Sharif Civil Engineering Journal (2025), 41, 1, pp.48-58

Sharif University of Technology

https://sjce.journals.sharif.edu

Research Article

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

Khashayar Mahmoudian* and Amirhassan Kermanshah

Department of Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
* corresponding author:(Khs.mahmoudian78@sharif.edu)

Article Info

Article history:

Received: 17 February 2024

Revised: 31 May 2024

Accepted:7 July 2024

Keywords:

Analytical Hierarchy Process,
Cycling,
Sustainable Solution,
Bike Lane

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, 17th Shahrivar Street, and Ferdowsi Street are the next in line for constructing bicycle lanes.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.
The Second author is an Editorial Board Member/Editor-in-Chief/Associate Editor/Guest Editor for Sharif Civil Engineering Journal and was not involved in the editorial review or the decision to publish this article.

To Cite this article:
Mahmoudian, Kh. and Kermanshah, A.H. 2025. Prioritizing the Construction of Bicycle Lanes in the Central Area of Tehran Based on Sustainable Transportation Principles, Sharif Civil Engineering Journal, 41, 1, pp.48-58.
https://doi.org/10.24200/j30.2024.64061.3303

مجله علمی مهندسی عمران شریف

https://sjce.journals.sharif.edu

مقاله‌ی پژوهشی

اولویت‌بندی مسیر احداث خط دوچرخه در مرکز شهر تهران براساس مبانی پایداری در حمل‌ونقل

خشایار محمودیان* و امیرحسن کرمانشاه

دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول (Khs.mahmoudian78@sharif.edu)

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۱۱/۲۸

تاریخ اصلاحیه : ۱۴۰۳/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۴/۱۷

واژگان کلیدی:

اولویت‌بندی،

دوچرخه،

راه‌حل پایدار،

مسیر دوچرخه.

چکیده

یکی از راه‌حل‌های پایدار جهت بهبود معضلات موجود استفاده از خودروهای شخصی، استفاده از دوچرخه است. گام نخست به‌منظور افزایش رغبت عمومی نسبت به استفاده از دوچرخه، ایجاد مسیرهای مناسب دوچرخه‌سواری است؛ که باید ایمن، راحت، جذاب و با دسترسی مناسب باشند. به همین منظور، پژوهش حاضر به اولویت‌بندی سه مسیر در مرکز شهر تهران با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای احداث مسیر دوچرخه با توجه به معیارهای ایمنی، جذابیت، و پتانسیل جابجایی پرداخته است. در نتایج پژوهش حاضر نشان داده شده است که زیرمعیارهای شیب مسیر، سرعت مجاز وسائط نقلیه 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 اولویت‌بندی مسیرهای احداث دوچرخه با توجه به معیارها و زیرمعیارهای ارائه‌شده در پژوهش حاضر، خیابان شوش نسبت به دیگر خیابان‌ها، اولویت بالاتری برای احداث مسیر دوچرخه داشته است. پس از خیابان شوش، خیابان فردوسی و خیابان هفده شهریور به ترتیب در اولویت ساخت مسیر دوچرخه بوده‌اند.

۱. مقدمه

افزایش بی‌رویه‌ی استفاده از وسائط حمل‌ونقل شخصی و نداشتن توجه کافی به استفاده از حمل‌ونقل همگانی، شهرها را با مشکلات عدیده‌ای از جمله ترافیک و آلودگی‌های زیست‌محیطی درگیر کرده است؛ که از جمله‌ی مهم‌ترین آن‌ها، افزایش بی‌رویه‌ی گازهای گلخانه‌ای است. برای غلبه بر مشکلات کنونی ناشی از حمل‌ونقل، درنظرگرفتن هر سه پارامتر اقتصادی، اجتماعی، و محیط‌زیستی ضروری است.[1] حمل‌ونقل پایدار[1] مفهوم و رویکرد جدیدی است که هر سه پارامتر اخیر را به عنوان سه بُعد اصلی خود در نظر گرفته است.[2] حمل‌ونقل فعال[2]، یکی از شیوه‌های حمل‌ونقل پایدار است. استفاده از شیوه‌ی اخیر سفر باعث افزایش سلامت جامعه، افزایش رضایتمندی از سفر، کاهش وابستگی به خودروهای شخصی، کاهش ترافیک، و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است.[3] ترغیب افراد به استفاده از شیوه‌های فعال سفر، نیازمند فراهم‌بودن عواملی است؛ که در این راستا، وجود زیرساخت‌های مناسب شهری و مناسب‌بودن کیفیت شبکه‌ی معابر، جزء دو عامل اصلی هستند.[4] یکی از دو شیوه‌ی اصلی حمل‌ونقل فعال، استفاده از دوچرخه است. از مهم‌ترین عواملی که در قابلیت دوچرخه‌سواری و میزان رضایتمندی از سفر با دوچرخه در محیط‌های مختلف اثرگذارند، ویژگی‌های خطوط دوچرخه هستند، که باید چند خصوصیت اصلی داشته باشند، که در طراحی زیرساخت‌های دوچرخه به آن‌ها توجه شود. ویژگی‌های مهم خطوط دوچرخه برای بالابردن کیفیت قابلیت دوچرخه‌سواری شامل دسترسی، ایمنی، امنیت، پیوستگی، سادگی و کوتاه‌بودن مسیر، راحتی، و زیبایی است.[5] برای مثال، تأثیر عوامل مختلف در استفاده از دوچرخه توسط بانوان در گروه‌های جمعیتی مختلف در مطالعه‌ای در شهر ملبورن (استرالیا) بررسی شده است؛ که در آن، تأکید زیادی بر بهبود زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری در مسیرهای اختصاصی دوچرخه شده است. زیرا زیرساخت‌های مذکور اهمیت بالایی در تشویق بانوان به استفاده از دوچرخه داشته‌اند.[6] این مسیرهای اختصاصی دوچرخه با ویژگی‌های خاص می‌توانند شرایط دوچرخه‌سواری ایمن‌تری فراهم کنند، تا افراد بیشتری از دوچرخه به‌عنوان وسیله‌ای برای حمل‌ونقل استفاده کنند.[7]

ایمنی مسیرهای دوچرخه، اهمیت بسیاری در میزان رضایتمندی افراد در استفاده از دوچرخه دارد.[8] در همین راستا، مطالعه‌ای در شهر تسالونیکی (یونان) با استفاده از نظرسنجی آنلاین دریافته است که دو پارامتر نبود ایمنی و نبود پیوستگی مسیر دوچرخه، نقش اساسی در میزان رضایتمندی افراد از سفر با دوچرخه را داشته‌اند.[9]

[1] Sustainable Transportation

[2] Active Transport

استناد به این مقاله:

محمودیان، خشایار و کرمانشاه، امیرحسن، ۱۴۰۴. اولویت‌بندی مسیر احداث خط دوچرخه در مرکز شهر تهران براساس مبانی پایداری در حمل‌ونقل. مهندسی عمران شریف، ۴۱(۱)، صص.۴۸-۵۸. https://doi.org/10.24200/j30.2024.64061.3303

