Journal of Geography and Planning
Online ISSN: 2717-3534 Print ISSN: 2008-8078
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

Optimal analysis and Evaluation of Multi-Storey Parking lot Location by Integrating Modern Multi-Criteria Decision-Making Methods in the GIS Platform (Case Study: District 5 of Urmia city)

Fereydoun Naghibi[1]✉, Vahid Ebrahimzadeh[2] , Shiva Vatandoost[3] Sahar Miraghaei[4] , Ali Zeini[5]

1. Corresponding Author, Department of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: f.naghibi@urmia.ac.ir.
2. Department of Urban Management, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: St_v.ebrahimzade@urmia.ac.ir.
3. Department of Urban Management, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: Shivavatandost1379111@gmail.com.
4. Department of Urban Management, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: Sahar8917@gmail.com.
5. Department of Urban Management, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: alixzini@gmail.com.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 5 August 2025
Revised: 5 January 2026
Accepted: 19 January 2026
Published: 29 July 2026

Keywords:
Traffic congestion,
Spatial decision-making,
Urban Parking Planning,
Fuzzy ANP,
MULTIMOORA.

ABSTRACT

Objective: The rapid growth of population and private vehicle ownership in Urmia, combined with the concentration of commercial and service activities, has created severe challenges, including parking shortages, traffic congestion, air pollution, and citizen dissatisfaction. This study aims to identify optimal locations for multi-story parking facilities in District 5 of Urmia city using an advanced multi-criteria decision-making framework to improve urban mobility, reduce congestion, and enhance citizens' access to parking.

Methods: Spatial and functional data, including existing parking facilities, trip-attracting land uses, land prices, vacant lands, slope, traffic nodes, road networks, and hourly vehicle entries, were collected from official sources and field surveys to ensure real-world relevance. All data layers were prepared, standardized, and processed in a Geographic Information System (GIS) environment. A hybrid Fuzzy Analytic Network Process (Fuzzy ANP)–MultiMOORA approach was then applied to calculate criteria weights and rank alternative locations. The data analysis process included simulating interactions among criteria, evaluating trade-offs, ranking options, and determining the most suitable sites for parking development with high spatial accuracy.

Results: The findings indicated that the "distance from trip-attracting centers" criterion, with a weight of 0.3245, was the most influential factor in location selection. Four final options located on Hassani and Varzesh streets were identified as the most suitable locations for multi-story parking facilities. The proposed model demonstrated higher precision, reliability, and efficiency in spatial analysis compared to conventional decision-making methods, providing a robust tool for urban planners.

Conclusions: The integrated Fuzzy ANP–MultiMOORA framework offers a replicable and evidence-based approach for spatial decision-making in urban parking planning. It supports traffic demand management, guides infrastructure development, and can be adapted for other high-traffic areas in Urmia. Urban managers are recommended to prioritize parking facility expansion based on this approach to reduce congestion, enhance urban mobility, and improve overall quality of urban life.

Cite this article: Naghibi, F., Ebrahimzadeh, V., & Last Name, Initial. (2026). Optimal analysis and Evaluation of Multi-Storey Parking lot Location by Integrating Modern Multi-Criteria Decision-Making Methods in the GIS Platform (Case Study: District 5 of Urmia city). *Journal of Geography and Planning*, 30 (97), 277-296. http//doi.org/10.22034/gp.2026.68289.3436

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.
DOI: http//doi.org/10.22034/gp.2026.68289.3436

Introduction

The accelerating pace of urbanization and population growth over recent decades has placed unprecedented pressure on urban transportation infrastructures, making the management of public spaces—particularly parking facilities—a critical urban challenge (Li, Zhao & Wang, 2025). For instance, in China, the number of motor vehicles increased from 264 million in 2014 to 453 million in 2024, resulting in severe traffic congestion and parking shortages (Li et al., 2025). Similarly, in developed countries such as the United States, Germany, and the United Kingdom, urban residents lose an average of 40–60 hours annually to traffic delays and the search for parking (Sha et al., 2024; INRIX, 2024). Public parking spaces play a vital role in enhancing the efficiency of urban transportation systems by reducing traffic density and improving service quality (Kazazi Darani et al., 2018). Optimal site selection for parking lots not only minimizes on-street parking and traffic congestion but also prevents economic loss and environmental degradation (Jonuzi et al., 2024). However, due to the complexity and interdependence of spatial and non-spatial factors, conventional site selection methods such as AHP or simple GIS overlays often fall short, as they assume independence among criteria and struggle to handle qualitative or uncertain data (Sarvar & Yahyapour, 2012).

Research Significance and Objective

To overcome these limitations, this study proposes a novel hybrid spatial decision-support framework that integrates the Fuzzy Analytic Network Process (Fuzzy ANP) and MULTIMOORA within a GIS environment. This combination allows for the modeling of interdependencies and feedback among criteria while effectively addressing uncertainty in decision-making. Unlike conventional models, the hybrid FUZZY ANP–MULTIMOORA approach can handle multidimensional and fuzzy data, thereby producing more accurate and transparent spatial evaluations. The study focuses on District 5 of Urmia, one of the city's most densely populated and commercially active zones, which faces a critical shortage of public parking spaces.

Materials and Methods

The research process began with the identification of potential evaluation criteria through literature review and expert consultation. Nine preliminary criteria were considered—proximity to traffic generators, arterial roads, existing parking facilities, land slope, land price, vacant lands, traffic nodes, soil type, and fault line proximity. After data verification, seven final criteria were selected for analysis. The Fuzzy ANP method was used to determine the relative weights of these criteria, capturing their interrelationships through fuzzy pairwise comparisons. Standardized spatial layers were prepared in GIS, and a weighted overlay analysis was performed to generate a suitability map for multi-story parking locations. Subsequently, four highly suitable sites were identified and evaluated through field surveys based on accessibility, land use compatibility, and development feasibility. To enhance ranking accuracy, the MULTIMOORA method was applied, combining the Ratio System, Reference Point, and Full Multiplicative Form to ensure consistent and multi-perspective assessment of the candidate sites.

Results

The Fuzzy ANP analysis revealed that proximity to traffic generators was the most influential criterion (weight = 0.3245), followed by distance from arterial roads (0.1803) and distance from existing parking facilities (0.1554). The GIS-based spatial overlay identified four highly suitable candidate areas for multi-story parking construction. Field verification confirmed that all four sites were physically and operationally feasible, with options 2 and 3 achieving the highest overall suitability in the MULTIMOORA ranking (composite scores of 1.33 and 1.66, respectively). Although the remaining sites ranked lower, they still met the minimum suitability thresholds required for development consideration.

Conclusion

This study demonstrates the practical applicability and methodological advancement of integrating Fuzzy ANP and MULTIMOORA within a GIS framework for urban parking site selection. The proposed hybrid model effectively captures the complexity of urban environments by incorporating uncertainty, spatial interdependencies, and multiple evaluation perspectives into the decision-making process. This approach can serve as a robust and transferable decision-support tool for urban planners seeking to optimize parking distribution, enhance land use efficiency, and improve overall urban livability. Future research should aim to incorporate dynamic parameters—such as population growth trends, land use transformation, and temporal traffic variations—to further refine and generalize the model's predictive capabilities.

Keywords: Parking Site Selection; Fuzzy ANP; MULTIMOORA; GIS; Urban Planning; Innovation; Urmia.

جغرافیا و برنامه ریزی
شاپا چاپی: ۸۰۷۸-۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۳۵۳۴-۲۷۱۷
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

تحلیل و ارزیابی بهینه مکانیابی پارکینگهای طبقاتی به کمک تلفیق روشهای نوین تصمیم گیری چندمعیاره در بستر GIS (مطالعه موردی: منطقه ۵ شهر ارومیه)

فریدون نقیبی[۱]✉، وحید ابراهیم‌زاده[۲]، شیوا وطن دوست[۳]، سحر میرآقایی[۴]،علی زینی[۵]

۱. نویسنده مسئول، استادیار، گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: f.naghibi@urmia.ac.ir.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت شهری، گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: St_v.ebrahimzade@urmia.ac.ir.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت شهری، گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: Shivavatandost1379111@gmail.com.
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت شهری، گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: Sahar8917@gmail.com.
۵. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت شهری، گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: alixzini@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۰۷

کلیدواژه‌ها:
ترافیک شهری،
تقاضای پارکینگ،
تحلیل فضایی،
مدل فازی،
روش چندمعیاره چندشاخصه.

چکیده

رشد روزافزون جمعیت و افزایش مالکیت خودروهای شخصی در شهر ارومیه، موجب کمبود جدی فضای پارک عمومی، افزایش تراکم ترافیک، آلودگی هوا و نارضایتی شهروندان شده است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی مکان‌های بهینه برای احداث پارکینگ‌های طبقاتی در منطقه ۵ شهر ارومیه انجام شد تا ضمن افزایش دسترسی، ارتقای جابجایی شهری و تسهیل حرکت خودروها، اثرات منفی ناشی از کمبود پارکینگ و تراکم ترافیک کاهش یابد و کیفیت خدمات شهری ارتقا یابد. داده‌های مکانی و عملکردی شامل اطلاعات پارکینگ‌های موجود، کاربری‌های جاذب سفر، قیمت زمین، اراضی بایر، شیب زمین، گره‌های ترافیکی و شبکه معابر، از منابع رسمی و بازدیدهای میدانی به‌طور جامع جمع‌آوری شدند. علاوه بر این، حجم ترافیک واقعی منطقه با شمارش میزان ورودی خودروها در ساعات مختلف روز اندازه‌گیری شد تا تحلیل‌ها با شرایط عملیاتی و واقعی منطقه هماهنگ باشند. ابتدا لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS آماده و پردازش شدند و سپس با استفاده از روش ترکیبی Fuzzy ANP–MULTIMOORA، وزن معیارها محاسبه و گزینه‌ها با دقت بالا اولویت‌بندی شدند. تحلیل داده‌ها شامل شبیه‌سازی تعاملات میان معیارها، رتبه‌بندی گزینه‌ها و تعیین بهترین مکان‌ها برای احداث پارکینگ‌های طبقاتی بود. نتایج نشان داد که معیار فاصله از مراکز جاذب سفر با وزن ۰,۳۲۴۵ مهم‌ترین عامل در تعیین مکان بهینه است و چهار گزینه نهایی واقع در خیابان‌های حسنی و ورزش به‌عنوان بهترین مکان‌ها انتخاب شدند. این مدل نسبت به روش‌های کلاسیک، دقت و کارایی بالاتری در تحلیل فضایی ارائه می‌دهد و امکان تصمیم‌گیری منطقی، مستند و مبتنی بر داده را برای مدیران شهری فراهم می‌کند. بنابراین، چارچوب پیشنهادی می‌تواند در برنامه‌ریزی و مدیریت تقاضای پارکینگ در سایر مناطق پرترافیک شهر ارومیه نیز مورد استفاده قرار گیرد. توصیه می‌شود مدیران شهری با بهره‌گیری از این مدل، توسعه زیرساخت‌های پارکینگ را در اولویت قرار دهند تا ضمن کاهش تراکم ترافیک، افزایش رضایت شهروندان و کاهش آلودگی هوا، به ارتقای کیفیت زندگی شهری کمک شود.

استناد: نقیبی، فریدون؛ ابراهیم‌زاده، وحید؛ وطن دوست، شیوا؛ میرآقایی، سحر و زینی، علی (۱۴۰۵). تحلیل و ارزیابی بهینه مکانیابی پارکینگهای طبقاتی به کمک تلفیق روشهای نوین تصمیم گیری چندمعیاره در بستر GIS (مطالعه موردی: منطقه ۵ شهر ارومیه). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۳۰ (۹۷)، ۲۷۷-۲۹۶.
http//doi.org/10.22034/gp.2026.68289.3436

© نویسندگان.
ناشر: دانشگاه تبریز.

