اولویت بندی مسیر احداث خط دوچرخه در مرکز شهر تهران بر اساس مبانی پایداری در حمل‌ونقل

خشایار محمودیان[1*]، امیرحسن کرمانشاه[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

پست الکترونیکی نویسندگان:

۱- Khs.mahmoudian۷۸@sharif.edu

۲- Kermanshah@sharif.edu

چکیده

یکی از راه‌حل‌های پایدار جهت بهبود معضلات موجود استفاده از خودروهای شخصی، استفاده از دوچرخه است. گام نخست به منظور افزایش رغبت عمومی نسبت به استفاده از دوچرخه، ایجاد مسیرهای مناسب دوچرخه سواری است. این مسیرها باید ایمن، راحت، جذاب و دارای دسترسی مناسب باشند. به همین منظور، تحقیق حاضر به اولویت بندی سه مسیر در مرکز شهر تهران با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای احداث مسیر دوچرخه با توجه به معیارهای ایمنی، جذابیت و پتانسیل جابه‌جایی پرداخته است. در نتایج این تحقیق نشان داده شده است که زیرمعیارهای شیب مسیر، سرعت مجاز وسایل در مسیر و تعداد تقاطع در مسیر از معیار ایمنی از دیگر زیرمعیارها در تعیین مسیر برای احداث مسیر دوچرخه با اهمیت‌تر هستند. همچنین پس از اولویت بندی مسیرهای احداث دوچرخه با توجه به معیارها و زیرمعیارهای این پژوهش، خیابان شوش نسبت به دیگر خیابان‌ها اولویت بالاتری برای احداث مسیر دوچرخه داشت. پس از خیابان شوش، خیابان فردوسی و خیابان هفده شهریور به ترتیب در اولویت ساخت مسیر دوچرخه بودند.

واژه‌های کلیدی: اولویت بندی، دوچرخه، راه‌حل پایدار، مسیر دوچرخه

* خشایار محمودیان، دانشجوی کارشناسی ارشد حمل‌ونقل- دانشگاه صنعتی شریف

ایمیل: khs.mahmoudian۷۸@sharif.edu (نویسنده مسئول مقاله)

ویرایش شده

Prioritizing the Construction of Bicycle Lanes in the Central Area of Tehran Based on Sustainable Transportation Principles

K. Mahmoudian [۱], A. Kermanshah [۲]

۱- M.Sc. Student of Transportation Engineering and Planning, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

۲- Assistant Prof., Department of Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.

Abstract

One of the sustainable solutions to alleviate existing issues caused by personal vehicle usage is the promotion of cycling. The initial step to increase public interest in cycling involves establishing suitable bike lanes. These lanes should not only be safe but also provide a comfortable, attractive environment while ensuring convenient access to public transportation stations, and facilitating interaction with other modes of public transit. This research investigates three routes in Tehran's central area, aiming to prioritize them for bicycle lane construction based on safety, attractiveness, and movement potential criteria. Under the safety criterion, important sub-criteria include the slope of the route, permissible speed of vehicles in the lane, traffic volume, the number of intersections, and the location of congestion charge zones. These factors play a pivotal role in creating a secure cycling infrastructure. The attractiveness criterion takes into account sub-criteria such as land use diversity and the incorporation of green spaces along the routes, enhancing the overall cycling experience. Simultaneously, the movement potential criterion evaluates sub-criteria, including the resident population, the availability of public transport stations, and the proximity to educational centers. This ensures that the selected routes are not only safe and attractive but also practical within the urban context. In this study, the Analytical Hierarchy Process (AHP) is utilized to determine the importance of each parameter. The results indicate that sub-criteria such as the slope of the route, permissible speed of vehicles in the lane, and the number of intersections on the route are more important within the safety criterion. After prioritizing the routes for the construction of bicycle lanes based on the criteria and sub-criteria in this research, Shoosh Street is identified as having a higher priority compared to other streets. Following Shoosh Street, ۱۷th Shahrivar Street, and Ferdowsi Street are the next in line for constructing bicycle lanes.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Cycling, Sustainable Solution, Bike Lane

۱-مقدمه

افزایش بی‌رویه استفاده از وسایل حمل‌ونقل شخصی و عدم توجه کافی به استفاده از حمل‌ونقل همگانی، شهرها را با مشکلات عدیده‌ای از جمله ترافیک و آلودگی‌های زیست محیطی درگیر کرده است. از جمله مهم‌ترین این مشکلات، افزایش بی‌رویه گازهای گلخانه‌ای است. برای غلبه بر مشکلات کنونی ناشی از حمل‌ونقل، در نظر گرفتن هر سه پارامتر اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی ضروری است [۱]. حمل‌ونقل پایدار[۱] مفهوم و رویکردی جدید است که هر سه این عوامل را به عنوان سه بعد اصلی خود در نظر گرفته است [۲]. حمل‌ونقل فعال[۲]، یکی از شیوه‌های حمل‌ونقل پایدار است. استفاده از این شیوه سفر باعث افزایش سلامت جامعه، افزایش رضایمتندی از سفر، کاهش وابستگی به خودروهای شخصی، کاهش ترافیک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است [۳]. ترغیب افراد به استفاده از شیوه‌های فعال سفر، نیازمند فراهم بودن عواملی است. در این راستا، وجود زیرساخت‌های مناسب شهری و مناسب بودن کیفیت شبکه معابر جزو دو عامل اصلی هستند [۴]. یکی از دو شیوه اصلی حمل‌ونقل فعال، استفاده از دوچرخه است. از مهم‌ترین عواملی که بر قابلیت دوچرخه‌سواری و میزان رضایتمندی از سفر با دوچرخه در محیط‌های مختلف اثر گذارند، ویژگی‌های خطوط دوچرخه است که باید از چند خصوصیت اصلی برخوردار باشند. این خصوصیات اصلی، باید در طراحی زیرساخت‌های دوچرخه مورد توجه قرار گیرند. ویژگی‌های مهم خطوط دوچرخه برای بالابردن کیفیت قابلیت دوچرخه‌سواری شامل دسترسی، ایمنی، امنیت، پیوستگی، سادگی و کوتاه بودن مسیر، راحتی و زیبایی است [۵]. برای مثال، تأثیر عوامل مختلف بر استفاده از دوچرخه توسط بانوان در گروه‌های جمعیتی مختلف در مطالعه‌ای در شهر ملبورن در استرالیا مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، تأکید زیادی بر بهبود زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری در مسیرهای اختصاصی دوچرخه شد؛ زیرا این زیرساخت‌ها اهمیت بالایی در تشویق بانوان به استفاده از دوچرخه داشتند. [۶]. این مسیرهای اختصاصی دوچرخه با ویژگی‌های خاص می‌تواند شرایط دوچرخه‌سواری ایمن‌تری فراهم کند تا افراد بیشتری از دوچرخه به عنوان وسیله‌ای برای حمل‌ونقل استفاده کنند. [۷].

ایمنی مسیرهای دوچرخه اهمیت بالایی در میزان رضایتمندی افراد از استفاده از دوچرخه دارد [۸]. در همین راستا، تحقیقی در شهر تسالونیکی در کشور یونان با استفاده از نظر سنجی آنلاین دریافت که دو پارامتر نبود ایمنی و نبود پیوستگی مسیر دوچرخه نقش اساسی در میزان رضایمتندی افراد از سفر با دوچرخه را داشتند [۹].

در زمینه یافتن ویژگی‌های خاص مسیرهای دوچرخه، تحقیقی در شهرهای خاراگپور و آسانسول در کشور هند، از طریق پرسشنامه از افراد عادی و استفاده از مدلسازی لوجیت-مبنا دریافت که پارامتر حجم خودروهای شخصی در خیابان و تراکم خودروهای پارک شده کنار خیابان از گروه ایمنی، وضوح دیداری مسیر، عرض مسیر و مدت زمان مسیر به عنوان ویژگی‌های خاص مسیرهای دوچرخه هستند [۱۰]. تحقیق دیگری نیز به مروری جامع بر تحقیقات صورت گرفته در زمینه عوامل کلیدی تاثیرگذار بر تقاضای دوچرخه پرداخت. این تحقیق، عوامل اصلی تاثیر گذار را به ۶ دسته، شامل: شرایط جوی نامساعد (دما، رطوبت و وزش باد)، ملاحظات محیط زیستی و مشخصات مسیر دوچرخه (نزدیکی فضاهای سبز، مناطق تفریحی، مراکز حمل‌ونقل همگانی، مدارس، دانشگاه‌ها، موزه‌ها، مراکز خرید، امکانات ورزشی، رستوران‌ها، هتل‌ها)، پیوستگی بین مسیر حمل‌ونقل همگانی و مسیر دوچرخه، وجود ایستگاه‌های دوچرخه، خصوصیات فردی و ایمنی تقسیم بندی کرد [۱۱]. در ایران نیز تحقیقی در شهر قزوین، با مصاحبه از اقشار گوناگون، مشکلات دوچرخه‌سواری را شناسایی کرد و پس از آن به اولویت‌بندی برای رفع این مشکلات پرداخت [۱۲]. این تحقیق به عواملی چون نبود ایمنی کافی در مسیر دوچرخه، فرهنگ سازی نامناسب، پایین بودن شأن اجتماعی دوچرخه‌سوار، نقص در روشنایی مسیر، ناهمواری زمین و آلودگی هوا پرداخت و دو

پارامتر نبود ایمنی کافی در مسیر دوچرخه و فرهنگ سازی نامناسب به عنوان مهم‌ترین مشکلات دوچرخه‌سواران شناسایی شد.