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۷۷۶

در زمینه‌ی یافتن ویژگی‌های خاص مسیرهای دوچرخه، پژوهش دیگری در شهرهای خاراگپور و آسانسول (هند)، از طریق پرسش‌نامه از افراد عادی و استفاده از مدل‌سازی لوجیت- مبنا دریافته است که پارامتر حجم خودروهای شخصی در خیابان و تراکم خودروهای پارک‌شده کنار خیابان از گروه ایمنی، وضوح دیداری مسیر، عرض مسیر، و مدت زمان مسیر به‌عنوان ویژگی‌های خاص مسیرهای دوچرخه هستند.[۱۰] پژوهش دیگری نیز به مروری جامع بر مطالعات صورت‌گرفته در زمینه‌ی عوامل کلیدی تأثیرگذار در تقاضای دوچرخه پرداخته است؛ که در آن، عوامل اصلی تأثیرگذار به ۶ دسته، شامل: شرایط جوی نامساعد (دما، رطوبت و وزش باد)، ملاحظات محیط‌زیستی و مشخصات مسیر دوچرخه (نزدیکی فضاهای سبز، مناطق تفریحی، مراکز حمل‌ونقل همگانی، مدارس، دانشگاه‌ها، موزه‌ها، مراکز خرید، امکانات ورزشی، رستوران‌ها، و هتل‌ها)، پیوستگی بین مسیر حمل‌ونقل همگانی و مسیر دوچرخه، وجود ایستگاه‌های دوچرخه، خصوصیات فردی و ایمنی تقسیم‌بندی کرد.[۱۱] در ایران، نیز پژوهشی در شهر قزوین، با مصاحبه از اقشار گوناگون، مشکلات دوچرخه‌سواری را شناسایی کرده و پس از آن به اولویت‌بندی برای رفع آن‌ها پرداخته است؛ و در آن به عواملی چون نبود ایمنی کافی در مسیر دوچرخه، فرهنگ‌سازی نامناسب، پایین‌بودن شأن اجتماعی دوچرخه‌سوار، نقص در روشنایی مسیر، ناهمواری زمین و آلودگی هوا پرداخته و دو پارامتر نبود ایمنی کافی در مسیر دوچرخه و فرهنگ سازی نامناسب را به عنوان مهم‌ترین مشکلات دوچرخه‌سواران شناسایی کرده است.[۱۲]

مطالعات متعددی در جهان و ایران در زمینه‌ی استفاده از تحلیل چندمعیاری برای ارزیابی پارامترهای مؤثر در کیفیت زیرساخت‌های دوچرخه صورت گرفته است. برای مثال، مطالعه‌ای در شهر میلواکی (آمریکا) از تحلیل چندمعیاری برای ارزیابی کیفیت زیرساخت‌های دوچرخه براساس پارامترهای مبتنی بر عرضه و تقاضا استفاده کرده و عوامل وقوع جرم و تخلف، تراکم محل‌های کاری، وجود مدارس و مراکز تفریحی و همچنین جمعیت ساکن به‌عنوان پارامترهای مؤثر در کیفیت زیرساخت‌های دوچرخه در نظر گرفته شده است.[۱۳] در ایران نیز در پژوهشی به بررسی و تحلیل مسیرهای دوچرخه در شهر پرتراکم یزد، که پتانسیل مناسبی برای احداث مسیرهای دوچرخه دارد، پرداخته شده است. همچنین، پارامترهای ایمنی، شیب، سهولت دسترسی، پیوستگی مسیر، شرایط اقلیمی منطقه، جذابیت و وضوح مسیر با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی ارزیابی و پارامترهای ایمنی مسیر، شیب، و پیوستگی مسیر به عنوان سه پارامتر اصلی اثرگذار در طراحی مسیرهای دوچرخه شناسایی شده است.[۱۴] مطالعه‌ی دیگری در شهر اسپارتا (ترکیه)، به بررسی عوامل مثبت و منفی تأثیرگذار در ایمنی و تصمیم‌گیری در ادغام دوچرخه با سامانه‌ی حمل و نقل همگانی (اتصال اتوبوس) با استفاده از یک نظرسنجی با مشارکت ۴۶۰ دوچرخه‌سوار با سابقه در شهر اسپارتا انجام شده است؛ و در آن گزارش‌های حوادث و سیستم اطلاع‌رسانی جغرافیایی برای شناسایی مکان‌های حادثه‌زا در شهر استفاده شده‌اند. علاوه‌بر این، روش تصمیم‌گیری چندمعیاری برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های نظرسنجی و تعیین پارامترهای مؤثر برای مسیرهای دوچرخه‌ی ایمن‌تر به‌کار رفته است.[۱۵]

بخش دیگری از مطالعات نیز از نتایج تحلیل چندمعیاری برای اولویت‌بندی مسیرهای دوچرخه‌سواری استفاده کرده‌اند. برای مثال، در شهر تهران (ایران)، در پژوهشی به بررسی عوامل تأثیرگذار در انتخاب مسیرهای دوچرخه، شامل: عوامل ایمنی، انسانی، زیست‌محیطی، ترافیکی، و سایر عوامل با هدف بهبود کیفیت ترافیک پرداخته شده و در آن، معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با کیفیت مسیر دوچرخه از طریق یک نظرسنجی که شامل ۲۰ نفر از افراد متخصص و ۲۸۰ نفر از شهروندان بوده است، به‌دست آمده است. همچنین، در آن از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند روش دلفی[۱] و تحلیل شبکه (ANP)[۲] استفاده و عوامل و خیابان‌های خاصی برای انتخاب مسیرهای دوچرخه سواری اولویت‌بندی شده‌اند.[۱۶] در همین راستا، در مطالعه‌ی دیگری برای ارزیابی کیفیت طراحی مسیرهای دوچرخه‌سواری، از سیستم اطلاع‌رسانی جغرافیایی (GIS)[۳] و روش ارزیابی چندمعیاره استفاده و در آن، پارامترهای مختلفی، از جمله: حجم ترافیک، عرض لبه‌ی پیاده‌رو، عرض مسیر پیاده‌رو، محدودیت سرعت، کیفیت روسازی، و فعالیت‌های مزاحم برای دوچرخه‌سواران به‌عنوان پارامترهای مؤثر در تمایل به دوچرخه‌سواری بررسی شده‌اند. سپس برای تعیین اهمیت پارامترهای مذکور، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و با استفاده از پارامترهای اخیر، بهترین مسیر دوچرخه‌سواری برای هر مبدأ- مقصد تعیین و مسیر مذکور با کوتاه‌ترین مسیر بین مبدأ- مقصد مذکور مقایسه شده است. مقایسه‌ی بین مسیر کوتاه‌تر و یک مسیر مناسب برای دوچرخه‌سواری کمک کرد تا اصلاحات لازم برای بهبود مسیرهای دوچرخه‌سواری شناسایی شوند.[۱۷] علاوه‌بر این، پژوهشی در ایران و در شهر شیراز با تأکید بر معیارهای ایمنی مسیر، جذابیت مسیر، و قابلیت جابجایی مسیر به اولویت‌بندی مسیرهای دوچرخه‌سواری پرداخته است؛ که در آن از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کرده و معیار اصلی ایمنی، با تأکید بر زیرمعیار شیب مسیر، به‌عنوان مؤثرترین عامل در انتخاب بهترین مسیر تعیین شده است.[۱۸] به‌طورکلی بررسی مطالعات نشان داده است که استفاده از سیستم اطلاع‌رسانی جغرافیایی و تحلیل چندمعیاری می‌تواند در ارتقاء کیفیت تسهیلات دوچرخه و افزایش ایمنی و راحتی مسیرهای دوچرخه‌سواری در شهرها مؤثر باشد. براساس مطالعات صورت‌گرفته در زمینه‌ی اولویت‌بندی مسیرهای دوچرخه، پارامترهای امنیت مسیر، ایمنی مسیر، خصوصیات ترافیکی شبکه، و جذابیت مسیر در تشویق افراد به استفاده از دوچرخه اهمیت فراوانی داشته‌اند.

به‌طور مشخص سؤال‌های اصلی پژوهش حاضر عبارت‌اند 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 به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر، کدام‌یک از مسیرهای پیشنهادی اولویت بالاتری برای ساخت مسیر خط دوچرخه دارند؟

۳) چه راهکارهای عملی به مسئولان محلی می‌توان پیشنهاد داد تا کیفیت و نرخ استفاده از دوچرخه‌سواری بهبود یابد؟

۲. روش مطالعه

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی[۴]، در دهه‌ی ۱۹۷۰ پیشنهاد شده است.[۱۹] فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، منعکس‌کننده‌ی رفتار طبیعی و تفکر انسانی است و مسائل پیچیده را براساس آثار متقابل‌شان بررسی می‌کند. سپس آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل می‌کند و به حل آن‌ها

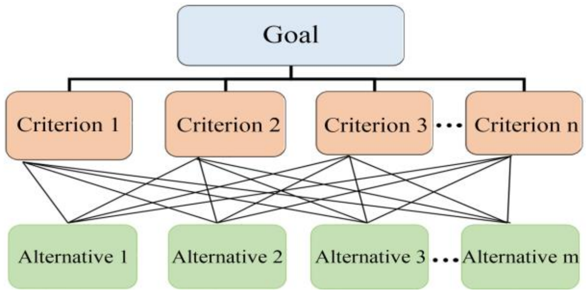
[1] Delphi Technique
[2] Analytic Network Process
[3] Geographic Information Systems
[4] Saaty, Thomas L.

