نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره سوم، شماره ۴، اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

برنامه‌ریزی مکانی ایستگاه‌های دوچرخه عمومی با استفاده از GIS و تصمیم‌گیری چند معیاری

قاسم جوادی*[۱]، محمد طالعی[۲]، میثم آقامحمدی[۳]

[۱] عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران- نقشه برداری - دانشکده فنی و مهندسی- دانشگاه بجنورد
ghjavadi@ub.ac.ir

[۲] استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
(عضو قطب علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی)
taleai@kntu.ac.ir

[۳] کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
m.aghamohammadi@sina.kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت اسفند ۱۳۹۲، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۳)

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از دوچرخه‌های عمومی، به منظور مقابله با بکارگیری بیش از حد اتوموبیل، به یک الگوی برنامه‌یزی حمل و نقل شهری مهم در جهان تبدیل شده است. یکی از کلیدهای موفقیت در این طرح، مکان ایستگاه‌های دوچرخه و ارتباط آنها با معیارهای مختلف تقاضای سفر است. امروزه سامانه اطلاعات مکانی به دلیل توانایی انجام اجرای مُدل‌ها و تحلیل‌های مکانی پیچیده، قابلیت بکارگیری در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل را داراست. این تحقیق، یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS، به منظور برنامه‌ریزی مکانی ایستگاه‌های دوچرخه عمومی ارائه می‌دهد. در روش ارائه شده، شاخص‌های دسترسی‌پذیری، نزدیکی به تقاطع‌های مهم و پارکینگ‌های عمومی و همچنین فاصله بین ایستگاه‌های دوچرخه عمومی مورد توجه قرار گرفت. با توجه به عدم قطعیت در نظرات کارشناسی در خصوص برخی معیارها از منطق فازی برای مُدلسازی آنها استفاده شد. روش پیشنهادی برای منطقه هفت شهر تهران انجام گردید. نتایج به دست آمده از مُدل ارائه شده حاکی از توانایی و کارا بودن مدل فوق در برنامه‌ریزی مکانی ایستگاه‌های دوچرخه عمومی و همچنین تعیین میزان محدودیت‌ها و توانایی‌های هر نقطه از منطقه در رابطه با شاخص‌های مورد نظر، می‌باشد. نتایج به دست آمده می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب جهت اخذ تصمیم‌های بهینه در اختیار تصمیم گیرندگان و برنامه‌ریزان حمل و نقل شهری قرار گیرد.

واژگان کلیدی : تصمیم‌گیری چند معیاره، برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری، دوچرخه عمومی، GIS، منطق فازی.

* نویسنده رابط

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از دوچرخه‌های عمومی، به منظور مقابله با بکارگیری بیش از حد اتوموبیل، به یک الگوی برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری مهم در جهان تبدیل شده است[۱]. در چهارچوب پویایی پایدار[۱]، دوچرخه‌ها به اشکال متعددی نه تنها برای کل جامعه مفیدند (با توجه به پایداری محیطی، اقتصادی و برابری اجتماعی) بلکه در سطح فردی هم مفید می باشند. ضمن اینکه استفاده از دوچرخه، سالم و ارزان است، در برابر ترافیک نیز، در مقایسه با اتوموبیل یا حمل و نقل عمومی در مراکز شهرهای پر ازدحام، کارآمدتر و سریعتر هم هست. البته استفاده از دوچرخه ضعف‌هایی مانند تلاش فیزیکی بیشتر و مشکلِ حمل بار در حال دوچرخه‌سواری، هم دارد[۲].

به منظور پیشبرد تغییر حالت از حمل و نقل موتوری به دوچرخه سواری، عواملی که باعث افزایش استفاده از دوچرخه میشوند توسط سیاست‌گذاران و پژوهشگران در حال مطالعه می‌باشد. طرحهای پیشنهادی متعددی که اصول متفاوتی را هم در نظر میگیرند، ارائه شده‌اند. برنامه-ریزان شهری، تلاش می‌کنند تا توزیع استفاده از زمین و فرم شهری را به سمت الگوهایی تغییر دهند که برای تسهیل مسافرت‌های کوتاه و متنوع‌تر، مناسب باشند. برنامه‌ریزان حمل و نقل شهری نیز در زیرساخت‌های مناسب برای دوچرخه سواری، مانند خطهای دوچرخه سواری یا تسهیلات پارکینگی، سرمایه‌گذاری می‌کنند و به دوچرخه سوارها نسبت به راننده‌های اتوموبیل اولویت می‌دهند و یا ترکیب استفاده از دوچرخه و حمل و نقل عمومی را تسهیل می‌نمایند [۳].

یکی از برجسته‌ترین اقدامات انجام گرفته توسط برنامه‌ریزان حمل و نقل شهری، معرفی برنامه‌های دوچرخه عمومی می‌باشد، که تحت عنوان‌هایی مثل دوچرخه‌ی کرایه‌ای[۲]، دوچرخه‌های استفاده‌ی عمومی[۳] یا دوچرخه‌های هوشمند[۴] هم نام برده می‌شود[۱]. دوچرخه-های عمومی، شبکه‌هایی از دوچرخه‌ها هستند که در سراسر شهر برای استفاده با قیمت پایین توزیع شده‌اند. برنامه‌های استفاده از دوچرخه‌های عمومی شامل طرح‌های کرایه دوچرخه به مدت کوتاه در داخل شهر می‌شوند که دوچرخه‌ها میتوانند در هر ایستگاه دوچرخه-ی عمومی برداشته شوند و به هر ایستگاه دوچرخه‌ی عمومی دیگر بازگردانده شوند، که این کار، استفاده از دوچرخه‌های عمومی را برای مسافرت‌های نقطه به نقطه ایده آل میسازد. اساس کاربرد دوچرخه‌های عمومی ساده است: افراد از دوچرخه‌ها "بر طبق نیاز" و بدون هزینه‌ها و مسئولیت‌های مالکیت دوچرخه استفاده می‌کنند[۴].

یکی از کلیدهای موفقیت پروژه‌های دوچرخه‌ی عمومی، مکان ایستگاه‌های دوچرخه و ارتباط آنها با معیارهای مختلف تقاضای سفر است. به منظور به دست آوردن پذیرش کاربر، فاصله‌ی بین مکان مبدا و مقصد باید در نظر گرفته شود، فاصله‌ی بین خود ایستگاه‌ها نیز باید برای حمل و نقل توسط دوچرخه مناسب باشد، ضمن اینکه میزان دسترسی پذیری کاربری‌های مسکونی به محل این ایستگاه‌ها و همچنین دسترسی پذیری ایستگاه-های دوچرخه عمومی به سایر کاربری‌های خدماتی از قبیل کاربری‌های اداری، تجاری، فضای سبز و مذهبی نیز باید در حدمطلوب قرار داشته باشد. امروزه سامانه اطلاعات مکانی[۵] به دلیل توانایی انجام تحلیل‌های پیچیده و اجرای مُدل‌های مکانی چند معیاره، قابلیت بکارگیری در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل و مهندسی را در سطح گسترده و با دقت بالایی را دارا می‌باشد. این تحقیق، یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS، به منظور برنامه‌ریزی مکانی بهینه برای ایستگاه‌های دوچرخه عمومی پیشنهاد می‌کند.