تحقیقات متعددی در جهان و ایران در زمینه استفاده از تحلیل چندمعیاری برای ارزیابی پارامترهای موثر بر کیفیت زیرساخت‌های دوچرخه صورت گرفته است. برای مثال، مطالعه‌ای در شهر میلواکی آمریکا از تحلیل چندمعیاری برای ارزیابی کیفیت زیرساخت‌های دوچرخه بر اساس پارامترهای مبتنی بر عرضه و تقاضا استفاده کرد و عوامل وقوع جرم و تخلف، تراکم محل‌های کاری، وجود مدارس و مراکز تفریحی و همچنین جمعیت ساکن به عنوان پارامترهای موثر بر کیفیت زیرساخت‌های دوچرخه در نظر گرفته شد [۱۳]. در ایران نیز تحقیقی به بررسی و تحلیل مسیرهای دوچرخه در شهر پرتراکم یزد که دارای پتانسیل مناسبی برای احداث مسیرهای دوچرخه است، پرداخت [۱۴]. در این تحقیق پارامترهای ایمنی، شیب، سهولت دسترسی، پیوستگی مسیر، شرایط اقلیمی منطقه، جذابیت و وضوح مسیر با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی مورد ارزیابی قرار گرفت و پارامترهای ایمنی مسیر، شیب و پیوستگی مسیر به عنوان سه پارامتر اصلی اثرگذار بر طراحی مسیرهای دوچرخه شناسایی شد. تحقیق دیگری در شهر اسپارتا در ترکیه به بررسی عوامل مثبت و منفی تأثیرگذار بر ایمنی و تصمیم‌گیری در ادغام دوچرخه با سامانه حمل و نقل همگانی (اتصال اتوبوس) پرداخت [۱۵]. این تحقیق شامل یک نظرسنجی با مشارکت ۴۶۰ دوچرخه‌سوار با سابقه در شهر اسپارتا بود. گزارش‌های حوادث و سیستم اطلاع رسانی جغرافیایی برای شناسایی مکان‌های حادثه‌زا در شهر استفاده شدند؛ علاوه بر این، در این تحقیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاری برای تجزیه و تحلیل داده‌های نظرسنجی و تعیین پارامترهای مؤثر برای مسیرهای دوچرخه ایمن‌تر به‌کار رفت.

بخشی دیگر از تحقیقات نیز از نتایج تحلیل چندمعیاری برای اولویت بندی مسیرهای دوچرخه سواری استفاده کردند. برای مثال، در ایران و در شهر تهران تحقیقی به بررسی عوامل تأثیرگذار بر انتخاب مسیرهای دوچرخه شامل عوامل ایمنی، انسانی، زیست‌محیطی، ترافیکی و سایر عوامل با هدف بهبود کیفیت ترافیک پرداخت [۱۶]. درادامه، معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با کیفیت مسیر دوچرخه از طریق یک نظرسنجی که شامل ۲۰ نفر از افراد متخصص و ۲۸۰ نفر از شهروندان بود، به دست آمد. از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند تکنیک دلفی[۳] و تحلیل شبکه (ANP[۴]) استفاده شد و عوامل و خیابان‌های خاصی برای انتخاب مسیرهای دوچرخه سواری اولویت‌بندی شدند. در همین راستا، در یک مطالعه دیگر برای ارزیابی کیفیت طراحی مسیرهای دوچرخه، از سیستم اطلاع رسانی جغرافیایی (GIS[۵]) و روش ارزیابی چند معیاره استفاده شد. در این تحقیق، پارامترهای مختلفی از جمله حجم ترافیک، عرض لبه پیاده‌رو، عرض مسیر پیاده‌رو، محدودیت سرعت، کیفیت روسازی و فعالیت‌های مزاحم برای دوچرخه‌سواران به عنوان پارامترهای مؤثر در تمایل به دوچرخه‌سواری مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین اهمیت این پارامترها، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد؛ سپس با استفاده از این پارامترها، بهترین مسیر دوچرخه‌سواری برای هر مبدا-مقصد تعیین شد و این مسیر با کوتاه‌ترین مسیر بین این مبدا و مقصد مقایسه شد. این مقایسه بین مسیر کوتاه‌تر و یک مسیر مناسب برای دوچرخه‌سواری کمک کرد تا اصلاحات لازم برای بهبود مسیرهای دوچرخه‌سواری شناسایی شود [۱۷]. علاوه بر این، تحقیقی در ایران و در شهر شیراز با تأکید بر معیارهای ایمنی مسیر، جذابیت مسیر و قابلیت جابه‌جایی مسیر به اولویت‌بندی مسیرهای دوچرخه‌سواری پرداخت [۱۸]. در این تحقیق از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد و معیار اصلی ایمنی، با تأکید بر زیرمعیار شیب مسیر، به عنوان مؤثرترین عامل در انتخاب بهترین مسیر تعیین شد.

به طور کلی بررسی مطالعات نشان داد که استفاده از سیستم اطلاع رسانی جغرافیایی و تحلیل چندمعیاری می‌تواند در ارتقاء کیفیت تسهیلات دوچرخه و افزایش ایمنی و راحتی مسیرهای دوچرخه‌سواری در شهرها مؤثر باشد.

بر اساس مطالعات صورت گرفته در زمینه اولویت بندی مسیرهای دوچرخه، پارامترهای امنیت مسیر، ایمنی مسیر، خصوصیات ترافیکی شبکه و جذابیت مسیر در تشویق افراد به استفاده از دوچرخه از اهمیت فراوانی برخوردار بوده‌اند.

بطور مشخص سوالاتی اصلی پژوهش حاضر عبارتند از:

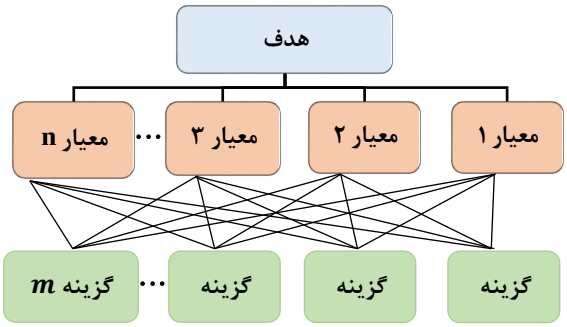
۱-معیارهای مساعد و مناسب برای احداث مسیر خط دوچرخه چیست و هر کدام به چه میزان اهمیت دارند؟

۲-با توجه به معیارهای به دست آمده در پژوهش، کدام یک از مسیرهای پیشنهادی اولویت بالاتری برای ساخت مسیر خط دوچرخه دارند؟

۳-چه راهکارهای عملی به مسئولین محلی می‌توان پیشنهاد داد تا کیفیت و نرخ استفاده از دوچرخه سواری بهبود یابد؟

۲-روش مطالعه

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم گیری چند معیاره است که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی[۶]، در دهه ۱۹۷۰ پیشنهاد شده است [۱۹]. فرایند تحلیل سلسله مراتبی منعکس کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آنها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل می‌کند و به حل آن می‌پردازد [۲۰]. از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه و معیار تصمیم گیری روبرو است استفاده می‌شود. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی یا ترکیبی از هردو باشند. اساس این روش تصمیم گیری بر مقایسات زوجی[۷] نهفته است. تصمیم گیرنده با فراهم ساختن درخت سلسله مراتب تصمیم گیری[۸]، کار تحلیل را شروع می‌کند. هدف تصمیم گیری در سطح صفر قرار می‌گیرد، معیارها



شکل ۱. شمای درخت سلسله مراتب تصمیم گیری

(شاخص‌ها) در سطح اول و گزینه‌ها نیز در سطح دوم جهت اولویت بندی قرار دارند که ممکن است با توجه به نوع مساله، تعداد سطوح معیارهای اصلی و فرعی بیشتر باشد و یا گزینه‌ای وجود نداشته باشد (شکل ۱) [۲۱].

در فرآیند ارزیابی توسط افراد متخصص، از مقایسه زوجی به عنوان ابزار اصلی برای قضاوت استفاده می‌شود. هدف این مقایسه، تعیین شدت ترجیح معیار i نسبت به معیار j است. برای این منظور، از ضرایب a_{ij} استفاده می‌شود که به ترتیب با امتیازهای ۱، ۳، ۵، ۷، و ۹ هماهنگ شده‌اند (جدول ۱). این رویکرد، به سادگی امکان نمایان‌سازی شدت ترجیحات در ارتباط با دو معیار را فراهم می‌کند. با توجه به ضرایب a_{ij}، ماتریس مقایسه دودویی معیارها (A)، تشکیل داده می‌شود. سپس میانگین هندسی هر یک از سطرهای این ماتریس به دست می‌آید. این میانگین هندسی نرمال نبوده و با تقسیم میانگین هندسی به دست آمده در هر سطر به مجموع عناصر ستون میانگین‌های هندسی، اوزان نرمال شده به دست می‌آید. این اوزان نرمال شده، برداری ستونی است که مطابق با رابطه ۱ به آن بردار ویژه (W) گفته می‌شود.

$$W = [w_i] = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T \qquad (1)$$

برای ماتریس مقایسه دودویی A، بردار W جواب معادله ۲ است.

$$AW = \lambda_{max} W \qquad (2)$$

که در آن λ_{max} مقدار ویژه اصلی ماتریس A، متناظر با بردار ویژه اصلی W است [۲۲] که از بزرگترین مقدار λ در معادله ۳ به دست می‌آید.

$$\det(A - \lambda I) = ۰ \qquad (۳)$$

det: نمایشگر مقدار مطلق ماتریس

A: ماتریس مقایسات زوجی

λ: مقدار ویژه ماتریس

I: ماتریس همانی $n \times n$

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است. این سنجه، میزان تطابق و توازن در قضاوت‌ها را نمایان می‌سازد.