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

Significance level based on pairwise comparisons of factors					
In between	Absolutely better	Much better	Better	A little better	Same preference
2–4–6–8	9	7	5	3	1

جدول ۲. مقدار شاخص تصادفی با توجه به تعداد معیارها.

N Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R.I. Randomness index	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51



شکل ۱. شمای درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری.

می‌پردازد.[۲۰] از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه و معیار تصمیم‌گیری روبرو است، استفاده می‌شود. معیارهای مطرح‌شده می‌توانند کمّی و کیفی یا ترکیبی از هر دو باشند. اساس روش تصمیم‌گیری مذکور بر مقایسه‌های زوجی[۵] نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم‌ساختن درخت سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری (HDT)[۶]، کار تحلیل را شروع می‌کند. هدف تصمیم‌گیری در سطح صفر قرار می‌گیرد، معیارها (شاخص‌ها) در سطح اول و گزینه‌ها نیز در سطح دوم جهت اولویت‌بندی قرار دارند، که ممکن است با توجه به نوع مسئله، تعداد سطوح معیارهای اصلی و فرعی بیشتر باشد و یا گزینه‌ای وجود نداشته باشد (شکل ۱).[۲۱]

در فرآیند ارزیابی توسط افراد متخصص، از مقایسه‌ی زوجی به‌عنوان ابزار اصلی برای قضاوت استفاده می‌شود؛ که هدف آن، تعیین شدت ترجیح معیار i نسبت به معیار j است. برای این منظور، از ضرایب a_{ij} استفاده شده است، که به‌ترتیب با امتیازهای ۱، ۳، ۵، ۷، و ۹ هماهنگ شده‌اند (جدول ۱).

این رویکرد، به سادگی امکان نمایان‌سازی شدت اولویت‌ها در ارتباط با دو معیار را فراهم می‌کند. با توجه به ضرایب a_{ij}، ماتریس مقایسه‌ی دودویی معیارها (A) تشکیل داده می‌شود. سپس میانگین هندسی هر یک از سطرهای ماتریس اخیر به‌دست می‌آید؛ که نرمال نیست و با تقسیم میانگین هندسی به‌دست‌آمده در هر سطر به مجموع عناصر ستون میانگین‌های هندسی، وزن‌های نرمال‌شده به‌دست می‌آیند؛ که یک بردار ستونی مطابق با رابطه‌ی ۱ است، که به آن بردار ویژه (W) نیز گفته می‌شود.

$$w = [w_i] = [w_2, w_2, \dots, w_n]^T \qquad (۱)$$

برای ماتریس مقایسه‌ی دودویی (A)، بردار W جواب معادله‌ی ۲ است:

$$AW = \lambda_{max} W \qquad (۲)$$

که در آن، λ_{max} مقدار ویژه‌ی اصلی ماتریس A، متناظر با بردار ویژه‌ی اصلی W است،[۲۲] که از بزرگ‌ترین مقدار λ در معادله‌ی ۳ به‌دست می‌آید.

$$\det(A - \lambda I) = 0 \qquad (۳)$$

که در آن، det نمایشگر مقدار مطلق ماتریس، A ماتریس مقایسه‌های زوجی، λ مقدار ویژه‌ی ماتریس، و I ماتریس همانی n×n هستند.

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست؛ که میزان تطابق و توازن در قضاوت‌ها را نمایان می‌سازد.

علاوه‌بر این، روشی که برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته شده است، محاسبه‌ی ضریبی به نام ضریب سازگاری (C.R.)[7] است، که مطابق با رابطه‌ی ۴ از تقسیم شاخص سازگاری (C.I.)[8] به شاخص تصادفی‌بودن (R.I.)[9] حاصل می‌شود. چنانچه ضریب سازگاری کوچک‌تر از کمینه‌ی سطح سازگاری (معمولاً ۰/۱) باشد، سازگاری و مقایسه‌های زوجی انجام‌گرفته در قضاوت‌ها موردقبول است و در غیر این‌صورت، باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود و ماتریس مقایسه‌ی دودویی معیارها مجدداً تشکیل شود.[۲۳]

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad (۴)$$

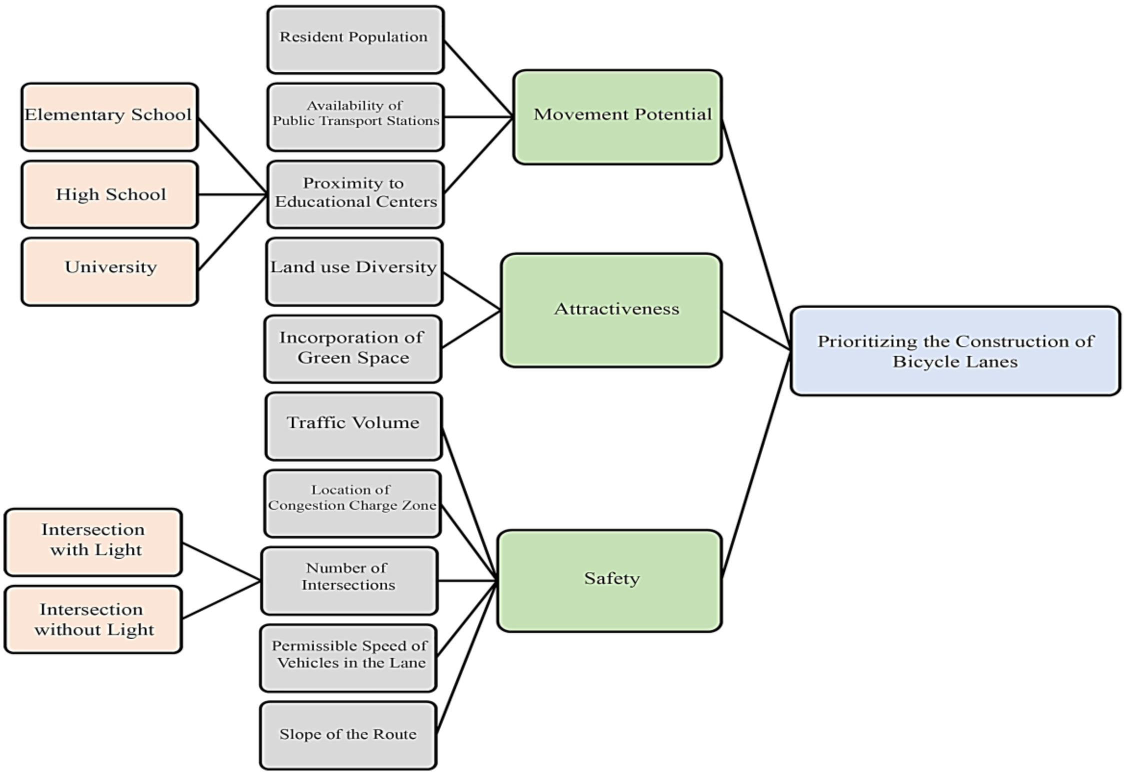
شاخص تصادفی‌بودن، با توجه به تعداد معیارها (n) مطابق جدول ۲ استخراج می‌شود:

۳. معیارها و زیرمعیارها

براساس مطالعات صورت‌گرفته در زمینه‌ی دوچرخه‌سواری و معیارهای مؤثر در استفاده از دوچرخه، در پژوهش حاضر از سه معیار ایمنی مسیر، جذابیت مسیر، و پتانسیل جابجایی استفاده شده است؛ که در راستای سه بُعد اصلی پایداری- اقتصادی، اجتماعی، و محیط‌زیستی – به‌عنوان معیارهای اصلی برای اولویت‌بندی و انتخاب مسیرهای دوچرخه‌سواری استفاده شده‌اند. در همین راستا، سه معیار اخیر به زیرمعیارهایی تقسیم شده‌اند:

۱) معیار ایمنی: شامل زیرمعیارهای: شیب مسیر؛ سرعت مجاز وسائط نقلیه در مسیر، حجم عبوری وسائط نقلیه، تعداد تقاطع در مسیر (شامل زیرمعیارهای فرعی: تقاطع چراغدار و تقاطع بی‌چراغ)، و قرارگیری در منطقه‌ی طرح ترافیک است. معیار ایمنی، مستقیماً به کاهش تصادف‌ها و هزینه‌های اقتصادی مرتبط با آن‌ها کمک می‌کند و منجر به تشویق اجتماع به استفاده از دوچرخه می‌شود.

