فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیستم، شماره ۸۰، بهار ۱۳۹۹، ص. ۵۸-۴۷

مکانیابی ایستگاه‌های دوچرخه به منظور استقرار رک‌های دوچرخه در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران در محیط GIS

هیما ساکی (مسئول مکاتبات)، کارشناس ارشد مهندسی راه و ترابری، مهندسین مشاور ایمن تردد
احمدرضا مشایخی، کارشناس ارشد مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، مهندسین مشاور ایمن تردد
محمدرضا توکل، کارشناس ارشد مهندسی راه و ترابری، مهندسین مشاور راه‌های طلایی البرز
E-mail: saki.hima@gmail.com

چکیده

افزایش تعداد استفاده‌کنندگان دوچرخه به عنوان یکی از مدهای حمل و نقل پایدار علاوه بر کمک به کاهش ازدحام ترافیکی، در کاهش آلودگی هوا ناشی از حمل و نقل موتوری موثر است. یکی از مهمترین عوامل کارآمدبودن شبکه دوچرخه اشتراکی در سهولت حمل و نقل، تحلیل مکانی ایستگاه دوچرخه اشتراکی است. در این مطالعه تحلیل مکانی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران بر اساس ده معیار اولیه (فاصله از فضاهای سبز، فاصله از مراکز تفریحی، فرهنگی و ورزشی، فاصله از مراکز تجاری، فاصله از مراکز آموزشی (دبیرستان، دانشگاه و مؤسسات آموزشی)، تراکم جمعیت، فاصله از خطوط موجود دوچرخه، فاصله از ایستگاه مترو، فاصله از پایانه اتوبوس و تاکسی و شیب طولی و یک معیار کنترلی (فاصله بین ایستگاه‌های پیشنهادی ۳۵۰ متر باشد)، با کمک روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یکی از مهترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در کنار سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS تعیین شده است. از نتایج این تحقیق ارائه مطلوبترین مکان استقرار ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران است.

واژه‌های کلیدی: دوچرخه اشتراکی، تحلیل سسله مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی

۱. مقدمه

امروزه دستیابی به تحرک شهری پایدار به عنوان یکی از مهمترین اصول توسعه پایدار، بزرگترین چالش پیش‌رو در توسعه شهرهاست. تلاش برای توسعه حمل و نقل شهری بدون در نظر گرفتن اصول توسعه پایدار، می‌تواند منجر به مخاطراتی از جمله افزایش بیماری‌ها در کنار افزایش مشکلات اجتماعی و محیط زیستی شود.

تغییر تقاضای حمل و نقل موتوری به پیاده روی و دوچرخه سواری علاوه بر فوایدی چون افزایش فعالیت بدنی برای کاربران، موجب کاهش آلودگی هوا و کاهش ازدحام ترافیکی می‌شود. برنامه ریزان شهری باید ساز و کاری جهت تشویق مردم به استفاده از حمل و نقل عمومی یا سیستم‌های اشتراک وسایل نقلیه، ایجاد کنند.

سیستم دوچرخه اشتراکی[1]، به سرعت در سراسر جهان، به عنوان راهکار دیگری برای کاهش ازدحام ترافیکی و آلودگی هوا جایگاه ویژه‌ای پیدا کرد. سیستم اشتراک دوچرخه متشکل از چندین ایستگاه کرایه دوچرخه با تعداد مشخصی رک دوچرخه است. کاربران می‌توانند دوچرخه‌های موجود در هر ایستگاه را تا ایستگاه دوچرخه نزدیک به مقصد موردنظرشان جابه جا کنند و هزینه‌ای بابت پارک دوچرخه پرداخت نکنند و تنها کرایه دوچرخه را بپردازند.

نخستین تاریخ استفاده از سیستم دوچرخه اشتراکی سال ۱۹۶۵ در شهر آمستردام در کشور هلند بوده است. پس از آن شیوه‌های متنوعی از اجرای سیستم دوچرخه اشتراکی ارائه شده است. سیستم سپرده امانت[2] به عنوان آینده سیستم دوچرخه اشتراکی متصور است. این سیستم نخستین‌بار در سال ۱۹۹۱ در کشور دانمارک معرفی شد. بعدها با پیدایش دوچرخه اشتراکی هوشمند، تحولی بزرگ در این سیستم رخ داد. این سیستم به عنوان یک سیستم مبتنی بر IT شناخته می‌شود و نخستین‌بار در سال ۱۹۹۶ در دانشگاهی در انگلیس معرفی شد.

در کنار انتخاب نحوه سرویس‌دهی سیستم دوچرخه اشتراکی، تعیین مکان بهینه ایستگاه نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای ایجاد یک شبکه منسجم و کارآمد دوچرخه باید ملاحظاتی مانند؛ تعیین موقعیت مکانی ایستگاه‌های اشتراک دوچرخه با در نظر گرفتن مراکز جذب و تولید سفر و استفاده‌کنندگان از سیستم‌های حمل و نقل عمومی در نظر گرفته شود.

در واقع تسهیلات شهری باید عادلانه و یکنواخت در سطح شهر توزیع شوند. با این حال دیدگاه‌های متفاوتی در مورد این موضوع مطرح است. به عنوان مثال برخی معتقدند تسهیلات باید با الویت بندی در سطح شهر توزیع شوند و با توزیع یکنواخت تسهیلات مخالف هستند.