۲- پیشینه تحقیق

لارسن[۶] و همکارنش به منظور رسیدن به مکان بهینه برای مسیرها و تقاطع‌ها و همچنین بهبود مسیرهای موجود دوچرخه عمومی در شهر مونترال کانادا، یک مدل GIS پیشنهاد کردند و با استفاده از آنالیزهای چند معیاره اطلاعاتی مانند مسیرهای موجود، مسیرهای کوتاهی که با خودرو انجام میشود اما قابلیت تبدیل به مسیر دوچرخه را

۱ Sustainable Mobility
۲ Rental bikes
۳ Public use bicycles
۴ Smart bikes

۵ GeoSpatial Information Systems (GIS)
۶ Larsen

www.SID.ir
Archive of SID

دارند، مسیرهای پیشنهادی که توسط مشاهدات و تحقیقات میدانی به دست آمده بودند، داده‌های مربوط به تصادفات دوچرخه‌ها و همچنین نواقص شبکه مسیر موجود، را تلفیق و در مدل پیشنهادی مورد بررسی قرار دادند[۲۱].

میلاکیس[۱] و همکارش در یک محیط تصمیم‌گیری چند معیاره و با توجه به عواملی مانند محیط زیست، اقتصاد، سیاست و ... به کمک آنالیزهای مکانی و استفاده از یک GIS مشارکتی به طراحی شبکه مسیر دوچرخه عمومی در آتن پایتخت یونان پرداخته است[۲۲].

Rixey و همکارانش نیز با توجه به مسیرهای عمومی دیگر مثل مسیرهای مترو و اتوبوس، به مکانیابی ایستگاههای دوچرخه عمومی جهت تلفیق با این مسیرها پرداخته است[۲۳].

ریبارژیک[۲] و وُو[۳] به منظور ارزیابی مدلی که بر اساس عرضه و تقاضا در سطوح منطقه و محله برای دوچرخه‌های عمومی طراحی کرده بودند، از GIS استفاده کردند[۱۴].

از نمونه کارهای داخلی نیز میتوان به اسدللهی اشاره کرد که جهت تعیین مسیرهای مناسب دوچرخه سواری شهر قم از نرم افزار TransCAD استفاده نموده و پارامترهایی تقاضا، کاربری محیط اطراف، نوع معابر شهری و مشخصات هندسی و ترافیکی معابر را در نظر گرفته است[۲۴].

در تحقیق دیگری رضایی و همکارانش معیارهای مرتبط با مکانیابی مسیرهای دوچرخه سواری را به کمک ابزار تصمیم‌گیری چند معیاره در شهر یزد مورد مطالعه قرار داده و مکان گزینی مسیرهای پیشنهادی دوچرخه سواری از قبیل ایمنی مسیر، شیب مسیر، پیوستگی آن و غیره را ارزیابی کردند[۲۵].

تقوایی و فتحی نیز با توجه با توسعه حمل و نقل انسان گرا به بررسی معیارهای مکان گزینی و طراحی مسیرهای دوچرخه پرداخته اند[۲۶].

مطالعات دیگری نیز در این زمینه صورت گرفته که هر کدام بر روی بخشی از معیارها مثل شکل شهری، زیرساخت ها، تسهیلات و غیره متمرکز شده و بخشی از تحقیقات نیز بر روی عوامل طبیعی و محیط زیستی و یا عوامل اجتماعی و اقتصادی صورت پذیرفته است.

همانطور که ملاحظه میگردد بیشتر مطالعات بر روی مسیرهای دوچرخه عمومی بوده و کمتر بر روی برنامه‌ریزی مکانی برای ایستگاههای آن تحقیق صورت گرفته است. حال آنکه مکان و توزیع ایستگاه‌های دوچرخه نقش کلیدی و با اهمیتی درمیزان بهره وری در طرح‌های دوچرخه عمومی ایفا می‌کنند.

در هر برنامه‌ریزی برای توسعه استفاده از دوچرخه‌های عمومی، یکی از کلیدهای موفقیت مکان و توزیع ایستگاه‌های دوچرخه می‌باشد. بیشتر نویسنده‌ها و مطالعات اولیه معمولاً فقط توصیه‌های عمومی در مورد اجرای ایستگاه می‌کنند[۵]. اولین مورد در این توصیه‌ها، پوشش شبکه است و در کل، توزیع ایستگاه‌ها به اندازه و پیکربندی شهر بستگی دارد. روشهای اجرا و معرفی دوچرخه عمومی در اسپانیا بر اساس اندازه و تراکم شهر و نوع سیستم امانت‌دهی متفاوت است[۲]. برخی مطالعات برای شروع اجرای پروژه، مناطق دارای بالاترین تراکم که معمولاً مراکز شهر هستند را پیشنهاد می‌کنند و توصیه می‌کنند کم کم آن را گسترش دهیم تا به نواحی پیرامونی برسد. هرچند، در بیشتر شهرهای بزرگ برنامه‌های دوچرخه عمومی معمولاً به مرکز شهر محدود می‌شوند امّا در پروژه دوچرخه عمومی برای شهر پاریس، کل شهر مورد پوشش قرار می‌گیرد[۴و۲].

عنصر کلیدی دیگر در پروژه دوچرخه‌های عمومی، مکان ایستگاه‌ها نسبت به شبکه‌ی حمل و نقل عمومی میباشد. شعاع تاثیر گذاری ایستگاه‌های دوچرخه عمومی وابستگی شدیدی به شبکه‌ی حمل و نقل شهری دارند[۱].

با توجه به مطالب ذکر شده، این تحقیق، معیارهای دسترسی پذیری، فاصله ایستگاه‌های دوچرخه عمومی از یکدیگر، نزدیک بودن به پارکینگ‌های عمومی و همچنین فاصله تا تقاطع‌های مهم را به عنوان معیارهای اصلی در نظر میگیرد و یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS، به منظور برنامه‌ریزی مکانی بهینه برای ایستگاه های دوچرخه عمومی پیشنهاد می‌کند.

---

۱ Milakis
۲ Rybarczyk
۳ Wu

Archive of SID
www.SID.ir

۳-روش پیشنهادی

در این تحقیق، یک مُدل برنامه‌ریزی مکانی برای ایستگاه‌های دوچرخه عمومی با استفاده از GIS و تصمیم‌گیری چند معیاری ارائه گردیده، همچنین از تئوری فازی برای مدل کردن برخی پارامترهای تصمیم-گیری استفاده شده است. در روش پیشنهادی معیارهای دسترسی پذیری، فاصله ایستگاه‌های دوچرخه عمومی از یکدیگر، نزدیک بودن به پارکینگ‌های عمومی و همچنین فاصله تا تقاطع‌های مهم جهت برنامه‌ریزی مکانی ایستگاه های دوچرخه عمومی بکار برده شده‌اند.

- **دسترسی پذیری**

شاخص دسترسی پذیری، نشان‌دهنده مقدار راحتی واحدهای تقاضا در دسترسی به واحدهای خدماتی مورد نیاز آنان می‌باشد. روش‌های موجود برای ارزیابی دسترسی پذیری را می‌توان در دسته‌های مختلفی طبقه‌بندی کرد. در این تحقیق سه روش متداول، مورد بررسی قرار گرفت:

۱- فاصله : این پارامتر بر اساس فاصله مستقیم یا تحت شبکه تعریف می‌شود. به عنوان مثال می‌توان فاصله‌ی نزدیک‌ترین مرکز خرید، اداره یا پارک به یک قطعه زمین یا مکان خاص را عنوان نمود [۶]. این روش اندازه‌گیری، اطلاعات محدودی را در مورد مفهوم گسترده‌ی دسترسی پذیری ارائه می‌کند.