[5] Pairwise Comparison
[6] Hierarchical Decision Tree
[7] Consistency Ratio
[8] Consistency Index
[9] Random Index



شکل ۲. درخت سلسله‌مراتب پژوهش.

۲) معیار جذابیت: شامل زیرمعیارهای: تنوع کاربری، فضای سبز پیرامون مسیر است. معیار مذکور به ترویج یک محیط زیبا و دلپذیر برای دوچرخه‌سواران کمک می‌کند، که این امر از لحاظ اجتماعی و محیط‌زیستی مطلوب است.

۳) معیار پتانسیل جابجایی: شامل زیرمعیارهای: جمعیت ساکن، تعداد ایستگاه حمل‌ونقل همگانی، تعداد مراکز آموزشی (شامل زیرمعیارهای فرعی: دبستان؛ دبیرستان (متوسطه‌ی ۱ و ۲)، و مراکز دانشگاهی) است. معیار مذکور به افزایش کارایی اقتصادی و تسهیل دسترسی‌های اجتماعی کمک می‌کند. درخت سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری پژوهش حاضر در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

به‌منظور بررسی تأثیر هر یک از معیارها در امتیاز مسیرهای پیشنهادی در پژوهش حاضر، هر یک از معیارها و زیرمعیارها باید کمّی‌سازی شوند؛ که نحوه‌ی آن در ادامه توضیح داده شده است.

۱.۳. معیار ایمنی

۱) شیب مسیر: میانگین شیب طولی مسیر از نقشه‌ی توپوگرافی منطقه با توجه به مسافت و میزان جابجایی در راستای عمودی برداشت شده است. شیب‌های تند (سربالایی و سرپایینی) در ایمنی دوچرخه‌سواران تأثیر می‌گذارد.[۲۴ و ۲۵] شیب‌های اخیر، در سرازیری‌ها می‌توانند باعث افزایش سرعت دوچرخه‌سواران شوند و خطر تصادف را به‌ویژه در مناطق با پیچ‌های تند یا تقاطع‌ها افزایش دهند.[۲۶] در سربالایی‌ها نیز در صورت عدم حفظ سرعت کافی، شیب‌های تند می‌توانند باعث از دست‌دادن کنترل دوچرخه‌سواران شوند.[۲۷] در شیب‌های ملایم، فاصله‌ی دید توقف بهتری برای دوچرخه‌سواران فراهم می‌شود و خطر تصادف کاهش پیدا می‌کند.[۲۸] به‌طورکلی، مسیرهای دوچرخه در شرایط عادی باید شیبی کمتر از ۲٪ داشته باشند. در شیب‌های ۲٪ 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٪ به‌دلیل عدم امکان تخلیه‌ی آب‌های سطحی اجتناب شود.[۲۹]

۲) سرعت مجاز: برای محاسبه‌ی سرعت مجاز، از تابلوهای راهنمایی و رانندگی موجود در مسیرها استفاده شده است. براساس آیین‌نامه‌ها، 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.[۳۰ و ۳۱]

۳) حجم عبوری وسائط نقلیه: حجم عبوری وسائط نقلیه به وسیله‌ی پیمایش میدانی و آمارگیری از مسیرها در یک روز مشخص در طول هفته با مشخصات آب‌وهوایی یکسان در دو نوبت صبح و بعدازظهر اندازه‌گیری شده است. در صورت اشباع‌نبودن جریان، مدت زمان آمارگیری ۱۵ دقیقه بوده و در صورت اشباع‌بودن تا یک ساعت تا تخلیه‌ی کامل جریان آمار گرفته شده است.[۳۲] حجم آمار گرفته‌شده در هر نوبت، برای جهت رفت و برگشت (درصورت وجود) بوده و مقدار بیشتر بین دو جهت، برای سنجش برداشت شده است. حجم مذکور شامل تعداد وسائط نقلیه و موتورسیکلت‌ها بوده است، که برای تبدیل به حجم هم‌سنگ سواری، از ضرایب ویژه‌ی آن، که در جدول ۳ ارائه شده است، استفاده شده است.[۳۳] سپس حجم عبوری به‌صورت میانگین دو مقدار مذکور گزارش شده است.

۴) تعداد تقاطع در مسیر: تعداد تقاطع در مسیر با شمارش تعداد تقاطع‌های

جدول ۳. ضریب هم‌سنگ سواری.

Equivalent Coefficient of motorcycle	Equivalent coefficient of heavy vehicles	Route type
0.4	1.3	Two lines in one direction
0.4	1.3	Three lanes in one direction

چراغدار و بی‌چراغ در طول مسیر مشخص شده است. هر چه تعداد تقاطع‌ها در مسیر بیشتر باشد، احتمال وقوع تصادف‌ها نیز بالاتر می‌رود.[۳۴]

۵) قرارگرفتن در منطقه‌ی طرح ترافیک: با توجه به نقشه‌ی مناطق طرح ترافیک، در صورت قرارگرفتن مسیر در منطقه‌ی طرح ترافیک، مقدار "۱" و در غیر این‌صورت، مقدار "۰" لحاظ شده است. از آنجا که وجود طرح ترافیک باعث کمترشدن حجم ترافیکی و بهبود نسبی کیفیت هوا می‌شود،[۳۵] اگر مسیری در منطقه‌ی طرح ترافیک قرار گیرد، وزن بالاتری به آن تخصیص داده می‌شود.

۲.۳. معیار جذابیت

۱) تنوع کاربری: تعداد کاربری‌های پیرامون بدنه‌ی مسیر شمارش شده است. نوع کاربری‌های در نظر گرفته‌شده در مطالعه‌ی حاضر، شامل: مراکز خدماتی، درمانی، و رفاهی بوده است. از آنجا که افزایش تعداد کاربری‌های پیرامون مسیر باعث افزایش جذابیت مسیر می‌شود،[۳۶] مسیری که کاربری‌های بیشتری داشته باشد، وزن بالاتری دارد.

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

۳.۳. معیار پتانسیل جابجایی

۱) جمعیت ساکن: هر چه جمعیت ساکن تحت پوشش مسیر بیشتر باشد، پتانسیل جابجایی مسیر بالاتر و میزان استفاده از دوچرخه نیز در آن بیشتر است.[۳۸] جمعیت ساکن پیرامون هر مسیر با استفاده از نقشه‌ی سیستم اطلاعات جغرافیایی و بلوک‌های آماری موجود به‌دست آمده است. در محاسبات انجام‌شده، جمعیت بلوک‌های واقع در کوچه‌ها و معابر منشعب از مسیر اصلی نیز به دلیل فراهم‌شدن 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 سامانه‌ی اتوبوس تندرو (BRT[۱۰]) در هر مسیر شمارش شده است. در مطالعه‌ی حاضر، وزن هر کدام از انواع روش‌های حمل‌ونقل همگانی یکسان فرض شده است. وجود ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی منجر به تعامل بهتر دوچرخه با وسائط حمل‌ونقل همگانی در راستای بالابردن کیفیت سفرهای چند وسیله‌ای می‌شود. هر چه تعداد ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی بیشتر باشد، آن مسیر پتانسیل جابجایی بهتر،[۳۹] و وزن بالاتری در مطالعه‌ی حاضر داشته است.

