوزه شهری در دو مرحله نامزد و بهینه است، به طوری که در مرحله اول با استفاده تعدادی از معیارها به جانمایی سایت‌های نامزد با کاربرد دستورات و توابع GIS پرداخته و در ادامه به بهینه‌یابی تعداد مشخصی سایت از میان سایت‌های نامزد با حل مدل از طریق الگوریتم ژنتیک پرداخته شد. بنابراین در ادامه به منظور جمع‌بندی تحقیق به ارایه نتایج و پیشنهادات ذیل جهت مطالعات آینده پرداخته می‌شود.

۱۰-۲ نتایج

الف- با مرور مطالعات گذشته معیارهایی چون پوشش حداکثر تقاضا، مد نظر قرار دادن سیستم موجود امکانات پارک سوار، فاصله مناسب امکانات نسبت به شریانهای اصلی، ظرفیت محدود برای هر سایت، فاصله مناسب سایتها از یکدیگر و ... به عنوان معیارهای مناسب شناسایی و بر اساس منافع ریالی فرموله شد.

ب- در مدل ارایه شده علاوه بر معیارهای معرفی شده در تحقیقات گذشته بحث ظرفیت مشخص برای هر سایت و همچنین بحث فاصله تا مرکز شهر به صورت کمی مد نظر قرار گرفته است . همچنین اولویت ارایه سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی با عملکرد بالا(ریلی) در مقایسه با اتوبوسرانی نیز مدنظر قرار گرفته است.

ج- یکی از وجوه تمایز تحقیق حاضر با تحقیقات گذشته مد نظر قرار دادن معیارهای کمی و کیفی در قالب یک مدل چند معیاره بر اساس واحدی یکسان(هزینه) است.

د- در برخورد با حجم زیاد اطلاعات، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در پردازش و تحلیل و دسته‌بندی داده‌ها بسیار ارزشمند است، ضمن اینکه با توجه به قابلیت‌های آن می‌توان به راحتی حوزه یک شهر را مورد بررسی قرار داد که این امر بدون این نرم افزار تقریباً غیر ممکن است.

ه- بر اساس کاربرد الگوریتم ژنتیک در این تحقیق و تعداد محدودی از مطالعات گذشته می‌توان نتیجه گرفت که قدرت الگوریتم ژنتیک در مباحث بهینه‌یابی، در مقایسه با روشهای دیگر بسیار زیاد بوده و نتایج بسیار دقیق‌تری می‌دهد، به طوری که با اطمینان کامل می‌توان بهینه سراسری را در فضای جستجو پیدا کرد، در صورتی که در اغلب روشهای پیشین از جمله روشهای جستجوی همسایه، شبیه‌سازی انلینگ، نیبرهود سرچ و... در اکثر حالات به سمت بهینه‌های محلی همگرا می‌شود.

۱۰-۳ پیشنهادات

الف- توصیه می‌شود در مطالعات آتی منافع ریالی معیارهایی چون پوشش، دسترسی و... به‌منظور تدقیق روش، به صورت دقیق‌تر محاسبه شود.

ب- توصیه می‌شود در مورد پیش بینی ظرفیت هر یک از سایت‌های نامزد از مشخصه‌های فرهنگی، اقتصادی کاربران ایرانی استفاده شود زیرا به دلیل عدم تجربه ایران در بکارگیری این امکانات، چگونگی تمایل کاربرد این امکانات از سوی کاربران ایرانی غیر مشخص است.

۱۱. مراجع

1. Newman, P., Kenworthy, J.(2000) "Sustainability and cities: overcoming automobile dependence", Washington, Island Press.

2. Kerchowskas, K., Sen, A. (1999) "Park-and-ride planning", Report no. DOT/RSPA/DPB/50-78/11.

3. Transit Cooperative Research Program (2003) "Bus rapid transit", Volume 2: Implementation guidelines, Report 90, 2003.

4. Transit Cooperative Research Program (TCRP) (1999) "Transit capacity and quality of Service manual(TCQSM)".

5. Judith, Y.T., Wang, Hai and Yang, Robin Lindsey (2005)"Locating and pricing park-and-ride facilities in a linear monocentric city with deterministic mode choice", Transportation Research Part B, 38, pp.709–731.

٦. سعیدیان طبسی، ماشاالله، نیازی، یونس، رحمانی، مهدی.(۱۳۸۷) "کاربرد موفق امکانات پارک سوار"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

۷. سعیدیان طبسی، ماشاالله، رحمانی، مهدی (۱۳۸۷)" مکانیابی امکانات پارک سوار"، هشتمین کنفرانس حمل‌ونقل وترافیک تهران، هتل المپیک.