۲- مرکز ثقل[۱]: این شاخص معمولاً به صورت مجموع دسترسی‌پذیری واحدهای مورد بررسی به تمام واحدهای ارائه خدمت، با در نظر گرفتن یک تابع مقاومت ظاهری برای فاصله بین این واحدها تعریف می‌شود [۷و۸]. یکی از محدودیت‌های این روش چشم پوشی کردن از مقیاس و اندازه فعالیت‌های کاربری‌های ارائه خدمت است.

۳- مرکز ثقل با در نظر گرفتن رقابت[۲]: این شاخص بر اساس مجموع دسترسی پذیری واحدهای مورد بررسی به تمام واحدهای ارائه خدمت با در نظر گرفتن یک تابع کم کننده فاصله بین واحدهای مورد بررسی و واحدهای ارائه خدمت تعریف می‌شود. در این شاخص، ارزیابی به وسیله لحاظ نمودن همزمان میزان عرضه واحدهای ارائه خدمت و میزان تقاضای ارائه شده توسط واحدهای مورد بررسی انجام می‌پذیرد [۷و۹].

اطلاعات در مورد دسترسی پذیری ارائه شده توسط روش آخر، به واسطه در نظر گرفتن مقیاس (جذابیت) واحدها و همچنین رقابت برای گرفتن خدمات از روش‌های قبلی کامل‌تر است. به هر حال در این روش فرض بر این است که دسترسی پذیری بر اساس فاصله بین واحدهای مورد بررسی و واحدهای ارائه خدمت و همچنین جذابیت نسبی واحدهای ارائه خدمت است؛ برای مثال مساحت واحدهای ارائه خدمت یا تعداد کارمندان آن می‌تواند به عنوان میزان جذابیت تعریف گردد. این ظرفیت عرضه به وسیله مسافتی که تقاضاکننده باید سفر کند وزندهی می‌شود. هر چه فاصله مرکز خدمات بیشتر باشد تمایل کمتری برای استفاده از آن توسط تقاضاکننده وجود خواهد داشت و بنابرین سطح پایین‌تری از دسترسی را ایجاد خواهد کرد.

در این تحقیق از شاخص مرکز ثقل با در نظر گرفتن رقابت، استفاده شده است. اندازه‌گیری این شاخص بر اساس رابطه زیر صورت می‌پذیرد[۷]:

$$AG_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{A_j d_{ij}^{-\beta}}{\sum_{k=1}^{m} d_{kj}^{-\beta}} \qquad (۱)$$

که در آن:

AG_i، مجموع قابلیت دسترسی مکان مورد بررسی i به واحد ارائه خدمتj، A_j، جذابیت واحد ارائه خدمتj، d_{kj} یا d_{ij}، فاصله، زمان یا هزینه سفر از مکان مورد بررسی i به واحد ارائه خدمتj(در این مقاله از کوتاهترین فاصله موجود بر روی شبکه راه‌ها بین واحدها استفاده شده است.)، $d^{-\beta}{}_{kj}$ یا $d^{-\beta}{}_{ij}$ برابر با تابع مقاومت ظاهری براساس تابع معکوس فاصله، β، پارامتر نزول فاصله که با توجه به نظر کارشناسان در این مقاله برابر ۱ در نظر گرفته شده است. n تعداد واحدهای ارائه خدمت از یک نوع و m تعداد واحدهای مورد بررسی می‌باشد.

همان‌طور که گفته شد، شاخص دسترسی پذیری، نشان‌دهنده میزان راحتی واحدهای تقاضا در دسترسی به واحدهای خدماتی مورد نیاز آنان می‌باشد. در ارزیابی شاخص قابلیت دسترسی، با توجه به اینکه جمعیت متقاضی عموماً از واحدهای مسکونی بوده و کاربریهای مورد سفر در چهار دسته کلی شامل کاربری‌های اداری و انتظامی، کاربری‌های خدمات

---

۱ Gravity
۲ Gravity with competition

Archive of SID
www.SID.ir

عمومی شهری شامل کاربری‌های بهداشتی درمانی و آموزشی، کاربری‌های تجاری، کاربری‌های فرهنگی و اوقات فراغت شامل کاربری‌های ورزشی، فضای سبز، فرهنگی و مذهبی قابل طبقه بندی میباشند. لذا در این تحقیق قابلیت دسترسی از مناطق مسکونی (جمعیت متقاضی) برای مناطق مستعد ایستگاهی در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین جهت برآورده نمودن نیازهای خدماتی، دسترسی پذیری مناطق مستعد ایستگاهی به سایر کاربریهای مورد سفر شامل دسترسی پذیری به کاربری‌های اداری و انتظامی، دسترسی پذیری به کاربری‌های خدمات عمومی شهری شامل کاربری‌های بهداشتی درمانی و آموزشی، دسترسی پذیری به کاربری‌های تجاری، دسترسی پذیری به کاربری‌های فرهنگی و اوقات فراغت شامل کاربری‌های ورزشی، فضای سبز، فرهنگی و مذهبی، نیز باید مورد ارزیابی قرار بگیرد.

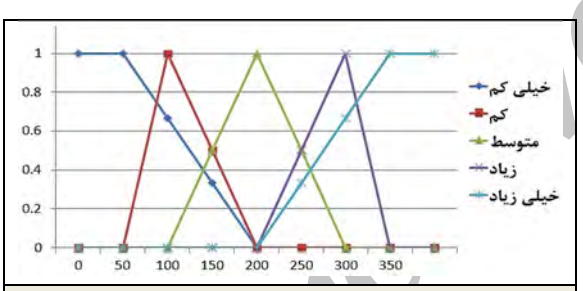
• فاصله ایستگاه‌های دوچرخه عمومی از یکدیگر

در انتخاب ایستگاه‌ها، فاصله‌ی بین آنها نیز باید در نظر گرفته شود. برای مثال، ایستگاه‌های دوچرخه‌ی منطقه ولیب در پاریس، تقریباً هر ۳۰۰ متر واقع شده‌اند، که دسترسی راحت را میسر می‌کند. برنامه‌ی BIXI هر ۳۰۰-۲۵۰ متر در سراسر یک بخش ۱۵کیلومترمربعی از مرکز مونترال ایستگاه دارد. این تراکم تضمین می‌کند که کاربران می‌توانند وقتی به دوچرخه نیاز دارند آن را به راحتی پیدا کنند و در اتمام کارشان به راحتی آن را باز گردانند. چنین تراکم بالایی از ایستگاه‌ها نیاز به سرمایه گذاری چشمگیر داشته و برخی پژوهشگران نیز ذکر کرده‌اند که پوشش بیش از حد، ممکن است تعیین کننده‌ی موفقیت سیستم باشد اما هزینه‌های نگهداری را افزایش داده و عدم موفقیت سیستم در بلند مدت را در پی دارد[۱۰]. با توجه به مرور ادبیات و مطالعات صورت گرفته[۱۱و۱۲و۱۳] و مشاوره با متخصصین و برنامه‌ریزان شهری، فاصله استاندارد و بهینه برای ایستگاه‌های دوچرخه عمومی از یکدیگر در ایران بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر است و از این معیار برای اجرا در این مقاله استفاده گردیده است.