۳) تعداد مراکز آموزشی: وجود مراکز آموزشی در مسیر، موجب بالاترفتن پتانسیل جابجایی و افزایش تمایل به استفاده از دوچرخه می‌شود؛[۱۳] در این راستا، سفر به مراکز آموزشی، یکی از عوامل اصلی تقاضای حمل‌ونقل همگانی است و بسیاری از جوانان از دوچرخه برای این منظور استفاده می‌کنند.[۴۰ و ۴۱] مراکز آموزشی در پژوهش حاضر، در سه گروه دبستان، دبیرستان (متوسطه‌ی ۱ و ۲) و مراکز دانشگاهی تقسیم شده‌اند، که تعداد آن‌ها در پیرامون هر مسیر به کمک داده‌های OSM[۱۱] به‌دست آمده است.

در پژوهش حاضر، ۱۲ پرسش‌نامه به افراد متخصص داده شده است. اطلاعات کلی افراد متخصص، در جدول ۴ ارائه شده است. انتخاب آن‌ها به‌دلیل تجربه و دانش بالای آن‌ها در زمینه‌ی آشنایی با شهر تهران و الگوی حمل‌ونقل آن به‌عنوان افراد صاحب‌نظر صورت گرفته است. یکی از مزایای روش تحلیل سلسله‌مراتبی، بی‌نیازی به تعیین حجم نمونه است.[۴۲ و ۴۳] 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، نتایج معتبری به‌دست آید.

جدول ۴. مشخصات افراد متخصص.

Gender	Age	Education	Career	Work experience (years)
Woman	39	Doctor	Professor	10
Woman	29	Master	Municipal expert	7
Woman	38	Doctor	Consulting engineer	12
Man	51	Master	Professor	23
Man	37	Doctor	Professor	10
Man	72	Doctor	Professor	40
Man	38	Doctor	Professor	8
Man	40	Doctor	Professor	15
Man	37	Doctor	Professor	10
Man	42	Doctor	Professor	12
Man	35	Master	Municipal expert	10
Man	32	Master	Skate sharing employee	7

در مطالعه‌ی حاضر، ارزش تمامی پرسش‌نامه‌ها یکسان در نظر گرفته شده است. با واردکردن اطلاعات پرسش‌نامه‌ها در نرم‌افزار Expert Choice، وزن‌های موردنظر به‌دست آمده است. در وزن‌های به‌دست‌آمده، ضریب سازگاری برای تمامی معیارها و زیرمعیارها کمتر از ۰/۱ بوده است، که نشانگر دقت و اعتبار داده‌های گردآوری‌شده است. به همین دلیل، تمامی پرسش‌نامه‌ها موردقبول واقع شده است. با توجه به خروجی نرم‌افزار Expert Choice، ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش حاضر به همراه ضریب سازگاری آن‌ها در شکل ۳ مشاهده می‌شود. اعداد ماتریس‌های اخیر، نشانگر اولویت شاخص سطر به شاخص ستون مرتبط است. اعداد به رنگ قرمز وضعیت معکوس، یعنی اولویت ستون نسبت به سطر را نمایش می‌دهد؛ برای مثال، در شکل ۳- ب، ماتریس مقایسه‌های زوجی معیارهای اصلی پژوهش حاضر مشاهده می‌شود (ضریب سازگاری ۰/۰۹)؛ که در آن، معیار ایمنی مسیر نسبت به معیارهای جذابیت مسیر و پتانسیل جابجایی و نیز معیار پتانسیل جابجایی نسبت به معیار جذابیت مسیر اهمیت بالاتری داشته‌اند.

۴. مکان مطالعه‌شده

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 جمعیت بالا و تراکم فعالیت‌های شهری آن، ترافیک و حمل‌ونقل شهری به یکی از چالش‌های مهم منطقه تبدیل شده است. در این شرایط، شهرداری تهران با ارائه‌ی سند

[10] Bus Rapid Transit

[11] Open Street Map

Congestion Zone	Number of Intersections	Traffic Volume	Permissible Speed	Slope of the Route	
5.35824	2.82394	3.47141	3.63465		Slope of the Route
3.8287	1.91358	3.18062			Permissible Speed
3.1881	1.15089				Traffic Volume
2.28406					Number of Intersections
				Consistency Ratio: 0.05	Congestion Zone

A) Pairwise comparison matrix of safety sub-criteria

Movement Potential	Attractiveness	Safety	
6.62905	8.10195		Safety
3.09358			Attractiveness
		Consistency Ratio: 0.09	Movement Potential

B) Pairwise comparison matrix of the main criteria

Educational Centers	Availability of Stations	Resident Population	
1.02237	2.15364		Resident Population
1.14523			Availability of Stations
		Consistency Ratio: 0.05	Educational Centers

C) Pairwise comparison matrix of movement potential sub-criteria

University	High School	Elementary School	
5.75239	4.63686		Elementary School
1.84908			High School
		Consistency Ratio: 0.02	University

D) Pairwise comparison matrix of educational centers sub-criteria

Green Space	Land use Diversity	
1.19405		Land use Diversity
	Consistency Ratio: 0.00	Green Space

E) Pairwise comparison matrix of Attractiveness sub-criteria

Intersection without Light	Intersection with Light	
4.12121		Intersection with Light
	Consistency Ratio: 0.00	Intersection without Light

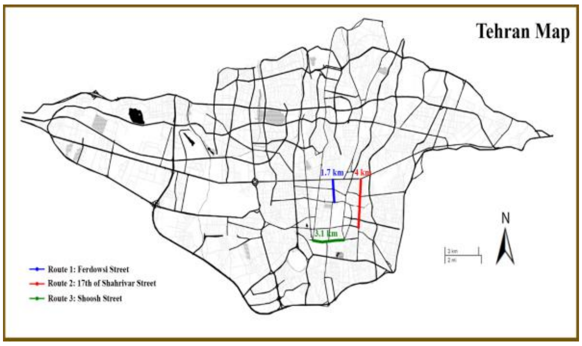
F) Pairwise comparison matrix of number of intersections sub-criteriat

شکل ۳. ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی معیارها و زیرمعیارهای پژوهش.

راهبردی توسعه‌ی دوچرخه‌سواری، به‌دنبال ایجاد فضاهای پایدار حمل‌ونقل درون‌شهری و کاهش وابستگی به وسائط نقلیه‌ی سنتی، به‌ویژه در مسافت‌های کوتاه است. در این چارچوب، سه خیابان در مرکز شهر تهران به‌عنوان مسیرهای کلیدی انتخاب شده‌اند،[۴۵] که با توجه به تعدد کاربری‌های گوناگون، پتانسیل فعالیت‌های دوچرخه‌سواری و تردد عمومی، احداث مسیرهای دوچرخه‌سواری در آن‌ها لازم است. این اقدام به‌منظور بهره‌مندی از امکانات شهری، کاهش ترافیک، و افزایش استفاده از حمل‌ونقل پایدار انجام شده است. این مسیرهای دوچرخه‌سواری براساس نوع به مسیر اختصاصی دوچرخه[۱۲]، مسیر جداشده‌ی دوچرخه[۱۳]، و مسیر سواره با اولویت دوچرخه[۱۴] 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 به‌دست آمده است. مشخصات مسیرهای پیشنهادی (با توجه به معیار و زیرمعیارها) در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین در شکل ۴، جانمایی مسیرهای مذکور بر روی نقشه‌ی هوایی مشاهده می‌شود. اولویت‌بندی مسیرهای اخیر جهت احداث مسیر دوچرخه با توجه به روش ارائه‌شده و معیارها و زیرمعیارهای بخش‌های گذشته در نظر گرفته شده است.