به طور کلی دو رویکرد در تحلیل مکانی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی مطرح است. رویکرد اول وابسته به اطلاعات مکانی مرتبط با فعالیت‌های انسانی است که نقش موثری در تعیین تقاضای دوچرخه دارند و عموما به طور یکنواخت در سراسر شبکه مورد مطالعه توزیع شده‌اند. به منظور ارزیابی این دسته از اطلاعات سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS به عنوان ابزاری کارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرد. رویکرد دوم وابسته به اطلاعاتی است که لزوما دارای اهمیت یا توزیع یکنواختی در سراسر شبکه مورد مطالعه نیستند. به عنوان نمونه مطالعاتی که در آن "تراکم جمعیت" به عنوان پارامتر تعیین کننده در تعیین محل ایستگاه‌ها در نظر گرفته شده است. یا مطالعه دیگری که در آن نزدیکی به سامانه حمل و نقل ریلی به عنوان پارامتر اصلی تعیین کننده، در نظر گرفته شده است.

به دلیل چالش‌های مذکور در تعیین مکان بهینه ایستگاه‌هاست که کاربران در تمامی نقاط شبکه مورد مطالعه، به طور یکسان از مزایای استفاده از شبکه دوچرخه اشتراکی بهره‌مند نمی‌شوند. مطالعات آماری نشان‌دهنده آن است که به دلیل مکانیابی نامناسب ایستگاه‌های دوچرخه، بخش عمده‌ای از شهروندان آمریکای شمالی در سفرهای درون شهری خود قادر به استفاده از سیستم دوچرخه اشتراکی نیستند.

۲. تعریف مسأله و اهداف تحقیق

هدف از مطالعه پیش‌رو تحلیل موقعیت مکانی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران است. نخستین گام در تحلیل مکانیابی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی، تعیین معیارهای کنترل کننده است. معیارهای مفروض در این تحقیق شامل، فاصله از فضاهای سبز، فاصله از مراکز تفریحی، فرهنگی و ورزشی، فاصله از مراکز تجاری، فاصله از مراکز آموزشی (دبیرستان، دانشگاه و مؤسسات آموزشی)، تراکم جمعیت، فاصله از خطوط موجود دوچرخه، فاصله از ایستگاه مترو، فاصله از پایانه اتوبوس و تاکسی و شیب طولی مسیر هستند.

در (جدول ۱) فاکتورهای مهم دخیل در تحلیل مکانی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی و تعریف مطلوبیت هر پارامتر ارائه شده است.

جدول ۱. معیارهای تحلیل مکانی ایستگاه‌های دوچر خه اشتراکی و تعریف مطلوبیت هر معیار

معیار	چگونگی مطلوبیت معیار
فاصله از ایستگاه مترو	هرچه نزدیکتر بهتر
فاصله از پایانه اتوبوس و تاکسی	هرچه نزدیکتر بهتر
فاصله از تقاطعات مهم منطقه ٤ شهرداری تهران	هرچه نزدیکتر بهتر
فاصله از مراکز آموزشی (دبیرستان، دانشگاه و مؤسسات آموزشی)	هرچه نزدیکتر بهتر
فاصله از مراکز تفریحی، فرهنگی و ورزشی	هرچه نزدیکتر بهتر
فاصله از مراکز تجاری	هرچه نزدیکتر بهتر
فاصله از فضاهای سبز	هرچه نزدیکتر بهتر
فاصله از خطوط مصوب دوچرخه	هرچه نزدیکتر بهتر
فاصله بین ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی پیشنهادی	فاصله مطلوب یک بافر ۳۰۰ الی ۵۰۰ متری مفروض شده، این مقدار بر اساس فاصله مطلوب پیاده‌روی بین ایستگاه‌های پیشنهادی در نظر گرفته شده است.
شیب	شیب بین ۰ الی ۸ درجه قابل قبول است.(بین ۰ تا ٤ کاملا مطلوب و بین ٤ الی ۸ قابل قبول است.) در نهایت شیب بیشتر از ۸ درجه غیر قابل قبول است.
تراکم جمعیت	به ازای هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت یک ایستگاه دوچرخه مورد نیاز است.

۳. مروری بر مطالعات پیشین

در مطالعات صورت گرفته در زمینه تحلیل مکانی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی، مدل‌های مختلفی به منظور ارزیابی نتایج به کار گرفته شده است. برخی از این مدل‌ها شامل؛ مدل‌های ریاضی، مسأله‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه[۳]، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS یا تلفیقی از روش‌های مذکور است.

در سال ۲۰۱٦ مطالعه‌ای به منظور ارتقای سیستم کرایه دوچرخه در دپارتمان حمل و نقل شهر تایپه در کشور تایوان صورت گرفت. در این مطالعه مکان‌هایی که نیازمند ایجاد ایستگاه جدید به منظور ارتقای شبکه فعلی دوچرخه هستند، شناسایی شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد آنالیز زمانی- مکانی[٤]، موقعیت ایستگاه‌های جدید مورد نیاز جهت تکمیل شبکه دوچرخه را به خوبی تعیین می‌کند و در نتیجه موجب ارتقای شبکه فعلی خواهد شد.

در سال ۲۰۱۷ در مطالعه‌ای در کشور ترکیه، تحلیل موقعیت مکانی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی، با تلفیق روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS تعیین شده است. در این مطالعه ۱۳ زیر معیار در ۳ گروه اصلی وابسته به تحرک شهری (نزدیکی به مراکز خرید، نزدیکی به مراکز آموزشی، نزدیکی به مراکز فرهنگی و ...)، وابسته به تقاضای سفر (تراکم جمعیت و نزدیکی به جمعیت جوان) و وابسته به حمل و نقل عمومی (نزدیکی به شبکه اتوبوسرانی، نزدیکی به قطارشهری و ...) مفروض گردیده است. در این مطالعه وزن معیارها با کمک فازی AHP به دلیل مدیریت عدم قطعیت، تعیین شده است. در نهایت ایستگاه‌های تعیین شده با کمک روش تصمیم‌گیری چند معیاره TOPSIS اولویت بندی شده است.