• نزدیک بودن به پارکینگ‌های عمومی

موفقیت پروژه دوچرخه عمومی تا حد زیادی بر نحوه مواجه با تقاضای کاربر بستگی دارد[۱۴]. در مواقعی ممکن است استفاده از خودروی شخصی برای طی بخشی از مسیر مورد نظر کاربر، اجتناب ناپذیر باشد. به این منظور ایستگاه‌های دوچرخه عمومی اگر در کنار پارکینگ‌ها واقع شوند، میتوانند اثرات مطلوبتری از خود نشان داده و موجب استفاده حداکثری ایستگاه‌ها گردد[۸و۱۲]. با توجه به نسبی بودن و عدم قطعیت در تعریف نزدیکی و دوری، در این مقاله از منطق فازی برای محاسبه فاصله از پارکینگ‌ها استفاده شده است.

محاسبات فازی توسط پروفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ به عنوان مُدل‌های زبانی و استنتاج گری تقریبی طرح شد. محاسبات فازی جوابی برای مسائل پیچیده روز می باشد[۱۵]. محاسبات فازی ابزاری مناسب جهت مُدلسازی و حسابگری روی نایقینی‌ها و عدم اطمینان با استفاده از تئوری مجموعه های فازی فراهم می آورد[۱۶]. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغییرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم‌اند صورت بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد[۱۸و۱۷]. به منظور بررسی فاصله از پارکینگ‌ها، پنج تابع عضویت در نظر گرفته شد. در شکل ۱ متغییرهای زبانی و درجه بندی فازی برای معیار مورد نظر نشان داده شده است.



(۰,۵۰,۲۰۰)= خیلی کم
(۵۰,۱۰۰,۲۰۰) = کم
(۳۰۰،۲۰۰،۱۰۰)= متوسط
(۳۵۰،۳۰۰،۲۰۰)= زیاد
(حداکثر فاصله در منطقه،۳۵۰،۲۰۰)= خیلی زیاد

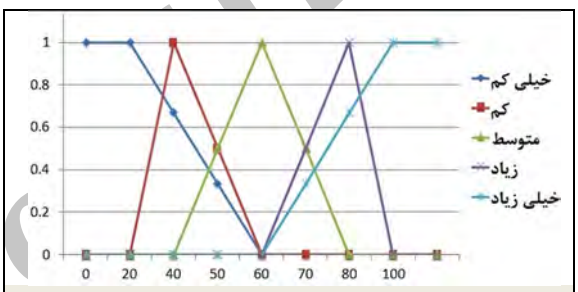
شکل ۱- متغییرهای زبانی و توابع عضویت برای درجه بندی فاصله از پارکینگ‌های عمومی [۵و۱۹]

در این مقاله فاصله کمتر از ۵۰ متر به عنوان فاصله خیلی کم، فاصله بین ۲۰۰-۵۰ متر به عنوان فاصله کم، فاصله بین ۳۰۰-۱۰۰ متر به عنوان فاصله متوسط، فاصله بین ۳۵۰-۲۰۰ متر به عنوان فاصله زیاد و فاصله بیشتر از ۳۵۰ متر به عنوان فواصل خیلی زیاد در نظر گرفته شده است[۵]. به کمک منطق فازی توابع عضویت تعریف شده و برای هر نقطه در هر فاصله‌ای از پارکینگ‌ها، یک درجه عضویت اختصاص می‌یابد.

www.SID.ir

- **فاصله تا تقاطع‌های مهم**

همانطور که ذکر شد، موفقیت پروژه دوچرخه عمومی تا حد زیادی بر نحوه مواجه با تقاضای کاربر بستگی دارد[۱۴]. در همین راستا و با توجه به نقش تقاطع‌ها و شعاع دسترسی بالایی که به جهات و مکان‌های متعدد به وجود می‌آورند، ایجاد ایستگاه‌های دوچرخه عمومی در تقاطع‌های مهم و یا در نزدیکی آنها میتواند به کارایی هر چه بیشتر ایستگاه‌ها کمک کند[۱و۱۴]. با توجه به نسبی بودن و عدم قطعیت در تعریف نزدیکی و دوری، در بررسی این معیار نیز از روش فازی برای ارزیابی فاصله از تقاطع‌های مهم استفاده شده است. برای این منظور، پنج تابع عضویت در نظر گرفته شد. در شکل ۲ متغییرهای زبانی و درجه بندی فازی برای معیار مورد نظر نشان داده شده است.



(۰,۲۰,۶۰)= خیلی کم

(۲۰,۴۰,۶۰) = کم

(۸۰،۶۰،۴۰)= متوسط

(۱۰۰،۸۰،۶۰)= زیاد

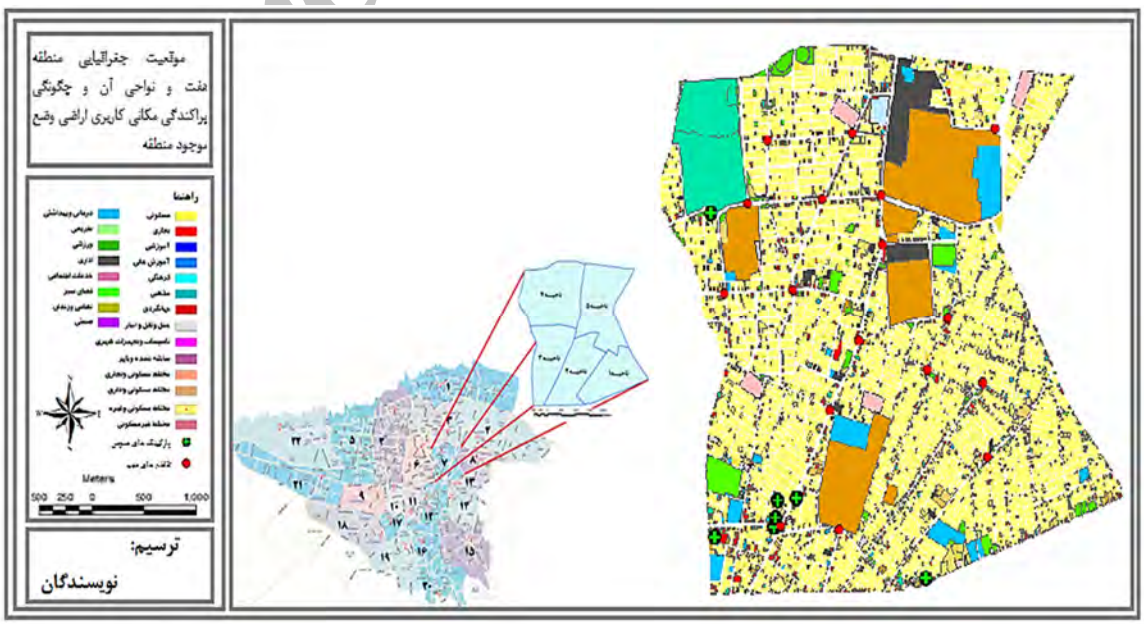
(حداکثر فاصله در منطقه،۶۰،۱۰۰)= خیلی زیاد

شکل ۲- متغییرهای زبانی و توابع عضویت برای درجه بندی فاصله از تقاطع‌های مهم [۵و۱۹]

در این مقاله فاصله کمتر از ۲۰ متر به عنوان فاصله خیلی کم، فاصله بین ۶۰-۲۰ متر به عنوان فاصله کم، فاصله بین ۸۰-۴۰ متر به عنوان فاصله متوسط، فاصله بین ۱۰۰-۶۰ متر به عنوان فاصله زیاد و فاصله بیشتر از ۱۰۰ متر به عنوان فواصل خیلی زیاد در نظر گرفته شده‌اند[۱و۱۴]. به کمک منطق فازی توابع عضویت تعریف شده و برای هر نقطه در هر فاصله‌ای از تقاطع‌های مهم، یک درجه عضویت اختصاص می‌یابد.