۵. تحلیل نتایج

هدف پژوهش حاضر، در ابتدا شناسایی پارامترهای مؤثر در اولویت‌دهی به انتخاب مسیر دوچرخه و ارزیابی آن‌ها با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی و سپس



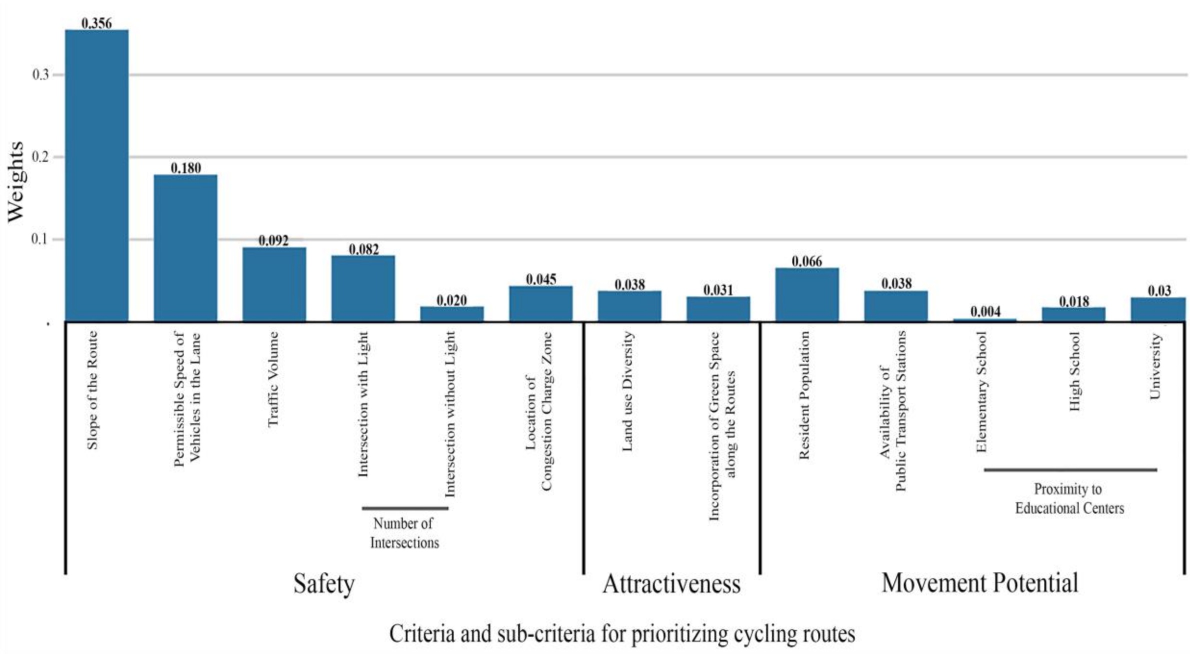
شکل ۴. جانمایی مسیرهای پیشنهادی.

استفاده از پارامترهای مؤثر به‌منظور اولویت‌بندی مسیرهای پیشنهادی برای احداث مسیر دوچرخه بوده است. 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 جابجایی 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 وسائط نقلیه، تعداد تقاطع، حجم عبوری وسائط نقلیه، و قرارگرفتن در منطقه‌ی طرح ترافیک بوده‌اند، که همه‌ی آن‌ها در معیار ایمنی قرار داشته‌اند. در معیار پتانسیل جابجایی، جمعیت ساکن تحت پوشش مهم‌ترین زیرمعیار انتخاب شده

[12] Bicycle Path
[13] Bicycle Lane
[14] Shared Lane

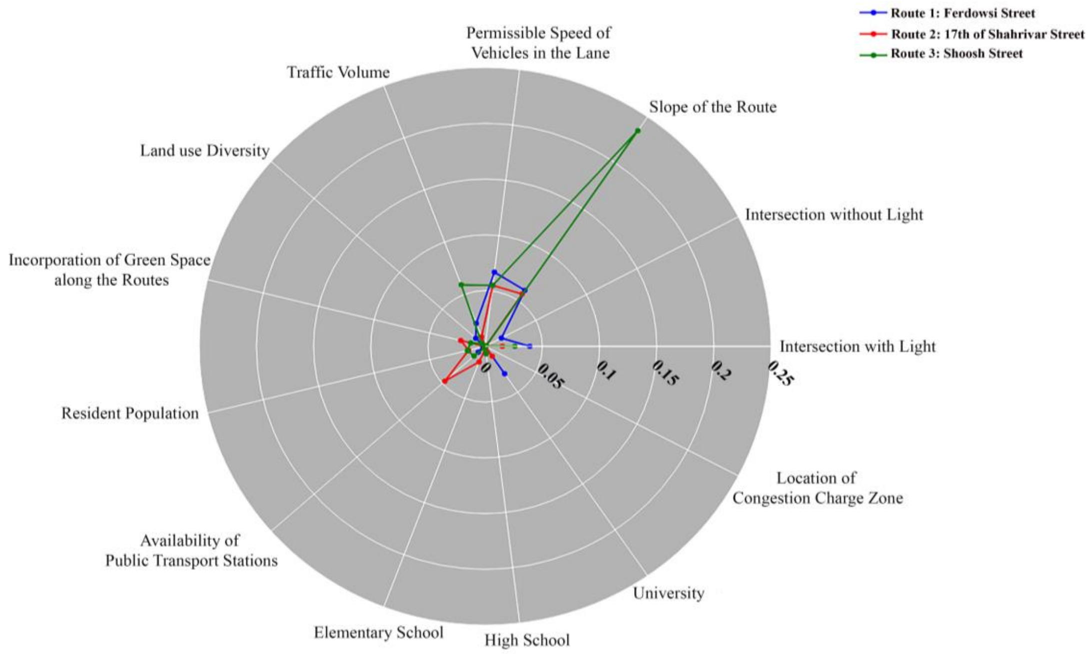
جدول ۵. مشخصات مسیر.

<table>
<tr><td colspan="4">Route number and name</td><td>Route1: Ferdowsi street</td><td>Route2: 17th of Shahrivar street</td><td>Route3: Shoosh street</td></tr>
<tr><td colspan="4">Route length (km)</td><td>1.7</td><td>4</td><td>3.1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Features of start and end points</td><td>Ferdowsi Metro Station-Imam Khomeini Metro Station</td><td>Imam Hossein Metro Station-17th of Shahrivar Metro Station</td><td>Railway Metro Station-Shush Square</td></tr>
<tr><td colspan="4">The direction of the path</td><td>north-south</td><td>north-south</td><td>east-west</td></tr>
<tr><td rowspan="13">Criteria</td><td rowspan="6">Safety</td><td colspan="2">Slope</td><td>1.52%</td><td>1.63%</td><td>0.4%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Permitted speed (km/h)</td><td>50</td><td>60</td><td>60</td></tr>
<tr><td colspan="2">volume (veh/h) Traffic</td><td>1480</td><td>660</td><td>3972</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Number of intersection</td><td>Intersection without light</td><td>0</td><td>2</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Intersection with light</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Location of congestion charge zone</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Attractiveness</td><td colspan="2">Land use diversity</td><td>28</td><td>56</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="2">The percentage of green space</td><td>1.87%</td><td>16.6%</td><td>14.2%</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Movement potential</td><td colspan="2">Resident population</td><td>7637</td><td>181683</td><td>61774</td></tr>
<tr><td colspan="2">Availability of public transportation station</td><td>9</td><td>17</td><td>15</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Proximity to educational centers</td><td>Elementary school</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>High school</td><td>0</td><td>3</td><td>2</td></tr>
<tr><td>University</td><td>4</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table>



شکل ۵. وزن‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Expert Choice.

است. تعداد مراکز آموزشی و تعداد ایستگاه حمل‌ونقل همگانی به ترتیب به‌عنوان زیرمعیارهای مهم بعدی شناخته شده‌اند. در انتها، 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 ۵، وزن‌های معیارها و زیرمعیارهای گفته‌شده در مطالعه‌ی حاضر مشاهده می‌شود؛ که براساس وزن‌های به‌دست‌آمده در این مرحله و مشخصات مسیرها در جدول ۴، امتیاز هر کدام از مسیرها به‌دست آمده است. براساس امتیازهای اخیر که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، مسیر ۳ با امتیاز ۰/۴۵۷ بیشترین امتیاز را کسب کرده و در صورتی که هزینه‌های احداث مسیرهای دوچرخه تفاوت چندانی نداشته باشند، نسبت به احداث مسیر دوچرخه اولویت



شکل ۶. امتیاز مسیرهای پیشنهادی.