علاوه بر این، روشی که برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام ضریب سازگاری (C. R.[۹]) است که مطابق با رابطه ۴، از تقسیم شاخص سازگاری (C. I.[۱۰]) به شاخص تصادفی بودن (R. I.[۱۱]) حاصل می‌شود. چنانچه ضریب سازگاری کوچک‌تر از حداقل سطح سازگاری (معمولا ۰/۱) باشد، سازگاری و مقایسه‌های زوجی انجام گرفته در قضاوت‌ها مورد قبول است و در غیر این صورت، باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود و ماتریس مقایسه دودویی معیارها مجددا تشکیل شود [۲۳].

$$\text{C. I.} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - ۱} \qquad (۴)$$

شاخص تصادفی بودن، با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول ۲ قابل استخراج است.

جدول ۱. ساختار قضاوت و امتیازدهی در مقایسات زوجی بین معیارها

درجه اهمیت بر اساس مقایسات زوجی عوامل					
ترجیح یکسان	کمی بهتر(مهم‌تر)	بهتر(مهم‌تر)	خیلی بهتر(مهم‌تر)	کاملاً بهتر(مهم‌تر)	بینابین
۱	۳	۵	۷	۹	۸ – ۶ – ۴ – ۲

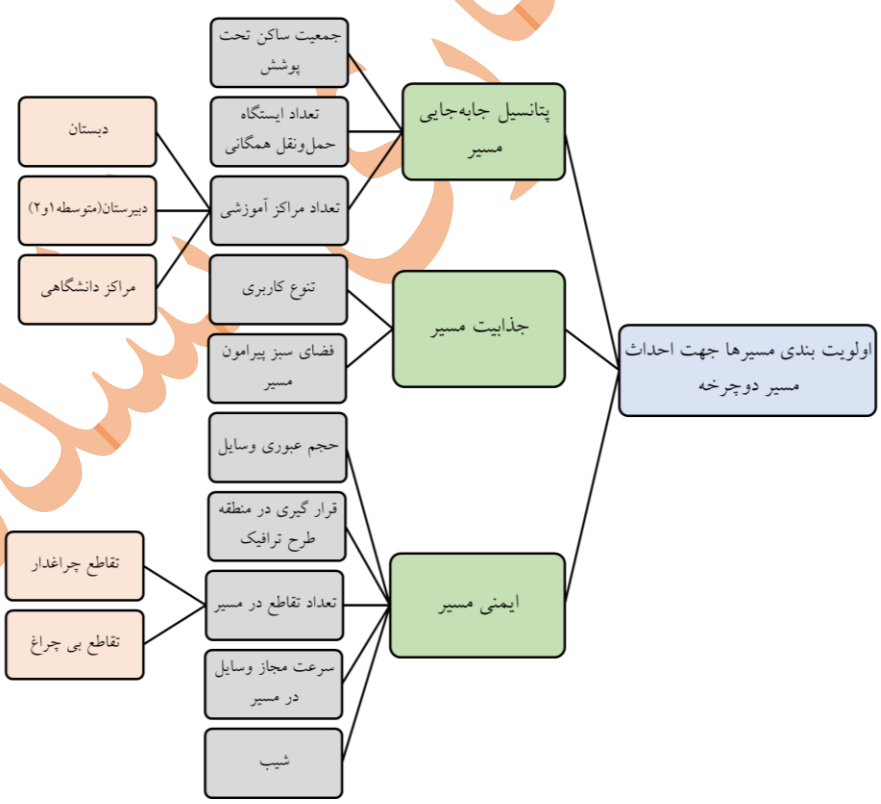
جدول ۲. مقدار شاخص تصادفی با توجه به تعداد معیارها

N تعداد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
R. I. شاخص تصادفی بودن	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱

ویراستاری نشده

۳-معیارها و زیرمعیارها

بر اساس مطالعات صورت گرفته در زمینه دوچرخه‌سواری و معیارهای موثر بر استفاده از دوچرخه، در این پژوهش از سه معیار ایمنی مسیر، جذابیت مسیر و پتانسیل جابه‌جایی استفاده شده است. این معیارها در راستای سه بعد اصلی پایداری - اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی - به عنوان معیارهای اصلی برای اولویت‌بندی و انتخاب مسیرهای دوچرخه‌سواری مورد استفاده قرار گرفته است. در همین راستا این سه معیار به زیرمعیارهایی تقسیم شده‌اند؛ معیار ایمنی دارای زیرمعیارهای: ۱) شیب مسیر؛ ۲) سرعت مجاز وسایل در مسیر؛ ۳) حجم عبوری وسایل؛ ۴) تعداد تقاطع در مسیر (شامل زیرمعیارهای فرعی ۱) تقاطع چراغدار و ۲) تقاطع بی‌چراغ) و ۵) قرار گیری در منطقه طرح ترافیک است. این معیار مستقیماً به کاهش تصادفات و هزینه‌های اقتصادی مرتبط با آنها کمک کرده و منجر به تشویق اجتماع به استفاده از دوچرخه می‌شود. معیار جذابیت دارای زیرمعیارهای ۱) تنوع کاربری و ۲) فضای سبز پیرامون مسیر است. این معیار به ترویج یک محیط زیبا و دلپذیر برای دوچرخه‌سواران کمک می‌کند که این امر از لحاظ اجتماعی و محیط زیستی مطلوب است. معیار پتانسیل جابه‌جایی دارای زیرمعیارهای ۱) جمعیت ساکن؛ ۲) تعداد ایستگاه حمل‌ونقل همگانی و ۳) تعداد مراکز آموزشی (شامل زیرمعیارهای فرعی ۱) دبستان؛ ۲) دبیرستان (متوسطه ۱و۲) و ۳) مراکز دانشگاهی) است. این معیار به افزایش کارایی اقتصادی و تسهیل دسترسی‌های اجتماعی کمک می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم گیری این پژوهش در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲. درخت سلسله مراتب پژوهش

به منظور بررسی تاثیر هریک از معیارها بر امتیاز مسیرهای پیشنهادی در این پژوهش، هریک از این معیار و زیرمعیارها باید کمی سازی شوند. نحوه کمی سازی آنها در ادامه توضیح داده شده است.

۳-۱-معیار ایمنی

۱) شیب مسیر: میانگین شیب طولی مسیر از نقشه توپوگرافی منطقه با توجه به مسافت و میزان جابه‌جایی در راستای عمودی، برداشت شده است. شیب‌های تند (سربالایی و سرپایینی) بر ایمنی دوچرخه سواران تاثیر می‌گذارد [۲۵] ,[۲۴]. این شیب‌ها، در سرازیری‌ها می‌توانند باعث افزایش سرعت دوچرخه‌سواران شده و خطر تصادف را به ویژه در مناطق با پیچ‌های تند یا تقاطع‌ها، افزایش دهند [۲۶]؛ در سربالایی‌ها نیز در صورت عدم حفظ سرعت کافی، شیب‌های تند می‌توانند باعث از دست دادن کنترل دوچرخه‌سواران شوند [۲۷]. در شیب‌های ملایم فاصله دید توقف بهتری برای دوچرخه‌سواران فراهم شده و خطر تصادف کاهش پیدا می‌کند [۲۸]؛ به طور کلی، مسیرهای دوچرخه در شرایط عادی باید شیبی کمتر از ۲ درصد داشته باشند. در شیب‌های ۲ درصد و کمتر، استفاده از هر نوع دوچرخه‌ای (حتی دوچرخه‌های ساده) در مسیر ممکن است. همچنین باید توجه داشت در طراحی مسیرهای دوچرخه، از طرح مسیرهایی با شیب طولی کمتر از ۲ درصد به دلیل عدم امکان تخلیه آب‌های سطحی اجتناب گردد [۲۹].

۲) سرعت مجاز: برای محاسبه سرعت مجاز، از تابلوهای راهنمایی و رانندگی موجود در مسیرها استفاده شده است. بر اساس آیین نامه‌ها، سرعت کمتر از ۲۰ و بیشتر از ۵۰ کیلومتر بر ساعت برای مسیر دوچرخه نامناسب است. سرعت بین ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر بر ساعت خیلی مناسب و سرعت بین ۴۰ تا ۵۰ کیلومتر بر ساعت مناسب ارزیابی شده است [۳۱] ,[۳۰].