همچنین در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۸ در شهر مشهد انجام شد، موقعیت مکانی ایستگاه‌های موجود دوچرخه اشتراکی ارزیابی و موقعیت جدید احداث ایستگاه در سطح شهر مشهد تعیین شده است. معیارهای مفروش در این مطالعه شامل ۷ معیار فاصله از قطار شهری، فاصله از سایر ایستگاه‌ها، فاصله از تقاطعات مهم شهر، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از مراکز آموزشی-تفریحی-تجاری، شیب و نزدیکی به مسیر دوچرخه است. در این مطالعه از روش AHP به منظور وزن‌دهی معیارها در محیط GIS استفاده شده است. همچنین به منظور اولویت‌بندی ایستگاه‌ها، روش تصمیم‌گیری چند معیاره به کار برده شده است. بر اساس این تحقیق تعداد ۵۱ ایستگاه از ۱۲۸ ایستگاه مورد مطالعه دارای مطلوبیت نیستند و در نتیجه نیاز به بازنگری در نحوه توزیع ایستگاه‌ها وجود دارد.

در مطالعه دیگری که در سال ۲۰۱۸ در کشور ترکیه انجام شد، موقعیت کنونی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی در شهر ازمیر، با تلفیق روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS ارزیابی و موقعیت پیشنهادی برای ایستگاه‌های جدید معرفی شده است. در این مطالعه ۱۲ معیار اصلی در نظر گرفته شده است. در این تحقیق از روش AHP به منظور وزن‌دهی معیارها و از روش تصمیم‌گیری چند معیاره MOORA° به منظور اولویت‌بندی ایستگاه‌ها استفاده شده است. نتیجه این تحقیق برتری ایستگاه‌های پیشنهادی، نسبت به ایستگاه‌های موجود است.

در سال ۱۳۹٤ در مطالعه‌ای که در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران انجام شد، با استفاده از انتخاب شبکه دوچرخه مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی و بکارگیری مدل های ریاضی در ترکیب و استخراج اطلاعات مدلی ترکیبی جهت طراحی شبکه ارائه شده است. از جمله قابلیت های این مدل ترکیبی، می توان به سنجش پارامترهای متعدد و قابلیت آنالیزهای چند معیاره، تحلیل معیارها در موقعیت مکانی و ارزیابی تاثیر آنها براساس پارامترهای زمینی نسبت به یکدیگر و همچنین تسریع در فرآیند محاسبات اشاره نمود. تعیین معیار و زیر معیارهای مرتبط با دوچرخه سواری، مقایسه زوجی پارامترها، بدست آوردن ارزش کمی آن‌ها، تولید لایه مکانی همراه ارزش کمی مربوطه و در نهایت همپوشانی و تولید خروجی مراحل انجام این تحقیق
می باشند.

٤. متدولوژی انجام تحقیق

روش تحقیق تحلیلی- توصیفی و بر مبنای منابع الکترونیکی و کتابخانه‌ای است. پس از طرح مسأله و بیان اهداف تعریف آن می‌توان مراحل کلی انجام این پژوهش را به شرح ذیل بیان کرد؛

۱- شناسایی معیارهای مهم در تعیین مکانیابی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی، برای این منظور پس از مطالعه تحقیقات پیشین در این زمینه و کسب نظرات کارشناسان و خبرگان حمل و نقل، معیارهای مهم در مکان‌گزینی ایستگاه‌ها تعیین گردید.

۲- وزندهی معیارها بر اساس تحلیل سلسله مراتبی AHP، باتوجه به روش تحقیق، وزن‌دهی به معیارها با استفاده از پرسشگری از متخصصان و صاحب‌نظران در حمل و نقل انجام گرفت و روش مورداستفاده برای به دست یافتن وزن

مناسب هر معیار، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) معرفی گردید.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه می‌باشد. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد؛ به علاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است.

در مطالعه پیش‌رو از طریق مقایسه معیارها ارزش یا وزن هر معیار تعیین گردیده است. مقایسه بین معیارها دارای ارزش یا وزن بین ۱ تا ۹ است. که عدد ۱ به معنای اهمیت یکسان بین دو معیار مقایسه شده و عدد ۹ به معنای بیشترین اهمیت یک معیار بر معیار دیگر است. در این مقایسه زوجی از نتایج پرسشگری از تعداد ۲۵ نفر از کارشناسان حمل و نقل و ترافیک آشنا به منطقه ٤ شهرداری تهران، استفاده شده است.

۳- رسترسازی لایه‌های اطلاعاتی تحقیق؛ اطلاعات و معیارها در منطقه مورد مطالعه از نوع فایل رستر[٦] (سلول شکل) می‌باشد لذا برای انجام تصمیم‌گیری‌های چند معیاره توسط GIS مانند مکانیابی، هر معیار به یک لایه اطلاعات مکانی تبدیل شده است. لایه‌های اطلاعاتی مجموعه ای از پیکسل ها هستند که هر پیکسل در هر لایه دارای ارزشی است که بیانگر درجه عضویت آن پیکسل به لایه مربوطه است.