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.

با توجه به شکل ۶، امتیاز گرفته‌شده توسط مسیر ۳ ناشی از کم‌بودن شیب در مسیر مذکور، علت اصلی بالاتربودن اولویت احداث مسیر دوچرخه در آن بوده است. همچنین مسیر ۱ در معیار سرعت مجاز وسائط نقلیه در مسیر، بیشترین امتیاز را کسب کرده است. دو زیرمعیار فضای سبز پیرامون مسیر و تنوع کاربری از معیار جذابیت مسیر و زیرمعیار تعداد ایستگاه حمل‌ونقل همگانی از معیار پتانسیل جابجایی، که کمترین وزن بین وزن‌ها را به‌دست آورده‌اند، در امتیاز نهایی مسیرها تأثیر معناداری نداشته‌اند.

۶. جمع‌بندی و پیشنهادها

دوچرخه به‌عنوان یک وسیله‌ی حمل‌ونقل پایدار و مناسب برای سفرهایی با زمان و مسافت کوتاه شناخته شده است؛ که با فراهم‌آوردن مسیرهای مناسب برای استفاده از آن، دوچرخه می‌تواند منجر به کاهش وابستگی به خودروهای شخصی شود و به‌دنبال آن، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و افزایش سلامت جامعه را به همراه آورد. مسیرهای دوچرخه باید معیارهای اصولی را رعایت کنند تا استفاده‌کنندگان از دوچرخه به‌آسانی و با آرامش از آن استفاده کنند. لذا در مطالعه‌ی حاضر، به بررسی و اولویت‌بندی مسیرهای واقع در مرکز شهر تهران به‌منظور احداث مسیر دوچرخه با توجه به معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی مسیرهای دوچرخه پرداخته شده است. معیارهای منتخب با توجه به مطالعات پیشین به‌دست آمده و به سه گروه اصلی: ایمنی مسیر، جذابیت مسیر، و پتانسیل جابه‌جایی تقسیم شده و هر کدام، زیرمعیارهای ویژه‌ی خود را داشته‌اند. در پژوهش حاضر، ۱۲ پرسش‌نامه‌ی سلسله‌مراتبی به افراد متخصص در زمینه‌ی مهندسی و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل داده شد. سپس، با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، که یک نرم‌افزار تخصصی در زمینه‌ی تحلیل سلسله‌مراتبی است و دادن اطلاعات پرسش‌نامه‌ها به آن، وزن‌های سطوح مختلف معیارها به‌دست آمد. بر طبق نتایج به‌دست‌آمده، معیار ایمنی، مهم‌ترین معیار اصلی به‌منظور اولویت‌دهی به احداث مسیر دوچرخه شناخته شده است.

همچنین زیرمعیارهای شیب و سرعت مجاز وسائط نقلیه در مسیر از معیار ایمنی، مهم‌ترین زیرمعیارهای مطالعه‌ی حاضر بوده‌اند. همچنین باید به این مسئله اشاره کرد که در پژوهش حاضر، اثر عواملی مانند کیفیت روسازی مسیر و تخلیه‌ی آب سطحی، عرض مسیر، وجود میدان‌ها، و آلودگی هوا در نظر گرفته نشده است، که درنظرگرفتن آن‌ها در پژوهش‌های آتی می‌تواند منجر به بالارفتن کیفیت نتایج شود. برای مثال، مسیر ۳ در مطالعه‌ی حاضر شیبی کمتر از ۰/۵٪ داشته است، که امکان پدیدآوردن مشکلاتی در تخلیه‌ی آب‌های سطحی را پدید می‌آورد. در صورت وجود معیار مذکور در تحلیل‌های پژوهش حاضر، امکان تغییر اولویت مسیرها جهت احداث مسیر دوچرخه وجود دارد. روش سلسله‌مراتبی به‌کار برده‌شده در مطالعه‌ی حاضر را می‌توان در دیگر نواحی شهر تهران نیز استفاده کرد. شایان ذکر است در صورت هر نوع تغییر در سیاست‌های حمل‌ونقلی سه مسیر معرفی‌شده، وزن‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر باید مجدداً به‌روزرسانی شوند. همچنین استفاده از نظرهای دیگر افراد متخصص، مانند متخصصان برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی می‌تواند در جامعیت‌بخشیدن و بالابردن کیفیت نتایج در وزن‌های به‌دست‌آمده کمک شایانی کند. با توجه به مطالعات صورت‌گرفته و نتایج گرفته‌شده پیشنهاد می‌شود به‌منظور افزایش آگاهی مردم از مزایای دوچرخه‌سواری، از رسانه‌های گروهی مانند تلویزیون، رادیو، و اینترنت برای تبلیغات و آموزش عمومی استفاده شود. تبلیغات می‌توانند به تغییر نگرش مردم نسبت به استفاده از دوچرخه، رعایت حقوق، و ایمنی در مسیرها کمک و از تصادف‌ها جلوگیری کنند. همچنین در این راستا، آموزش به موتورسواران درخصوص جلوگیری از تردد در مسیرهای دوچرخه و ایجاد فرهنگ احترام به دوچرخه‌سواران از قدام‌های مؤثر در بهبود ایمنی مسیرهاست. علاوه‌بر این، در راستای بهبود تجربه‌ی استفاده از مسیرهای دوچرخه‌سواری، استفاده از فضاهای سبز و درخت‌کاری در طول مسیرهای دوچرخه‌سواری به عنوان یک عنصر زیبایی و محیطی مطلوب پیشنهاد می‌شود. درنهایت، توجه به حمل‌ونقل همگانی و توسعه‌ی مسیرهای دوچرخه به نحوی که به وسائط نقلیه‌ی همگانی وصل شوند، می‌تواند امکان انتقال دوچرخه‌ها با وسائط نقلیه‌ی همگانی را تسهیل سازد و استفاده از دوچرخه را در مسافران افزایش دهد.