۳) حجم عبوری وسایل: حجم عبوری وسایل به وسیله پیمایش میدانی و آمارگیری از مسیرها در یک روز مشخص در طول هفته با مشخصات آب‌وهوایی یکسان در دو نوبت صبح و بعداز ظهر اندازه گرفته شده است. در صورت اشباع نبودن جریان، مدت زمان آمارگیری ۱۵ دقیقه بوده و در صورت اشباع بودن تا یک ساعت تا تخلیه کامل جریان، آمار گرفته شده است [۳۲]. حجم آمارگرفته شده در هر نوبت، برای جهت رفت و برگشت (درصورت وجود) بوده است و مقدار بیشتر بین دو جهت، برای سنجش برداشت شده است. این حجم شامل تعداد وسایل نقلیه و موتورسیکلت‌ها بود که برای تبدیل به حجم همسنگ سواری، از ضرایب ویژه آن که در جدول ۳ قابل مشاهده است، استفاده شده است [۳۳]. سپس حجم عبوری به صورت میانگین این دو مقدار گزارش شده است.

جدول ۳. ضریب هم‌سنگ سواری

نوع مسیر	ضریب معادل وسایل سنگین	ضریب معادل موتور سیکلت
دوخطه در یک جهت	۱/۳	۰/۴
سه خطه در یک جهت	۱/۳	۰/۴

۴) تعداد تقاطع در مسیر: تعداد تقاطع در مسیر با شمارش تعداد تقاطعات چراغدار و بی‌چراغ در طول مسیر مشخص شده است. هرچه تعداد تقاطعات در مسیر بیشتر باشد، احتمال وقوع تصادفات نیز بالاتر می‌رود [۳۴].

۵) قرار گیری در منطقه طرح ترافیک: با توجه به نقشه مناطق طرح ترافیک، در صورت قرار گیری مسیر در منطقه طرح ترافیک مقدار "۱" و در غیر این

صورت مقدار "۰" لحاظ گردیده است. از آنجا که وجود طرح ترافیک باعث کمتر شدن حجم ترافیکی و بهبود نسبی کیفیت هوا می‌شود [۳۵]، اگر مسیری در منطقه طرح ترافیک قرار گیرد، وزن بالاتری به آن تخصیص داده می‌شود.

۳-۲-معیار جذابیت

۱) تنوع کاربری: تعداد کاربری‌های پیرامون بدنه مسیر شمارش شده است. نوع کاربری‌های در نظر گرفته شده در این مطالعه شامل مراکز خدماتی، درمانی و رفاهی بوده است. از آن جا که افزایش تعداد کاربری‌های پیرامون مسیر باعث افزایش جذابیت مسیر می‌شود [۳۶]، مسیری که دارای کاربری‌های بیشتری باشد، وزن بالاتری دارد.

۲) فضای سبز پیرامون مسیر: برای اندازه‌گیری فضای سبز پیرامون مسیر، طولی از فضای سبز که در پیرامون بدنه مسیر واقع شده، بر کل طول مسیر تقسیم شده است. افزایش فضای سبز پیرامون مسیر، منجر به زیبایی مسیر و تمایل بیشتر افراد به استفاده از دوچرخه درآنها می‌شود [۳۷].

۳-۳-معیار پتانسیل جابه‌جایی

۱) جمعیت ساکن: هرچه جمعیت ساکن تحت پوشش مسیر بیشتر باشد، پتانسیل جابه‌جایی مسیر بالاتر و میزان استفاده از دوچرخه نیز در آن بیشتر است [۳۸].جمعیت ساکن پیرامون هر مسیر با استفاده از نقشه سیستم اطلاعات جغرافیایی و بلوک‌های آماری موجود، به دست آمده است. در این محاسبات، جمعیت بلوک‌های واقع در کوچه‌ها و معابر منشعب از مسیر اصلی نیز به دلیل فراهم شدن دسترسی به آنها از مسیر اصلی، در نظر گرفته شده است [۱۸].

۲) تعداد ایستگاه حمل‌ونقل همگانی: تعداد ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی شامل ایستگاه‌های اتوبوس، مترو و سامانه اتوبوس تندرو[۱۲]، در هر مسیر شمارش شده است. در این مطالعه، وزن هر کدام از انواع روش‌های حمل‌ونقل همگانی یکسان فرض شده است. وجود ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی منجر به تعامل بهتر دوچرخه با وسایل حمل‌ونقل همگانی در راستای بالابردن کیفیت سفرهای چند وسیله‌ای می‌شود. هرچه تعداد ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی بیشتر باشد، آن مسیر دارای پتانسیل جابه‌جایی بهتری است [۳۹] و وزن بالاتری در این مطالعه داشته است.

۳) تعداد مراکز آموزشی: وجود مراکز آموزشی در مسیر موجب بالاتر رفتن پتانسیل جابه‌جایی و افزایش تمایل به استفاده از دوچرخه می‌شود [۱۳]؛ در این راستا، سفر به مراکز آموزشی یکی از عوامل اصلی تقاضای حمل و نقل همگانی است و بسیاری از جوانان از دوچرخه برای این منظور استفاده می‌کنند[۴۱] ,[۴۰]. مراکز آموزشی در این پژوهش در سه طبقه دبستان، دبیرستان (متوسطه۱و۲) و مراکز دانشگاهی تقسیم شده است که تعداد آنها در پیرامون هر مسیر به کمک داده‌های OSM[۱۳] به دست آمده است.

در این تحقیق، ۱۲ پرسشنامه به افراد متخصص، داده شده است. اطلاعات کلی افراد متخصص، در جدول ۴ آمده است. انتخاب این افراد به دلیل تجربه و دانش بالای آنها در زمینه آشنایی با شهر تهران و الگوی حمل‌ونقل آن به عنوان افراد صاحب نظر صورت گرفته است. یکی از مزایای روش تحلیل سلسله مراتبی، عدم نیاز به تعیین حجم نمونه است [۴۳]&[۴۲]. با توجه به تعداد کم افراد متخصص، محدودیت دسترسی به آنها و محدودیت زمانی، این ویژگی به ما امکان می‌دهد که با انتخاب دقیق و مناسب متخصصان و طراحی دقیق مطالعه، به نتایج معتبری دست یابیم.

در این مطالعه، ارزش تمامی پرسشنامه‌ها یکسان در نظر گرفته شده است. با وارد کردن اطلاعات این

پرسشنامه‌ها در نرم افزار Expert Choice، اوزان مورد نظر به دست آمده است. در این اوزان به دست آمده، ضریب سازگاری برای تمامی معیارها و زیرمعیارها کمتر از ۰/۱ بوده که نشان از دقت و اعتبار داده‌های گردآوردی شده بوده است. به همین دلیل، تمامی پرسشنامه‌ها مورد قبول واقع شده است. با توجه به خروجی نرم افزار Expert Choice، ماتریس‌های مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارهای این پژوهش به همراه ضریب سازگاری آنها در شکل ۳ قابل مشاهده است. اعداد ماتریس‌های فوق نشان دهنده اولویت شاخص سطر به شاخص ستون مربوطه است. اعداد به رنگ قرمز وضعیت معکوس، یعنی اولویت ستون نسبت به سطر را نمایش می‌دهد؛ برای مثال، قسمت ب شکل ۳، ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی پژوهش را نشان می‌دهد (ضریب سازگاری ۰/۰۹). در این ماتریس، معیار ایمنی مسیر نسبت به معیارهای جذابیت مسیر و پتانسیل جابه‌جایی اهمیت بیشتری داشته و معیار پتانسیل جابه‌جایی نیز نسبت به معیار جذابیت مسیر از اهمیت بالاتری برخوردار بوده است.

جدول ۴. مشخصات افراد متخصص

جنسیت	سن	تحصیلات	شغل	تجربه کاری (سال)
زن	۳۹	دکتری	استاد دانشگاه	۱۰
زن	۲۹	فوق لیسانس	کارشناس شهرداری در بخش حمل‌ونقل	۷
زن	۳۸	دکتری	کارشناس شرکت مهندسین مشاور	۱۲
مرد	۵۱	فوق لیسانس	استاد دانشگاه	۲۳
مرد	۳۷	دکتری	استاد دانشگاه	۱۰
مرد	۷۲	دکتری	استاد دانشگاه	۴۰
مرد	۳۸	دکتری	استاد دانشگاه	۸
مرد	۴۰	دکتری	استاد دانشگاه	۱۵
مرد	۳۷	دکتری	استاد دانشگاه	۱۰
مرد	۴۲	دکتری	استاد دانشگاه	۱۲
مرد	۳۵	فوق لیسانس	کارشناس شهرداری در بخش حمل‌ونقل	۱۰
مرد	۳۲	فوق لیسانس	کارمند شرکت اسکیت‌های اشتراکی	۷

	شیب	سرعت مجاز	حجم عبوری	تعداد تقاطع	طرح ترافیک
شیب		۳/۶۳۴۶۵	۳/۴۷۱۴۱	۲/۸۲۳۹۴	۵/۲۵۸۲۴
سرعت مجاز			۳/۱۸۰۶۲	۱/۹۱۳۵۸	۳/۸۲۸۷
حجم عبوری				۱/۱۵۰۸۹	۳/۱۸۸۱
تعداد تقاطع					۲/۲۸۴۰۶
طرح ترافیک	**ضریب سازگاری:** ۰/۰۵				

الف) ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای ایمنی

	ایمنی	جذابیت مسیر	پتانسیل جابه‌جایی
ایمنی		۸/۱۰۱۹۵	۶/۶۲۹۰۵
جذابیت مسیر			۳/۰۹۳۵۸
پتانسیل جابه‌جایی	**ضریب سازگاری:** ۰/۰۹		