٤- محاسبه فاصله اقلیدسی برای هر معیار، نزدیک بودن به معیارها یا فاصله داشتن از معیارها، نکته اصلی هر مکانیابی می‌باشد. برای یافتن این فاصله از فاصله اقلیدسی کمک گرفته شده است. فاصله اقلیدسی [٧] فاصله خط مستقیم مابین موقعیت مرکز هر سلول از لایه رستری تا نزدیک‌ترین عارضه منبع را محاسبه نموده و در موقعیت آن سلول، در لایه رستر خروجی ذخیره می‌نماید. همانطور که مطرح شد، از آنجا که اطلاعات و معیارها از نوع فایل رستر می‌باشند از آنالیز فاصله اقلیدسی استفاده شده است.

٥- استانداردسازی معیارها بر اساس تابع عضویت فازی[٨]، استانداردسازی معیارها با استفاده از تابع عضویت فازی انجام گردید. ابزارهای فازی در GIS این استانداردسازی را انجام می‌دهند و تمامی معیارهای از لحاظ عددی در یک بازه بین ۰ و ۱ قرار می‌گیرند.

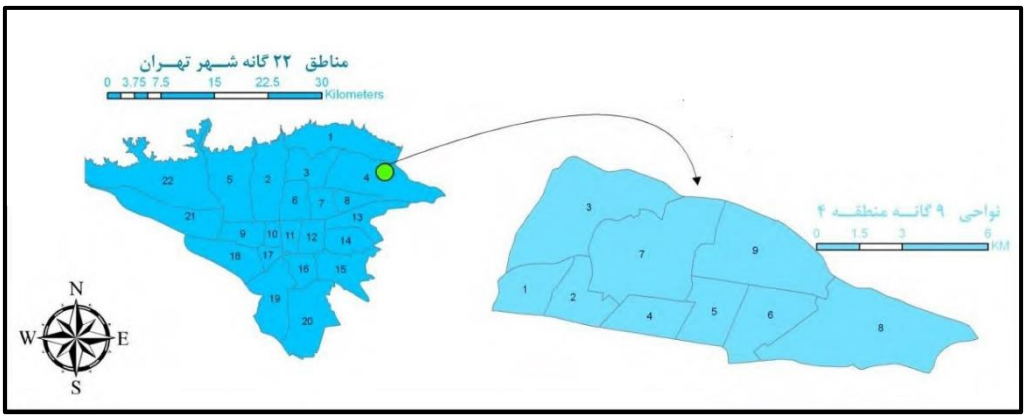
٦- وزن‌دهی به معیارها با استفاده از اوزان AHP، در این مرحله لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده برای هر معیار، از طریق نتایج وزن‌دهی از طریق AHP از لحاظ میزان تأثیری که در تحلیل مکانی ایستگاه دوچرخه اشتراکی در منطقه ٤ شهرداری تهران دارند، وزن دهی و ارزش‌گذاری شده‌اند. در این مرحله مکان‌های مطلوب و غیر مطلوب از لحاظ معیارهای حمل و نقلی ذکر شده در بند ۲ تحقیق مشخص گردید.

۷- همپوشانی لایه‌ها با استفاده از تابع همپوشانی مجموع، لایه های خروجی از استانداردسازی و تعیین فاصله اقلیدسی، با استفاده از تابع فازی مجموع، همپوشانی شده و در نهایت، به نقشه هزینه‌ای منتج شده است که رنگ‌بندی آن مناطقی را نشان می‌دهد که در صورت ایجاد ایستگاه دوچرخه اشتراکی، کمترین هزینه را دارند (این هزینه از ترکیب کلیه معیارها براساس وزن‌دهی آنها به دست آمده است).

٤-۱ شناخت محدوده مورد مطالعه

منطقه ٤ بعنوان پهناورترین منطقه شهر تهران نمونه بسیار خوب برای انجام مطالعات حمل و نقلی می باشد، زیرا دارای انواع سیستم های حمل و نقلی بوده و کاربری‌های متعددی نیز می‌باشد. از طرف دیگر پرداختن به کلانشهر تهران با توجه به

حجم بالای اطلاعات فرآیندی زمانبر بوده است. موقعیت محدوده مورد مطالعه در (شکل ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه ٤ تهران طی سه دهه منتهی به سال ۷٤ با توسعه سطحی به مراتب بیشتر از کل تهران رو به رو بوده است. این منطقه دارای ۹ ناحیه و ۲۱ محله می‌باشد. از نظر جغرافیای طبیعی، دارای شیب زیاد و در بخش واحد کوهپایه‌ای قرار دارد، هر چند که از واحدهای کوهستانی، دشتی نیز تشکیل شده است. از منظر جغرافیای انسانی و در بخش جمعیتی، بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ ، منطقه ٤ دارای بیشترین جمعیت و از نظر وسعت دومین منطقه از مناطق شهر تهران بود. تراکم جمعیت منطقه، ۱۲۲ نفر در هر کیلومتر است. از نظر شاخص سنی نیز، ٤۲ درصد از جمعیت منطقه بین ۲۰-۲۹ سال سن دارند که بیشترین گروه جمعیتی را تشکیل می‌دهند. همچنین از نظر ساختار جنسی، ۵۱ درصد جمعیت را مردان و ٤۹ درصد را زنان تشکیل می‌دهند. بر اساس آمارها، ۳٤ درصد از جمعیت منطقه شاغل محسوب می‌شوند که بیشترین درصد شاغلین در ناحیه ٦ است و بیشترین جمعیت فعال در همین ناحیه قرار دارد. (معاونت حمل و نقل و ترافیک منطقه ٤ شهرداری تهران). در این تحقیق موقعیت ایستگاه‌های موجود در سطح منطقه ارزیابی شده است، تنها ایستگاه دوچرخه اشتراکی در سطح منطقه در محل ساختمان معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران و مختص کارکنان این مرکز است.