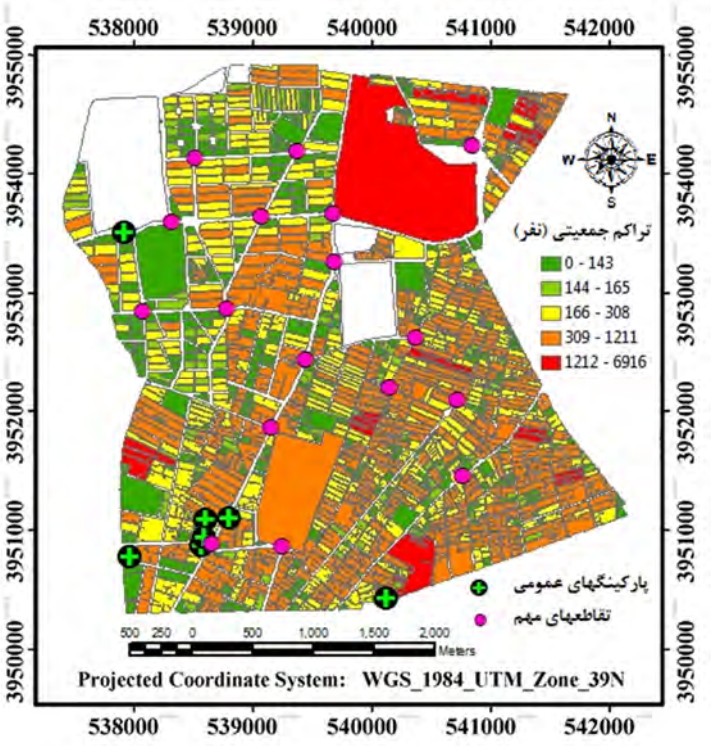
۴-بحث و نتایج

به منظور اجرای عملی روش پیشنهادی و بررسی معیارهای مطرح شده در این تحقیق، منطقه هفت شهر تهران که شامل پنج ناحیه و بیست و دو محله می‌باشد، مورد تحلیل قرار گرفت. این منطقه دارای مساحت تقریبی ۱۲۰۰ هکتار، حدود ۳۰۰هزار نفر جمعیت و ۹۰ کیلومتر مسیر شریانی درجه ۱،۲ و جمع کننده بوده و از شمال به خیابان رسالت، از غرب به بزرگراه مدرس، میدان هفت تیر و خیابان مفتح، از جنوب به خیابان انقلاب، میدان امام حسین و خیابان دماوند، و از شرق به خیابان سبلان و شهید استاد حسن بنا محدود شده است[۲۰]. شکل۳ موقعیت جغرافیایی منطقه هفت، نواحی و همچنین چگونگی پراکندگی کاربری‌ها و شکل۴ نقشه تراکم جمعیتی در این منطقه را نمایش می‌دهد.



شکل۳- موقعیت جغرافیایی منطقه هفت شهر تهران، نواحی و چگونگی پراکندگی مکانی کاربری اراضی آن [۲۰]

www.SID.ir



شکل۴- نقشه تراکم جمعیتی منطقه هفت شهر تهران [۲۰]

با توجه به توضیحات ارائه شده در بخش‌های قبل و استفاده از نرم افزار ArcGIS 10 و همچنین برنامه نویسی تحت Microsoft Visual Studio 2010 نتایج زیر برای منطقه مورد مطالعه به دست آمد.

الف- شاخص دسترسی پذیری

به منظور بررسی قابلیت دسترسی پذیری مناطق مسکونی (جمعیت متقاضی) به مناطق مستعد برای ایستگاه، شاخص بر اساس فاصله مراکز بلوک‌های آماری تا تمام نقاط روی جاده‌های دسترسی اجرا گردید. مشابه این کار برای دسترسی پذیری به کاربری‌های اداری و انتظامی، دسترسی پذیری به کاربری‌های خدمات عمومی شهری شامل کاربری‌های بهداشتی درمانی و آموزشی، دسترسی پذیری به کاربری‌های تجاری، دسترسی پذیری به کاربری‌های فرهنگی و اوقات فراغت شامل کاربری‌های ورزشی، فضای سبز، فرهنگی و مذهبی نیز انجام پذیرفت.

با توجه به استفاده از شاخص مرکز ثقل با در نظر گرفتن رقابت برای ارزیابی دسترسی پذیری، میزان جذابیت برای دسترسی پذیری مناطق مسکونی (جمعیت متقاضی) به مناطق مستعد برای ایستگاه، جمعیت هر بلوک آماری تعیین شد و برای دسترسی پذیری مناطق مستعد برای ایستگاه به سایر کاربری‌های، میزان مساحت هر کاربری به عنوان میزان جذابیت در نظر گرفته شد.

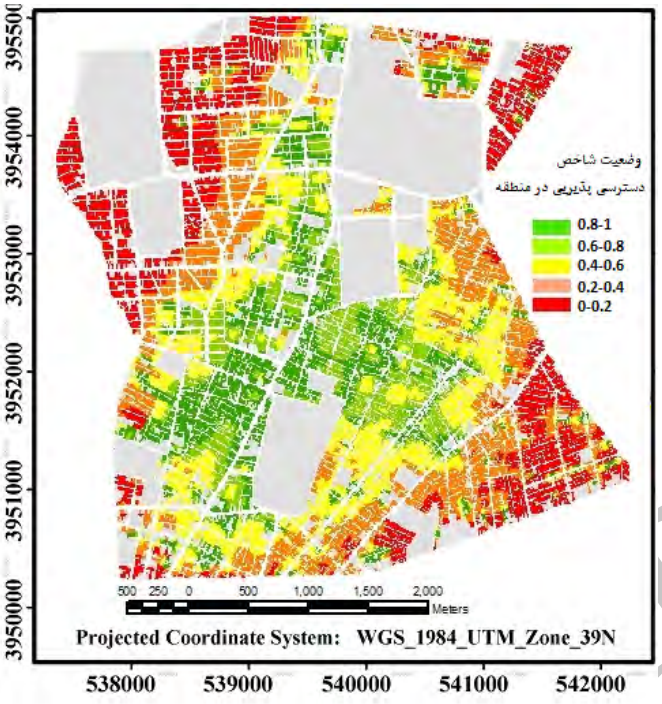
به منظور تحلیل بهتر، نرمال سازی نتایج برای هر کدام از این دسترسی پذیری‌ها با توجه به رابطه زیر صورت پذیرفته است:

$$X_{Normal} = (X - X_{\min}) \Big/ (X_{\max} - X_{\min}) \qquad (۲)$$

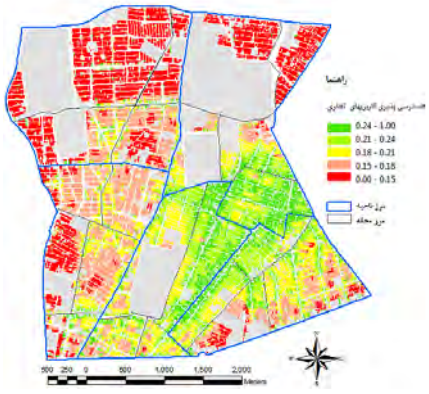
که در آن، X_{Normal} مقدار نرمال شده، X مقدار مورد نظر برای نرمال سازی، $X_{\min}$ کمترین مقدار موجود در آنالیز، $X_{\max}$ بیشترین مقدار موجود در آنالیز می‌باشد.