مقدمه

شتاب روزافزون شهرنشینی در جهان و رشد جمعیت در دهه‌های اخیر، فشار بی‌سابقه‌ای بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل شهری وارد کرده و مدیریت فضاهای عمومی، به‌ویژه پارکینگ‌ها را به یکی از چالش‌های حیاتی شهرها تبدیل کرده است (Li, Zhao & Wang, 2025). برای نمونه، طبق گزارش رسمی وزارت امنیت عمومی چین، تعداد وسایل نقلیه موتوری این کشور از ۲۶۴ میلیون در سال ۲۰۱۴ به ۴۵۳ میلیون در سال ۲۰۲۴ رسیده است که این امر سبب بروز مشکلات ترافیکی متعدد از جمله معضل در دسترسی به پارکینگ‌ها شده است (Li et al., 2025). همچنین در کشورهای توسعه‌یافته، ازدحام ترافیکی و کمبود فضای پارک به معضلی فراگیر تبدیل شده است؛ به‌طوری‌که رانندگان در آمریکا و آلمان به‌طور متوسط ۴۳ ساعت در سال را در ترافیک از دست می‌دهند و در بریتانیا، علاوه بر ۶۲ ساعت تأخیر ترافیکی (INRIX, 2024)، ۴۴ ساعت نیز صرف جستجوی جای پارک می‌شود (Sha et al., 2024).

فضاهای پارکینگ عمومی به‌عنوان یکی از عناصر حیاتی سیستم حمل‌ونقل شهری نقش اساسی در کاهش تراکم ترافیک و ارتقای کیفیت خدمات شهری دارند .(Kazazi Darani et al., 2018) مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌ها موجب افزایش کارایی سیستم، کاهش پارکینگ حاشیه‌ای و بهبود جریان ترافیک می‌شود و تصمیم‌گیری نادرست در این زمینه می‌تواند منجر به خسارت اقتصادی و افزایش تخریب محیط‌زیست گردد (Jonuzi et al., 2024).

معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی به دلیل پیچیدگی و تنوع، نیازمند رویکردی جامع و چندبعدی هستند؛ از این‌رو، در پژوهش‌های پیشین، روش‌های مبتنی بر تحلیل سلسله‌مراتبی[1] و همپوشانی وزن‌دار[2] در ترکیب با GIS[3] به‌کار گرفته شده‌اند تا مکان‌های مناسب برای پارکینگ با توجه به معیارهای فضایی و عملکردی مشخص شوند (Jonuzi et al., 2024؛ اسماعیلی و همکاران، ۱۴۰۳؛ غفوری‌فرد و همکاران، ۱۴۰۳؛ ملکی و حسنی، ۱۳۹۹)، این رویکردها امکان شناسایی مناطق با بیشترین تناسب مکانی و کمبود پارکینگ را فراهم می‌آورند و نقشه‌های فضایی تولید شده، به تصمیم‌گیری کارآمدتر در تخصیص منابع شهری کمک می‌کنند، با این حال، این روش‌ها عمدتاً بر پایه مفروضات استقلال معیارها عمل کرده و توانایی تحلیل روابط متقابل و بازخورد میان آن‌ها را ندارند؛ افزون بر آن، در مواجهه با داده‌های کیفی و مبهم، کارایی محدودی دارند و نمی‌توانند پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری در محیط‌های واقعی شهری را به‌خوبی مدل‌سازی کنند، اما این روش‌ها عمدتاً بر پایه‌ی مفروضات استقلال معیارها عمل کرده‌اند و توانایی تحلیل روابط متقابل و بازخورد میان آن‌ها را نداشته‌اند. افزون بر آن، این رویکردها در مواجهه با داده‌های کیفی و مبهم، کارایی محدودی دارند و نمی‌توانند پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری در محیط‌های واقعی شهری را به‌خوبی مدل‌سازی کنند (سرور و یحیی‌پور، ۱۳۹۱).

برخی پژوهش‌ها روش‌های نوآورانه به‌کار برده‌اند که توانسته‌اند مکان‌های مناسب را شناسایی کنند و کارایی بالاتری در مواجهه با داده‌های کیفی یا پیچیدگی‌های شهری داشته باشد، در پژوهشی که با هدف ارائه مدلی ترکیبی در محیط فازی برای مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی در منطقه ۱۲ تهران انجام شد، از رویکردی چندمعیاره مبتنی بر توسعه پایدار شهری استفاده گردید. در این مطالعه، معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر اساس مرور ادبیات و نظرات خبرگان شناسایی و سپس با به‌کارگیری تکنیک SWARA فازی وزن‌دهی شدند. در گام بعد، روش ARAS فازی برای تعیین مناسب‌ترین مناطق به‌کار رفت و در نهایت، با تلفیق نتایج در محیطGIS، محدوده‌های بهینه برای احداث پارکینگ‌های طبقاتی شناسایی شدند.(شفیعی نیک آبادی و همکاران، ۱۴۰۰) در یکی دیگر از پژوهش ها، رویکردی ترکیبی از یادگیری ماشینی و تصمیم‌گیری چندمعیاره برای بهبود فرایند مکان‌یابی کارخانجات چوب‌بری در ایالت Mississippi به‌کار گرفته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که این مدل یکپارچه

1. AHP
2. Weghted Overly
3. Geographic Information System

انعطاف‌پذیری بالایی دارد و می‌تواند در مسائل مکان‌یابی متنوع در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرد (Mahid Ahmed et al, 2025). این تنوع روش‌ها نشان‌دهنده ضرورت انتخاب روش مناسب با توجه به ویژگی‌های محیط و اهداف پژوهش است. ترکیب ANP[1] با منطق فازی، دقت تصمیم‌گیری‌های مکانی را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد. همچنین، پیاده‌سازی این روش ترکیبی در محیط GIS، امکان تحلیل فضایی دقیق‌تر و تصمیم‌سازی شفاف‌تر را فراهم می‌آورد (Chen & Lee, 2020).

در سال‌های اخیر، شهر ارومیه با کمبود قابل توجه پارکینگ‌های عمومی مواجه بوده است؛ به‌ویژه در مناطق مرکزی و پیرامون مراکز درمانی و تجاری، این کمبود به‌وضوح احساس می‌شود (صداقتی و خداداد، ۱۴۰۳). در حال حاضر، ۱۱۷ باب پارکینگ عمومی در سطح شهر فعال است، اما این تعداد پاسخگوی نیاز روزافزون جمعیت شهری نیست، در این میان، منطقه ۵ شهر ارومیه به‌عنوان یکی از نواحی پرتردد و در حال توسعه شهر، دارای ۱۳ پارکینگ عمومی با مجموع مساحتی حدود ۲۷ هزار مترمربع است. بر اساس آماربرداری‌های میدانی، میانگین تردد ساعتی در این منطقه حدود ۴۱۷۶ خودرو و بیشترین تردد ثبت‌شده ۵۸۶ خودرو در ساعت گزارش شده است. همچنین، مجموع کل تردد یک‌ساعته در سطح منطقه به حدود ۷۸ هزار خودرو می‌رسد که معادل عبور میانگین ۱۳۰۰ خودرو در هر دقیقه است (صادقی و مصیب‌زاده، ۱۴۰۱).

در این میان، پژوهش حاضر با تمرکز بر رفع محدودیت‌های مطالعات پیشین و ارائه یک چارچوب نوآورانه، تلاش کرده است تا با ترکیب دو روش توانمند FUZZY ANP و MultiMoora، دقت و جامعیت تصمیم‌گیری مکانی را ارتقاء دهد. روش FUZZY ANP با امکان مدل‌سازی عدم قطعیت، تعاملات درونی و بازخورد میان معیارها را شبیه‌سازی می‌کند و از سوی دیگر، MultiMoora با بهره‌گیری همزمان از سه تکنیک تحلیل تصمیم‌گیری، قدرت رتبه‌بندی و تفکیک گزینه‌های مکانی را افزایش می‌دهد. ترکیب این دو روش، که کمتر در مطالعات داخلی مکان‌یابی پارکینگ‌ها مورد استفاده قرار گرفته، نوآوری کلیدی این تحقیق محسوب می‌شود.

فرض می‌شود با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل فضایی، بتوان مکان‌های بهینه برای احداث پارکینگ طبقاتی در محدوده مورد مطالعه شناسایی کرد و کمبود فضاهای پارکینگ را به‌طور مؤثری کاهش داد.

پژوهش حاضر با رویکردی نوین و تلفیقی، در پی شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌های بهینه برای احداث پارکینگ‌های طبقاتی در منطقه ۵ شهر ارومیه است. این منطقه با تراکم بالای فعالیت‌های تجاری–خدماتی و کمبود فضای پارکینگ، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نواحی نیازمند مداخله برنامه‌ریزی شناخته شده و مورد آزمون روش قرار گرفته است. در ادامه، یافته‌های این رویکرد تحلیل و ارزیابی خواهند شد.

پیشینه پژوهش

۱– پیشینه نظری

با افزایش جمعیت و تعداد وسایل نقلیه، تقاضا برای فضاهای پارکینگ افزایش یافته است. شهرهای بزرگ از کمبود فضاهای پارکینگ رنج می‌برند، که این فضاها بخش مهمی از سیستم حمل‌ونقل شهری مدرن و مدیریت ترافیک محسوب می‌شوند. تعیین مکان مناسب برای پارکینگ‌ها به یکی از چالش‌های اصلی برنامه‌ریزان حمل‌ونقل شهری، به‌ویژه در مراکز شهرهای بزرگ، تبدیل شده است (Aydınoglu et al, 2025). کمبود فضای پارک، افزایش تراکم ترافیک، اشغال معابر عمومی، آلودگی هوا و کاهش کیفیت خدمات شهری از پیامدهای مستقیم این پدیده‌اند که برنامه‌ریزان شهری را وادار به یافتن راهکارهای مؤثر کرده‌اند. در این میان، احداث پارکینگ‌های طبقاتی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌ها، به‌ویژه در شهرهای پرتردد و متراکم، مورد توجه قرار گرفته است (Chen et al, 2021). در این ارتباط پارکینگ به فضایی اطلاق می‌شود که برای توقف موقت یا دائمی وسایل نقلیه موتوری طراحی شده است.

1. Analytic Network Process

پارکینگ‌ها از نظر موقعیت مکانی و نوع ساختار به انواع گوناگونی تقسیم می‌شوند، از جمله پارکینگ‌های حاشیه‌ای، غیرحاشیه‌ای، زمینی، زیرزمینی، روباز، مکانیزه و طبقاتی (جعفری و همکاران، ۱۳۹۷). هر یک از این انواع بسته به شرایط فنی، اقتصادی و شهری، دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند. پارکینگ طبقاتی، نوعی از پارکینگ غیرحاشیه‌ای چندسطحی است که معمولاً در محیط‌های با محدودیت فضایی احداث می‌شود. این نوع پارکینگ با بهره‌گیری از ارتفاع، امکان استفاده بهینه از زمین‌های با ارزش و گران‌قیمت در مراکز شهری را فراهم کرده و با افزایش ظرفیت پارک، می‌تواند به کاهش ازدحام معابر و ارتقای نظم ترافیکی کمک شایانی کند (Mirzaei et al, 2020). به‌ویژه در مناطق پرتردد با کاربری‌های تجاری و اداری، احداث پارکینگ‌های طبقاتی به‌عنوان یک راهکار مؤثر در مدیریت تقاضای پارک و ارتقای کیفیت حمل‌ونقل شهری شناخته می‌شود. در مطالعات داخلی و خارجی، معیارهای گوناگونی برای مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی معرفی شده‌اند که از آن جمله می‌توان به فاصله از فاصله از مراکز جاذب سفر (رضایی و همکاران، ۱۳۹۸)، فاصله از معابر اصلی (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۷)، قیمت زمین (صادقی، ۱۳۹۸)، فاصله از گره‌های ترافیکی (Ahmadpour et al, 2019)، فاصله از پارکینگ‌های دیگر (حسینی، ۱۴۰۰)، شیب زمین، فاصله از گسل، جنس خاک و وجود اراضی بایر اشاره کرد (Pourjavad & Shirouyehzad, 2020; Yazdani et al., 2021). این معیارها نقش مهمی در تحلیل وضعیت فعلی و انتخاب بهترین گزینه برای احداث پارکینگ دارند و نشان‌دهنده اهمیت یک تحلیل جامع و چندوجهی در تصمیم‌گیری‌های مکانی‌اند.