۵. ارائه یافته‌های تحقیق

پس از شناسایی و معرفی معیارهای موثر در تحلیل مکانیابی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی، اهمیت و وزن هر معیار در حمل و نقل شهری از طریق پرسشگری از ۲۵ کارشناس خبره آشنا به منطقه ٤ شهرداری تهران تعیین شد. روش انجام این کار از طریق تحلیل سلسله مراتبی و با کمک نرم افزار Expert choice بوده است. وزن نهایی هر معیار در (جدول ۲) ارائه شده است.

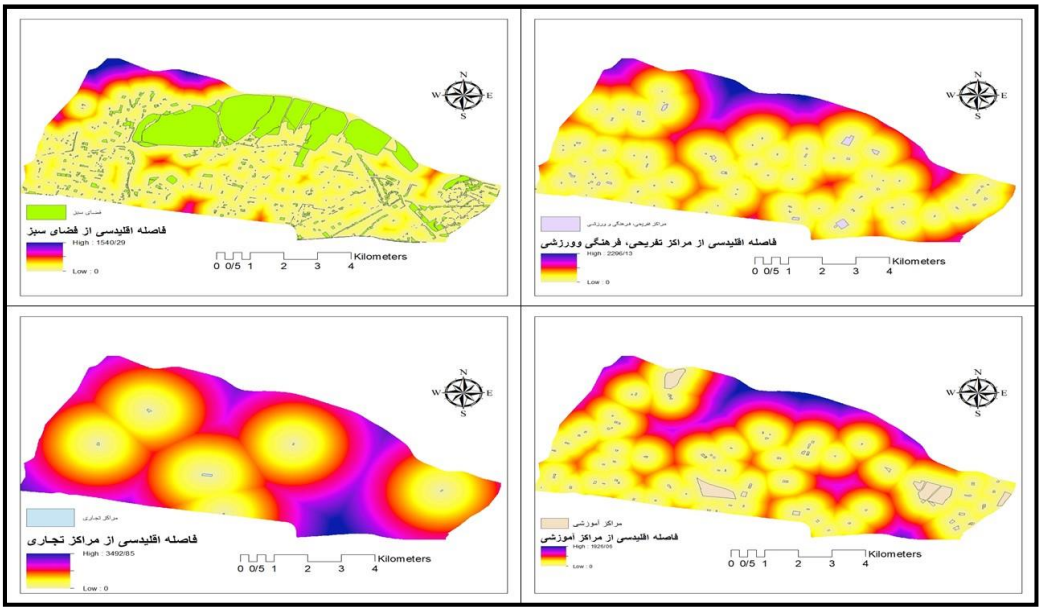
جدول ۲. وزن نهایی معیارهای موثر در مکانیابی ایستگاه دوچرخه اشتراکی

معیار	وزن نهایی
فاصله از ایستگاه مترو	۰/۱۷
فاصله از پایانه اتوبوس و تاکسی	۰/۱٦
فاصله از تقاطعات مهم منطقه ٤ شهرداری تهران	۰/۱
فاصله از مراکز آموزشی (دبیرستان، دانشگاه و مؤسسات آموزشی)	۰/۰٤
فاصله از مراکز تفریحی، فرهنگی و ورزشی	۰/۰۲

معیار	وزن نهایی
فاصله از مراکز تجاری	۰/۰۳
فاصله از فضاهای سبز	۰/۰۲
تراکم جمعیت	۰/۱۷
فاصله از خطوط مصوب دوچرخه	۰/۲۳
شیب	۰/۰٦

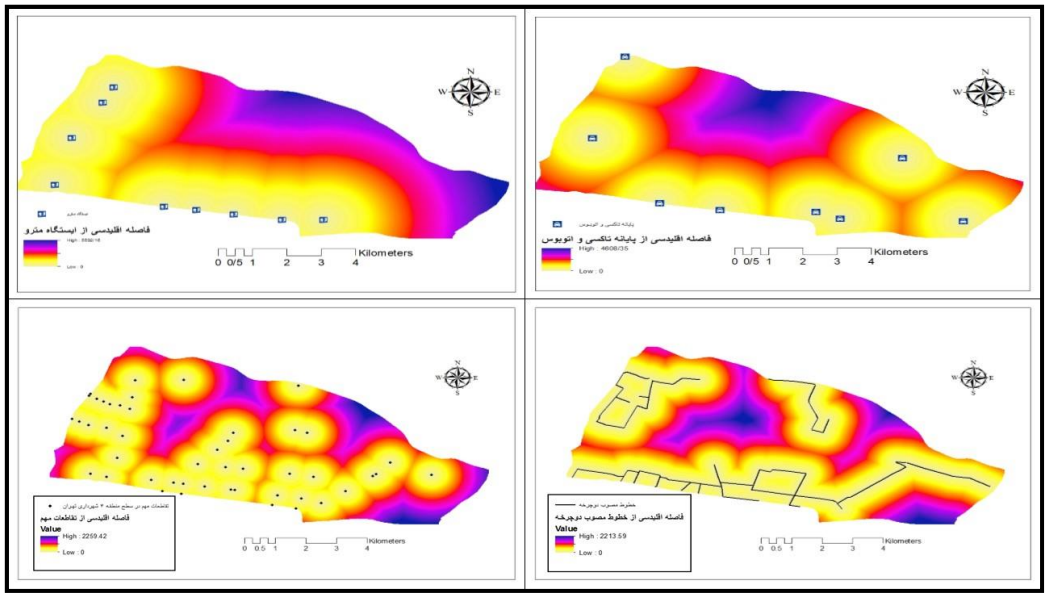
همانطور که از (جدول ۲) مشهود است از نظر کارشناسان معیار فاصله از خطوط مصوب دوچرخه بیشترین اهمیت و معیار فاصله از فضای سبز و مراکز تفریحی، فرهنگی و ورزشی دارای کمترین اهمیت در مکانیابی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی است.