به این ترتیب مقادیر قابلیت دسترسی بین صفر و یک قرار می‌گیرند، که صفر به معنای حداقل دسترسی و یک نشان دهنده‌ی حداکثر دسترسی می‌باشد. این کار برای پنج دسترسی پذیری عنوان شده انجام گرفت و میانگین آنها به عنوان شاخص دسترسی پذیری نهایی اعمال گردید (شکل‌های ۵ تا ۱۰).

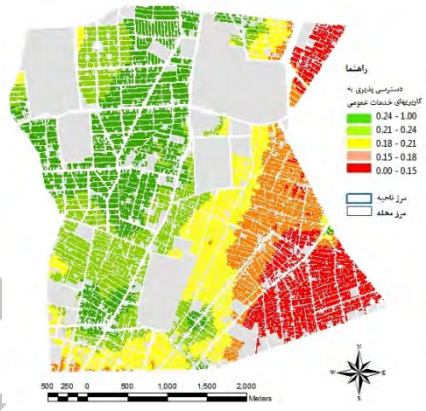
Archive of SID
www.SID.ir



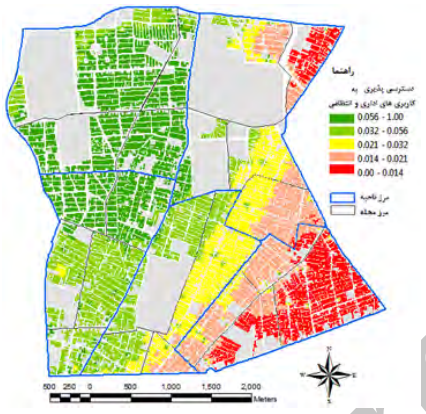
شکل۵- میزان قابلیت دسترسی پذیری نهایی در منطقه



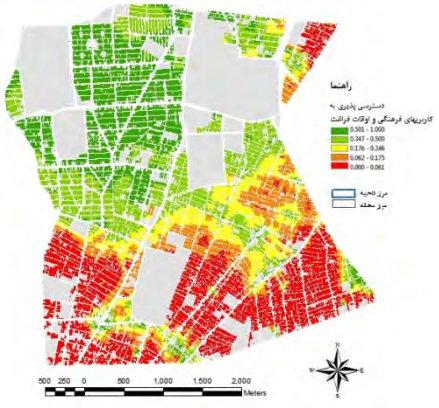
شکل۶- قابلیت دسترسی به کاربری‌های تجاری



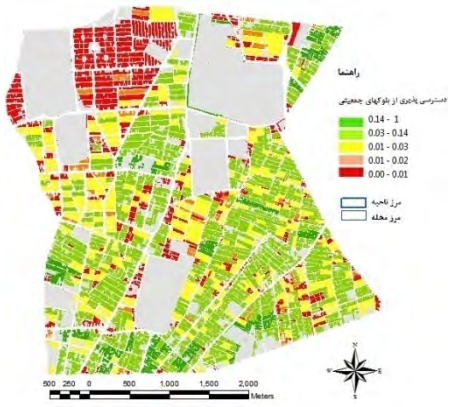
شکل۷- قابلیت دسترسی به کاربری‌های خدمات عمومی



شکل۸- قابلیت دسترسی به کاربری‌های تجاری اداری و انتظامی



شکل۹- قابلیت دسترسی به کاربری‌های فرهنگی و اوقات فراغت



شکل۱۰- قابلیت دسترسی از مناطق مسکونی (جمعیت متقاضی)

www.SID.ir

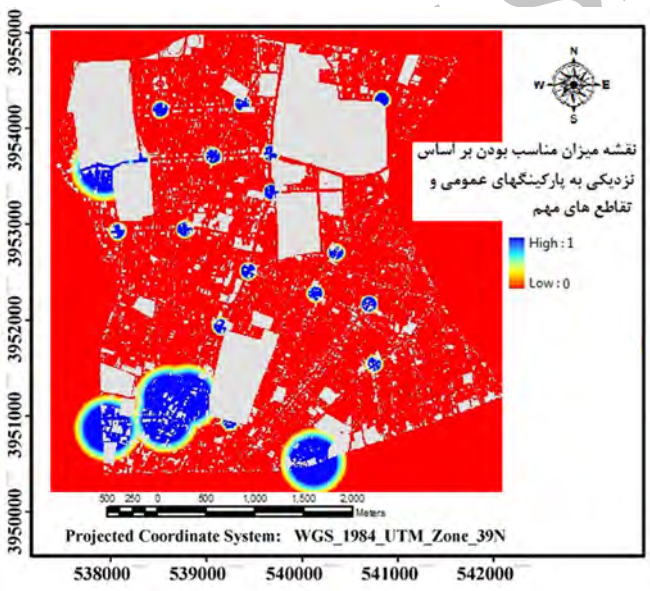
ب- شاخص نزدیک بودن به پارکینگ‌های عمومی و فاصله تا تقاطع‌های مهم

به منظور بررسی شاخص نزدیک بودن به پارکینگ-های عمومی و فاصله تا تقاطع‌های مهم، به کمک برنامه نویسی و نرم افزار ArcGIS 10 و بر اساس منطق فازی، تمام نقاط روی جاده‌های دسترسی بر پایه میزان دوری و نزدیکی ارزش گذاری شدند. برای تعریف توابع عضویت روی پیکسل‌های ارزش گذاری شده، از ابزار Raster Calculator استفاده شد. این ابزار با زبان مخصوص به خود کد نویسی می‌شود. برای تعریف تابع عضویت فواصل، کدها به شکل زیر وارد شده و به پیکسل‌ها درجه عضویت داده میشود.

پس از تعریف تابع عضویت، قوانین بر حسب دوری و نزدیکی نسبت به هر یک از این پارامترها تعریف می‌شوند.

به علت بررسی دو شاخص از این طریق و اینکه توابع عضویت هر یک از شاخص‌ها به پنج گروه فاصله‌ی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شدند، در نهایت ۲۵ قانون تعریف گردید.

برای تهیه خروجی نهایی تلفیق این دو شاخص، از سیستم فازی سوگنو استفاده شد. سیستمی که در آن، قاعده فازی از یک عبارت توصیفی با مقادیر زبانی، به یک رابطهٔ ساده تبدیل شده و خروجی سیستم به صورت غیر فازی که دیگر نیازی به اعمال عملگر بر روی سیستم و غیر فازی کردن نمی‌باشد، است. نتیجه این عملیات یک نقشه ارزش گذاری شده است که مقدار هر پیکسل بین صفر و یک است، که صفر به معنای حداقل مناسب بودن و یک نشان دهنده‌ی حداکثر مناسب بودن می‌باشد (شکل ۱۱).