در این راستا، فرایند مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی در زمره مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multi-Criteria Decision Making - MCDM) قرار می‌گیرد؛ زیرا شامل بررسی هم‌زمان معیارهای کمی و کیفی متنوع با ویژگی‌های متقابل و بعضاً متضاد است. تصمیم‌گیری چندمعیاره روشی برای انتخاب یا رتبه‌بندی گزینه‌ها در شرایطی است که چندین معیار در تصمیم مؤثرند (Sharifi & Retsios, 2022). ترکیب این روش‌ها با سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] به‌عنوان بستری مؤثر در تحلیل‌های مکانی، می‌تواند دقت تصمیم‌گیری را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. روش‌های گوناگونی برای حل مسائل MCDM ارائه شده‌اند. یکی از روش‌های پرکاربرد، تحلیل سلسله‌مراتبی[2] است که با ساختار درختی و ساده‌سازی روابط بین معیارها، تصمیم‌گیری را تسهیل می‌کند. با این حال، AHP در تحلیل تعاملات و وابستگی‌های بین معیارها دارای محدودیت است (Rafiee et al, 2019). به همین دلیل، روش تحلیل شبکه‌ای[3] به‌عنوان نسخه‌ای توسعه‌یافته از AHP معرفی شده که امکان تحلیل روابط درونی و بازخورد بین معیارها را فراهم می‌سازد. با وجود این، ANP نیز در مواجهه با ابهام و عدم قطعیت در نظرات کارشناسان ضعف دارد. برای رفع این چالش، رویکرد ترکیبی Fuzzy ANP معرفی شده است که با استفاده از منطق فازی، قضاوت‌های انسانی را به‌صورت دقیق‌تری مدل‌سازی می‌کند .این روش با به‌کارگیری اعداد فازی مثلثی (l, m, u) در مقایسه‌های زوجی، توانسته است محدودیت‌های روش‌های پیشین را به حداقل برساند و در مسائل پیچیده مکانی، نتایج واقع‌بینانه‌تری ارائه دهد (Alizadeh et al, 2023).

۲-پیشینه تجربی

مطالعات داخلی

رضایی و همکاران (۱۳۹۸) مکان‌یابی پایگاه‌های چندمنظوره مدیریت بحران در شمال تبریز (مناطق ۱، ۴ و ۱۰) را بررسی کردند. ابتدا عوامل مؤثر شناسایی و لایه‌های اطلاعاتی با نرم‌افزار Expert Choice و روش AHP وزن‌دهی شدند. سپس لایه‌ها با مدل‌هایIO ، بولین و Fuzzy تلفیق و بهترین گزینه‌ها تعیین شدند. نتایج نشان داد بخش جنوبی منطقه ۴، به دلیل دسترسی مناسب و وجود فضاهای شهری، گزینه برتر برای استقرار پایگاه‌ها است و تأکید دارد که ترکیب GIS و AHP ابزار مؤثری در مدیریت بحران شهری است، حق لسان و همکاران (۱۴۰۰) مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌های عمومی در شهر ارومیه را با بهره‌گیری

1. GIS
2. AHP
3. ANP

از مبانی شهرسازی و مدیریت ترافیک شهری مورد بررسی قرار دادند. معیارهای تأثیرگذار بر انتخاب مکان با استفاده از نرم‌افزار Super Decisionبه لایه‌های اطلاعاتی GIS تبدیل و وزن‌دهی شدند، و مناطق مناسب برای احداث پارکینگ در پنج دسته از ضعیف تا خیلی مناسب تقسیم‌بندی شد. نتایج نشان دادند که ارزیابی فضایی و توزیع مکانی پارکینگ‌ها می‌تواند نقش مهمی در کاهش ترافیک و بهبود کیفیت زندگی شهری داشته باشد، (۱۴۰۰) در منطقه ۱۲ شهر تهران پژوهشی که با هدف ارائه مدلی ترکیبی در محیط فازی برای مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی انجام شد، از رویکردی چندمعیاره مبتنی بر توسعه پایدار شهری استفاده گردید. در این مطالعه، معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر اساس مرور ادبیات و نظرات خبرگان شناسایی و سپس با به‌کارگیری تکنیک SWARA فازی وزن‌دهی شدند. در گام بعد، روش ARAS فازی برای تعیین مناسب‌ترین مناطق به‌کار رفت و در نهایت، با تلفیق نتایج در محیط GIS، محدوده‌های بهینه برای احداث پارکینگ‌های طبقاتی شناسایی شدند، بیاتی خطیبی و قدیمیان (۱۴۰۳) به ارزیابی و تحلیل تناسب مکانی توسعه اکوتوریسم در شهرستان تبریز پرداختند. در این مطالعه، معیارهای مؤثر بر توسعه اکوتوریسم با توجه به وضعیت منطقه و بهره‌گیری از نظرات کارشناسان انتخاب شدند و با استفاده از نرم‌افزار GIS و روش‌های Fuzzy AHP و OWA به لایه‌های اطلاعاتی تبدیل و وزن‌دهی شدند. نتایج نشان داد که بخش‌های مرکزی شهرستان تبریز به دلیل نزدیکی به جاذبه‌های طبیعی، تاریخی و مذهبی و همچنین قرارگیری در چهارراه‌های ارتباطی مهم، از توان اکوتوریستی بالایی برخوردار بوده و این تحلیل فضایی می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی و توسعه پایدار اکوتوریسم ایفا کند. شفیعی نیک آبادی و همکاران، اسمعیلی و همکاران (۱۴۰۳)در مطالعه‌ای برای منطقه ۷ تهران، مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی با استفاده از روش AHP انجام شد تا کاهش ترافیک شهری ممکن شود. داده‌های شهری و شبکه معابر به‌عنوان معیارهای اصلی در تحلیل وزن‌دهی قرار گرفتند و نتایج نشان دادند که کاربری بایر بیشترین اهمیت را داشته و پس از آن شبکه معابر بیشترین تأثیر را در انتخاب مکان بهینه دارد. این تحقیق نشان می‌دهد که روش AHP می‌تواند ابزار موثری برای تصمیم‌گیری در مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی باشد، آرخی و همکاران (۱۴۰۴) با استفاده از ۱۴ لایه اطلاعاتی شامل معیارهای هیدرولوژیکی، زیرساخت و توپوگرافی، مکان‌یابی بهینه دفن زباله‌های شهری در شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت را با روش‌های فازی AHP و ANP در محیط GIS انجام دادند. نتایج نشان داد مناطق مناسب برای دفع پسماند عمدتاً در شرق و جنوب منطقه قرار دارند و بسته به عملگرهای مختلف، از ۲ تا ۵۲ درصد سطح منطقه متغیر بودند. تنها در عملگرOR ، سایت‌های کاملاً مناسب در غرب منطقه شناسایی شد. این مطالعه اثبات می‌کند که تلفیق AHP فازی و ANP در GIS ابزار مؤثری برای تعیین مکان‌های بهینه و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی است، یوسفی امیری و میرحسینی (۱۴۰۴) در پژوهشی با هدف مکان‌یابی بهینه مراکز امدادرسانی پس از وقوع زلزله، منطقه ۲ کلان‌شهر تهران را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، با توجه به شرایط لرزه‌خیزی شهر تهران و اهمیت کاهش تلفات جانی، عوامل کالبدی و غیرکالبدی مؤثر بر استقرار مراکز امدادرسانی شناسایی شد. داده‌ها به‌صورت اسنادی، کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری و تحلیل‌های مکانی در محیط GIS انجام گرفت. وزن‌دهی معیارها با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions و اولویت‌بندی پهنه‌ها با روش TOPSIS صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که بخش‌های مرکزی متمایل به غرب و مرکز به جنوب منطقه ۲، به دلیل برخورداری از شرایط مناسب دسترسی و قابلیت توسعه، بیشترین مطلوبیت مکانی را برای استقرار مراکز امدادرسانی دارند. این پژوهش بر کارایی تلفیق GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت بحران شهری تأکید دارد، در این میان در پژوهش حاضر برای ارتقای دقت و جامعیت تصمیم‌گیری مکانی، از ترکیب روش‌های FUZZY ANP و MultiMoora استفاده شده است FUZZY ANP . امکان مدل‌سازی عدم قطعیت و تعاملات میان معیارها را فراهم می‌کند، در حالی که MultiMoora با بهره‌گیری از سه تکنیک تحلیل تصمیم‌گیری، قدرت رتبه‌بندی و تفکیک گزینه‌های مکانی را افزایش می‌دهد. به‌کارگیری همزمان این دو روش، که در مطالعات داخلی مکان‌یابی پارکینگ کمتر مشاهده شده، به عنوان یک رویکرد نوآورانه در تحلیل مکان‌یابی مطرح گردیده است.

مطالعات خارجی

ژو و همکاران، (۲۰۲۰) در پژوهشی یک مدل تصمیم گیری مکان با ادغام روش GIS و MCDM برای یافتن محل مناسب جهت احداث ایستگاه های خورشیدی شارژ وسایل نقلیه الکتریکی یا به اختصار PVCS در پکن ارایه دادند. نتایج وزن دهی صورت گرفته با استفاده از تکنیک های BWM و آنتروپی نشان می دهد که عوامل اجتماعی و پتانسیل های قابل گسترش در آینده دارای اهمیت بیشتری هستند، سپس از روش TODIM برای رتبه بندی مشخص شده استفاده شد، Demirو همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای برای چهار منطقه استانبول، مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌ها را با استفاده از روش فازی AHP مبتنی بر GIS انجام دادند. معیارهای اصلی شامل کاربری زمین، مسائل مالی و حمل‌ونقل بودند که پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی GISتبدیل شدند. قطعات زمین با توجه به رتبه‌بندی نهایی و بررسی شکل و مساحت، برای احداث پارکینگ انتخاب شدند. نتایج نشان داد که حمل‌ونقل بیشترین اهمیت را دارد و منطقه اسکودار بیشترین نیاز و بیشترین قطعات مناسب برای توسعه پارکینگ را داراست. این پژوهش تأکید می‌کند که ترکیب GIS و تصمیم‌گیری چندمعیاره ابزاری مؤثر برای مکان‌یابی پارکینگ در کلان‌شهرها است، Taoو همکاران (۲۰۲۲) به مکان‌یابی بهینه نیروگاه‌های ذخیره‌سازی پمپی زیرزمینی با استفاده از معادن زغال‌سنگ متروکه در چین پرداختند. ۱۵ معیار از چهار جنبه منابع و محیط زیست، سرمایه‌گذاری و بازده، ساخت و فناوری و جامعه و برنامه‌ریزی شناسایی شد و اهمیت آن‌ها با روش وزن ترکیبی تحلیل شد. داده‌های کیفی به کمیت تبدیل و گزینه‌ها با روش TODIM رتبه‌بندی شدند تا ترجیح ریسک تصمیم‌گیرندگان لحاظ شود. نتایج نشان داد میانگین ارتفاع خالص مهم‌ترین معیار است و چارچوب پیشنهادی از دقت و ثبات بالایی برخوردار است. این مطالعه راهنمایی علمی برای انتخاب مکان نیروگاه UPSP-ACMو مدیریت تصمیم‌گیری ارائه می‌کند، Cheng و همکاران (۲۰۲۳) در چین به مکان‌یابی بهینه نیروگاه‌های ذخیره‌سازی پمپی با استفاده از C-OWA-AHP و VIKOR-GRA پرداختند. شاخص‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی، محیط‌زیست و اجتماعی–اقتصادی شناسایی و وزن‌دهی شدند و گزینه‌ها با VIKOR-GRA رتبه‌بندی گردیدند. نتایج، منطقه یویی‌شی در آنچینگ، استان آنهویی، را به عنوان مناسب‌ترین مکان نشان داد و تأکید کرد که ترکیب روش‌های چندمعیاره و فازی راهنمای علمی موثری برای پروژه‌های انرژی پاک و توسعه پایدار است، Jonuzi و همکاران(۲۰۲۴) در شهر تتوو مقدونیه شمالی، مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌ها با استفاده از GIS و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDA) و AHP انجام شد. معیارهای اصلی شامل کاربری زمین و حمل‌ونقل بود و وزن‌دهی با کمک نظرات کارشناسان انجام شد، که دسترسی به مسیرهای اصلی بیشترین اهمیت را داشت. نتایج نشان داد که ادغام GIS و AHP روشی مؤثر برای شناسایی مکان‌های مناسب پارکینگ و برنامه‌ریزی پایدار شهری ارائه می‌کند، Arif Cagdash Aydınoglu و همکاران (۲۰۲۵) در منطقه پندیک استانبول، مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌ها با استفاده از GIS و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شاملAHP ، TOPSISو VIKOR انجام شد. وزن‌دهی معیارهای موثر بر انتخاب محل پارکینگ با روش AHP صورت گرفت و نقشه مناسب‌ترین مناطق پارکینگ تولید شد. نتایج نشان داد که رتبه‌بندی مکان‌های پارکینگ با روش‌های TOPSIS و VIKOR مشابه AHP بوده و استفاده از GIS همراه با MCDA رویکردی موثر برای تخصیص منابع و انتخاب مکان بهینه ارائه می‌کند.