ب) ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی

	جمعیت ساکن	تعداد ایستگاه	تعداد مراکز آموزشی
جمعیت ساکن		۲/۱۵۳۶۴	۱/۰۲۲۳۷
تعداد ایستگاه			۱/۱۴۵۲۳
تعداد مراکز آموزشی	**ضریب سازگاری:** ۰/۰۵		

پ) ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای پتانسیل جابه‌جایی

	دبستان	دبیرستان	مراکز دانشگاهی
دبستان		۴/۶۳۶۸۶	۵/۷۵۲۳۹
دبیرستان			۱/۸۴۹۰۸
مراکز دانشگاهی	**ضریب سازگاری :** ۰/۰۲		

ت) ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای تعداد مراکز آموزشی

	کاربری زمین	درصد فضای سبز
کاربری زمین		۱/۱۹۴۰۵
درصد فضای سبز	**ضریب سازگاری:** ۰/۰۰	

ث) ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای جذابیت مسیر

	تقاطع چراغدار	تقاطع بی‌چراغ
تقاطع چراغدار		۴/۱۲۱۲۱
تقاطع بی‌چراغ	**ضریب سازگاری:** ۰/۰۰	

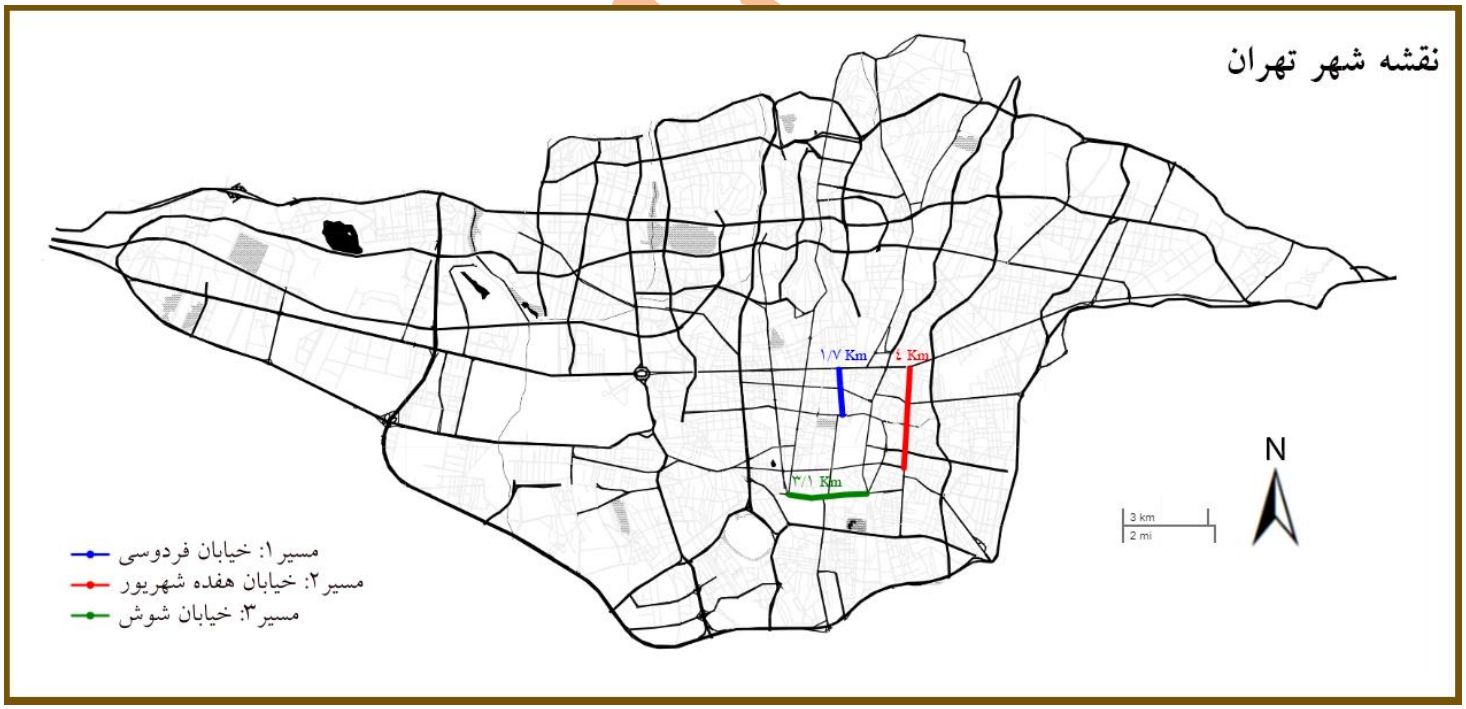
ج) ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای تعداد تقاطع

شکل ۳. ماتریس‌های مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش

ویراستاری شده

۴-مکان مورد مطالعه

شهر تهران، با جمعیت بیش از ۸ میلیون نفر و به‌عنوان پایتخت ایران، یکی از پرجمعیت‌ترین و پرترددترین شهرها در جهان است [۴۴]. با توجه به این جمعیت بالا و تراکم فعالیت‌های شهری، ترافیک و حمل‌ونقل شهری به یکی از چالش‌های مهم این منطقه تبدیل شده است. در این شرایط، شهرداری تهران با ارائه سند استراتژیک توسعه دوچرخه‌سواری، به دنبال ایجاد فضاهای پایدار حمل‌ونقل درون‌شهری و کاهش وابستگی به وسایل نقلیه سنتی، به ویژه در مسافت‌های کوتاه است. در این چارچوب، سه خیابان در مرکز شهر تهران به عنوان مسیرهای کلیدی انتخاب شده‌اند [۴۵] که با توجه به تعدد کاربری‌های گوناگون، پتانسیل فعالیت‌های دوچرخه‌سواری و تردد عمومی، احداث مسیرهای دوچرخه‌سواری در آنها مورد نیاز است. این اقدام به‌منظور بهره‌مندی از امکانات شهری، کاهش ترافیک و افزایش استفاده از حمل‌ونقل پایدار انجام شده است. این مسیرهای دوچرخه‌سواری بر اساس نوع به مسیر اختصاصی دوچرخه[۱۴]، مسیر جداشده دوچرخه[۱۵] و مسیر سواره با اولویت دوچرخه[۱۶] تقسیم‌بندی شده‌اند. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و بلوک‌های آماری سال ۱۳۹۵ شهر تهران که شامل بلوک‌های جمعیتی تهران به تفکیک مناطق بوده است، جمعیت بلوک‌های شهری واقع پیرامون هر مسیر به دست آمده است. مشخصات مسیرهای پیشنهادی (با توجه به معیار و زیرمعیارها) در جدول ۵ قابل مشاهده است. شکل ۳ جانمایی این مسیرها را بر روی نقشه هوایی نشان می‌دهد. اولویت بندی این مسیرها جهت احداث مسیر دوچرخه با توجه به روش ارائه شده و معیارها و زیرمعیارهای بخش‌های گذشته در نظر گرفته شده است.



شکل ۴. جانمایی مسیرهای پیشنهادی

جدول ۵. جدول مشخصات مسیر

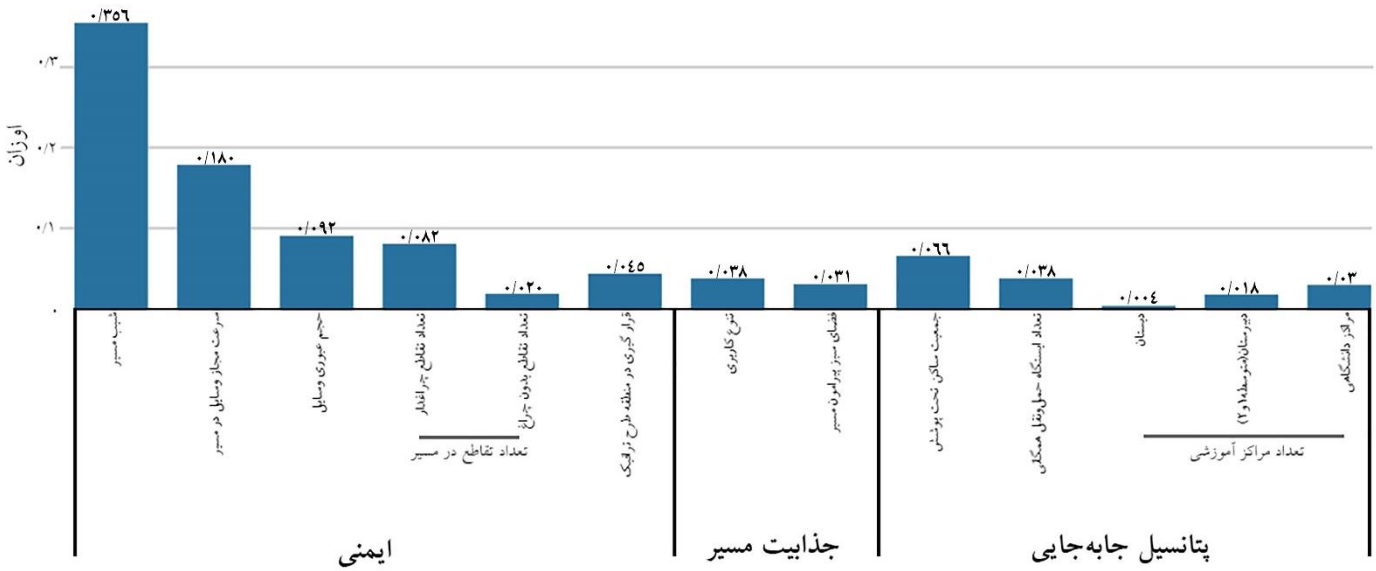
شماره و نام مسیر			مسیر ۱: خیابان فردوسی	مسیر ۲: خیابان هفده شهریور	مسیر ۳: خیابان شوش
طول مسیر(Km)			۱/۷	۴	۳/۱
ویژگی نقاط ابتدا و انتها			ایستگاه مترو فردوسی-ایستگاه مترو امام خمینی	ایستگاه مترو امام حسین-ایستگاه مترو هفده شهریور	ایستگاه مترو راه‌آهن-میدان شوش
جهت مسیر			شمالی-جنوبی	شمالی-جنوبی	شرقی-غربی
معیارها	ایمنی	شیب	٪۱/۵۲	٪۱/۶۳	٪۰/۴
		سرعت مجاز (Km/h)	۵۰	۶۰	۶۰
		حجم عبوری(Veh/h)	۱۴۸۰	۶۶۰	۳۹۷۲
		تعداد تقاطع	تعداد تقاطع بی‌چراغ	۰	۲	۱
			تعداد تقاطع چراغدار	۲	۵	۳
		قرار گیری در منطقه طرح ترافیک		۱	۰	۱
	جذابیت	تنوع کاربری		۲۸	۵۶	۱۰
		درصد فضای سبز		٪۱/۸۷	٪۱۶/۶	٪۱۴/۲
	پتانسیل جابه‌جایی	جمعیت ساکن		۷۶۳۷	۱۸۱۶۸۳	۶۱۷۷۴
		تعداد ایستگاه حمل‌ونقل همگانی		۹	۱۷	۱۵
		تعداد مراکز آموزشی	دبستان	۰	۱	۱
			دبیرستان(متوسطه۱و۲)	۰	۳	۲
			مراکز دانشگاهی	۴	۰	۰