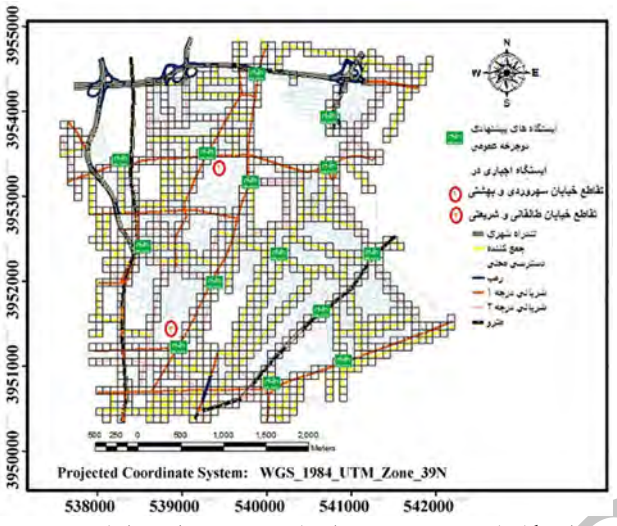


شکل ۱۱- میزان شاخص نزدیک بودن به پارکینگ‌های عمومی و فاصله تا تقاطع‌های مهم در منطقه بر اساس منطق فازی

همانطور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، در مکان‌هایی که هم به پارکینگ‌های عمومی و هم به تقاطع های مهم نزدیک هستند (مطالبق شکل‌های ۴و۵)، مانند جنوب غربی و شمال غربی منطقه مورد مطالعه، درجه تناسب حاصل از این دو معیار در آن مناطق بیشتر است و هر بخش با توجه به ۲۵ قانون تعریف شده فازی و سیستم فازی سوگنو، در نهایت درجه‌ای از تناسب را دریافت نموده است. نمایش نتایج به دست آمده به صورت شکل ۱۱ میتواند به علت بزرگ بودن ابعاد منطقه مورد مطالعه (۴ کیلومتر در ۶ کیلومتر) در برابر فواصل نسبتاً کمی که برای تعریف دوری و نزدیکی از پارکینگ‌های عمومی(حداکثر تا ۳۵۰ متر) و فاصله تا تقاطع‌های مهم (حداکثر تا ۱۰۰ متر) در نظر گرفته شده است، باشد.

در نهایت به منظور برنامه‌ریزی مکانی بهینه برای ایستگاه های دوچرخه عمومی، شاخص‌های دسترسی پذیری، نزدیکی به تقاطع‌های مهم و پارکینگ‌های عمومی با وزن یکسان ترکیب شدند و با توجه به شاخص فاصله ایستگاه‌ها از هم و انتخاب دو نقطه مهم به عنوان ایستگاه‌های اجباری دوچرخه عمومی، یکی در تقاطع خیابان طالقانی و شریعتی و دیگری در تقاطع خیابان سهروردی و بهشتی، نتیجه روش اجرا شده در شکل ۱۲مشاهده می‌شود.

www.SID.ir



شکل ۱۲- ایستگاه‌های دوچرخه عمومی انتخاب شده در منطقه بر اساس روش پیشنهادی

با توجه به نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی، چهارده ایستگاه برای منطقه مورد مطالعه مشخص گردید. حداقل فاصله بین ایستگاه‌های پیشنهاد شده ۸۶۰ متر و حداکثر فاصله بین آنها برابر ۱۱۹۵ میباشد، که با توجه به شاخص‌های موجود در ایران و شرایط منطقه مورد مطالعه (مساحت ۱۲۰۰هکتاری، جمعیت حدود۳۰۰هزارنفری و دارا بودن حدود ۹۰ کیلومتر مسیر شریانی درجه ۱، شریانی درجه ۲ و جمع کننده)، هم از نظر فاصله بین ایستگاه‌ها در شرایط استاندارد قرار دارد و هم از نظر اقتصادی (جهت راه اندازی و نگهداری سیستم) در شرایط مطلوبیست. ایستگاه‌های پیشنهاد شده در مجاورت مسیرهای شریانی درجه ۱، شریانی درجه ۲ و جمع کننده بوده و این امر کارایی ایستگاه‌ها را بیشتر میکند. ضمن اینکه به علت دخیل کردن معیارهای مهمی مثل دسترسی‌پذیری از مناطق مسکونی بر حسب تعداد جمعیت آن، دسترسی پذیری به کاربری‌های اداری و انتظامی، دسترسی پذیری به کاربری‌های خدمات عمومی شهری شامل کاربری‌های بهداشتی درمانی و آموزشی، دسترسی پذیری به کاربری‌های تجاری، دسترسی پذیری به کاربری‌های فرهنگی و اوقات فراغت شامل کاربری‌های ورزشی، فضای سبز، فرهنگی و مذهبی، بر حسب مساحت آنها و نزدیکی به تقاطع‌های مهم و پارکینگ های عمومی، نیاز کاربر به خوبی مُدل شده و نتایج به دست آمده نیز این موضوع را تایید می‌کند.

۵-نتیجه‌گیری

با توجه به رشد روز افزون استفاده از وسایل حمل و نقل موتوری و مشکلات متعددی که این مسئله بوجود می‌آورد، الگوهای برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری به سمت استفاده از دوچرخه و راه اندازی مناسب و بهینه‌ی طرح‌های دوچرخه عمومی متمایل شده است. در این راستا یکی از کلیدهای موفقیت پروژه‌های دوچرخه‌ی عمومی، مکان ایستگاه‌های دوچرخه و ارتباط آنها با معیارهای مختلف تقاضای سفر است که از لحاظ تحلیل‌های مکانی، کمتر مورد توجه مطالعات گذشته قرار گرفته است.

امروزه GIS به دلیل توانایی انجام تحلیل‌های پیچیده و اجرای مُدل‌های مکانی چند معیاره، قابلیت بکارگیری در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل و مهندسی را در سطح گسترده و با دقت بالایی را دارا می‌باشد. این تحقیق، یک مدل برنامه‌ریزی مکانی برای ایستگاه‌های دوچرخه عمومی با استفاده از GIS و تصمیم‌گیری چند معیاری پیشنهاد می‌کند. در روش ارائه شده، شاخص‌های دسترسی‌پذیری از مناطق مسکونی بر حسب تعداد جمعیت آن، دسترسی پذیری به کاربری‌های اداری و انتظامی، دسترسی پذیری به کاربری‌های خدمات عمومی شهری شامل کاربری‌های بهداشتی درمانی و آموزشی، دسترسی پذیری به کاربری‌های تجاری، دسترسی پذیری به کاربری‌های فرهنگی و اوقات فراغت شامل کاربری‌های ورزشی، فضای سبز، فرهنگی و مذهبی، بر حسب مساحت آنها، نزدیکی به تقاطع‌های مهم و پارکینگ‌ها و همچنین فاصله بین ایستگاه‌های دوچرخه عمومی مورد توجه قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور مُدلسازی روش ارائه شده از تحلیل‌های مکانی GIS و در خصوص برخی معیارها، با توجه به عدم قطعیت در نظرات کارشناسی، از منطق فازی استفاده شد. به منظور برنامه‌ریزی مکانی ایستگاه‌های دوچرخه عمومی، شاخص‌های ذکر شده با هم تلفیق شدند. با توجه به نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی، چهارده ایستگاه برای منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که هم از نظر فاصله بین ایستگاه‌ها در شرایط استاندارد قرار دارد و هم از نظر اقتصادی (جهت راه اندازی و نگهداری سیستم) در شرایط مطلوبیست. نتایج به دست آمده از مُدل ارائه شده حاکی از توانایی و کارا بودن مدل فوق در برنامه‌ریزی مکانی ایستگاه‌های دوچرخه عمومی و همچنین تعیین میزان محدودیت‌ها و توانایی‌های هر نقطه از منطقه در رابطه با هر کدام از شاخص‌های مورد نظر، می‌باشد. نتایج حاصل از روش ارائه شده می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب جهت اخذ تصمیم‌های بهینه در اختیار تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان حمل و نقل شهری قرار گیرد.