محدوده مورد مطالعه

ارومیه، یکی از شهرهای شمال‌غربی ایران و مرکز استان آذربایجان غربی، در عین حال مرکز شهرستان ارومیه نیز به شمار می‌رود، شهر ارومیه در شمال‌غرب ایران و در نیم‌کره شمالی زمین قرار دارد و بر اساس محدوده طرح جامع شهری، از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض‌های ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی **و** طول‌های ۴۴ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۴۵ درجه، ۰۶ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ گسترده شده است، بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ این شهر جمعیتی بالغ بر ۷۳۶۲۲۴ نفر دارد. طبق طرح تفصیلی یکپارچه شهر ارومیه (۱۳۹۸)، از کل مساحت شهر، حدود ۱۰۷۸۷ هکتار (۹۶/۲ درصد) به اراضی خالص شهری و ۴۳۰ هکتار (۳/۸ درصد) به اراضی ناخالص شهری اختصاص یافته است. تراکم خالص مسکونی در ارومیه

حدود ۲۳۲ نفر در هکتار برآورد شده است.در سال‌های اخیر، شهر ارومیه با کمبود قابل توجه پارکینگ‌های عمومی مواجه بوده است؛ به‌ویژه در مناطق مرکزی و پیرامون مراکز درمانی و تجاری، این کمبود به‌وضوح احساس می‌شود (صداقتی و خداداد، ۱۴۰۳). در حال حاضر، ۱۱۷ باب پارکینگ عمومی در سطح شهر فعال است، اما این تعداد پاسخگوی نیاز روزافزون جمعیت شهری نیست. در این میان، منطقه ۵ شهر ارومیه به‌عنوان یکی از نواحی پرتردد و در حال توسعه شهر، با وسعتی حدود ۱۰۴۱ هکتار و جمعیتی بالغ بر ۹۲۲۳۵ نفر، در افق طرح تفصیلی دارای تراکم خالص جمعیتی حدود ۸۸ نفر در هکتار است. این منطقه شامل ۱۳ پارکینگ عمومی با مجموع مساحتی حدود ۲۷ هزار مترمربع می‌باشد. بر اساس آماربرداری‌های میدانی، میانگین تردد ساعتی در این منطقه حدود ۴۱۷۶ خودرو و بیشترین تردد ثبت‌شده ۵۸۶ خودرو در ساعت گزارش شده است. همچنین، مجموع کل تردد یک‌ساعته در سطح منطقه به حدود ۷۸ هزار خودرو می‌رسد که معادل عبور میانگین ۱۳۰۰ خودرو در هر دقیقه است (صادقی و مصیب‌زاده، ۱۴۰۱).در مجموع، کمبود پارکینگ در شهر ارومیه، به‌ویژه در مناطق مرکزی و پرتردد همچون منطقه ۵، یکی از عوامل اصلی افزایش تراکم ترافیک و نارضایتی شهروندان محسوب می‌شود. از این‌رو، برنامه‌ریزی جامع و اجرای اقدامات مؤثر برای تأمین نیازهای شهروندان و کاهش مشکلات ترافیکی در این محدوده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

روش پژوهش

این پژوهش از نوع توصیفی–کاربردی بوده و هدف آن شناسایی مکان‌های بهینه جهت احداث پارکینگ‌های طبقاتی در محدوده‌ی مورد مطالعه (منطقه‌ی ۵ شهر ارومیه) از طریق تحلیل فضایی معیارهای مؤثر در مکان‌یابی است. برای دستیابی به این هدف از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی و نیز ابزارهای مدل‌سازی ترافیکی بهره گرفته شد. در گام نخست، کلیه داده‌های مکانی و توصیفی مورد نیاز شناسایی و گردآوری شدند. فهرست لایه‌های اولیه شامل شبکه معابر (منبع:طرح جامع ارومیه)، مراکز جاذب سفر (منبع:میدانی)، پارکینگ‌های موجود و ظرفیت آن‌ها (منبع:میدانی)، کاربری زمین (منبع:نقشه کاربری؛ طرح تفصیلی منطقه ۵ شهر ارومیه)، جمعیت (منبع:طرح تفصیلی شهر ارومیه)، قیمت زمین (منبع:نقشه کاربری؛ طرح تفصیلی منطقه ۵ شهر ارومیه)، شیب زمین (منبع:داده‌های مذکور از منبع معتبر جهانی SRTM اخذ و در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.8 پردازش شدند تا نقشه نهایی شیب منطقه به دست آید)، جنس خاک (منبع:اداره کل زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی استان آذربایجان غربی، نقشه‌های خاک‌شناسی، آخرین به‌روزرسانی) و گسل‌ها (منبع:سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور) بود. تمام داده‌ها به سامانه مختصات مشترک UTM منتقل شدند تا از تداخل پروجکشن و بروز خطاهای مکانی جلوگیری شود و کیفیت و صحت داده‌ها تضمین گردد. معیارهایی مانند کاربری‌ها، مراکز جاذب سفر، پارکینگ‌های موجود و گره‌های ترافیکی ابتدا از گوگل ارث استخراج و به فایل KML تبدیل شدند و سپس وارد محیط نرم‌افزار GISشدند و سایر معیارها مانند شیب زمین، اراضی بایر، قیمت زمین و معابر اصلی نیز گردآوری و وارد نرم‌افزار شدند. پس از ورود بهGIS ، داده‌ها تطبیق پروجکشن و پاک‌سازی هندسی (Remove duplicates, Fix geometry) شدند و برای هر معیار مکانی، حریم‌های مؤثر (Buffers) بر اساس مرور ادبیات و مطالعات پیشین تعیین و در محیط GIS اعمال شد. لایه‌هایی مانند شیب زمین از داده‌های DEM مأموریت SRTM ناسا استخراج شد و لایه‌های جنس خاک و گسل نیز از اداره کل زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی استان آذربایجان غربی گردآوری شدند. سایر لایه‌ها از منابع رسمی و میدانی تهیه شدند و تمام داده‌ها برای اطمینان از صحت تحلیل‌ها، پیش‌پردازش شدند. این فرآیند امکان ایجاد مجموعه‌ای دقیق و قابل اعتماد از لایه‌های اطلاعاتی را فراهم کرد که در مراحل بعدی تحلیل و تصمیم‌گیری فضایی مورد استفاده قرار گرفت.

معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی با بهره‌گیری از مطالعات پیشین، بررسی‌های میدانی و مشورت با کارشناسان حوزه حمل‌ونقل شهری شناسایی شدند و در نهایت هفت معیار شامل فاصله از مراکز جاذب سفر، فاصله از معابر اصلی، قیمت زمین، فاصله از گره‌های ترافیکی، فاصله از پارکینگ‌های موجود، شیب زمین و اراضی بایر به‌عنوان معیارهای نهایی در مدل مورد استفاده قرار گرفتند. معیارهای جنس خاک و فاصله از گسل به دلیل یکنواختی شرایط خاک و فاصله زیاد محدوده از گسل‌ها از تحلیل حذف شدند. بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری مکانی به دلیل وجود وابستگی و اثر متقابل میان معیارها، قابل مدل‌سازی در

قالب ساختارهای سلسله‌مراتبی نیستند. در این شرایط، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) با در نظر گرفتن روابط درونی و بازخورد میان عناصر، امکان تحلیل واقع‌بینانه‌تری از مسائل پیچیده تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند. از سوی دیگر، به‌منظور مدیریت عدم قطعیت موجود در قضاوت‌های کارشناسی و ابهام در تعریف معیارها، استفاده از منطق فازی ضروری است(رستمی و خورشیددوست، ۱۴۰۱).

بر این اساس، در این پژوهش از روش Fuzzy ANP جهت مکانیابی پارکینگ های طبقاتی بهره گرفته شده است. گام های اجرایی روش Fuzzy ANP در ادامه ارائه شده است: در گام اول این روش، ماتریس مقایسه زوجی با استفاده از اعداد فازی مثلثی (l, m, u) ساخته می شود که در آن، l مقدار کمینه ، m مقدار میانه و u مقدار بیشینه است. در گام بعدی نظرات کارشناسان برابر رابطه شماره ۱ (Liao & Chang, 2019) ترکیب می شود.

$$\tilde{a}_{ij} = \left(\prod_{k=1}^{n} l_{ij}^{(k)}\right)^{1/n}, \left(\prod_{k=1}^{n} m_{ij}^{(k)}\right)^{1/n}, \left(\prod_{k=1}^{n} u_{ij}^{(k)}\right)^{1/n} \quad (۱)$$

- $l_{ij}^{(k)}$: حد پایین عدد فازی کارشناس k
- $m_{ij}^{(k)}$: مقدار میانه (مرکزی)
- $u_{ij}^{(k)}$: حد بالای عدد فازی
- k: تعداد کارشناسان

در ادامه، از روش تحلیل بردار و فرایند غیرفازی سازی (Defuzzification) برای تبدیل مقادیر فازی به یک مقدار قطعی استفاده می‌شود. در این تحقیق، از روش مرکز ثقل که یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای غیرفازی سازی است، که در رابطه شماره ۲ بهره گرفته شد (رابطه شماره ۲) (Liao & Chang, 2019).

$$W = \frac{l + m + u}{3} \quad (۲)$$

در گام چهارم، سوپرماتریس اولیه بر پایه نتایج مقایسه‌های زوجی فازی و پس از اعمال فرایند غیرفازی سازی فازی (Defuzzification) تشکیل می‌شود (رابطه شماره ۳) (Asan, et al., 2012). در این مرحله، وزن هر معیار نسبت به سایر معیارها استخراج و در قالب ماتریس اولیه تنظیم می‌گردد.