پس از تخصیص وزن به هر معیار با استفاده از روش AHP، نوبت آماده‌سازی یک پایگاه داده جغرافیایی و نقشه فازی برای هر فاکتور است. از آن‌جا که بیشتر کاربران دوچرخه اشتراکی ساکن همان شهر هستند و از این دوچرخه‌ها به عنوان یک مد حمل و نقلی برای رسیدن به مقاصد آموزشی، تجاری، تفریحی- فرهنگی- ورزشی و فضای سبز استفاده می‌کنند، نزدیکی ایستگاه‌های پیشنهادی به این تسهیلات حائز اهمیت است. لذا در این تحقیق نقشه مطلوبیت ایستگاه‌ها بر اساس نزدیکی به تسهیلات، تهیه شده و میزان مطلوبیت معیارهای وابسته به کاربری اراضی بر اساس فاصله اقلیدسی در (شکل ۲) نشان داده شده است.



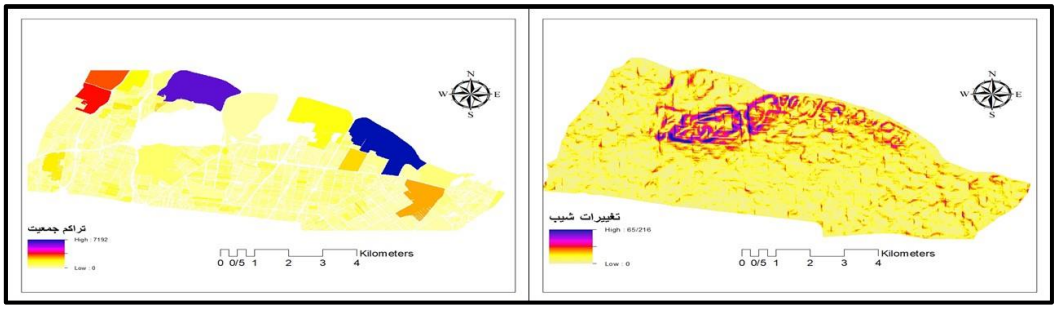
شکل ۲. میزان مطلوبیت معیارهای وابسته به کاربری اراضی

همچنین میزان مطلوبیت معیارهای نزدیکی به پایانه اتوبوس و تاکسی و نزدیکی به مترو و همچنین نزدیکی به تقاطعات مهم و خطوط مصوب دوچرخه در منطقه ٤ شهرداری تهران در (شکل ۳) نشان داده شده است.



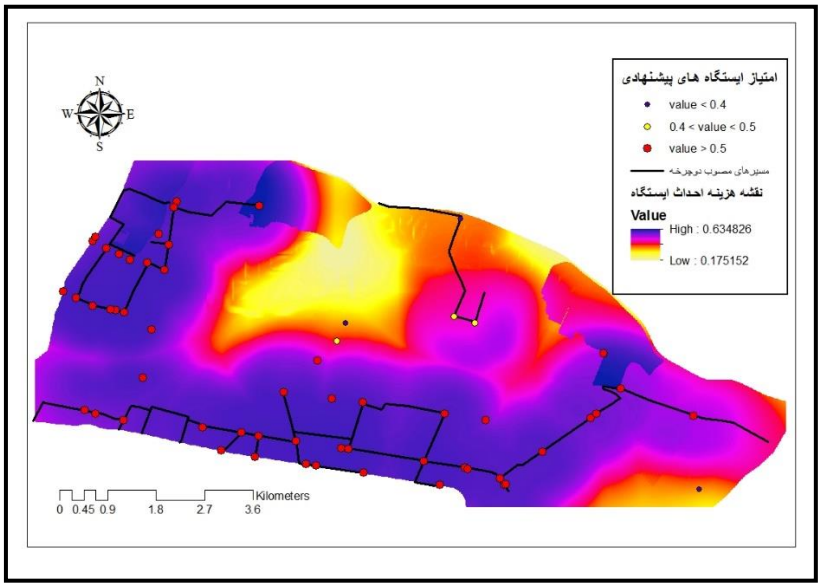
شکل ۳. میزان مطلوبیت معیارهای نزدیکی به پایانه، مترو، تقاطعات مهم و خطوط مصوب دوچرخه

در (شکل ٤) نقشه میزان مطلوبیت معیار شیب و میزان مطلوبیت معیار تراکم جمعیت نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌کنید، میزان مطلوبیت معیارهای فاصله از مراکز تفریحی، فرهنگی و ورزشی و فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از پایانه تاکسی و اتوبوس، فاصله از مترو، تراکم جمعیت، شیب و نزدیکی به خطوط مصوب دوچرخه در محدوده جنوبی منطقه و در مجاورت خط ۲ مترو بیشتر است.



شکل ٤. میزان مطلوبیت معیار شیب و تراکم جمعیت در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران

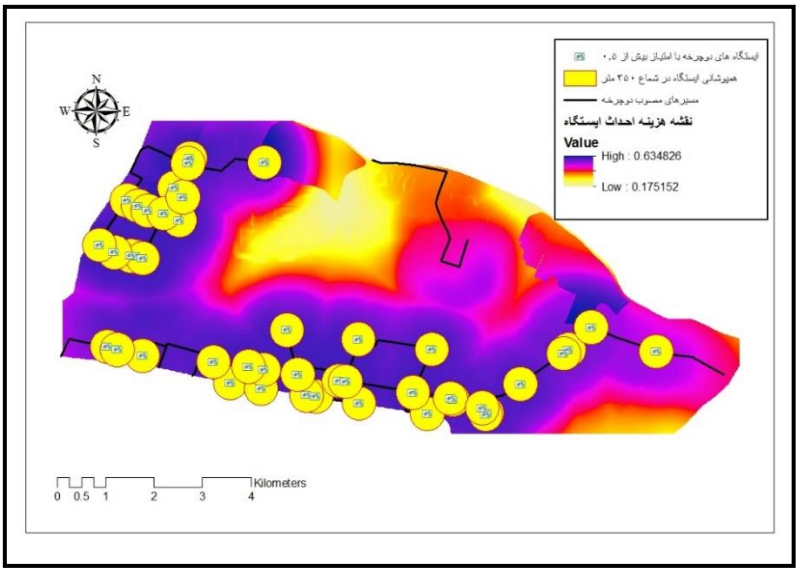
به منظور تهیه نقشه هزینه مکانیابی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران، لایه‌ها به رستر تبدیل شده و وزن هر معیار به آن اختصاص داده شده است. با ترکیب لایه‌ها (معیارها) نقشه نهایی حاصل شده که در (شکل ٥) نشان داده شده است.



شکل ٥. نقشه تحلیل مکانی ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی حاصل از همپوشانه لایه‌های ده گانه

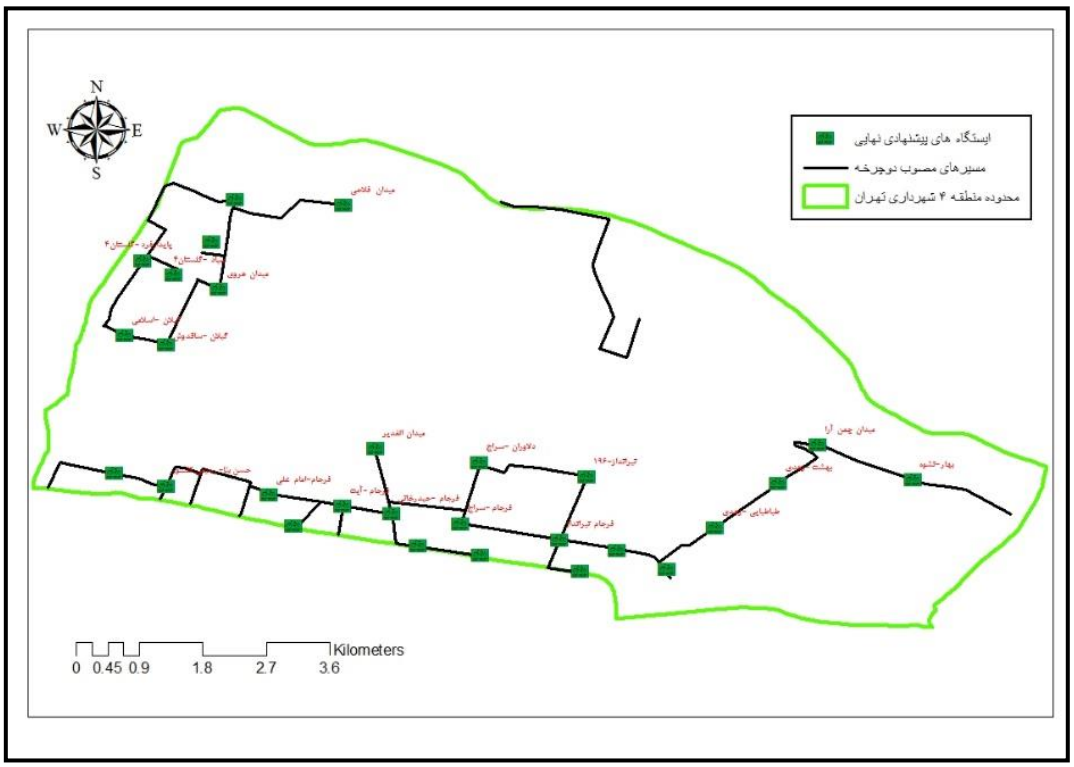
این نقشه از همپوشانی لایه‌های مختلف ۱۰گانه، وابسته به کاربری اراضی (فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز تجاری، فاصله از مراکز آموزشی و فاصله از مراکز تفریحی، فرهنگی و ورزشی)، فاصله از پایانه‌های تاکسی و اتوبوس، فاصله از متر، تراکم جمعیت، شیب، فاصله از تقاطعات مهم و فاصله از خطوط مصوب دوچرخه در محیط GIS حاصل گردیده است. در این نقشه معابر مختلف سطح منطقه به منظور جانمایی ایستگاه دوچرخه اشتراکی ارزیابی شده است. در این نقشه، ایستگاه‌هایی که به رنگ قرمز و زرد نشان داده شده‌اند دارای مطلوبیت نسبی هستند و همانطور که از (شکل ٥) مشهود است، دارای پوشش‌دهی مناسبی در سطح منطقه هستند.

همانطور که پیشتر مطرح شد یکی از معیارهای کنترل کننده در تحلیل موقعیت مکانی ایستگاه‌های دوچرخه، فاصله بین ایستگاه‌هاست. در این تحقیق این فاصله ۳۵۰ متر (فاصله مطلوب پیاده‌روی بین ایستگاه‌ها) مفروض گردیده است. به عنوان پارامتر کنترلی یک بافر ۳۵۰ متری در اطراف ایستگاه‌های (شکل ٥) ترسیم شده و ایستگاه‌های خارج محدوده مجاز و ایستگاه‌های دارای همپوشانی حذف شده‌اند (شکل ٦).