اگر چه مُدل ارائه شده‌ی در این تحقیق می‌تواند برنامه‌ریزی مکانی مناسبی برای ایستگاه‌های دوچرخه عمومی داشته باشد، با این وجود، موفقیت به دست آمده به معنای حل کامل این مسئله نبوده و همچنان تحقیقات مختلف دیگری در این راستا باید مد نظر قرار بگیرد. بدیهی است استفاده از نظرات تعداد بیشتر کارشناسان در یک محیط تصمیم گیری گروهی، لحاظ نمودن شاخص‌های دیگر، نظیر نزدیکی به وسایل حمل و نقل عمومی مثل مترو و اتوبوس‌های تندرو، جهت تلفیق مسیرهای دوچرخه با این مسیرها و همچنین انجام تجزیه و تحلیل حساسیت، به منظور مشخص نمودن اینکه نتیجه نهایی چه مقدار حساس به عدم حضور یک شاخص در نتایج نهایی است، می‌تواند روش ارائه شده را بهبود بخشد.

مراجع

[1] Martens, K. (2007), “Promoting bike and ride: the Dutch experience.” Transportation Research A, Vol.41, PP. 326-338.

[2] Heinen, E., van Wee, B., & Maat, K. (2010), “Commuting by bicycle: an overview of the literature.” Transport Reviews, Vol.30, No.1, PP. 59–96.

[3] Dill, J., & Voros, K. (2007), “Factors affecting bicycling demand: Initial survey findings from the Portland region.” Transportation Research Board, Washington D.C.

[4] Shaheen, S., Guzman, S., & Zhang, H. (2010), “Bikesharing in Europe, the Americas, an Asia: past, present, and future.” Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C.

[5] Lin, J. R., & Yang, T. H. (2011), “Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints.” Transportation Research E, Vol.47, PP. 284–294.

[6] Song, Y., Gerrit J. K. (2004), “Measuring the effects of mixed land uses on housing values.” Regional Science and Urban Economics, Vol. 34, No. 6, PP. 663-680.

[7] Weibull, J W. (1976), “An axiomatic approach to the measurement of accessibility.” Regional Science and Urban Economics, Vol. 6, PP. 357-379.

[8] Karst T. Geurs, Van Wee, B. (2004), “Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions.” Journal of Transport Geography, Vol. 12, PP. 127-140.

[9] Song, Y., Sohn, J. (2005), “Valuing spatial accessibility to retailing: A case study of the single family housing market in Hillsboro, Oregon.” Journal of Retailing and Consumer Service.

[10] Shu, J., Chou, M., Liu, Q., Teo, C. P., & Wang, I. L. (2010), “Bicycle-sharing system: Deployment, utilization and the value of re-distribution.” Singapore: National University of Singapore-NUSBusinessSchool.http://www.bschool.nus.edu.sg/Staff/bizteocp/BS2010.pdf.

[۱۱] پرهیزکار، ا.، شکوهی، ح.، ۱۳۷۶، "الگوی مناسب مکان گزینی مراکز خدمات شهری"، فصل‌نامه مدرس، شمارش۴.

[۱۲] سعید نیا، ا.، ۱۳۸۳، "کتاب سبز راهنمای شهرداری‌ها: کاربری زمین شهری"، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

Archive of SID
www.SID.ir

[۱۳] حبیبی، ح.، مسائلی، ص.، ۱۳۷۸، "سرانه‌های فضاهای شهری"، سازمان ملی زمین و مسکن.

[14] Rybarczyk, G., & Wu, C. (2010), “Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis.” Applied Geography, Vol.30, PP. 282-293.

[15] Lee, S. (2007), “Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping.” Environmental Geology, Vol.52, PP. 615-623.

[16] Rabinowitz, N. (1988), “Torild Van Eck, A note on the fuzzy set theory concept, with an application to seismic hazard analysis.” BSSA, Vol.78, No.4, PP. 1603-1610.

[17] Cheng, C.H. (1998), “A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method.” Fuzzy Sets and Systems, Vol. 95, No.3, PP. 307-317.

[18] Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K. (2010), “Multi-criteria decision making approach for location planning of urban distribution centers under uncertainty.” Mathematical and Computer Modeling, Vol.30 ,No. 4, PP. 289-307.

[19] Zadeh, L. A. (1965), “Fuzzy sets.” Information and control, Vol.8, PP. 338-353.

[۲۰] مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۸۵، قرار داد همکاری با شهرداری و بررسی مسائل توسعه منطقه هفت شهر تهران، شهرداری تهران، ایران.

[21] Larsen, J., Patterson, Z., & El-Geneidy, A. (2013), “Build it. But where? The use of geographic information systems in identifying locations for new cycling infrastructure.” International Journal of Sustainable Transportation, Vol.7 ,No. 4, PP. 299-317.

[22] Milakis, D., Athanasopoulos, K. (2014), “What about people in cycle network planning? applying participative multicriteria GIS analysis in the case of the Athens metropolitan cycle network.” Journal of Transport Geography, Vol.35, PP.120–129.

[23] Rixey, R. ,Fehr & Peers. (2013), “Station-Level Forecasting of Bikesharing Ridership.” Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2387, PP.46-55.

[۲۴] اسدالهی، ر.، ۱۳۹۱، "استفاده از نرم افزار TransCad جهت تعیین مسیرهای مناسب دوچرخه سواری"، کنفرانس ملی زیرساختهای حمل و نقل، ۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۳۹۱-دانشگاه علم و صنعت ایران.

[۲۵] رضایی، م.، حیدری، ی.، نظری مهر، ا.، ۱۳۹۱، ارزیابی معیارهای مکان گزینی مسیرهای پیشنهادی دوچرخه سواری با استفاده از مدل AHP نمونه موردی: شهر یزد، دوازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، ۱ و ۲ اسفند ماه ۱۳۹۱- سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران.

[۲۶] تقوایی، م.، فتحی، ع.، ۱۳۹۰، معیارهای مکان گزینی و طراحی مسیرهای دوچرخه سواری، جامعه شناسی کاربردی، سال بیست و دوم، شماره پیاپی ۴۳، شماره سوم، صفحات ۱۳۵-۱۵۲.

Archive of SID

www.SID.ir