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{17} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{27} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{71} & w_{72} & \cdots & w_{77} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

در ادامه، به‌منظور تطابق با اصول نظری احتمال و اطمینان از اینکه مجموع مقادیر هر ستون برابر با یک باشد، سوپرماتریس اولیه نرمال‌سازی می‌شود. برای انجام این فرآیند، از رابطه شماره ۴ (Kabirifar, et al., 2021) استفاده شده است.

$$W_{norm}^{(ij)} = \frac{w_{ij}}{\sum_{k=1}^{n} w_{kj}} \quad (۴)$$

- w_{ij}: مقدار اولیه در سوپرماتریس قبل از نرمال سازی، یعنی وزن تاثیر عنصر i بر عنصر j
- $\sum_{k=1}^{n} w_{kj}$: مجموع وزن های ستون j از سوپرماتریس
- $W_{norm}^{(ij)}$: مقدار نهایی نرمال شده برای خانه (ij) در سوپرماتریس جدید

در نهایت متکی بر وزن‌های به‌دست‌آمده از روش Fuzzy ANP در بستر GIS، نقشه پهنه‌های مناسب استخراج و گزینه‌های اولویت‌دار تعیین می‌گردد. جهت سنجش و ارزیابی گزینه های بدست آمده روش های مختلفی ارائه شده است یکی از این روشها، روش MultiMoora است که از سه رویکرد قدرتمند تصمیم‌گیری چندمعیاره، شامل سیستم نسبت‌ها (Ratio System)، روش نقطه مرجع (Reference Point) و فرم ضرب ماتریسی کامل (Full Multiplicative Form) بهره می‌برد. این ساختار سه‌گانه موجب افزایش دقت و پایداری نتایج در مقایسه با سایر روش‌ها شده است (Stanujkic et al, 2015). تفسیر ساده نتایج، انعطاف‌پذیری بالا، و توانایی تحلیل گزینه‌ها با معیارهای گوناگون از مزایای اصلی این روش به شمار می‌روند (Omrani et al,

2022). لذا با عنایت به قابلیت های روش MultiMoora، در این تحقیق از این روش برای ارزیابی گزینه های بدست آمده از روش Fuzzy ANP بهره گرفته شده است. لذا روش تحقیق در این پژوهش بصورت ترکیبی از Fuzzy ANP و MultiMoora می‌باشد که نه‌تنها دقت تحلیل را افزایش می‌دهد، بلکه به تصمیم‌گیری منطقی، پایدار و مبتنی بر داده در سطح کلان شهری کمک می‌کند. این امر، برنامه‌ریزان شهری را قادر خواهد ساخت تا منابع محدود شهری را به‌صورت بهینه تخصیص داده و در راستای بهبود کیفیت زندگی شهروندان، گام‌های مؤثری بردارند. در ادامه مبانی نظری روش MultiMoora ارائه شده است. همانطور که در بالا اشاره شد روش MultiMoora دارای سه زیر رویکرد می باشد در رویکرد اول (Ratio System) برای هر گزینه، مجموع وزن معیارها با رابطه شماره ۵ (Liang, et al., 2019) محاسبه می‌شود:

$$y_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \cdot x_{ij} \qquad (۵)$$

- y_i: امتیاز نهایی گزینه i
- w_j: وزن معیار j
- x_{ij}: مقدار نرمال شده معیار j برای گزینه i
- n: تعداد معیار ها

در رویکرد دوم (Reference Point) حداکثر مقدار هر معیار به‌عنوان نقطه مرجع انتخاب شده و برای هر گزینه فاصله آن از نقطه مرجع با استفاده از رابطه شماره ۶ (Hafezalkotob, et al., 2018) محاسبه می‌شود.

$$z_i = \max_j \left| x_j^* - x_{ij} \right| \qquad (۶)$$

- x_j^*: بهترین مقدار معیار j
- x_{ij}: مقدار نرمال شده معیار j برای گزینه i
- z_i: فاصله هر گزینه از مقدار مرجع (کمتر بودن، بهتر)

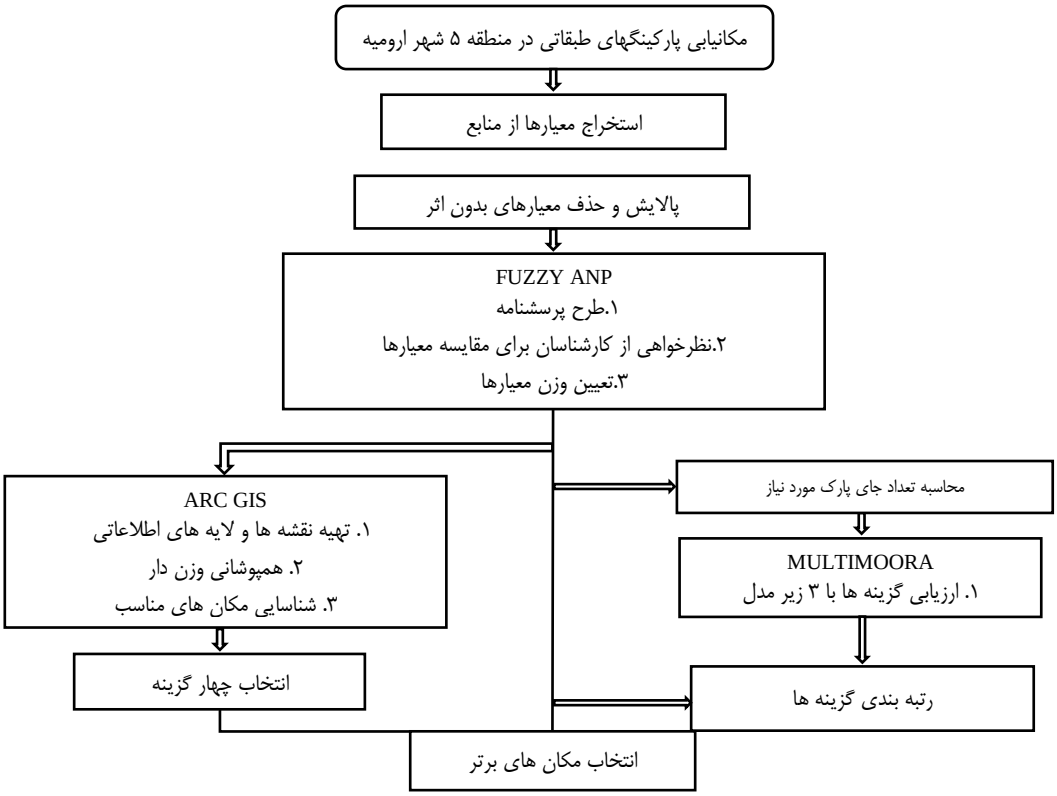
در فرمول فوق معیار مطلوب، کمترین مقدار است.

در رویکرد سوم (Full Multiplicative Form) نسبت ضرب معیارهای سود به ضرب معیارهای هزینه با رابطه شماره ۷ (Hafezalkotob, et al., 2018) محاسبه می‌شود.

$$U_i = \frac{\prod_{j \in B} x_{ij}}{\prod_{j \in C} x_{ij}} \qquad (۷)$$

- B: مجموعه معیارهای سودمند (مطلوب)
- C: مجموعه معیارهای هزینه ای (نامطلوب)
- U_i: شاخص نهایی ضربی برای گزینه i

در نهایت با توجه به نتیجه این ۳ زیر رویکرد، بهترین گزینه از بین گزینه های موجود انتخاب می شود. برای تعیین وزن نسبی معیارها از روش تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) استفاده شد. مقایسات زوجی میان معیارها توسط گروهی از خبرگان تکمیل و میانگین نظرات فازی‌شده در ماتریس تصمیم وارد شد. محاسبات وزن با استفاده از مراحل استاندارد ANP فازی انجام و وزن‌های نهایی پس از نرمال‌سازی به‌دست آمدند تا قابلیت استفاده در محیط GIS فراهم شود. تمامی لایه‌های مکانی در محیط ArcMap 10.8 نرمال‌سازی و سپس با استفاده از ابزار Weighted Overlay با یکدیگر همپوشانی شدند تا نقشه نهایی تناسب مکانی حاصل گردد. برای اطمینان از صحت نتایج، مراحل همپوشانی چندین بار تکرار و نتایج بازبینی شدند. پس از استخراج نواحی دارای اولویت بالا، برای برآورد ظرفیت مورد نیاز پارکینگ‌ها، شمارش میدانی خودروها انجام شد و این داده‌ها به‌عنوان مبنای محاسبه ظرفیت تقریبی و نیاز پارکینگ در هر موقعیت پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفتند. در مرحله نهایی، برای انتخاب بهترین گزینه از میان مکان‌های اولویت‌دار، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره MultiMOORA استفاده شد که با تلفیق سه زیررویکرد (نسبت به بهترین مقدار، مرجع ایده‌آل و رتبه‌بندی بر اساس معیار غالب) رتبه نهایی هر گزینه را تعیین نمود و بر اساس نتایج، گزینه‌ای که بالاترین امتیاز ترکیبی را کسب کرد، به‌عنوان مکان بهینه جهت احداث پارکینگ طبقاتی انتخاب شد. در پایان، نتایج حاصل از مدل با واقعیت‌های زمینی و بازدیدهای میدانی مطابقت داده شدند تا از درستی و پایداری روند تحلیل اطمینان حاصل شود. روندهای پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. چارچوب اصلی و روش انجام کار

نتایج

در مرحله نخست با بهره‌گیری از مطالعات انجام گرفته مبانی نظری، مجموعه‌ای از معیارهای مؤثر در مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی شناسایی شد. این معیارها در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱. معیارهای مورد استفاده در این پژوهش برای مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی

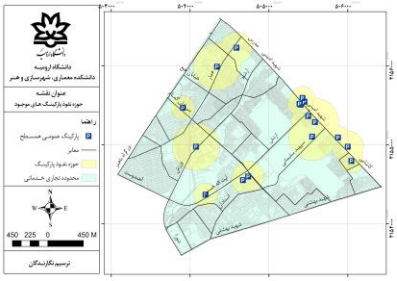
ردیف	معیار	نوع اثر گذاری معیار	توضیح
۱	فاصله از مراکز جاذب سفر(رضایی و همکاران، ۱۳۹۸– رحمتی و نجفی، ۱۴۰۱)	نزولی (هرچه کمتر مناسب تر)	نزدیکی به مراکز تجاری، ادارات، مدارس و بیمارستان‌ها، باعث افزایش کارایی پارکینگ می‌شود.
۲	فاصله از معابر اصلی(مهدوی و همکاران، ۱۳۹۷– Aydınoğlu et al, 2025)	نزولی (هرچه کمتر مناسب تر)	دسترسی مناسب به معابر اصلی، کارایی پارکینگ را افزایش می‌دهد.
۳	قیمت زمین(صادقی، ۱۳۹۸– شفیعی نیک آبادی و همکاران، ۱۴۰۰)	نزولی (هرچه کمتر مناسب تر)	هزینه اجرای پروژه را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ زمین ارزان‌تر مناسب‌تر است.
۴	فاصله از گره‌های ترافیکی(Ahmadpour et al, 2019)	صعودی (هرچه بیشتر مناسب تر)	دوری از گره‌های پرترافیک باعث کاهش بار ترافیکی می‌شود.
۵	فاصله از پارکینگ‌های دیگر(حسینی، ۱۴۰۰)	صعودی (هرچه بیشتر مناسب تر)	جلوگیری از تمرکز بیش از حد پارکینگ‌ها در یک نقطه شهری.
۶	شیب زمین(Aydınoğlu et al, 2025 - Yazdani et al., 2021)	نزولی (هرچه کمتر مناسب تر)	زمین‌های با شیب کم، مناسب‌تر برای ساخت‌وساز هستند.
۷	اراضی بایر(اسمعیلی و همکاران، ۱۴۰۳– Pourjavad & Shirouyehzad, 2020)	صعودی (هرچه بیشتر مناسب تر)	اراضی بایر مناسب‌تر برای ساخت بدون نیاز به تملک یا تخریب بافت موجود.

در گام بعد، داده‌های مربوط به هر یک از معیارهای نهایی جمع‌آوری و در قالب لایه‌های اطلاعاتی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی [1]سازمان‌دهی شدند. به‌منظور تعیین اهمیت نسبی معیارها و محاسبه وزن آن‌ها، از روش تحلیل شبکه‌ای فازی [2]استفاده گردید که با در نظر گرفتن تعامل میان معیارها، دقت وزن‌دهی را افزایش می‌دهد .نتایج وزن معیارها در جدول۲ ارائه شده است.

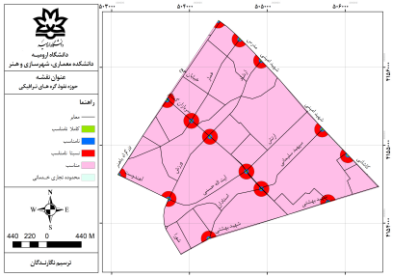
جدول ۲. وزن استخراج شده معیارها با استفاده از روش FuzzyANP

معیار	وزن نرمال شده	وزن معیار
فاصله از مراکز جاذب	۰/۳۲۴۵	۳۲/۴۵
فاصله از معابر	۰/۱۸۰۳	۱۸/۰۳
فاصله از پارکینگ های دیگر	۰/۱۵۵۴	۱۵/۵۴
فاصله از گره های ترافیکی	۰/۱۵۳۷	۱۵/۳۷
قیمت زمین	۰/۰۹۴۴	۹/۴۴
شیب زمین	۰/۰۶۶۶	۶/۶۶
اراضی بایر	۰/۰۲۵۰	۲/۵۰

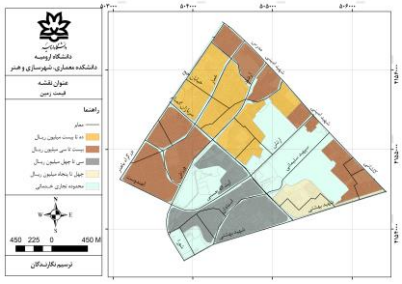
همان‌طور که از نتایج مشاهده می‌شود، معیارهای فاصله از مراکز جاذب سفر، فاصله از معابر اصلی و فاصله از پارکینگ های دیگر» از بالاترین وزن برخوردار بوده‌اند که نشان‌دهنده نقش کلیدی آن‌ها در فرآیند تصمیم‌گیری است. این امر با یافته‌های پژوهش‌های مشابه نیز همخوانی دارد و بیانگر آن است که مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی در محیط‌های شهری باید در تعامل با الگوهای رفت‌وآمد، و دسترسی‌پذیری انجام گیرد. در شکل های ۳ تا ۹ نقشه های هفت معیار مورد استفاده در این تحقیق نمایش داده شده است.



شکل ۳. حوزه نفوذ پارکینگ های موجود



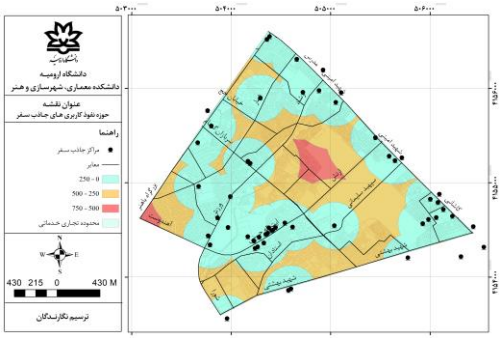
شکل ٤. حوزه نفوذ گره های ترافیکی



شکل ۵. قیمت زمین

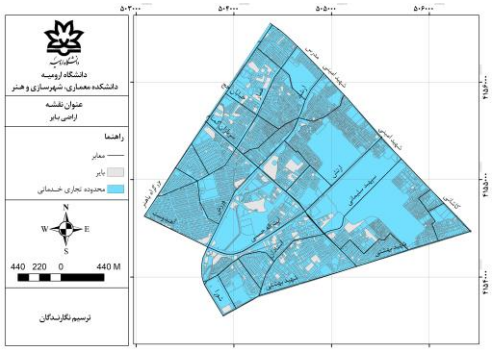


شکل ۷. حوزه نفوذ معابر اصلی

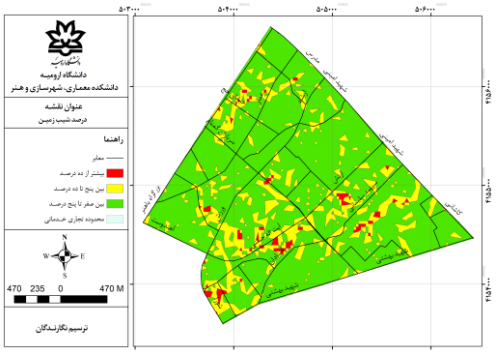


شکل ٦. حوزه نفوذ کاربری های جاذب سفر

1. GIS
2. FUZZY ANP

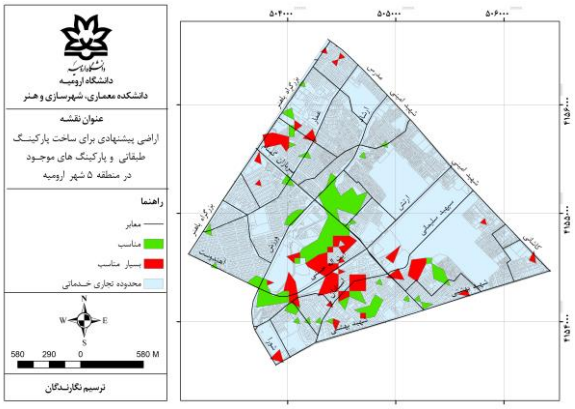


شکل ۹. اراضی بایر



شکل ۸. درصد شیب زمین

در ادامه، با بهره‌گیری از وزن‌های به‌دست‌آمده، تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS انجام گرفت و نقشه‌ی شکل۱۰بیانگر آن است، تولید شد که اولویت‌بندی مکانی احداث پارکینگ‌های طبقاتی را در سطح منطقه ۵ شهر ارومیه نمایش با اولویت‌های مختلف مکانی از نظر مطلوبیت برای احداث پارکینگ نشان می‌دهد.



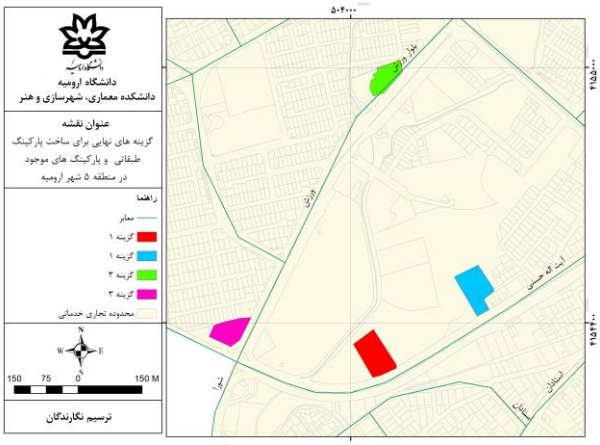
شکل ۱۰. نقشه اولویت‌بندی مکاتی احداث پارکینگ طبقاتی در سطح منطقه ۵ شهر

با توجه به موقعیت استراتژیک خیابان‌های حسنی و ورزش در منطقه ۵ شهر ارومیه، این دو محور شهری به‌عنوان یکی از پرترددترین معابر ناحیه شناخته می‌شوند و به‌دلیل تراکم بالای فعالیت‌های اقتصادی، تجاری و خدماتی، با بیشترین تقاضای پارک خودرو مواجه‌اند. دسترسی مطلوب، تنوع کاربری‌ها و کمبود محسوس فضاهای پارک عمومی در این محدوده اهمیت آن را در فرآیند مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی افزایش داده است. بر این اساس، چهار گزینه پیشنهادی برای احداث پارکینگ طبقاتی در امتداد این دو خیابان و در نقاطی با بیشترین پتانسیل عملکردی و ترافیکی انتخاب شده اند تا ارزیابی و تحلیل‌های لازم بر مبنای معیارهای تعیین‌شده انجام گیرد.

با توجه به نبود آمار رسمی از تردد روزانه خودروها در این نواحی، برداشت میدانی انجام گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که در خیابان حسنی به‌طور متوسط روزانه حدود ۷۵۰۰۰ خودرو تردد می‌کنند که بر اساس محاسبات، این حجم تردد نیازمند ۲۰۰۰ جای پارک است. در خیابان ورزش نیز روزانه حدود ۳۸۰۰۰ خودرو عبور و مرور می‌کنند که نیاز به حدود ۷۶۵ محل پارک برای پاسخگویی به این تقاضا احساس می شود.

براساس تحلیل های صورت گرفته، چهار گزینه پیشنهادی برای احداث پارکینگ طبقاتی انتخاب شده‌اند. این گزینه‌ها در شکل شماره ۱۱ نمایش داده شده‌اند، این مکان‌ها از نظر دسترسی‌پذیری، تراکم فعالیت‌های جاذب سفر، فاصله از گره‌های

ترافیکی، هزینه تملک زمین و سایر معیارها، دارای بیشترین انطباق با شاخص‌های پژوهش بودند و از این رو برای احداث پارکینگ طبقاتی توصیه می‌گردند.



شکل ۱۱. نقشه گزینه های پیشنهادی برای احداث پارکینگ طبقاتی در نمونه

پس از آن، با هدف انتخاب نهایی مکان‌های پیشنهادی، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی MultiMoora استفاده شد. نتیجه مدلسازی ترکیبی Fuzzy ANP و MultiMoora نوع هر یک از معیارها از نظر سود یا هزینه‌بودن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نوع اثرگذاری معیارهای مکان‌یابی بر اساس ماهیت سود یا هزینه‌ای بودن

معیار	نوع (سود / هزینه)
تعداد مراکز جاذب سفر	سود
فاصله از معابر اصلی	هزینه
قیمت زمین	هزینه
فاصله از گره های ترافیکی	سود
فاصله از پارکینگ ها دیگر	سود
شیب زمین	هزینه
اراضی بایر	سود

در ادامه، گزینه‌های موجود در هر خیابان با توجه به هر یک از معیارها مورد مقایسه قرار گرفتند که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ٤. مقایسه گزینه‌های مکان‌یابی پارکینگ طبقاتی بر اساس معیارهای ارزیابی

معیار/گزینه	مراکز جاذب سفر	فاصله از معابر	قیمت زمین (میلیون تومان)	فاصله از گره های ترافیکی	فاصله از پارکینگ های دیگر	شیب زمین	درصد زمین بایر در گزینه
مکان ۱	۵	۱	۵۵	۳۷۰ متر	۱۰۰	۷/۵ درصد	۱۰۰
مکان ۲	۱۳	۱	۵۵	۴۸۰ متر	۱۲۰	۲/۵ درصد	۱۰۰
مکان ۳	۳	۱	۴۱	۲۲۵ متر	۸۸۰	۲/۵ درصد	۱۰۰

درصد زمین بایر در گزینه	شیب زمین	فاصله از پارکینگ های دیگر	فاصله از گره های ترافیکی	قیمت زمین (میلیون تومان)	فاصله از معابر	مراکز جاذب سفر	معیار/گزینه
۱۰۰	۲/۵ درصد	۶۸۰	۳۰ متر	۴۱	۱	۲	مکان ۴
سود	هزینه	سود	هزینه	هزینه	هزینه	سود	نوع معیار

سپس، نتیجه نهایی حاصل از سه رویکرد در روش MultiMoora در جدول ۵ ارائه شده است؛ در این جدول، مکان‌های برتر در هر خیابان مشخص شده‌اند.

جدول ۵. خلاصه نهایی تحلیل گزینه‌ها برای مکان‌یابی پارکینگ طبقاتی

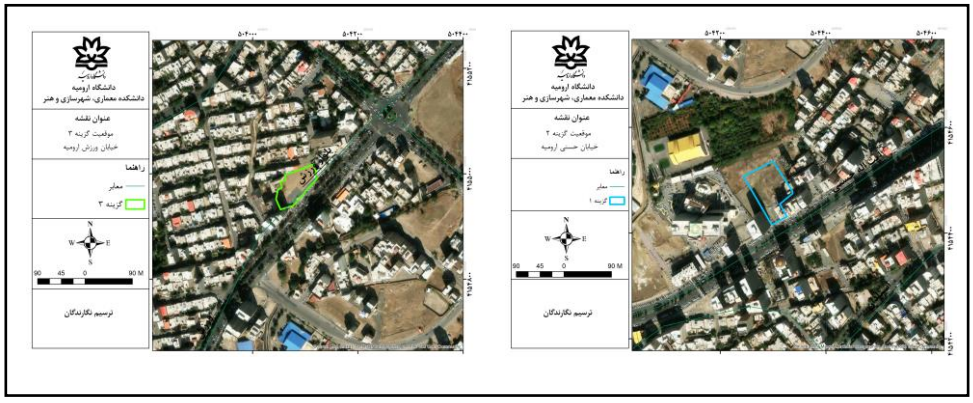
گزینه	Raito	Ref	FM
گزینه ۱	۰/۰۷۳	۰/۱۸۶۳	۰/۰۳۵۷۴
گزینه ۲	۰/۳۴۵۸	۰/۰۴۲۲	۰/۴۳۴۹۷
گزینه ۳	۰/۳۲	۰	۲/۲۱۷
گزینه ۴	۰/۰۷	۰/۱۳۲	۰/۰۱۴۹۵

در پایان ، نتایج نهایی حاصل از ارزیابی گزینه ها با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره MultiMoora در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶. رتبه بندی نهایی گزینه ای مکان یابی پارکینگ طبقاتی با استفاده از روش MultiMoora

گزینه	Ratio System	رتبه	Reference Point (هرچقدر کمتر بهتر)	رتبه	Full Multiplicative Form	رتبه	میانگین رتبه ها	رتبه نهایی
۱	۰/۰۷۳	۳	۰/۱۸۶۳	۴	۰/۰۳۵۷۴	۳	۳/۳۳	۳
۲	۰/۳۴۵۸	۱	۰/۰۴۲۲	۲	۰/۴۳۴۹۷	۱	۱/۳۳	۱
۳	۰/۳۲	۲	۰	۱	۲/۲۱۷	۲	۱/۶۶	۲
۴	۰/۰۷	۴	۰/۱۳۲	۳	۰/۰۱۴۹۵	۴	۳/۶۶	۴

براساس نتایج به‌دست‌آمده، گزینه های ۲ و ۳ که موقعیت آن در شکل شماره ۱۱ نمایش داده شده است، با تحلیل معیارهای حوزه نفوذ پارکینگ های موجود، گره های ترافیکی، شیب زمین، قیمت زمین، اراضی بایر، معابراصلی و کاربری های جاذب سفر، به‌عنوان گزینه‌های برتر انتخاب شده‌اند.



شکل ۱۲. موقعیت گزینه‌های ۲ و ۳

با وجود دقت در طراحی مراحل پژوهش و بهره‌گیری از روش‌های تلفیقی نوین، این تحقیق نیز مانند سایر مطالعات مشابه با محدودیت‌هایی همراه بوده است. یکی از چالش‌های اصلی، کمبود داده‌های به‌روز و دقیق در برخی لایه‌های اطلاعاتی GIS بود. در مواردی به‌ویژه برای معیارهایی مانند قیمت زمین یا موقعیت دقیق پارکینگ‌های موجود، به‌روز نبودن داده‌ها یا دسترسی محدود به اطلاعات رسمی، فرایند تحلیل فضایی را با دشواری‌هایی مواجه کرد و نیاز به تصحیح یا تکمیل داده‌ها از طریق مشاهدات میدانی و منابع ثانویه ایجاد شد.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که معیارهایی همچون فاصله از مراکز جاذب سفر، فاصله از معابر اصلی و فاصله از پارکینگ‌های دیگر بیشترین تأثیر را در تعیین مکان‌های مناسب برای احداث پارکینگ‌های طبقاتی در منطقه ۵ شهر ارومیه مطالعه دارند. این نتایج با یافته‌های پژوهش (اسمعیلی و همکاران، ۱۴۰۳) در منطقه ۷ شهر تهران تقریبا هم‌خوانی دارد؛ آن‌ها نیز بیان کردند که نزدیکی به مراکز جذب سفر و شبکه‌های اصلی ترافیکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در جانمایی پارکینگ‌ها است. همچنین، نتایج تحقیق حاضر مشابه مطالعه (Aydınoglu et al, 2025) در استانبول ترکیه است که در آن معابر اصلی و پارکینگ های موجود به‌عنوان مهمترین معیار برای مکان یابی پارکینگ‌های چندطبقه معرفی شده‌اند، درپژوهشی دیگر (Jonuzi et al, 2024) معیارهای دسترسی به معابر اصلی و دسترسی به پارکینگ های موجود بالاترین وزن را داشتند، از سوی دیگر، در پژوهش حاضر معیار شیب زمین تأثیر نسبتاً کمتری بر مکان‌یابی داشته است، در حالی که در مطالعاتی نظیر (Chenying Li et al, 2022) در نانجینگ چین، این عامل از اهمیت بالایی برخوردار بوده است. این مغایرت می‌تواند به دلیل توپوگرافی نسبتاً هموار منطقه مورد مطالعه و عدم وجود محدودیت‌های شدید ناشی از اختلاف ارتفاع باشد.همچنین، یافته‌های تحقیق نشان داد که فاصله از گره‌های ترافیکی از معیارهای مؤثر ولی با وزن متوسط هستند؛ نتیجه‌ای که با پژوهش هایی که ذکر شد تطابق دارد. آن‌ها نیز تأکید کردند که تمرکز صرف بر تراکم ترافیک بدون در نظر گرفتن ساختار شبکه حمل‌ونقل، نمی‌تواند مکان بهینه را تضمین کند، این پژوهش با به‌کارگیری روش ترکیبی Fuzzy ANPو MULTIMOORA در محیط GIS، چارچوبی دقیق و واقع‌بینانه برای مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی شهری ارائه می‌دهد که قادر است پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، روابط درونی معیارها و شرایط عدم قطعیت را به‌خوبی مدل‌سازی کند. تمرکز مطالعه بر منطقه ۵ شهر ارومیه به‌عنوان یکی از نواحی تجاری–خدماتی با کمبود پارکینگ، ارزش کاربردی بالایی به آن بخشیده است. نتیجه این پژوهش، چارچوبی عملیاتی و انعطاف‌پذیر برای مدیران شهری است که می‌تواند به‌عنوان الگویی بومی‌شده در سایر شهرهای متوسط و در حال توسعه نیز مورد استفاده قرار گیرد.

این پژوهش با هدف ارائه‌ی چارچوبی داده‌محور، واقع‌گرایانه و تصمیم‌یار برای مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌های طبقاتی در منطقه ۵ شهر ارومیه انجام شد. سه هدف کلیدی در این مسیر دنبال گردید: نخست، طراحی یک رویکرد ترکیبی برای تحلیل معیارهای چندبعدی، وابسته و بعضاً متضاد؛ دوم، ادغام تحلیل مکانی در بستر GIS با مدل‌های کمی تصمیم‌گیری برای شناخت دقیق‌تر فضا؛ و سوم، اعتبارسنجی یافته‌ها از طریق بازدید میدانی با هدف افزایش انطباق نتایج با شرایط واقعی محیط.در گام نخست با بررسی منابع، معیارهای مکانیابی شامل فاصله از مراکز جاذب سفر، فاصله از معابر اصلی، قیمت زمین، شیب، اراضی بایر، فاصله از گره‌های ترافیکی، فاصله از پارکینگ‌های موجود، جنس خاک و فاصله از گسل استخراج شد. پس از بررسی داده‌ها، دو معیار جنس خاک و فاصله از گسل به دلیل یکنواختی فضایی و نداشتن نقش تمایز بخش حذف شدند و وزن‌دهی با ۷ معیار نهایی ادامه یافت. نتایج حاصل از روش Fuzzy ANP نشان داد که معیار فاصله از مراکز جاذب سفر با وزن ۰/۳۲۴۵ مهم‌ترین عامل در مکان‌یابی محسوب می‌شود. معیارهای فاصله از معابر اصلی (۰/۱۸۰۳) و فاصله از پارکینگ‌های دیگر (۰/۱۵۵۴) نیز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند که بیانگر اهمیت بالای دسترسی‌پذیری، توزیع متوازن خدمات و تمرکز فعالیت‌های انسانی در تصمیم‌گیری فضایی هستند.با تلفیق لایه‌های وزن‌دار در محیط GIS و تحلیل همپوشانی، چهار گزینه نهایی در محدوده

خیابان‌های حسنی و ورزش به‌عنوان مکان‌های پیشنهادی استخراج شدند. این گزینه‌ها از نظر قیمت زمین، تراکم کاربری، وضعیت شیب، و کمبود فضای پارک شرایط مناسبی داشتند. بازدید میدانی نیز صحت یافته‌ها را تأیید و اطلاعات تکمیلی نظیر عرض معبر، موانع فیزیکی و پتانسیل توسعه را روشن ساخت.در ارزیابی نهایی با روش MULTIMOORA، گزینه‌های شماره ۲ و ۳ با میانگین رتبه‌های ۱/۳۳ و ۱/۶۶ به‌عنوان گزینه‌های برتر انتخاب شدند. این چارچوب تلفیقی، مدلی اثربخش و قابل تعمیم برای توسعه زیرساخت‌های شهری در سایر کلان‌شهرها نیز ارائه می‌دهد.

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود مکان‌های برتر شناسایی‌شده برای احداث پارکینگ طبقاتی در خیابان‌های حسنی و ورزش، به‌عنوان گزینه‌های اولویت‌دار در برنامه‌ریزی‌های عمرانی و حمل‌ونقلی شهرداری ارومیه مدنظر قرار گیرد و در طرح‌های تفصیلی شهری لحاظ شود. همچنین، با توجه به دقت بالای مدل تلفیقی Fuzzy ANP–MultiMoora در تحلیل‌های مکان‌یابی، پیشنهاد می‌شود این روش به‌عنوان یک الگوی تصمیم‌سازی، در مکان‌یابی سایر کاربری‌های حساس نظیر ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، مراکز آتش‌نشانی و فضاهای سبز و مراکز خدماتی نیز مورد بهره‌برداری قرار گیرد. از آن‌جا که این مدل با استفاده از قابلیت‌های GIS اجرا شده است، پیشنهاد می‌شود بسترهای اطلاعات مکانی در شهرداری تقویت گردد و داده‌های مکانی به‌طور مستمر به‌روزرسانی شود.

منابع

یوسفی امیری، علی و میرحسینی، احسان (۱۴۰۴). مکان‌یابی بهینه مراکز امدادرسانی در کلان‌شهرها پس از وقوع زلزله (نمونه موردی: منطقه ۲ کلان‌شهر تهران). *جغرافیا و روابط انسانی*، ۸(۳)، ۱۹۶–۲۱۷. https://www.doi.org/10.22034/gahr.2024.456920.2126

آرخی، صالح؛ سوری‌زائی، ندا و نجفیکانی، علی‌اکبر (۱۴۰۴). مکانیابی محل دفع پسماند شهری با استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بر مبنای GIS(مطالعه موردی: شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت). *جغرافیا و روابط انسانی*، ۸(۳)، ۴۹۴–۵۱۸. 10.22034/gahr.2024.486175.2298

اسمعیلی، فضل‌اله؛ حاجی علیزاده، جواد؛ نصیری هندخاله، اسماعیل و قارونی، امیر مسعود (۱۴۰۳). مکان‌یابی پارکینگ طبقاتی با روش AHP برای کاهش ترافیک شهری (مطالعه موردی: منطقه ۷ شهر تهران). *مجله جاده*، ۳۲ (۱۱۸)، ۲۶۵ ـ ۲۷۶. https://doi.org/10.22034/road.2023.357306.2090

رحمتی‌نیا، وحید و نجفی، نجیمه (۱۴۰۰). مکان‌یابی پارکینگ شهری در منطقه تجاری ده شیخ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). *چهارمین کنفرانس بین‌المللی و پنجمین کنفرانس ملی عمران، معماری، هنر و طراحی شهری، تبریز*. https://civilica.com/doc/1427940.