References- منابع

1. Boufous, S., Rome, L. D., Senserrick, T. and Ivers, R., 2011. Cycling crashes in children, adolescents, and adults-a comparative analysis. *Traffic Injury Prevention*, *12(3)*, pp. 244–250. DOI: 10.1080/15389588.2011.563333.
2. Sharma, S.K., Upadhyay, R.K., Kumar, V. and Valera, H., 2023. Introduction to sustainable transportation system. In *Transportation Energy and Dynamics*. Singapore: Springer Nature, pp. 3–6. DOI: 10.1007/978-981-99-2150-8_1.
3. Stroope, J., 2023. Active transportation, context, and community participation: engaged citizens and destination-based walking and biking. *LSU doctoral dissertations*. 6154. DOI: 10.31390/gradschool_dissertations.6154.
4. Karolemeas, C., Vassi, A., Tsigdinos, S. and Bakogiannis, E., 2022. Measure the ability of cities to be biked via weighted parameters, using GIS tools. The case study of Zografou in Greece. *Transportation Research Procedia*, *62*, pp. 59–66. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.02.008.
5. Ministry of Roads and Urban Development. (2020) *Urban Highways and Streets Design Guide, Section 11: Bikeways*. [In Persian]
6. Garrard, J., Rose, G. and Lo, S.K., 2008. Promoting transportation cycling for women: the role of bicycle infrastructure. *Preventive medicine*, *46*(1), pp.55-59. DOI: 10.1016/j.ypmed.2007.07.010.
7. Haworth, N. and Fuller, J., 2018. Providing for bicyclists. In *Safe Mobility: Challenges, Methodology and Solutions* (pp. 229-253). Emerald Publishing Limited. DOI: 10.1108/S2044-994120180000011012.
8. Kazemeini, A. and Kermanshah, A., 2023. Promoting Sustainable Transport in Developing Countries: A Case Study of University Students in Tehran. *Future Transportation*, *3*(3), pp.858-877. DOI: 10.3390/futuretransp3030048.
9. Ketikidis, K., Papagiannakis, A. and Basbas, S., 2023. Identifying and Modeling the Factors That Affect Bicycle Users' Satisfaction. *Sustainability*, *15*(18), p.13666. DOI: 10.3390/su151813666.
10. Majumdar, B.B. and Mitra, S., 2017. Valuing factors influencing bicycle route choice using a stated-preference survey. *Journal of urban planning and development*, *143*(3), p.04017001. DOI: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000380.
11. Eren, E. and Uz, V.E., 2020. A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand. *Sustainable cities and society*, *54*, p.101882. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101882.
12. Zarabadi Pour, S., Yousefi Moghdam, M. and Abdolrazaghi, A., 2021. Investigating the problems and obstacles of cycling in cities (Case Study: Qazvin). *Road*, *29*(108), pp.179-189. [In Persian]. DOI: 10.22034/ROAD.2021.264860.1932.
13. Rybarczyk, G. and Wu, C., 2010. Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. *Applied Geography*, *30*(2), pp.282-293. DOI: 10.1016/j.apgeog.2009.08.005.
14. Rezaei, R., Heidari, Y. and Nazari Mehr, A.H. 2014. Evaluation of the criteria of the proposed bike route by using AHP, model Case: Yazd. *In The 12th International Conference on Traffic and Transportation Engineering*. [In Persian]
15. Saplıoğlu, M. and Aydın, M.M., 2018. Choosing safe and suitable bicycle routes to integrate cycling and public transport systems. *Journal of Transport & Health*, *10*, pp.236-252. DOI: 10.1016/j.jth.2018.05.011.
16. Shirmohammadi, H., Rahimi, F. and Hadadi, F., 2023. Identifying and prioritization effective factors on the selection of bicycle route to improve urban traffic (Case study: district 10 of Tehran city). *Journal of Transportation Research*, *20*(3), pp.359-378. [In Persian]. DOI: 10.22034/tri.2021.260528.2842.
17. Hsu, T.P. and Lin, Y.T., 2011. A model for planning a bicycle network with multi-criteria suitability evaluation using GIS. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, *148*, pp.243-252. DOI: 10.2495/RAV110231.
18. Habibian, M., Hamouni, P. and Haghshenas, P., 2017. Determining the best Path for bicycle lane construction using sustainable transportation approach (case study: District 1 of shiraz). *Amirkabir J. Civil Eng*, *49*(3), pp.593-602. [In Persian]. DOI: 10.22060/CEEJ.2016.683.
19. Izadbakhsh, H., Vazifeh, A., Jahangoshai, M. and Chitsaz, H., 2010. *Applied instruction of industrial engineering and management softwares*. Jahad Daneshgahi Publications of Amirkabir University. [In Persian]
20. Krenicky, T., Hrebenyk, L. and Chernobrovchenko, V., 2022. Application of concepts of the analytic hierarchy process in decision-making. *Management Systems in Production Engineering*, *4* (30). DOI: 10.2478/mspe-2022-0039.
21. Momeni, M. 2006. New topics in operations research. *Tehran: Management School Publications*, p. 360. [In Persian]
22. Nguyen, G. 2014. The analytic hierarchy process: a mathematical model for decision making problems. *Senior Independent Study Theses*.
23. Saaty, T.L. 2001. *Decision making for leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications.
24. Salihu, F., Demir, Y.K. and Demir, H.G., 2023. Effect of road slope on driving cycle parameters of urban roads. *Transportation research part D: transport and environment*, *118*, p.103676. DOI: 10.1016/j.trd.2023.103676.
25. Das, S. and Das, S., 2022. An ultra-steep slope two-dimensional strain effect transistor. *Nano letters*, *22*(23), pp.9252-9259. DOI: 10.1021/acs.nanolett.2c02194.
26. Sekiguchi, Y., Tanishita, M. and Sunaga, D., 2022. Characteristics of cyclist crashes using polytomous latent class analysis and bias-reduced logistic regression. *Sustainability*, *14*(9), p.5497. DOI: 10.3390/su14095497.
27. Moomen, M., Rezapour, M. and Ksaibati, K., 2022. An analysis of factors influencing driver action on downgrade crashes using the mixed logit analysis. *Journal of Transportation Safety &*

Security, *14*(12), pp.2111-2136. DOI: 10.1080/19439962.2021.2002991.

28. Mulvaney, C.A., Smith, S., Watson, M.C., Parkin, J., Coupland, C., Miller, P., Kendrick, D. and McClintock, H., 2015. Cycling infrastructure for reducing cycling injuries in cyclists. *Cochrane database of systematic reviews*, (12). DOI: 10.1002/14651858.CD010415.pub2.
29. Tehran Municipality, Transportation and Traffic Deputy. 2016. *Iranian National Standardization Organization, Urban Roads-Bicycle Paths*. [In Persian]
30. National Association of City Transportation Officials. 2014. *Urban Bikeway Design Guide*. Island Press.
31. AASHTO. 2012. Guide for development of bicycle facilities. 4th ed. *American Association of State Highway Transportation Officials: Washington, DC, USA*.
32. MANUAL, H.C., 2010. HCM2010. 5th Edition. *Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC*, *1207*.
33. Putra, S., 2011. The correction value of passenger-car equivalents for motorcycle and its impact to road performance in developing countries. *Procedia-social and behavioral sciences*, *16*, pp.400-408. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.04.461.
34. Valenzuela, A.L.E.M., dos Santos Lopes, A.A., de Araujo, P.A.B., Della Justina, M.D., Arins, G.C.B. and Rech, C.R., 2022. Geospatial indicators of bikeability index as cyclefriendly city design: A systematic review. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, *27*, pp.1-12. DOI: 10.12820/rbafs.27e0255.
35. Salarvandian, F., Dijst, M. and Helbich, M., 2017. Impact of traffic zones on mobility behavior in Tehran, Iran. *Journal of transport and land use*, *10*(1), pp.965-982. DOI: 10.5198/jtlu.2017.1087.
36. Aumann, P. and Arnold, T., 2017. *Guide to road design part 6A: Paths for walking and cycling* (No. AGRD06A-17).
37. Malek hosseini, . 2016. Investigating the effective factors in the use of shared bicycles in urban transportation: a case study of Haft Hoz and Madaen neighborhoods in Region 8)'. *Quarterly Geography & Urban Planning Journal of Chashmandaz-E-Zagros*, *4*(11), pp. 159–178. [In Persian]
38. Pucher, J. and Buehler, R. (2006) 'Why Canadians Cycle More than Americans: A Comparative Analysis of Bicycling Trends and Policies'. *Transport Policy*, *13*(3), pp. 265–279. DOI: 10.1016/j.tranpol.2005.11.001.
39. Jaber, A., Abu Baker, L. and Csonka, B., 2022. The influence of public transportation stops on bike-sharing destination trips: spatial analysis of Budapest City. *Future transportation*, *2*(3). DOI: 10.3390/futuretransp2030038.
40. Rothman, L., Hagel, B., Howard, A., Cloutier, M.S., Macpherson, A., Aguirre, A.N., McCormack, G.R., Fuselli, P., Buliung, R., HubkaRao, T. and Ling, R., 2021. Active school transportation and the built environment across Canadian cities: Findings from the child active transportation safety and the environment (CHASE) study. *Preventive medicine*, *146*, p.106470. DOI: 10.1016/j.ypmed.2021.106470.
41. Voulgaris, C.T., Hosseinzade, R., Pande, A. and Alexander, S.E., 2021. Neighborhood effects of safe routes to school programs on the likelihood of active travel to school. *Transportation research record*, *2675*(8), pp.10-21. DOI: 10.1177/0361198121995490.
42. Baby, S., 2013. AHP modeling for multicriteria decision-making and to optimise strategies for protecting coastal landscape resources. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, *4*(2), pp. 218–227. DOI: 10.7763/IJIMT.2013.V4.395.
43. Melillo, P. and Pecchia, L., 2016, August. 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. 4-8. DOI: 10.13033/isahp.y2016.130.
44. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2019. *World Urbanization Prospects 2018: Highlights (ST/ESA/SER.A/421)*.
45. Mehr News Agency. 2020. *Establishment of the first bicycle lane in District 12*. Available at: https://shorturl.at/o8NJF. [In Persian]