رونوشت ارائه شده

۵-تحلیل نتایج

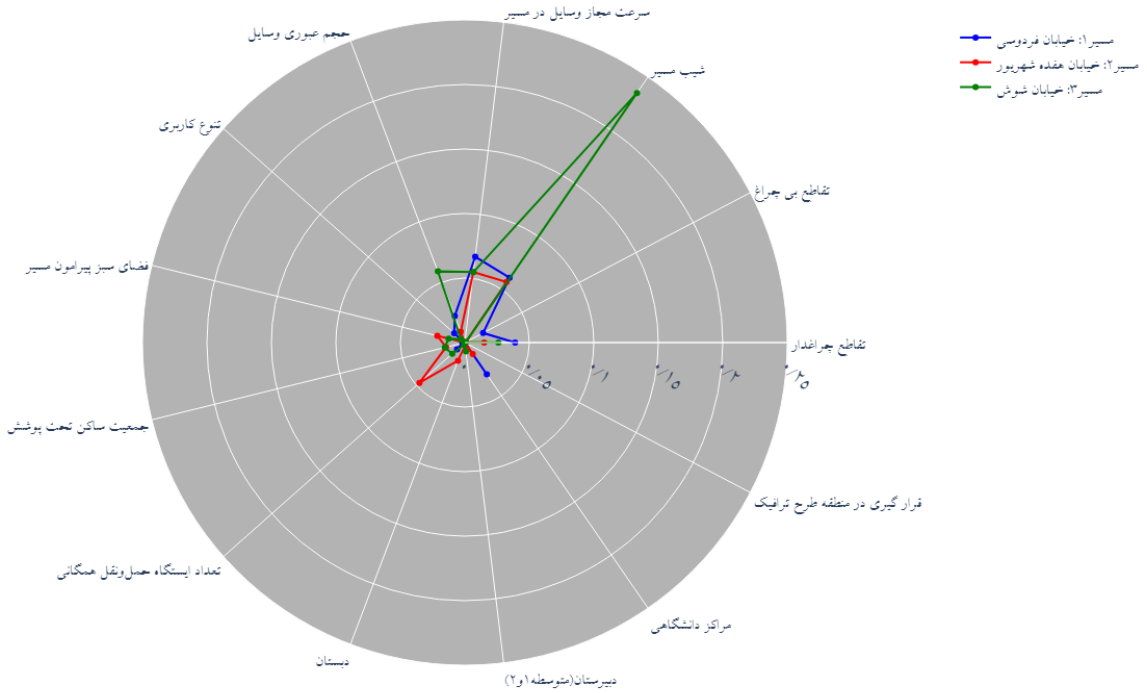
هدف پژوهش حاضر، در ابتدا شناسایی پارامترهای موثر بر اولویت دهی به انتخاب مسیر دوچرخه و ارزیابی این پارامترها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و سپس استفاده از پارامترهای موثر به منظور اولویت بندی مسیرهای پیشنهادی برای احداث مسیر دوچرخه بود. نتایج استفاده از تحلیل چندمعیاری نشان داد که مهم‌ترین معیار از بین معیارهای اصلی، معیار ایمنی با امتیاز ۰/۷۷۲ بوده است. پس از معیار ایمنی، معیارهای پتانسیل جابه‌جایی با امتیاز ۰/۱۵۹ و جذابیت مسیر با امتیاز ۰/۰۷ به ترتیب اهمیت بیشتری داشته‌اند. در بین زیرمعیارهای موجود، زیرمعیار شیب مسیر از معیار ایمنی با اهمیت‌ترین زیرمعیار شناخته شده است. زیرمعیارهای مهم بعدی به ترتیب سرعت مجاز وسایل، تعداد تقاطع، حجم عبوری وسایل و قرار گیری در منطقه طرح ترافیک بودند که همگی این زیرمعیارها در معیار ایمنی قرار داشتند. در معیار پتانسیل جابه‌جایی، جمعیت ساکن تحت پوشش مهم‌ترین زیرمعیار انتخاب شده است. تعداد مراکز آموزشی و تعداد ایستگاه حمل‌ونقل همگانی به ترتیب به عنوان زیرمعیارهای مهم بعدی شناخته شده‌اند. در آخر در معیار جذابیت مسیر، تنوع کاربری‌های موجود در مسیر مهم‌ترین زیرمعیار جذابیت شناخته شده و زیرمعیار درصد فضای سبز پیرامون مسیر در اهمیت پایین‌تر قرار گرفته است.

در شکل ۴، اوزان معیارها و زیرمعیارهای گفته شده در این مطالعه قابل مشاهده است. بر اساس اوزان به دست آمده در این مرحله و مشخصات مسیرها در جدول ۴، امتیاز هر کدام از مسیرها به دست آمده است. بر اساس این امتیازها که در شکل ۵ قابل مشاهده است، مسیر ۳ با امتیاز ۰/۴۵۷ بیشترین امتیاز را کسب کرده و درصورت اینکه هزینه‌های احداث مسیرهای دوچرخه تفاوت چندانی نداشته باشند، نسبت به احداث مسیر دوچرخه اولویت داشته است. همچنین پس از مسیر ۳، مسیر ۱ با امتیاز ۰/۲۸۲ و مسیر ۲ با امتیاز ۰/۲۵۴ اولویت احداث مسیر دوچرخه را داشته‌اند.



معیارها و زیرمعیارهای اولویت بندی مسیرهای دوچرخه سواری

شکل ۵. اوزان به دست آمده از نرم افزار Expert Choice



شکل ۶. امتیاز مسیرهای پیشنهادی

با توجه به شکل ۵، امتیاز گرفته شده توسط مسیر ۳ ناشی از کم بودن شیب در این مسیر، علت اصلی بالاتر بودن اولویت احداث مسیر دوچرخه در آن بوده است. همچنین مسیر ۱ در معیار سرعت مجاز وسایل در مسیر، بیشترین امتیاز را کسب کرده است. دو زیرمعیار فضای سبز پیرامون مسیر و تنوع کاربری از معیار جذابیت مسیر و زیر معیار تعداد ایستگاه حمل‌ونقل همگانی از معیار پتانسیل جابه‌جایی که دارای کمترین وزن بین اوزان به دست آمده بودند، در امتیاز نهایی مسیرها تاثیر معناداری نداشتند.