8. Taaffe, E.J., Gauthier, H.L. and O'Kelly, M.E. (1996) "Geography of transportation". N.J: Prentice-Hall, Inc.

Archive of SID
www.SID.ir

9. Burns, E.N. (1979) "Priority rating of potential park-and-ride sites". ITE Journal; 4; pp.9:29–31.

10. Parkhurst G. (1995) "Park-and-ride: could it lead to an increase in car traffic?" Transport Policy; 2: pp.15–23 .

11. Turnbull, K.F. (1995) "Effective use of park-and-ride facilities". National Cooperative Research Program Synthesis, vol. 213.

12. 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.

13. Spillar, R. (1997) "Park-and-ride planning and design guidelines", New York: Parsons Brinkerhoff Quade and Douglas.

14. Dickins, I. S. J. (1991) "Park and ride facilities on light rail transit systems". Transportation 18, pp.23-36.

15. Parkhurst, Graham, and Richardson, Jeremy (2005) "Modal integration of bus and car in UK local transport policy: the case for strategic environmental assessment", Journal of Transport Geography; 10: pp.195–206.

16. 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.

17. 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.

18. Keck, C.A. and Liou, P.S. (1976) "Forecasting demand for peripheral park-and-ride service", Transportation Research Record, 563, pp.63-74.

19. Christiansen, D., Bullard, D., and Peterson, R. (1981) "Houston park-and-ride facilities: an analysis of survey data", Texas Transportation Institute.

20. Turnbull, K. F. (1995) "Effective use of park-and-ride facilities. Transportation Research Board". National Cooperative Research Program Synthesis 213.

21. 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 v 10, n 4. pp. 695-702.

22. Allen, D. (1979) "Estimating the service area for park-and-ride operations", North Central Texas Council of Governments..

23. Lutin, Jerome M., Liotine, Matthew and Ash, Thomas M. (2005) "Empirical models of transit service areas", American Society of Civil Engineers, Transportation Engineering Journal, Vol. 107, No. 4, pp. 427-444 .

24. O'Kelly, M. (1999) "Trade area models and choice based samples: methods", Environment and Planning A, Vol. 31, pp.613-627 .

25. Horner, M. and Grubesic, T. (2001) "A GIS-based planning approach to locating urban rail terminals", Transportation; 28:pp.55–77 .

26. Farhan, Bilal and Murray, Alan T. (2006) "A GIS-based approach for delineating market areas for park-and-Ride Facilities". TRB 2003 .

27. Schoon, J.G. (1980) "Park-and-ride planning for energy conservation: an optimization methodology", TRR ;751: pp.31–7 .

28. 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.

29. Faghri, Ardeshir and Lang, Adam J. (2001) "An al – based hybrid system for locating park and ride facilities", TRB 80th. Annual Meeting, Washington, D.C..

30. Boilé, Maria and Mouskos, Kyriacos C. (2006) "Adding intermodal capabilities in transportation planning applications" TRB 2005.

31. Wang, J.Y. , Yang, T.H. and Lindsey, R. (2005) "Locating and pricing park-and-ride facilities in a linear city with deterministic mode choice", Transportation Research Part B; 38: pp.709–31

32. Hakimi, S.L. (1964) "Optimum locations of switching centers and absolute centers and medians of a graph", Operations Research; 12:pp.450–9 .

33. Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C. and Bergman, L. (1971) "The location of emergency service facilities". Operations Research; 19:pp.63–73.

34. Church, R. and ReVele, C. (1974) "The maximal covering location problem". Paper of the Regional Science Association, 32 :pp.101-8.

35. Horner, Mark. W. and Grubesic, Tony H.. (2005)"A GIS-based planning approach to locating

Archive of SID

www.SID.ir

urban rail terminals". Department of Geography, the Ohio State University. Transportation 28; pp.55–77.

36. Kwon, Young Jong & Kwon, Young In (2006) "Elements for the effective use of park-and-ride facilities in the Seoul Metropolitan Areas, Korea", TRB, 2001 .

37. Farhan, Bilal and Murray, Alan T. (2006) "Distance decay and coverage in facility location planning". Published online: 28 March 2006 © Springer-Verlag 2006 .

۳۸. آیتی، اسماعیل، باقری، محمد (۱۳۸۵) "روش پوششی برای مسیریابی بهینه قطار سبک شهری"، پژوهشنامه حمل‌ونقل، شماره‌اول.

۳۹. مرکز مطالعات و تحقیقات حمل‌ونقل(۱۳۷٤)" منطقه مورد مطالعه و ناحیه‌بندی آن"، مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد، گزارش شماره ۰۱-۷٤ .

٤۰. دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهر مشهد "سومین آمار نامه حمل‌ونقل شهر مشهد" ، پاییز ۱۳۸٦.

٤۱. شرکت قطار شهری مشهد. روابط عمومی(۱۳۸٦).

٤۲. دفتر مطالعات سازمان ترافیک شهر مشهد(خرداد ۱۳۸۷).

43. Xia, Li and Garonyeh, Anthony (2005) "Integration of genetic algorithms and GIS for optimal location search. International Journal of Geographical Information Science Vol. 19, No. 5, May 2005, pp.581–601.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir