

برنامه‌ریزی مکانی انتخاب مسیر بهینه و ایمن دوچرخه در شهر مشهد با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی

مقاله علمی - پژوهشی

قدیر صیامی^{*}، استادیار، گروه شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران
کوروش انصاری، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران
سینا رستگار، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران
^{*}پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Q.siaami@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵

صفحه ۲۸۹-۳۰۶

چکیده

توسعه استفاده از وسایل نقلیه موتوری، علیرغم کاهش چشمگیر زمان‌های سفر بخصوص در مسافت‌های طولانی، موجب هدر رفتن سوخت‌های غیرقابل بازگشت فسیلی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و تحرک بدنی کمتر شده است. از طرفی این صرفه‌جویی در زمان ساعات اوج ترافیک خصوصاً در مسافت‌های سفر کوتاه حاصل نمی‌شود. یکی از راه‌های حل این مشکل بویژه در کلانشهرها که با چالش‌های زیست محیطی بیشتری مواجهه اند، توسعه حمل و نقل درون‌شهری برای مسافت‌های کوتاه توسط دوچرخه است. انتخاب مسیر بهینه ایمن دوچرخه در منطقه ۱۰ شهرداری کلانشهر مشهد با توجه به نوساز بودن منطقه، بار ترافیکی بالا، و در عین حال برخوردار از ظرفیت‌های توسعه حمل و نقل مبتنی بر دوچرخه، به عنوان هدف این پژوهش منظور شده است. روش پژوهش در این مقاله، توصیفی تحلیلی و مبتنی بر تکنیک تحلیل سلسله مراتبی است. روش جمع‌آوری اطلاعات اسنادی و میدانی است. تحلیل چند معیاره شاخص‌ها در این پژوهش توسط نرم‌افزار expert choice در لایه‌های نقشه‌های رقومی شده و در محیط GIS شبیه‌سازی شده است. ورودی این مدل اطلاعات و مستندات بررسی‌شده محیط موردنظر خواهد بود و خروجی آن نقشه‌هایی است که پتانسیل معابر منطقه جهت استفاده به‌عنوان مسیر ایمن دوچرخه را نشان می‌دهد. یافته‌های این پژوهش نشان داد شاخص ایمنی تقاطع‌ها و نوع معابر با ۲۷٪ دارای بیشترین ضریب تأثیر و شاخص فاصله تا ایستگاه‌های اتوبوس با ضریب تأثیری معادل ۲٪ مشمول کمترین ضریب اهمیت شدند. از این رو می‌توان نتیجه گرفت خیابان شهید راستی و بلوار اندیشه بعد از چهارراه شاهد و بلوار شاهد به ترتیب دارای بیشترین پتانسیل برای مسیر ایمن دوچرخه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: دوچرخه، انتخاب مسیر بهینه، تحلیل سلسله مراتبی، GIS، قاسم‌آباد مشهد

۱-مقدمه

حالت حمل و نقل مسافران برآورده کنند. تحقیقات قبلی نشان داده است که رانندگان بیشتر در مقایسه با سفرهای طولانی از اتومبیل شخصی خود یا حتی خدمات سواری استفاده می‌کنند (Almanaa, Ashqar, Elhenawy, Masoud, Rakotonirainy & Rakha, ۲۰۲۰). (بعد از سال ۱۹۷۰) اما افزایش بهای نفت، موجب بحران انرژی شد و موضوع

با توجه به افزایش زیاد وسایل نقلیه در جاده‌ها در طول سال‌ها، شهرها در زمینه ارائه خدمات حمل و نقل با کیفیت بالا با چالش‌هایی روبه رو هستند. ترافیک علامت واضح این است که شهرها غرق شده‌اند و شبکه‌ها و سیستم‌های حمل و نقل فعلی نمی‌توانند تقاضای فعلی و آینده را بدون تغییر در سیاست‌ها، زیرساخت‌ها، شیوه‌های حمل و نقل و انتخاب

دوچرخه‌سواری در اکثر شهرهای ایران مورد بررسی قرار گرفته است. (الله‌وردی زاده، ۱۳۸۳). در شهرهایی از قبیل بناب و میاندوآب نیز دوچرخه‌سواران سهم عمده‌ای در ترافیک شهری دارند حتی دارای مسیرهای ویژه دوچرخه‌اند.

در شهر اصفهان ۱/۲۹ درصد کل سفرهای روزانه در شهرها توسط دوچرخه انجام می‌شود. (GozarRah Consulting Engineers, 2005). تجربیات سایر کشورها نیز نشان می‌دهد که عمده سفرهای انجام‌گرفته با شیوه دوچرخه رانی عموماً توسط افراد جوان و در گروه سنی بین ۱۰ تا ۵۰ سال انجام می‌گیرد (اسداللهی و همکاران، ۱۳۹۰). شهر مشهد از جمله شهرهای بزرگ، پرجمعیت و تاریخی، مذهبی و گردشگری در شمال شرق ایران است که با توجه به شاخص‌هایی چون سایت‌های، مذهبی، تاریخی و گردشگری متعدد پراکنده در سطح شهر، وجود مراکز دانشگاهی و تعداد زیاد دانشجو که هم از نظر سنی و هم از نظر نوع فعالیت، جزء استفاده‌کنندگان برتر از دوچرخه محسوب می‌شوند (Baltes, ۱۹۹۷). از ظرفیت‌های بالایی برای طراحی، توسعه و تجهیز مسیرهای دوچرخه‌سواری برخوردار است. رشد جمعیت در منطقه قاسم‌آباد مشهد و قرار گرفتن دانشگاه آزاد و کاربری‌های سازگار با این نوع حمل‌ونقل (دوچرخه‌سواری) در صورتی که از مکان‌یابی مسیرهای ایمن برخوردار باشد، می‌تواند جایگزین بسیار خوبی با دیگر امکانات حمل‌ونقل باشد. در این پژوهش، بر اساس برداشت‌های میدانی از شبکه مسی‌رها و بررسی آن‌ها توسط شاخص محلی و بین‌المللی به طراحی مسیر ایمن دوچرخه که یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های استفاده از این امکان حمل‌ونقلی است پرداخته می‌شود.

۲-پیشینه تحقیق

۲-۱-اهمیت استفاده از دوچرخه

دوچرخه‌سواری به‌عنوان گونه‌ای از حمل‌ونقل غیر موتوری، دارای مزایای متعدد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی است و به‌عنوان جایگزین وسیله حمل‌ونقل موردنظر است. لزوم اهمیت به این جایگزینی از ابعاد مختلف قابل بررسی است:

دیدگاه توسعه پایدار: اصطلاح پایداری برای نخستین بار در سال ۱۹۸۶ توسط کمیته جهانی گسترش محیط‌زیست، تحت عنوان رویارویی با نیازهای عصر حاضر بدون به مخاطره

صرفه‌جویی در مصرف سوخت، کاهش استفاده از خودرو شخصی و افزایش استفاده از دوچرخه به‌عنوان بخشی از سامانه حمل‌ونقل شهری و ایجاد تسهیلات لازم برای استفاده ایمن از دوچرخه در کشورهای توسعه‌یافته مطرح شد (اسد الهی، ۱۳۹۰). دوچرخه‌سواری به‌عنوان یک وسیله حمل و نقل فعال پتانسیل کاهش ترافیک و آلودگی هوا را دارد و یک شیوه زندگی فعال را ترویج می‌کند که به نوبه خود سلامت عمومی را بهبود می‌بخشد (Andersen et al, 2000; Mueller et al, 2015, Quoted from Cai, Abdel-Aty & Castro, 2020). مزایای سلامتی رفت و آمد فعال با دوچرخه به خوبی ثابت شده است (Oja et al, 2015; Mueller et al, 2011, Quoted from Cai, Abdel-Aty & Castro, 2020). دوچرخه‌سواری فعالیت و ورزشی است که به‌عنوان یک وسیله حمل و نقل مؤثر، کارآمد و پایدار مناسب برای سفرهای کوتاه و متوسط در نظر گرفته می‌شود. این مزایای بی شماری در مقایسه با ترافیک موتوری دارد، مانند پارک راحتتر، افزایش قدرت مانور و ورزشی بیشتر برای دوچرخه‌سواران (Zhuang, Gang Jin, Shen & Jiang, 2019). در جهان کشورهایی وجود دارند که در آن‌ها دوچرخه سهم قابل‌توجهی از سفرهای روزانه را به خود اختصاص داده است؛ به‌طور مثال ساکنین شهر گرونینگن (هلند) حدود ۵۰٪ از سفرهای روزانه‌ی خود را با دوچرخه انجام می‌دهند یا براساس "گزارش تحقیقات بازار دوچرخه‌سواری سهم چین ۲۰۱۶"، که توسط BDR (۲۰۱۷)، مؤسسه تجزیه و تحلیل داده‌ها و تحقیقات چینی منتشر شده است، تعداد کل کاربران دوچرخه‌های مشترک به نزدیک ۱۹ میلیون نفر رسیده بود و در جولای ۲۰۱۷، ارائه دهنده پیشرو Ofo به‌تنهایی ادعا کرد که ۶/۵ میلیون دوچرخه در سراسر جهان در دسترس دارد (Ma, Seydel, Zhang & Yan Ding, 2019: ۱). افزایش اخیر دوچرخه‌سواری در بسیاری از شهرها را میتوان به تلاش‌های شهرداری برای ارتقاء مزایای بهداشتی، زیست محیطی و اقتصادی حالت‌های بدون موتور نسبت داد (Yang & Zacharias, 2016; Zhu & Diao, 2020, Quoted from Ryu, Chen, Su & Choi, 2020). در سال‌های اخیر مدیران حمل‌ونقل شهرهای بزرگ در این اندیشه هستند تا سیستم پیچیده حمل‌ونقل را به‌نوعی تحت نظارت، کنترل و مدیریت درآوردند تا از تغییرات متعدد و متنوع این سیستم پویا همواره مطلع باشند. از این حیث توجه به طرح شبکه مسیرهای

بر آن ترافیک شهری آثار مخربی بر روان شهروندان دارد؛ که دوچرخه‌سواری با سوزاندن مناسب چربی‌ها موجب دفع سموم شده و به احساس شادمانی منجر می‌شود.

دیدگاه اقتصاد شهری: جایگزینی مناسب دوچرخه با دیگر وسایل نقلیه مرسوم، موجب کم شدن بار ترافیکی شبکه حمل‌ونقل شهری شده و بری رسیدن به سطوح سرویس مطلوب، نیاز کمتری به توسعه شبکه دسترسی خواهد بود. دوچرخه جای کمتری برای عبور و پارک نیاز دارد. استفاده از دوچرخه کمترین میزان مصرف انرژی را نسبت به بقیه روش‌های حمل‌ونقل دارد. این میزان به‌طور متوسط 150 cal/g*km است که از اتومبیل و حتی جت و قطار هم کمتر است (Bocian, 2012).

۳- انواع مسیرهای دوچرخه

با توجه به اینکه مسیرهای دوچرخه از مسیرهای پیاده‌رو و ماشین‌رو کاملاً مجزا باشد و یا به‌صورت تلفیقی استفاده گردد، متفاوت می‌باشد که البته هر مسیری دارای اندازه‌های خاصی می‌باشد که به آن پرداخته شده است.

مسیر انحصاری (Bicycle path): عموماً مستقل و مجزا از مسیر سایر وسایل نقلیه موتوری بوده و صرفاً برای تردد دوچرخه ایجاد می‌شود. عرض آن‌ها معمولاً بین $2/4$ تا $3/6$ متر باشد؛ و در مناطق تفریحی، پارک‌ها و مناطق خارج از شهر که محدودیت مکانی وجود ندارد، احداث می‌شوند. (شکل ۱)



شکل ۱. مسیر انحصاری

انداختن منابع نسل آینده مطرح شد. به معنای دیگر، فلسفه طراحی پایدار، پشتیبانی و مشوق نگرش‌ها و تصمیم‌هایی است که در هر مرحله از طراحی، ساخت و سپس مصرف، تأثیرات منفی بر محیط‌زیست و سلامت استفاده‌کنندگان را نیز در نظر گرفته باشد.

دیدگاه زیست‌محیطی: در آمریکا حامیان اصلی محیط‌زیست با بکارگیری رویکرد «شهر سازگار با محیط زیست» به ترویج و تشویق سیاست‌هایی چون «اعمال سیاست‌های استفاده از زمین جهت افزایش تراکم شهری»، «کاهش مصرف انرژی‌های غیر تجدید پذیر»، «حفاظت از تنوع زیستی»، «کاهش فواصل سفر و به حداکثر رساندن گزینه‌های حمل‌ونقل» دوچرخه را ابزاری بسیار مفید در تحقق شهر دوستدار محیط زیست می‌دانند (Edward et al, 2010).

استفاده از دوچرخه علاوه بر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، موجب کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود و از توسعه جزایر حرارتی در شهرها؛ و از آلودگی‌های صوتی نیز جلوگیری می‌کند (Rybarczyk & Wu, 2010).

دیدگاه اجتماعی و سلامتی شخصی: زندگی شهرنشینی و استفاده بی‌رویه از وسایل نقلیه و نوع اشتغال شهری موجب کم‌تحركی شهروندان شده است. این موضوع در دو زمینه قابل بررسی است، یکی آثار فیزیکی است که شامل اضافه‌وزن و افزایش ریسک بدنی می‌شود و دوم آثار روانی است، کم‌تحركی از موارد مهم تشدیدکننده خمودی و بی‌انگیزگی می‌باشد. علاوه

خط ویژه دوچرخه یا مسیرهای نیمه انحصاری

در شرایطی که حجم تردد دوچرخه کم و ایجاد دوچرخه راه با محدودیت مکانی مواجه باشد، از این مسیرها که به (Bicycle lane) مشهورند استفاده می‌کنند. این نوع مسیرها در مجاورت و به موازات نوار سواره‌رو احداث می‌شود و توسط موانع فیزیکی جدا می‌گردند. عرض این معابر معمولاً بین $1/5$ تا $1/8$ متر می‌باشد (شکل ۲).

در شرایطی که حجم تردد دوچرخه کم و ایجاد دوچرخه راه با محدودیت مکانی مواجه باشد، از این مسیرها که به (Bicycle lane) مشهورند استفاده می‌کنند. این نوع مسیرها



شکل ۲. مسیر نیمه انحصاری دوچرخه

مسیرهای مشترک پیاده‌رو و دوچرخه: این نوع مسیرها بیشتر در پارک‌ها و کنار سواحل ایجاد می‌شوند و به نام (Shared road) معرفی می‌شوند (شکل ۴). (Jäppinen, 2015)

مسیرهای مختلط یا جانبی: این نوع مسیرها که به (outside lane Wide) مشهورند به صورت مختلط برای تردد دوچرخه و وسایط نقلیه موتوری طراحی می‌شوند و عرض آن‌ها معمولاً بین ۲/۴ تا ۲/۶ متر می‌باشد. این مسیرها از مسیر اصلی از طریق کف سازی و علائم و تابلوهای جداکننده مشخص می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۳. مسیر جانبی



شکل ۴. مسیر مشترک

می‌شوند. همه موضوعات الاستیک باهم الگوهای ستاره‌ای شکل تشکیل می‌دهند. (Pettinga, et all, 2009).

۴- روش‌های طراحی مسیرهای دوچرخه روش تار الاستیک

توسط بودوین باخ (CROW, 2008) توسعه داده شده است. بر روی نقشه نقطه مرکز خوشه بر اساس مقصد اصلی روزانه با استفاده از باندهای الاستیک نازک به بقیه نقاط مرتبط

روش طرح الاستیک

توسط موسسه اروپایی IC-E در سال ۲۰۰۷ توسعه داده شده است. در این روش با استفاده از مشارکت ذینفعان محلی بر اساس الگوی استفاده از زمین و خصوصیات منطقه به ایجاد شبکه دوچرخه می‌پردازند. نمونه موردی آن در سال ۲۰۰۴ و در شهر کویتو در کشور اکوادور اجرا و به بهره برداری رسید (Suzukia et al, 2012; Pettinga, et all, 2009).

روش سیستم اطلاعات جغرافیایی مبتنی بر طراحی شبکه

استفاده از روش توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در سال ۲۰۰۷ توسط اوسوالد ماریونی انجام شد (Marinoni, 2007). این روش مبتنی بر سیستم‌های تحلیل چند معیاره و تحلیل شبکه می‌باشد. نمونه موردی استفاده از این روش در محله Vauban در آلمان و محله GWL terrain در هلند می‌باشد. یکی از شیوه‌های تحلیل چند معیاره شیوه تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد که در ۱۹۷۷ توسط ساعتی ارائه شد (Marinoni Saaty, 1977).

از جمله پژوهش‌های انجام شده در حوزه مطالعات و امکان‌سنجی مسیرهای دوچرخه می‌توان به تحقیق شیخ‌الاسلامی (۱۳۷۴) با عنوان «مطالعات طرح ایجاد شبکه دوچرخه‌سواری به‌عنوان یک شبکه حمل‌ونقل شهری» اشاره کرد که در آن محقق به تشریح تئوریک فواید و نظریه‌های مرتبط با توسعه دوچرخه‌سواری در شهرها به‌عنوان پارادایم حمل‌ونقل سبز و سالم پرداخته است (شیخ‌الاسلامی، ۱۳۷۴). با این وجود در خصوص مکان‌گزینی مسیرهای دوچرخه به‌صورت عملی و در شهرهای ایران رهنمون خاصی ارائه نداده است. همچنین، هنرور نیز در مقاله‌ای با عنوان «نگرش‌ها در زمینه گسترش سامانه‌های حمل‌ونقل پاک با تأکید بر دوچرخه‌سواری» به دوچرخه به‌عنوان وسیله‌ای با ارزش در سفرهای کوتاه و تفریحی در شهر اشاره می‌کند و آن را به‌عنوان ابزاری برای توسعه سلامت و گردشگری در شهرها برمی‌شمرد (هنرور و همکاران، ۱۳۸۵). تقوایی و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان معیارهای مکان‌گزینی و طراحی مسیرهای دوچرخه ضوابط و معیارهایی را برای طراحی مسیرهای امن و مطلوب موردبررسی قرار داده است (تقوایی و همکاران، ۱۳۹۰). اسداللهی نیز در رویکردی تطبیقی و در مقاله‌ای با عنوان «مطالعه و بررسی تطبیقی شاخص‌های سنجش راه‌ها برای امکان دوچرخه‌سواری» به بررسی شاخص‌های عیارسنجی

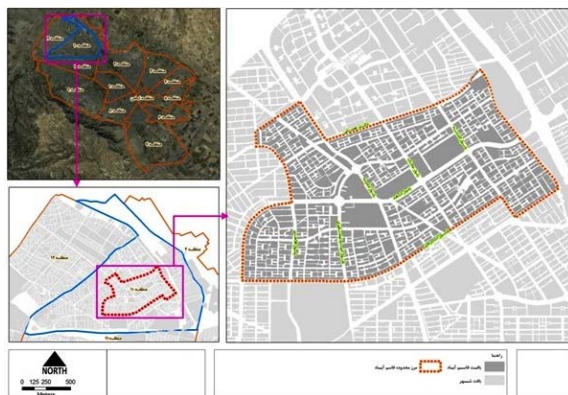
راه‌های دوچرخه در آیین‌نامه‌های مختلف پرداخته است (اسداللهی و همکاران، ۱۳۹۰). در میان تحقیقات لاتین نیز می‌توان به پژوهش لیتاک در سال ۱۹۹۲ در کتاب خود تحت عنوان «دوچرخه و ترافیک شهری در لندن» یکی از اثرگذارترین راه‌های جلوگیری از تصادفات و برخوردها را، استفاده از دوچرخه و مسیرهای مخصوص به آن می‌داند (Lintock, 1992). کنف الاخر در کتابش با عنوان «اصول برنامه‌ریزی تردد پیاده و دوچرخه» که در سال ۲۰۰۸ به چاپ رسید، به‌واسطه آمار و محاسبات ریاضی، استانداردهایی را برای مسیرهای مخصوص دوچرخه و پیاده طراحی کرده است (Kenf, 2007) (Baltes, 1997) نیز تحقیقی بر روی شهرهای امریکا انجام داده است که نشان می‌دهد تراکم بالای جمعیت شهری، آب‌وهوای معتدل و وجود نسبت بالایی از دانشجویان و دانش‌آموزان از جمله عوامل اصلی مرتبط با سهم بالای دوچرخه در سفرهای کاری شهری می‌باشند. اس باس (Basbas, 2007) در کتاب خود بانام «پیشرفت‌هایی در حمل‌ونقل شهری» به ارائه ضوابط طراحی مسیرهای دوچرخه پرداخته است. در مطالعه‌ای که توسط برناردی و روپیا در شهر بلونیای ایتالیا انجام شد تأثیر تجهیزات مسیر دوچرخه مانند روشنایی، حصارهای کنار مسیرهای انحصاری، تابلوهای راهنما، خط‌کشی مسیر بر روی سرعت سفر مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و نشان داد اختلاط و عدم طراحی مناسب تجهیزات به‌شدت در سرعت سفر شهروندان در شهر تأثیر منفی خواهد گذاشت (Bernardia & Rupia, 2015). در مطالعه‌ای که آنا و همکاران در سال ۲۰۱۴ در یکی از مسیرهای حمل‌ونقل عمومی شهر سالوادور برزیل انجام دادند با استفاده از تحلیل چند معیاره به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین شاخص در انتخاب مسیر توسط دوچرخه‌سواران ایمنی مسیر می‌باشد. (Ana, 2014)

معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه ۱۰ شهرداری مشهد در قسمت مرکزی محدوده قاسم‌آباد مشهد واقع شده است که در شمال غرب شهر مشهد قرار گرفته است. (شکل ۵) یکی از محلات جدید مشهد می‌باشد که پس از انقلاب توسط سازمان مسکن و شهرسازی آماده‌سازی شد و به‌صورت گسترده در اختیار تعاونی‌های مسکن قرار گرفت. به علت قرار گرفتن جهت توسعه مشهد به سمت غرب و رشد تراکم جمعیتی منطقه فوق و موقعیت

ظرفیت فرهنگی منطقه جهت استفاده از دوچرخه می‌باشد (Lusk, 2014). علاوه بر آن به علت جدید بودن بافت منطقه، شبکه دسترسی معابر دارای انعطاف‌پذیری لازم برای ادغام با مسیر ایمن دوچرخه می‌باشد.

منطقه منتخب، قرار گرفتن کاربری‌های فرا منطقه ایی در آن مانند دانشگاه آزاد و مجتمع‌های تفریحی آبی، تقاضای سفر در آن دارای رشد قابل‌ملاحظه ایی می‌باشد. وجود تعاونی‌های مسکن کارمندی و محیط‌های دانشجویی موجب بالا بودن



شکل ۵. موقعیت جغرافیایی منطقه

مواد و روش‌ها

روش و فرآیند تحقیق

به درجه‌بندی اولویت‌های مربوط به گزینه‌های مختلف برسد. (Saaty, 2013)

GIS به‌عنوان نرم‌افزار میز کار در این پژوهش مورد استفاده واقع شده است. برای تحلیل AHP از نرم‌افزار Expert 11 Choice و برای مدل‌سازی در GIS از اکستنشن AHP EXTENTION در محیط ARCGIS استفاده شده است.

(شکل ۶)

روش تحقیق در این پژوهش از نظر نوع پژوهش، کاربردی - توسعه‌ای و از نظر چارچوب پژوهش به شیوه تحلیلی توصیفی است که به گونه پیمایشی در سطح منطقه ۱۰ شهرداری مشهد انجام شده است. در این پژوهش از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های تحلیل و تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد. روش تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه، که از مقایسه دویه‌دوی معیارها استفاده می‌کند تا



شکل ۶. مدل تحلیلی پژوهش

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

سپس با استفاده از روش نرمال کردن تمام سنجها هم وزن می‌شوند. وزن هر فاکتور نشان‌دهنده اهمیت و ارزش آن نسبت به فاکتورهای دیگر در عملیات تعیین مکان است. در این پروژه از دانش کارشناسی برای وزن دهی فاکتورها استفاده شده است.

ترکیب ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها ترکیب وزن‌ها: با ترکیب وزن‌ها امتیاز نهایی برای زیر معیارها به دست خواهد آمد که این امتیاز وزن لایه‌ی مربوطه خواهد بود و در نرم‌افزار ARCGIS بعد از تهیه لایه‌ها این وزن اعمال خواهد شد. رابطه (۱)

$$\sum_{k=1}^n = \sum_{i=1}^m (w_k \cdot w_i) \quad (1)$$

که در آن:

w_k ضریب اهمیت معیار k

w_i ضریب اهمیت زیر معیار i

به دست می‌آید. این مرحله را تنها برای معیارها انجام می‌دهیم، در صورتی که IR کوچک‌تر از یک‌دهم باشد در مقایسات زوجی سازگاری قابل قبول وجود دارد.

$$WSD = (W) \times (D)$$

(W) بردار وزن‌های نسبی

(D) ماتریس مقایسه زوجی

نشان می‌دهیم می‌پردازیم. شاخص ناسازگاری نیز از رابطه (۳) قابل محاسبه است.

$$\Pi = (\lambda_{\max} - n) / (n-1)$$

$$IR = \Pi / IRI$$

روال کار مدل سلسله مراتبی با مشخص کردن عناصر و تصمیم‌گیری و اولویت دادن به آن‌ها آغاز می‌شود این عناصر شامل شیوه‌های مختلف انجام کار و اولویت دادن به سنجها یا ویژگی‌ها است.

ساختن درخت سلسله مراتبی: در فرایند تحلیل سلسله مراتبی ایجاد یک ساختار از موضوع مورد بررسی می‌باشد که در آن اهداف، معیارها و زیر معیارها گزینه‌ها و ارتباط بین آن‌ها نشان داده می‌شود که سطح معیار آن قابل تقسیم به زیر معیارهای متعدد است.

تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها: معیارها در یک ماتریس قرار گرفته، دوبه‌دو آن‌ها را باهم مقایسه می‌کنیم،

محاسبه نرخ ناسازگاری

در این مرحله تعیین می‌شود که آیا بین مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد یا خیر؟ در این مرحله ابتدا بردار مجموع وزنی طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود که IRI از جدول ۱

سپس مؤلفه‌ای WSV تک‌به‌تک بر وزن‌های نسبی شاخص‌ها تقسیم می‌کنیم تا بردار سازگاری (CV) به دست آید در ادامه به محاسبه میانگین حسابی عناصر CV که آن را با $\max \lambda$

محاسبه شاخص ناسازگاری نیز طبق رابطه (۴) انجام خواهد شد.

جدول ۱. نرخ ناسازگاری

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IRI	0	0	58/0	9/0	12/1	24/1	32/1	41/1	45/1	45/1

یافته‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها

معیارها و شاخص‌های انتخاب مسیر مناسب

برای طراحی مسیرهای دوچرخه‌سواری در مناطق مختلف شهری علاوه بر رعایت اصول استاندارد و مناسب، بررسی وضع موجود و آینده نیز ضروری است. اهداف موجود و آتی تردد دوچرخه باید به‌وضوح تعریف‌شده و آمارگیری‌های موردنیاز از شبکه سایر تردها، حجم تردد در آن‌ها و عوامل جنبی که برحسب آن شبکه دوچرخه باید ساماندهی شود، مشخص می‌شود (۱۳۸۳، قریب). عواملی که می‌توانند در ایجاد مسیرهای مناسب برای تردد دوچرخه‌سواران مناسب ارزیابی شوند:

ایمنی تقاطع‌ها: بر اساس این معیار هرچه تقاطع‌ها دارای ایمنی بیشتری باشند جهت ایجاد مسیرهای دوچرخه مناسب‌ترند، بر این اساس با توجه تقاطع‌ها به ۳ نوع تقسیم‌شده‌اند که عبارت‌اند از:

تقاطع بدون چراغ	میدان‌ها	تقاطع با چراغ
-----------------	----------	---------------

شبکه معابر: بر اساس این معیار معابر جهت احداث مسیرهای دوچرخه مناسب‌ترند که از نظر سلسله‌مراتب عملکردی در سطح پایین‌تری باشند تا علاوه بر ایمنی در تقاطع‌ها ایمنی دوچرخه‌سوار در طول مسیر نیز حفظ گردد. به‌این ترتیب این معیار به زیر معیارهای زیر تقسیم می‌شود.

شربانی درجه یک	شربانی درجه دو	جمع و پخش‌کننده	محلی
-------------------	-------------------	--------------------	------

شیب: این معیار نشان می‌دهد که معابری که دارای شیب کمتری هستند جهت احداث مسیرهای دوچرخه مناسب‌ترند، افزایش شیب باعث کاهش تمایل دوچرخه‌سواران از مسیر خواهد شد. به‌این ترتیب این معیار به زیر معیارهای زیر تقسیم می‌شود.

صفر تا ۳٪	۳٪ تا ۷٪	بیش از ۷٪
-----------	----------	-----------

سازگاری کاربری‌ها: از نظر هم‌جواری مسیر هرچه مسیر دوچرخه در محدوده‌های واقع شود که بدنه محدوده فعال‌تر و سرزنده‌تر باشد جهت احداث مسیر دوچرخه مناسب‌تر است، به‌عنوان مثال اگر مسیر دوچرخه در طول پارک‌ها احداث‌شده یا در طول محورهای تجاری خدماتی این مسیر کارایی بیشتری خواهد داشت. به‌این ترتیب این معیار به زیر معیارهای زیر تقسیم می‌شود.

کاملاً ناسازگار	ناسازگار	سازگار
-----------------	----------	--------

تراکم جمعیت: افزایش تراکم جمعیتی در محدوده می‌تواند افزایش استفاده از دوچرخه و درنهایت افزایش استفاده از مسیر دوچرخه را به ارمغان بیاورد، به‌این ترتیب محدوده‌های که داری تراکم جمعیتی بیشتر می‌باشند جهت احداث مسیرهای دوچرخه مناسب‌ترند.

به‌این ترتیب این معیار به زیر معیارهای زیر تقسیم می‌شود:

کمتر از ۱۰۰ نفر در هکتار	بین ۱۰۰ تا ۱۹۹ نفر در هکتار	بیشتر از ۲۰۰ نفر در هکتار
-----------------------------	--------------------------------	------------------------------

فاصله تا اهداف مناسب سفر با دوچرخه: وجود اهداف مناسب جهت سفر با دوچرخه، مانند مجتمع‌های تجاری، مکان‌های تفریحی، ورزشی و فرهنگی چه در طول مسیر چه در ابتدا و انت‌های مسیر دوچرخه می‌تواند، یک عامل جذب استفاده‌کنندگان از مسیر دوچرخه باشد، به‌این ترتیب معابر که با این محدوده‌ها فاصله کمتری دارند جهت احداث مسیر دوچرخه مناسب‌ترند. به‌این ترتیب این معیار به زیر معیارهای زیر تقسیم می‌شود.

کمتر از ۵۰۰ متر	از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر	بیش از ۲۰۰۰ متر
-----------------	---------------------------	-----------------

فاصله تا ایستگاه اتوبوس: اتوبوس به‌عنوان یکی دیگر از وسایل حمل‌ونقل عمومی می‌تواند جایگزین بهتری برای استفاده‌کنندگان باشد، یعنی اگر استفاده‌کنندگان ایستگاه‌های اتوبوس را در نزدیکی خود ببینند استفاده از اتوبوس جهت جابه‌جایی نسبت به دوچرخه محتمل‌تر خواهد شد. به‌این ترتیب محدوده‌هایی که از ایستگاه‌های اتوبوس فاصله بیشتری باشند، جهت احداث مسیر دوچرخه مناسب‌ترند. به‌این ترتیب این معیار به زیر معیارهای زیر تقسیم می‌شود.

کمتر از ۲۰۰ متر	بین ۲۰۰ تا ۶۰۰	بیشتر از ۶۰۰ متر
-----------------	----------------	------------------

فاصله تا مکان‌های قابل پیش‌بینی پارکینگ دوچرخه: مکان‌های پارک دوچرخه می‌توانند به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در استفاده از مسیرهای دوچرخه عمل کنند، وجود پارکینگ‌های دوچرخه در فاصله نزدیک در طول مسیر می‌تواند تمایلات استفاده از دوچرخه را افزایش دهد، به‌این ترتیب محدوده‌هایی که در نزدیکی پارکینگ‌های دوچرخه واقع‌اند جهت احداث مسیر دوچرخه مناسب‌ترند، به‌این ترتیب این معیار به زیر معیارهای زیر تقسیم می‌شود.

کمتر از ۵۰۰ متر	از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر	بیش از ۲۰۰۰ متر
-----------------	---------------------------	-----------------

تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها

معیارها در یک ماتریس قرار گرفته، دوبه دو آن‌ها را باهم مقایسه می‌کنیم، سپس با استفاده از روش نرمال کردن تمام سنجه‌ها هم‌وزن می‌شوند. ماتریس هشت در هشت معیارها در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۲. تشکیل ماتریس ۸×۸ جهت مقایسه معیارها

شرح	ایمنی تقاطع‌ها	شبکه معابر	شیب	فاصله تا اهداف سفر	تراکم جمعیت	سازگاری کاربری‌ها	مکان‌های پارکینگ دوچرخه	ایستگاه اتوبوس
ایمنی تقاطع‌ها	-	۱	۳	۳	۴	۴	۵	۷
شبکه معابر	-	-	۳	۳	۴	۴	۵	۷
شیب	-	-	-	۱	۲	۳	۴	۶
فاصله تا اهداف سفر	-	-	-	-	۱	۲	۳	۵
تراکم جمعیت	-	-	-	-	-	۱	۲	۴
سازگاری کاربری‌ها	-	-	-	-	-	-	۱	۳
مکان‌های پارکینگ دوچرخه	-	-	-	-	-	-	-	۲
ایستگاه اتوبوس	-	-	-	-	-	-	-	-

وزن دهی به زیر معیارهای ایمنی تقاطع‌ها

در این مرحله از فرایند سلسله مراتبی، اقدام به تعیین ضرایب اهمیت مربوط به زیر معیارها در هر معیار شده است که در این قسمت به تعیین ضریب اهمیت زیر معیارهای ایمنی تقاطع مطابق جدول ۳ پرداخته شده است.

جدول ۳. وزن دهی به زیر معیارهای ایمنی تقاطع‌ها

شرح	تقاطع بدون چراغ	میدان‌ها	تقاطع با چراغ
تقاطع بدون چراغ	۱	۴/۱	۷/۱
میدان‌ها	۴	۱	۴/۱
تقاطع با چراغ	۷	۴	۱

وزن دهی به زیر معیارهای معابر

با توجه به نوع شبکه معابر و سلسله مراتب معابر، معابر محلی برای ایجاد خطوط دوچرخه مناسب‌تر به نظر می‌رسند از این رو اهمیت هر زیر معیار در این معیار به شرح جدول ۴ است.

وزن دهی به زیر معیارهای شیب

با توجه به اینکه اراضی با شیب کمتر جهت احداث مسیرهای دوچرخه مناسب‌ترند و توسط دوچرخه‌سواران با استقبال بیشتری مواجه می‌شوند، اهمیت اراضی با شیب کمتر بیشتر از سایر اراضی است. جدول ۵ بیانگر امتیازهای زیر معیارهای میزان شیب است.

جدول ۴. وزن دهی به زیر معیارهای شبکه معابر

شرح	درجه ۱	درجه ۲	جمع و پخش‌کننده	محلی
شریانی درجه ۱	۱	۳/۱	۵/۱	۷/۱
شریانی درجه ۲	۳	۱	۳/۱	۵/۱
جمع و پخش‌کننده	۵	۳	۱	۳/۱
محلی	۷	۵	۳	۱

جدول ۵. وزن دهی به زیر معیارهای میزان شیب

شرح	کمتر از ۳٪	بین ۳٪ تا ۷٪	بیشتر از ۷٪
کمتر از ۳٪	۱	۳	۵
بین ۳٪ تا ۷٪	۳/۱	۱	۳
بیشتر از ۷٪	۵/۱	۳/۱	۱

وزن دهی به زیر معیارهای فاصله تا اهداف مناسب سفر با دوچرخه

وجود اهداف مناسب و جاذب سفر در محدوده می‌تواند باعث جذب استفاده شهروندان از دوچرخه گردد، از این رو اهداف مناسبی که می‌تواند جاذب و مولد سفر با دوچرخه باشند، دارای اهمیت بیشتری خواهند بود. بر این اساس

- چهارراه مخابرات، به‌عنوان مرکز منطقه دارای کاربری‌های تجاری و خدماتی
- دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
- مراکز اداری حاشیه میدان مادر
- مجموعه ورزشی کوثر
- شهرداری منطقه ۱۰ در انتهای بلوار شاهد

جدول ۶. وزن دهی به زیر معیارهای فاصله تا اهداف مناسب سفر با دوچرخه

شرح	کمتر از ۵۰۰ متر	از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر	بیش از ۲۰۰۰ متر
کمتر از ۵۰۰ متر	۱	۳	۷
از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر	۳/۱	۱	۴
بیش از ۲۰۰۰ متر	۷/۱	۴/۱	۱

وزن دهی به زیر معیارهای تراکم جمعیتی

با توجه به اهمیت وجود جمعیت در یک محدوده، قسمت‌هایی که دارای جمعیت بیشتری باشند جهت احداث مسیرهای دوچرخه مناسب‌ترند و محدوده‌ها با تراکم جمعیتی بیشتری اهمیت بیشتری نسبت به سایر محدوده‌ها دارند.

جدول ۷. وزن دهی به زیر معیارهای تراکم جمعیتی

شرح	کمتر از ۱۰۰ نفر در هکتار	۱۰۰ تا ۲۰۰ نفر در هکتار	بیش از ۲۰۰ نفر در هکتار
کمتر از ۱۰۰ نفر در هکتار	۱	۳/۱	۵/۱
۱۰۰ تا ۲۰۰ نفر در هکتار	۳	۱	۳/۱
بیش از ۲۰۰ نفر در هکتار	۵	۳	۱

وزن دهی به زیر معیارهای سازگاری کاربری

مسیرهای دوچرخه باید در مناطقی احداث شوند که کاربری‌های موجود در محدوده با مسیر دوچرخه، سازگاری داشته باشد از این رو کاربری‌هایی که با مسیر دوچرخه دارای

ناسازگاری می‌باشند از اهمیت کمتری در مقایسات زوجی برخوردار بوده‌اند. بر این اساس ماتریس مقایسات زوجی (جدول ۸) تکمیل شده است.

جدول ۸. وزن دهی به زیر معیارهای میزان سازگاری کاربری‌ها

شرح	سازگار	ناسازگار	کاملاً ناسازگار
سازگار	۱	۳	۵
ناسازگار	۳/۱	۱	۳
کاملاً ناسازگار	۵/۱	۳/۱	۱

وزن دهی به معیار دسترسی به پارکینگ‌های دوچرخه

وجود پارکینگ‌های دوچرخه، در محدودهای نزدیک باعث افزایش دسترسی آسان استفاده‌کنندگان از دوچرخه خواهد شد، از این رو محدوده‌هایی که در فاصله نزدیک این پارکینگ‌ها

قرار دارند دارای ارجحیت بیشتر خواهند بود. بر اساس ماتریس مقایسات زوجی جدول ۹ تکمیل شده است.

جدول ۹. وزن دهی به معیار دسترسی به پارکینگ‌های دوچرخه

شرح	کمتر از ۵۰۰ متر	از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر	بیش از ۲۰۰۰ متر
کمتر از ۵۰۰ متر	۱	۵	۹
از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر	۵/۱	۱	۵
بیش از ۲۰۰۰ متر	۹/۱	۵/۱	۱

وزن دهی به زیر معیارهای دسترسی به ایستگاه اتوبوس

وجود ایستگاه‌های اتوبوس در محدوده‌های نزدیک مسیر دوچرخه می‌تواند میل به استفاده از دوچرخه را کاهش دهد، به این ترتیب محدوده‌های نزدیک به ایستگاه‌های اتوبوس از نظر

اهمیت جهت احداث مسیر دوچرخه دارای اهمیت کمتری خواهند بود. بر اساس مطالب فوق ماتریس مقایسات زوجی در جدول ۱۰ تشکیل شده است.

جدول ۱۰. وزن دهی زیر معیارهای دسترسی به ایستگاه اتوبوس

شرح	کمتر از ۲۰۰ متر	از ۲۰۰ متر تا ۴۰۰ متر	بیش از ۴۰۰ متر
کمتر از ۲۰۰ متر	۱	۵	۹
از ۲۰۰ متر تا ۴۰۰ متر	۵/۱	۱	۴
بیش از ۴۰۰ متر	۹/۱	۴/۱	۱

تعیین وزن نهایی زیر معیارها

در این مرحله وزن معیارها که از نتایج ماتریس جدول ۲ محاسبه شده بود و همچنین وزن زیر معیارهای محاسبه شده

منتج از ماتریس‌های امتیازدهی زیر معیارها برهم‌نهی شده و نهایتاً وزن نهایی زیر معیارها در (نمودار ۱) بیان شده است.

وزن نهایی زیر معیارها	وزن زیر معیار	زیر معیار	وزن معیار	معیار
۰.۰۲۰۵	۰.۰۷۵	تقاطع هم سطح بدون چراغ	۰.۲۷۳	ایمنی تقاطع ها
۰.۰۶۲۵	۰.۲۲۹	میدان ها		
۰.۱۹۰۰	۰.۶۹۶	تقاطع هم سطح با چراغ		
۰.۰۱۵۰	۰.۰۵۵	شیرانی درجه ۱	۰.۲۷۳	شبکه معابر
۰.۰۳۲۲	۰.۱۱۸	شیرانی درجه ۲		
۰.۰۷۱۵	۰.۲۶۲	جمع و بخش کننده		
۰.۱۵۴۲	۰.۵۶۵	محلی		
۰.۰۸۵۴	۰.۶۳۷	کمتر از ۳٪	۰.۱۳۴	شیب
۰.۰۳۴۶	۰.۲۵۸	بین ۳٪ تا ۷٪		
۰.۰۱۴۱	۰.۱۰۵	بیشتر از ۷٪		
۰.۰۷۱۸	۰.۶۵۹	کمتر از ۵۰۰ متر	۰.۱۰۹	فاصله تا اهداف سفر
۰.۰۲۸۷	۰.۲۶۳	از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر		
۰.۰۰۸۶	۰.۰۷۹	بیش از ۲۰۰۰ متر		
۰.۰۰۸۳	۰.۱۰۵	کمتر از ۱۰۰ نفر در هکتار	۰.۰۷۹	تراکم جمعیت
۰.۰۲۰۴	۰.۲۵۸	۱۰۰ تا ۲۰۰ نفر در هکتار		
۰.۰۵۰۳	۰.۶۳۷	بیش از ۲۰۰ نفر در هکتار		
۰.۰۳۸۹	۰.۶۳۷	سازگار	۰.۰۶۱	سازگاری کاربری ها
۰.۰۱۵۷	۰.۲۵۸	ناسازگار		
۰.۰۰۶۴	۰.۱۰۵	کاملاً ناسازگار		
۰.۰۳۳۸	۰.۷۳۵	کمتر از ۵۰۰ متر	۰.۰۴۶	فاصله تا پارکینگ دوچرخه
۰.۰۰۹۵	۰.۲۰۷	از ۵۰۰ متر تا ۲۰۰۰ متر		
۰.۰۰۲۷	۰.۰۵۸	بیش از ۲۰۰۰ متر		
۰.۰۰۱۶	۰.۰۶	کمتر از ۲۰۰ متر	۰.۰۲۶	ایستگاه اتوبوس
۰.۰۰۶۰	۰.۲۳۱	از ۲۰۰ متر تا ۴۰۰ متر		
۰.۰۱۸۴	۰.۷۰۹	بیش از ۴۰۰ متر		

نمودار ۱. ترکیب ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها و تعیین وزن نهایی زیر معیارها

شبیه‌سازی در محیط GIS

مطالعه می‌پردازیم. نتایج اولویت‌بندی و وزن‌دهی شاخص‌ها در نقشه (شکل ۷ تا شکل ۱۴) قابل ملاحظه است.

با توجه به وزن‌های مشخص شده در مرحله قبلی، به اعمال ضرایب و وزن‌ها به شاخص‌های بررسی شده در محدوده مورد



شکل ۷. وزن دهی به زیر معیارهای نوع تقاطع



شکل ۸. وزن دهی به زیر معیارهای نوع معبر



شکل ۹. وزن دهی به زیر معیارهای میزان شیب



شکل ۱۰. وزن دهی به زیر معیارهای فاصله اهداف سفر



شکل ۱۱. وزن دهی به زیر معیارهای تراکم جمعیتی



شکل ۱۲. وزن دهی به زیر معیارهای سازگاری کاربری‌ها



شکل ۱۳. وزن دهی به زیر معیارهای فاصله از پارکینگ‌های دوچرخه

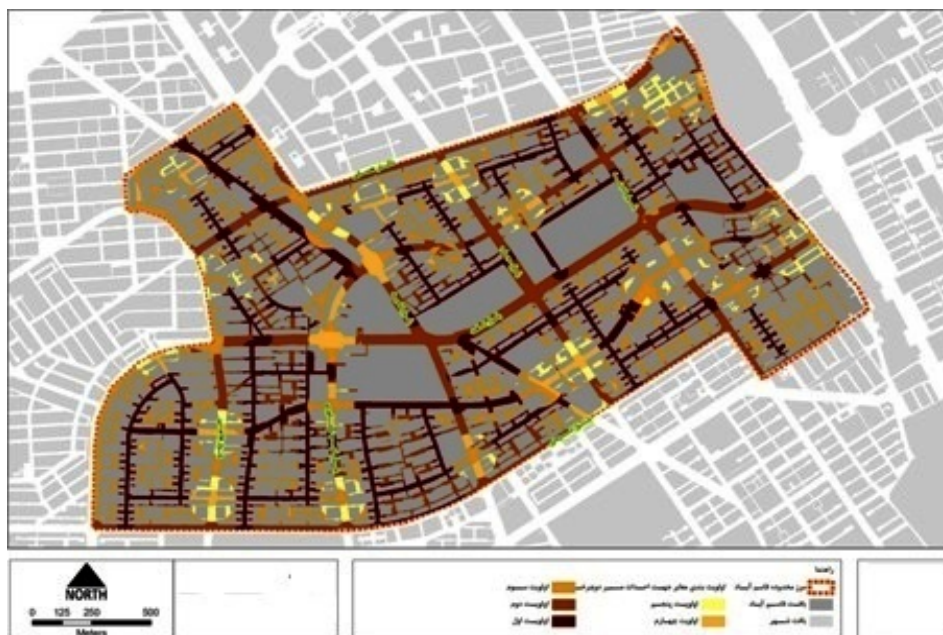


شکل ۱۴. وزن دهی به زیر معیارهای فاصله تا ایستگاه اتوبوس

اعمال ضرایب و الویت‌بندی معابر جهت مسیر دوچرخه

محدوده‌هایی از معابر که دارای وزن بیشتری باشند جهت احداث مسیرهای دوچرخه مناسب‌ترند و بیشتر یا اولویت را برای احداث مسیرهای دوچرخه دارند. نقشه (شکل ۱۵) معابر محدوده را بر اساس اولویت شان جهت احداث مسیر دوچرخه نشان می‌دهد.

بر اساس اولویت‌بندی انجام‌گرفته در معیارها و وزن‌های ارائه‌شده به هر معیار و زیر معیار پس از هم‌پوشانی نقشه‌ها در نرم‌افزار ARCGIS محدوده‌های به پهنه‌هایی تقسیم‌شده‌اند که هر پهنه براساس اوزان اختصاص‌یافته به هر زیر معیار و مجموع اوزان اختصاص‌یافته دارای یک وزن نهایی می‌باشد



شکل ۱۵. اعمال ضرایب اهمیت معیارها و زیر معیارها و الویت‌بندی معابر جهت مسیر دوچرخه

۵- نتیجه‌گیری

غرب محدوده و بلوار شاهد در مرکز محدوده به ترتیب دارای بیشترین پتانسیل برای مسیر ایمن دوچرخه می‌باشند، همچنین خیابان استاد یوسفی در پایین محدوده نیز در غالب نقاط دارای پتانسیل احداث مسیر دوچرخه است، با توجه به ضریب تأثیر شاخص ایمنی تقاطع‌ها تنها می‌بایست در محدوده چهار راه‌ها ایمن‌سازی مناسب برقرار گردد تا کل محور جهت احداث مسیر دوچرخه مناسب‌سازی گردد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش و تحلیل هشت شاخص بررسی‌شده شاخص ایمنی تقاطع‌ها و نوع معابر با ۲۷٪ بیشترین وزن و ضریب تأثیر و شاخص فاصله تا پارکینگ دوچرخه و فاصله تا ایستگاه‌های اتوبوس به ترتیب با حدود ۴٪ و ۲٪ مشمول کمترین ضریب اهمیت شدند. در این پژوهش به علت نوع شبکه دسترسی منطقه موجود، مسیر مختلط در نظر گرفته‌شده است. خیابان شهید راستی در شمال شرق محدوده و بلوار اندیشه بعد از چهارراه شاهد در شمال

۶- مراجع

-باس، اس، (۱۳۸۶)، پیشرفت‌هایی در حمل‌ونقل شهری، نادعلی رمضان‌پور، نیما امینیان، انتشارات آزاد مهر، تهران، ۲۷۲.

-اسداللهی، رضا و صفارزاده، محمود و ممدوحی، امیررضا (۱۳۹۰)، ارائه الگویی برای شبکه مسیرهای دوچرخه‌سواری، پژوهشنامه حمل‌ونقل، شماره دوم، ۱۱۴-۱۰۱.

- Lusk, A. Wen, X. Zhou, L. (2014). Gender and used/preferred differences of bicycle routes, parking, Intersection signals, and bicycle type, Professional middle class preferences in Hangzhou-China. *Journal of Transport & Health*, Vol. 1,124-133.
- Baltes, M. (1997). Factors Influencing Nondiscretionary Work Trips by Bicycle Determined from 1990 US Census Metropolitan Area Statistical Area Data, *Transportation Research Record 1538*, 96-101.
- Basbas, S. (2007). Advances in City Transport. Case Studies, Aristotle University, Thessaloniki, Greece, *First Edition*, 208-209.
- Bernardia, S. Federico, R. (2015). An analysis of bicycle travel speed and disturbances on off-street and on street facilities, *Transportation Research Procedia*, Vol. 5, 82-94.
- Bocian, E. (2012). Using GIS for Safe Bicycle Routing, Candidacy for the Degree of Master of Science, *Northwest Missouri State University*.
- Edward, J. Jepson, Jr. and Mary M, Edwards. (2010). How Possible is Sustainable Urban Development? An Analysis of Planners Perceptions about new Urbanism, Smart Growth and the Ecological City, *Planning Practice and Research*, Vol. 25(4), 417-437.
- Gozarrah Consulting Engineers. (2005). *Bicycling Facilities*, Shiveh Publications, Tehran Traffic Organization, 49.
- Honarvar, A., Sharifian. E., Farzan. F. (2006). Views on Development of Clean Transport Systems focused on Bicycling: Factors, Obstacles, and Solutions, 2nd Conference on Air Pollution and its Health Effects, Tehran.
- Jäppinen, Sakari. Toivonen, T. Salonen, M. (2013). Modelling the potential effect of shared Bicycles on public transport travel
- پوریوسفی، فرهود، (۱۳۷۸)، دوچرخه و دوچرخه‌سواری، انتشارات موسسه کتاب همراه، تهران، ۸۰.
- تقوایی، مسعود و فتحی، عفت (۱۳۹۰)، معیارهای مکان‌گزینی و طراحی مسیرهای دوچرخه‌سواری، فصلنامه جامعه‌شناسی کاربردی، شماره ۴۳، ۱۵۲-۱۳۵.
- شهبان، پویان، (۱۳۸۲)، خطر سواره در تقاطع دوچرخه‌ها، مجله شهرداری‌های، سال پنجم، شماره ۵۸، تهران.
- شیخ‌الاسلامی، علیرضا (۱۳۷۴)، مطالعات طرح ایجاد شبکه دوچرخه‌سواری به‌عنوان یک روش حمل‌ونقل شهری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- فتحی، هوشنگ (۱۳۷۱)، تاریخچه و مقررات و روش‌ها، انتشارات مدرسه، تهران، ۳۰۵-۳۰۴.
- قدسی‌پور، حسن (۱۳۹۲)، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، نوبت یازدهم، تهران، ۲۳۳-۲۳۲.
- قریب، فریدون (۱۳۸۳)، امکان‌سنجی ایجاد مسیرهای پیاده و دوچرخه تهران قدیم، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۹، تهران، صفحه ۲۸-۱۷.
- کنف‌الآخر، هرمان (۱۳۸۱)، اصول برنامه‌ریزی (طراحی) تردد پیاده و دوچرخه، فریدون قریب، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۲۹-۳۲۸.
- هنرور، افشار و شریفیان، اسماعیل و فرزانه، فرزانه (۱۳۸۵)، نگرش‌ها در زمینه گسترش سامانه‌های حمل‌ونقل پاک با تأکید بر نقش دوچرخه‌سواری عوامل، موانع و راهکارها، دومین همایش آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت، تهران.
- Ana, Silva. I. Pinto, D. Ribeiro, J. Delgado. (2014). Multicriteria Analysis for Evaluation of Bike Lane Routes Integrated to Public Transportation, *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, Vol. 162, 388-397.

- Rybarczyk, G. Changshan, Wu. (2010). Bicycle Facility Planning Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis, *Applied Geography*, Vol. 30, 282-293.
- Saaty, T.L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*. Vol. 15, 234-281.
- Saaty, T.L. (2013). On the Measurement of Intangibles. A Principal Eigenvector Approach to Relative Measurement Derived from Paired Comparisons. *Notices of the AMS*. Vol. 60(2), 192-208.
- Suzukia, K, Kanda, K. Doic, N. Tsuchizakid. (2012). Proposal and Application of a New Method for Bicycle Network Planning, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 43, 558-570.
- times in Greater Helsinki: An open data approach, *Applied Geography*, Vol. 43, 13-24.
- Kenfolakhar, H. (2002), Planning Principles for Designing Pedestrian and Bicycle Traffic, Translated by, F. Gharib, *Tehran University Publications*.
- Lintock, H.(1992). bicycle and city traffic in London, Belhaven Press, London, 1999, *Hlsted Press*, John Wiley and sons, New York.
- Marinoni, O. (2007). Some Word on the Analysis Hierarchy Process and the Provided ArcGIS Extention, Short introduction to the principles of the Analytic Hierarchy Process (AHP), *Germany*.
- Pettinga, A, and et al., (2009). Cycling Inclusive Policy Envelopment: a Handbook, Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, 256.

Spatial Planning for Choosing the Optimal and Safe Bike Path in Mashhad Using Analytic Hierarchy Process (AHP)

*Qadir Siaami, Assistant Professor, Department of Urban Planning and Architecture,
Imam Reza International University, Mashhad, Iran.*

*Kurush Ansari, M.Sc., Grad., Department of Urban Planning and Architecture,
Imam Reza International University, Mashhad, Iran.*

*Sina Rastegar, M.Sc., Grad., Department of Urban Planning and Architecture,
Imam Reza International University, Mashhad, Iran.*

E-mail: q.siaami@gmail.com

Received: June 2023- Accepted: November 2023

ABSTRACT

The development of motor vehicle use has reduced irreversible fossil fuels, environmental pollution, and reduced physical mobility, despite significant reductions in travel times, especially over long distances. On the other hand, this saving is not achieved during peak hours, especially at short travel distances. One way to solve this problem, especially in metropolises that face more environmental challenges, is to develop intercity transportation for short distances by bicycle. The purpose of this research is to select the optimal safe bicycle route in District 10 of Mashhad Metropolitan Municipality due to the modernity of the area, high traffic load, and at the same time having the capacity to develop bicycle-based transportation. The research method in this paper is descriptive-analytical and based on Analytic Hierarchy Process (AHP). The method is to collect documentary and field information. Multi-criteria analysis of indicators in this research has been done by expert choice software in digital mapping layers and simulated in GIS environment. The input of this model will be the information and documents examined by the target environment and its output will be maps that show the potential of the area's roads to be used as a safe bicycle route. The findings of this study showed that the safety index of intersections and the type of passages with 27% had the highest impact factor and the index of distance to bus stations with an impact factor of 2% had the lowest coefficient of importance. Therefore, it can be concluded that Shahid Rasti Street and Andisheh Boulevard, after Shahed and Shahed Boulevards intersections, have the greatest potential for safe cycling, respectively.

Keywords: Bicycle, Definition Optimal Safe Bike Route, Analytical Hierarchy Process, AHP, GIS, Mashhad Qasim Abad