۶-جمع بندی و پیشنهادها

دوچرخه به عنوان یک وسیله حمل و نقل پایدار و مناسب برای سفرهایی با زمان و مسافت کوتاه شناخته شده است. با فراهم آوردن مسیرهای مناسب برای استفاده از دوچرخه، این وسیله می‌تواند منجر به کاهش وابستگی به خودروهای شخصی شود و به دنبال آن کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و افزایش سلامت جامعه را به همراه آورد. مسیرهای دوچرخه باید معیارهای اصولی را رعایت کنند تا استفاده‌کنندگان از دوچرخه به آسانی و با آرامش از آن استفاده کنند؛ از این رو در این مطالعه به بررسی و اولویت بندی مسیرهای واقع در مرکز شهر تهران به منظور احداث مسیر دوچرخه با توجه به معیارهای موثر در اولویت بندی مسیرهای دوچرخه پرداخته شد. این معیارها با توجه به مطالعات پیشین به دست آمدند و به سه گروه اصلی ایمنی مسیر، جذابیت مسیر و پتانسیل جابه‌جایی تقسیم شدند و هر کدام، زیرمعیارهای ویژه خود را داشتند. در این پژوهش، ۱۲ پرسشنامه سلسله مراتبی به افراد متخصص در زمینه مهندسی و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل داده شد. با استفاده از نرم افزار Expert Choice که نرم افزاری تخصصی در زمینه تحلیل سلسله مراتبی است و دادن اطلاعات پرسشنامه‌ها به آن، اوزان

سطوح مختلف معیارها به دست آمد. بر طبق نتایج این مطالعه، معیار ایمنی مهم‌ترین معیار اصلی به منظور اولویت دهی به احداث مسیر دوچرخه شناخته شد. همچنین زیرمعیارهای شیب و سرعت مجاز وسایل در مسیر از معیار ایمنی، مهم‌ترین زیرمعیارهای این مطالعه بودند. همچنین باید به این مسئله اشاره کرد که در این پژوهش اثر عواملی مانند کیفیت روسازی مسیر و تخلیه آب سطحی، عرض مسیر، وجود میدان‌ها و آلودگی هوا در نظر گرفته نشده است که در نظرگیری آنها در پژوهش‌های آتی می‌تواند منجر به بالارفتن کیفیت نتایج شود. برای مثال، مسیر ۳ در این مطالعه شیبی کمتر از ۰/۵ درصد داشته است که امکان پدید آوردن مشکلاتی در تخلیه آب‌های سطحی را پدید می‌آورد؛ در صورت وجود این معیار در تحلیل‌های این پژوهش، امکان تغییر اولویت مسیرها جهت احداث مسیر دوچرخه وجود دارد. روش سلسله مراتبی به کار برده شده در این مطالعه را می‌توان در دیگر نواحی شهر تهران استفاده کرد. لازم به ذکر است در صورت هر نوع تغییر در سیاست‌های حمل‌ونقلی این سه مسیر، اوزان به دست آمده از این تحقیق باید مجددا بهنگام شوند. همچنین بهره‌گیری از نظرات دیگر افراد متخصص، مانند متخصصین برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی می‌تواند در جامعیت بخشیدن و بالابردن کیفیت نتایج در اوزان به دست آمده کمک شایانی کند. با توجه به مطالعات صورت گرفته و نتایج گرفته شده پیشنهاد می‌شود به منظور افزایش آگاهی مردم از مزایای دوچرخه‌سواری، از رسانه‌های گروهی مانند تلویزیون، رادیو، و اینترنت برای تبلیغات و آموزش عمومی استفاده شود. این تبلیغات می‌توانند به تغییر نگرش مردم نسبت به استفاده از دوچرخه، رعایت حقوق و ایمنی در مسیرها کمک کرده و از تصادفات جلوگیری نمایند. همچنین در این راستا، آموزش به موتورسواران در خصوص جلوگیری از تردد در مسیرهای دوچرخه و ایجاد فرهنگ احترام به دوچرخه‌سواران از قدامات موثر در بهبود ایمنی مسیرها است. علاوه بر این در راستای بهبود تجربه استفاده از مسیرهای دوچرخه‌سواری، استفاده از فضاهای سبز و درخت‌کاری در طول مسیرهای دوچرخه‌سواری به عنوان یک عنصر زیبایی و محیطی مطلوب پیشنهاد می‌شود. در نهایت توجه به حمل‌ونقل همگانی و توسعه مسیرهای دوچرخه به نحوی که به وسایل همگانی وصل شوند، می‌تواند امکان انتقال دوچرخه‌ها با وسایل همگانی را تسهیل کرده و استفاده از دوچرخه را در مسافران افزایش دهد.

ویراستاری نشده

۷-پی‌نوشت‌ها

۱. Sustainable Transportation
۲. Active Transport
۳. Delphi Technique
۴. Analytic Network Process
۵. Geographic Information Systems
۶. Thomas L.Saaty
۷. Pairwise Comparison
۸. Hierarchical Decision Tree (HDT)
۹. Consistency Ratio
۱۰. Consistency Index
۱۱. Random Index
۱۲. Bus Rapid Transit (BRT)
۱۳. Open Street Map (OSM)
۱۴. Bicycle Path
۱۵. Bicycle Lane
۱۶. Shared Lane

۸-مراجع

[۱] Boufous, S. *et al.* (۲۰۱۱) 'Cycling Crashes in Children, Adolescents, and Adults-A Comparative Analysis'. *Traffic Injury Prevention*, ۱۲(۳), pp. ۲۴۴–۲۵۰. DOI: ۱۰.۱۰۸۰/۱۵۳۸۹۵۸۸.۲۰۱۱.۵۶۳۳۳۳.

[۲] Sharma, S.K. *et al.* (۲۰۲۳) 'Introduction to Sustainable Transportation System'. In *Transportation Energy and Dynamics*. Singapore: Springer Nature, pp. ۳–۶. DOI: ۱۰.۱۰۰۷/۹۷۸-۹۸۱-۹۹-۲۱۵۰-۸_۱.

[۳] Stroope, J. (۲۰۲۳) 'Active Transportation, Context, and Community Participation: Engaged Citizens and Destination-Based Walking and Biking'. DOI: ۱۰,۳۱۳۹۰/gradschool_dissertations.۶۱۵۴.

[۴] Karolemeas, C. *et al.* (۲۰۲۲) 'Measure the Ability of Cities to Be Biked via Weighted Parameters, Using GIS Tools. The Case Study of Zografou in Greece'. *Transportation Research Procedia*, ۶۲, pp. ۵۹–۶۶. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.trpro.۲۰۲۲,۰۲,۰۰۸.

[۵] Ministry of Roads and Urban Development. (۲۰۲۰) *Urban Highways and Streets Design Guide, Section 11: Bikeways*. [In Persian]

[۶] Garrard, J., Rose, G. and Lo, S. (۲۰۰۸) 'Promoting Transportation Cycling for Women: The Role of Bicycle Infrastructure'. *Preventive Medicine*, ۴۶(۱), pp. ۵۵–۵۹. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.ypmed.۲۰۰۷,۰۷,۰۱۰.

[۷] Haworth, N. and Fuller, J. (۲۰۱۸) 'Providing for Bicyclists'. In *Safe Mobility: Challenges, Methodology and Solutions*. Emerald Publishing Limited, pp. ۲۲۹–۲۵۳. DOI: ۱۰,۱۱۰۸/S۲۰۴۴-۹۹۴۱۲۰۱۸۰۰۰۰۰۱۱۰۱۲.

[۸] Kazemeini, A. and Kermanshah, A. (۲۰۲۳) 'Promoting Sustainable Transport in Developing Countries: A Case Study of University Students in Tehran'. *Future Transportation*, ۳(۳), pp. ۸۵۸–۸۷۷. DOI: ۱۰,۳۳۹۰/futuretransp۳۰۳۰۰۴۸.

[۹] Ketikidis, K., Papagiannakis, A. and Basbas, S. (۲۰۲۳) 'Identifying and Modeling the Factors That Affect Bicycle Users' Satisfaction'. *Sustainability*, ۱۵(۱۸), p. ۱۳۶۶۶. DOI: ۱۰,۳۳۹۰/su۱۵۱۸۱۳۶۶۶.

[۱۰] Majumdar, B.B. and Mitra, S. (۲۰۱۷) 'Valuing Factors Influencing Bicycle Route Choice Using a Stated-Preference Survey'. *Journal of Urban Planning and Development*, ۱۴۳(۳), p. ۰۴۰۱۷۰۰۱. DOI: ۱۰,۱۰۶۱/(ASCE)UP.۱۹۴۳-۵۴۴۴,۰۰۰۰۳۸۰.

[۱۱] Eren, E. and Uz, V.E. (۲۰۲۰) 'A Review on Bike-Sharing: The Factors Affecting Bike-Sharing Demand'.

[۱۸] Habibian, M., Hamouni, P. and Haghshenas, P. (۲۰۱۷) ‘Determining the Best Path for Bicycle Lane Construction Using Sustainable Transportation Approach (Case Study: District ۱ of Shiraz)’. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, ۴۹(۳), pp. ۵۹۳–۶۰۲. [In Persian]. DOI: ۱۰,۲۲۰۶۰/CEEJ.۲۰۱۶,۶۸۳.

[۱۹] Izadbakhsh, H. *et al.* (۲۰۱۰) *Applied instruction of industrial engineering and management softwares*. Jahad Daneshgahi Publications of Amirkabir University. [In Persian]

[۲۰] Krenicky, T., Hrebenyk, L. and Chernobrovchenko, V. (۲۰۲۲) ‘Application of Concepts of the Analytic Hierarchy Process in Decision-Making’. *Management Systems in Production Engineering*, ۳۰(۴), pp. ۳۰۴–۳۱۰. DOI: ۱۰,۲۴۷۸/mspe-۲۰۲۲-۰۰۳۹.

[۲۱] Momeni, M. (۲۰۰۶) ‘New Topics in Operations Research’. *Tehran: Management School Publications*, p. ۳۶۰. [In Persian]

[۲۲] Nguyen, G. (۲۰۱۴) ‘The Analytic Hierarchy Process: A Mathematical Model for Decision Making Problems’. *Senior Independent Study Theses*.

[۲۳] Saaty, T.L. (۲۰۰۱) *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications.

[۲۴] Salihu, F., Demir, Y.K. and Demir, H.G. (۲۰۲۳) ‘Effect of Road Slope on Driving Cycle Parameters of Urban Roads’. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, ۱۱۸, p. ۱۰۳۶۷۶. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.trd.۲۰۲۳,۱۰۳۶۷۶.

[۲۵] Das, Sarbashis. and Das, Saptarshi. (۲۰۲۲) ‘An Ultra-Steep Slope Two-*Sustainable Cities and Society*, ۵۴, p. ۱۰۱۸۸۲. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.scs.۲۰۱۹,۱۰۱۸۸۲.

[۱۲] Zarabadi Pour, S., Yousefi Moghdam, M. and Abdolrazaghi, A. (۲۰۲۱) ‘Investigating the Problems and Obstacles of Cycling in Cities(Case Study: Qazvin)’. *Road*, ۲۹(۱۰۸), pp. ۱۷۹-۱۸۹. [In Persian]. DOI: ۱۰,۲۲۰۳۴/ROAD.۲۰۲۱,۲۶۴۸۶۰,۱۹۳۲.

[۱۳] Rybarczyk, G. and Wu, C. (۲۰۱۰) ‘Bicycle Facility Planning Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis’. *Applied Geography - APPL GEOGR*, ۳۰, pp. ۲۸۲–۲۹۳. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.apgeog.۲۰۰۹,۰۸,۰۰۵.

[۱۴] Rezaei, R., Heidari, Y. and Nazari Mehr, A.H. (۲۰۱۴) ‘Evaluation of the criteria of the proposed bike route by using AHP, model Case: Yazd’. In The ۱۲th International Conference on Traffic and Transportation Engineering. [In Persian]

[۱۵] Saplıoğlu, M. and Aydın, M.M. (۲۰۱۸) ‘Choosing Safe and Suitable Bicycle Routes to Integrate Cycling and Public Transport Systems’. *Journal of Transport & Health*, ۱۰, pp. ۲۳۶–۲۵۲. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.jth.۲۰۱۸,۰۵,۰۱۱.

[۱۶] Shirmohammadi, H., Rahimi, F. and Hadadi, F. (۲۰۲۳) ‘Identifying and Prioritization Effective Factors on the Selection of Bicycle Route to Improve Urban Traffic (Case Study: District ۱۰ of Tehran City)’. *Journal of Transportation Research*, ۲۰(۳), pp. ۳۵۹-۳۷۸. [In Persian]. DOI: ۱۰,۲۲۰۳۴/tri.۲۰۲۱,۲۶۰۵۲۸,۲۸۴۲.

[۱۷] Hsu, T.-P. and Lin, Y. (۲۰۱۱) ‘A Model for Planning a Bicycle Network with Multi-Criteria Suitability Evaluation Using GIS’. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, ۱۴۸, pp. ۲۴۳–۲۵۲. DOI: ۱۰,۲۴۹۵/RAV۱۱۰۲۳۱.

Motorcycle and Its Impact to Road Performance in Developing Countries'. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, ۱۶, pp. ۴۰۰–۴۰۸. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.sbspro.۲۰۱۱,۰۴,۴۶۱.

[۳۴] Valenzuela, A.L.E.M. *et al.* (۲۰۲۲) 'Geospatial Indicators of Bikeability Index as Cycle-Friendly City Design: A Systematic Review'. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, ۲۷, pp. ۱–۱۲. DOI: ۱۰,۱۲۸۲۰/rbafs.۲۷e۰۲۵۵.

[۳۵] Salarvandian, F., Dijst, M. and Helbich, M. (۲۰۱۷) 'Impact of Traffic Zones on Mobility Behavior in Tehran, Iran'. *Journal of Transport and Land Use*, ۱۰(۱), pp. ۹۶۵–۹۸۲. DOI: ۱۰,۵۱۹۸/jtlu.۲۰۱۷,۱۰۸۷.

[۳۶] Peter, A. and Arnold, T. (۲۰۱۷) *Guide to Road Design Part 6A: Paths for Walking and Cycling (No. AGRD06A-17)*.

[۳۷] Malek hosseini, A. *et al.* (۲۰۱۶) 'Investigating the effective factors in the use of shared bicycles in urban transportation: a case study of Haft Hoz and Madaen neighborhoods in Region ۸)'. *Quarterly Geography & Urban Planning Journal of Chashmandaz-E-Zagros*, ۴(۱۱), pp. ۱۵۹–۱۷۸. [In Persian]

[۳۸] Pucher, J. and Buehler, R. (۲۰۰۶) 'Why Canadians Cycle More than Americans: A Comparative Analysis of Bicycling Trends and Policies'. *Transport Policy*, ۱۳(۳), pp. ۲۶۵–۲۷۹. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.tranpol.۲۰۰۵,۱۱,۰۰۱.

[۳۹] Jaber, A., Abu Baker, L. and Csonka, B. (۲۰۲۲) 'The Influence of Public Transportation Stops on Bike-Sharing Destination Trips: Spatial Analysis of Budapest City'. *Future Transportation*, ۲(۳), Dimensional Strain Effect Transistor'. *Nano Letters*, ۲۲(۲۳), pp. ۹۲۵۲–۹۲۵۹. DOI: ۱۰,۱۰۲۱/acs.nanolett.۲c۰۲۱۹۴.

[۲۶] Sekiguchi, Y., Tanishita, M. and Sunaga, D. (۲۰۲۲) (۹) 'Characteristics of Cyclist Crashes Using Polytomous Latent Class Analysis and Bias-Reduced Logistic Regression'. *Sustainability*, ۱۴(۹), p. ۵۴۹۷. DOI: ۱۰,۳۳۹۰/su۱۴۰۹۵۴۹۷.

[۲۷] Moomen, M., Rezapour, M. and Ksaibati, K. (۲۰۲۲) 'An Analysis of Factors Influencing Driver Action on Downgrade Crashes Using the Mixed Logit Analysis'. *Journal of Transportation Safety & Security*, ۱۴(۱۲), pp. ۲۱۱۱–۲۱۳۶. DOI: ۱۰,۱۰۸۰/۱۹۴۳۹۹۶۲,۲۰۲۱,۲۰۰۲۹۹۱.

[۲۸] Mulvaney, C.A. *et al.* (۲۰۱۵) 'Cycling Infrastructure for Reducing Cycling Injuries in Cyclists'. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (۱۲). DOI: ۱۰,۱۰۰۲/۱۴۶۵۱۸۵۸.CD۰۱۰۴۱۵.pub۲.

[۲۹] Tehran Municipality, Transportation and Traffic Deputy. (۲۰۱۶) *Iranian National Standardization Organization, Urban Roads-Bicycle Paths*. [In Persian]

[۳۰] National Association of City Transportation Officials. (۲۰۱۴) *Urban Bikeway Design Guide*. Island Press.

[۳۱] AASHTO. (۲۰۱۲) *Guide for Development of Bicycle Facilities*. ۴th ed. American Association of State Highway and Transportation Officials.

[۳۲] National Research Council (U.S.). Transportation Research Board. *MANUAL, H.C., 2010. HCM2010.* ۵th Edition. Transportation Research Board, Washington, D.C.

[۳۳] Putra, S. (۲۰۱۱) 'The Correction Value of Passenger-Car Equivalents for

Technology, ۴(۲), pp. ۲۱۸–۲۲۷. DOI: ۱۰,۷۷۶۳/IJIMT.۲۰۱۳.V۴,۳۹۵.

[۴۳] Melillo, P. and Pecchia, L. (۲۰۱۶) 'What Is the Appropriate Sample Size to Run Analytic Hierarchy Process in a Survey-Based Research'. *In Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, pp. ۴–۸. DOI: ۱۰,۱۳۰۳۳/isahp.y۲۰۱۶,۱۳۰.

[۴۴] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (۲۰۱۹) *World Urbanization Prospects 2018: Highlights (ST/ESA/SER.A/421)*.

[۴۵] Mehr News Agency. (۲۰۲۰) *Establishment of the first bicycle lane in District 12*. Available at: https://acesse.dev/nMzE۸ (Accessed: ۲۵ June ۲۰۲۴). [In Persian]

pp. ۶۸۸–۶۹۷. DOI: ۱۰,۳۳۹۰/futuretransp۲۰۳۰۰۳۸.

[۴۰] Rothman, L. *et al.* (۲۰۲۱) 'Active School Transportation and the Built Environment across Canadian Cities: Findings from the Child Active Transportation Safety and the Environment (CHASE) Study'. *Preventive Medicine*, ۱۴۶, p. ۱۰۶۴۷۰. DOI: ۱۰,۱۰۱۶/j.ypmed.۲۰۲۱,۱۰۶۴۷۰.

[۴۱] Voulgaris, C.T. *et al.* (۲۰۲۱) 'Neighborhood Effects of Safe Routes to School Programs on the Likelihood of Active Travel to School'. *Transportation Research Record*, ۲۶۷۵(۸), pp. ۱۰–۲۱. DOI: ۱۰,۱۱۷۷/۰۳۶۱۱۹۸۱۲۱۹۹۵۴۹۰.

[۴۲] Baby, S. (۲۰۱۳) 'AHP Modeling for Multicriteria Decision-Making and to Optimise Strategies for Protecting Coastal Landscape Resources'. *International Journal of Innovation, Management and*

ویرایشی نشده