شکل ٦. نقشه هزینه پس از در نظر گرفتن معیار فاصله بین ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی

در نهایت ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی پیشنهادی در سطح منطقه ٤، با در نظر گرفتن معیارهای ده‌گانه و با اعمال فاصله ۳۵۰ متری بین ایستگاه‌ها در (شکل ۷) ارائه شده است.



شکل ۷. ایستگاه‌های دوچرخه اشتراکی پیشنهادی در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران

٦. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

موفقیت یک سیستم دوچرخه اشتراکی به عوامل متعددی از جمله زیرساخت‌ها، فرهنگ و پارامترهای اقتصادی وابسته است. تمرکز ما در این تحقیق بر تحلیل مکانیابی ایستگاه دوچرخه اشتراکی بوده است. مشکلی که عموما در این زمینه مشاهده می‌شود، سیاست‌های غلط و تصمیمات نادرستی است که بیشتر بر مبنای دلایل سیاسی اتخاذ می‌شوند و مبنای علمی و کاربردی ندارند. نتیجه این تصمیمات عموما اجرای یک شبکه است که پوشش‌دهی قابل قبولی در سطح شهر دارد، اما در عمل کارآمد و مورد استقبال کاربران نیست.

جانمایی درست ایستگاه‌ها تأثیر شایانی بر ترغیب استفاده‌کنندگان از این سیستم دارد. در این مطالعه، با استفاده از تلفیق تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و با در نظر گرفتن ده معیار اولیه (فاصله از فضاهای سبز، فاصله از مراکز تفریحی، فرهنگی و ورزشی، فاصله از مراکز تجاری، فاصله از مراکز آموزشی (دبیرستان، دانشگاه و مؤسسات آموزشی)، تراکم جمعیت، فاصله از خطوط موجود دوچرخه، فاصله از ایستگاه مترو، فاصله از پایانه اتوبوس و تاکسی و شیب طولی) و یک معیار کنترلی (فاصله بین ایستگاه‌های پیشنهادی ۳۵۰ متر باشد)، مطلوبترین موقعیت‌های ایستگاه دوچرخه اشتراکی در سطح منطقه ٤ شهرداری تهران شناسایی و معرفی شد.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Bike Sharing System
2. Coin-deposit system
3. MCDM Technique
4. Spatial-temporal Analysis
5. Multi Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis

6. Raster
7. Euclidean distance
8. Fuzzy Membership

۸. مراجع

– میرزایی قمی, محمدمهدی؛ یعقوب آزاده دل و محسن بهادر، ۱۳۹٤، ارائه مدل جامع جهت تعیین مسیر بهینه دوچرخه در شبکه معابر شهری با تلفیق فرآیند سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (محدوده مورد مطالعه منطقه ٤ شهر تهران)، چهاردهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک.

– مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، ۱۳۸۵، قدسی‌پور، حسن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، مرکز نشر.

- Ahmad, S., & de Oliveira, J. A. P. (2016). Determinants of urban mobility in India: Lessons for promoting sustainable and inclusive urban transportation in developing countries. Transport Policy, 50, 106-114.

- Sun, G., & Zacharias, J. (2017). Can bicycle relieve overcrowded metro? Managing short-distance travel in Beijing. Sustainable cities and society, 35, 323-330.

- Chen, S. Y., & Lu, C. C. (2016). A model of green acceptance and intentions to use bike-sharing: YouBike users in Taiwan. Networks and Spatial Economics, 16(4), 1103-1124.

- Pal, A., Zhang, Y. (2017). Free-floating bike sharing: Solving real-life large-scale static rebalancing problems, Transportation Research Part C, 80: 92–116.

- Liu, J., Li, Q., Qu, M., Chen, W., Yang, J., Xiong, H., & Fu, Y. (2015, November). Station site optimization in bike sharing systems. In 2015 IEEE International Conference on Data Mining (pp. 883-888). IEEE.

- National Association of City Transit Officials "NACTO" (2015) "Walkable station spacing is key to successful, equitable bike share", New York: NACTO.

- Frade, I., & Ribeiro, A. (2015). Bike-sharing stations: A maximal covering location approach. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 82, 216-227.

- Griffin, Greg Phillip, and Ipek Nese Sener. "Planning for bike share connectivity to rail transit." Journal of public transportation 19, no. 2 (2016): 1.

- Goodman, B., & Handy, S. L. (2015). Providing Equitable Access to Sacramento's Bike Share System.

- Karki, T. K., & Tao, L. (2016). How accessible and convenient are the public bicycle sharing programs in China? Experiences from Suzhou city. Habitat International, 53, 188-194.

- Midgley, P. (2011). Bicycle-sharing schemes: enhancing sustainable mobility in urban areas. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 8, 1-12.

- Jahanshahi, D., Minaei, M., Kharazmi, O. A., & Minaei, F. (2019). Evaluation and Relocating Bicycle Sharing Stations in Mashhad City using Multi-Criteria Analysis. International Journal of Transportation Engineering, 6(3), 265-283.

- Wang, J., Tsai, C. H., & Lin, P. C. (2016). Applying spatial-temporal analysis and retail location theory to public bikes site selection in Taipei. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 94, 45-61.

- Cetinkaya, C. (2017). Bike sharing station site selection for Gaziantep. Sigma Journal of

Engineering and Natural Sciences, 35(3), 535-543.

- Kabak, M., Erbaş, M., Çetinkaya, C., & Özceylan, E. (2018). A GIS-based MCDM approach for the evaluation of bike-share stations. Journal of cleaner production, 201, 49-60.