شفیعی نیک‌آبادی، محسن و هاشمی، فاطمه (۱۴۰۰). مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی با تأکید بر مدیریت توسعه پایدار شهری. *فصلنامه جاده*، ۲۹(۱۰۹)، ۱۲۳–۱۴۰. 10.22034/road.2021.280155.1947

حق‌لسان، مسعود؛ قنبری نصرآبادی، علی و داروپناه، احسان (۱۴۰۰). توزیع فضایی–مکانی پارکینگ‌های عمومی و مکان‌یابی بهینه آن با بهره‌گیری از مبانی شهرسازی و مدیریت ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر ارومیه). *فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۱۶ (۲)، ۷۳ ـ ۹۴. https://doi.org/10.30473/grup.2024.70112.2820

قدیمیان، نسرین و بیاتی خطیبی، مریم (۱۴۰۳). ارزیابی و تحلیل تناسب مکانی توسعه اکوتوریسم در محدوده شهرستان تبریز با استفاده از کمیت‌سنج‌های فازی OWA. *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۸(۸۹)، ۱۱۰ـ۱۳۲. https://doi.org/10.22034/gp.2023.55486.3105

رضایی بنفشه، مجید؛ ولیزاده کامران، خلیل و محسن‌زاده، مینا (۱۳۹۸). تعیین مکان‌های بهینه احداث پایگاه‌های چندمنظوره مدیریت بحران در مناطق با خطر زلزله بالا (شمال تبریز). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۳(۶۸)، ۱۱۱-۱۳۳. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_9375.html

رستمی، رحیمه و خورشیددوست، علی محمد (۱۴۰۱). مکانیابی مناطق بهینه توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل Fuzzy ANP: مطالعه موردی شهر مراغه، *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۶(۷۹)، ۱۴۱-۱۵۳ . https://doi.org/10.22034/gp.2022.10833

دیزجی، مصطفی و آذر، علی (۱۳۹۸). مکانیابی پارکینگ‌های طبقاتی با استفاده از تکنیک همپوشانی وزن‌دار: محدوده مورد مطالعه شهر مراغه. *جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۸ (۳۱)، ۱۰۳ ـ ۱۱۴. https://journals.iau.ir/article_670837.html

سرور، رحیم و یحیی‌پور، ایرج (۱۳۹۱). مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌های طبقاتی بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و منطق بولین (Boolean) (مطالعه موردی منطقه ۱۵ شهرداری تهران). *اطلاعات جغرافیایی سپهر*، ۲۳ (۹۰)، ۸۰ ـ ۸۸. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25883860.1393.23.901.10.6

صادقی، رضا و مصیب‌زاده، علی (۱۴۰۱). بررسی ترافیک شهری و ارائه راهکارهای ساماندهی آن مطالعه موردی: منطقه ۵ شهر ارومیه. *دومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط‌زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب*، ۸ دی ۱۴۰۱، تبریز. https://civilica.com/doc/1614425

غلامی، محمد؛ نظری، ولی‌اله و صمدیان، مریم (۱۳۹۶). بررسی مکانی پارکینگ طبقاتی کلپا در شهر همدان به روش تحلیل سلسله مراتبی. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۱(۳)، ۵۸۷-۶۰۲. https://doi.org/10.22059/jhgr.2017.234052.1007466

قنبری، حسین؛ نوبخت حقیقی، شهاب و محمدی، مریم (۱۳۹۶). مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی در شهر رشت. *پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۸ (۱۵)، ۴۳ ـ ۶۴. http://noo.rs/9KbnD

ملکی، مهسا و حسنی، ساغر (۱۳۹۹). ارزیابی و مکان‌یابی پارکینگ های طبقاتی با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (محدوده مورد مطالعه: منطقه ۱ شهرداری شیراز). *معماری‌شناسی*، ۳(۱۶)، ۱-۹. https://memarishenasi.ir/files/cd_papers/r_521_201026200344

مینا، رنجبرفرد و اعرابی مقدم، حوریه (۱۳۹۸). سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری به منظور مکان‌یابی پارکینگهای طبقاتی در محیط شهری، محدوده مورد مطالعه: شهر تهران. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۹(۵۲)، ۲۵۵-۲۷۵. https://www.doi.org/10.29252/jgs.19.52.257

طرح تفصیلی یکپارچه شهر ارومیه (۱۳۹۸).

Ismaeili, Fazlollah; Haji Alizadeh, Javad; Nasiri Hendkhaleh, Esmaeil; Qarouni, Amir Masoud (2024). Location selection of multi-story parking using AHP to reduce urban traffic (Case study: District 7, Tehran). *Jadeh Journal*, 32(118), 265–276. https://doi.org/10.22034/road.2023.357306.2090 [In Persian]

Li, X., Guo, Y., Liu, Z., Sun, D., Liu, Y., Wang, W. (2025). A study on multi-objective optimization for the location selection of smart underground parking facilities in high-density urban areas of megacities: A case study of Jing'an district, *Shanghai*, PLOS, 20 (6), 2, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326455

Mina, R., & E'rabi Moghadam, H. (2019).A decision support system for site selection of multi-story parking facilities in urban environments: A case study of Tehran city. *Applied Research in Geographical Sciences*, 19(52), 255–275.https://doi.org/10.29252/jgs.19.52.257.[In Persian].

Gholami, M., Nazari, V., & Samadian, M. (2017).Spatial analysis of Kolpa multi-story parking in

Hamedan city using the Analytic Hierarchy Process. *Human Geography Research*, 51(3), 587–602. https://doi.org/10.22059/jhgr.2017.234052.1007466 .[In Persian].

Li, Y., Zhao, Q., & Wang, M. (2025). High-resolution traffic flow data from the urban traffic control system in Glasgow, *Scientific Data*, 12 (225), 1, https://doi.org/10.1038/s41597-025-04494-y

Haghlesan, M., Ghanbari Nasrabadi, A., & Darupanah, E. (2024).Spatial distribution and optimal site selection of public parking facilities based on urban planning principles and urban traffic management: A case study of Urmia city. *Journal of Urban Ecology Research*, (Scientific-Research Quarterly). https://doi.org/10.30473/grup.2024.70112.2820. [In Persian].

Sha, H., Haouari, R., Singh, M. K., Papazikou, E., Quddus, M., Chaudhry, A., Thomas, P., & Morris, A. (2024). How can on-street parking regulations affect traffic, safety, and the environment in a cooperative, connected, and automated era, *European Transport Research review*, 16 (18), 2, https://doi.org/10.1186/s12544-023-00628-8

Ghadimian, N., & Bayati Khatibi, M. (2024)..Evaluation and spatial suitability analysis of ecotourism development in Tabriz County using fuzzy OWA quantifiers. *Geography and Planning Journal*, 28(89), 110–132. https://doi.org/10.22034/gp.2023.55486.3105 .[In Persian].

Li, Chenying; Zhang, Tiantian; Wang, Xi; & Lian, Zefeng. (2022). Site Selection of Urban Parks Based on Fuzzy-Analytic Hierarchy Process (F-AHP): A Case Study of Nanjing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13159. DOI: https://www.mdpi.com/1660-4601/19/20/13159

Rahmatinia, V., & Najafi, N. (2021).Urban parking site selection in the Deh Sheikh commercial district using Geographic Information System (GIS). Proceedings of the 4th International Conference and 5th National Conference on Civil Engineering, *Architecture, Art, and Urban Design*, Tabriz. https://civilica.com/doc/1427940. [In Persian].

Aydınoğlu, A. Ç.; Iqbal, A. S.; Şişman, S. (2025). Parking Suitability and Site Selection Analysis Using GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis Techniques: AHP, TOPSIS, and VIKOR – A Case Study of Pendik District (Istanbul). *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, 9(2), 47–60. DOI: 10.15320/ICONARP.2025.314

Maleki, M., & Hassani, S. (2020).Evaluation and site selection of multi-story parking facilities using the Analytic Hierarchy Process (AHP): A case study of District 1 of Shiraz Municipality. Memarishenasi Journal, 3(16), 1–9. https://memarishenasi.ir/files/cd_papers/r_521_201026200344 .[In Persian].

Dizaji, M., & Azar, A. (2019).Site selection of multi-story parking facilities using the weighted overlay technique: A case study of Maragheh city. *Geography and Environmental Studies*, 8(31), 103–114.[In Persian].

Dehghani, A., & Soltani, A. (2024). Site selection of car parking with the GIS-based fuzzy multi-criteria decision making. *Iranian Journal of Spatial Planning*, 12(3), 25–39. DOI:10.2139/ssrn.4602529

Ghanbari, H., Nobakht Haghighi, S., & Mohammadi, M. (2017). Site selection of multi-story parking facilities in Rasht city. *Urban Ecology Research*, 8(15), 43–64. http://noo.rs/9KbnD. [In Persian].

Shafiee Nikabadi, M., & Hashemi, F. (2021).Site selection of multi-storey parking facilities with emphasis on sustainable urban development management. *Road Quarterly Journal*, 29(109), 123–140. https://doi.org/10.22034/road.2021.280155.1947. [In Persian].

Jonuzi, E.; Alkan, T.; Durduran, S. S.; & Selvi, H. Z. (2024). Using GIS-supported MCDA method for appropriate site selection of parking lots: The case study of the city of Tetovo, North Macedonia. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 9(1), 86–98. DOI: 10.26833/ijeg.1319605

Rostami, R., & Khorshiddoust, A. M. (2022).Optimal site selection for physical development of cities using the Fuzzy ANP model: A case study of Maragheh city. *Geography and Planning Journal*, 26(79), 141–153. https://doi.org/10.22034/gp.2022.10833.[In Persian].

Litman, T. (2022). Parking management best practices (2nd ed.). Victoria Transport Policy Institute. https://www.routledge.com/Parking-Management-Best-Practices/Litman/p/book/9780367330125

Muslem, S., Martinez, M. M., & Irawan, M. Z. (2021). An integrated multi-criteria decision-making model for evaluating park-and-ride facility location: A case study for Cuenca city in Ecuador. *Sustainability*, 13 (4), 1986. https://doi.org/10.3390/su13041986

Sarvar, R., & Yahyapour, I. (2013).Optimal site selection of multi-story parking facilities based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Boolean logic: A case study of District 15 of Tehran Municipality. *Sepehr Journal of Geographic Information*, 23(90), 80–88. https://dor.isc.ac/dor/20.-1001.1.25883860.1393.23.901.10.6.[In Persian].

Neisani Samani, Z., Karimi, M., & Alesheikh, A. A. (2018). A new approach for site selection: Participatory multi-criteria decision-making through geosocial networks (case study: Public parking). *International Journal of Geo-Information*, 7 (3), 95. https://doi.org/10.3390/ijgi7030082

Ghanbari, H., Nobakht Haghighi, S., & Mohammadi, M. (2017). Site selection of multi-story parking facilities in Rasht city. *Urban Ecology Research*, 8(15), 43–64.http://noo.rs/9KbnD.[In Persian].

Sadeghi, R., & Mosibzadeh, A. (2022).Analysis of urban traffic and proposing management solutions: A case study of District 5 of Urmia city. Proceedings of the 2nd International Conference on Architecture, Civil Engineering, Urban Planning, Environment, and Horizons of Islamic Art, Tabriz. https://civilica.com/doc/1614425 .[In Persian].

Rahaman, M. S., Shao, W., Salim, F. D., Turky, A., Song, A., Chan, J., Jiang, J., & Bradbrook, D. (2021). MoParkeR: A multi-objective recommender for parking. *Information Sciences*, 571, 1–18. https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.07384

Rezaei Banafshah, M., Valizadeh Kamran, K., & Mohsenzadeh, M. (2019). Optimal site selection of multi-purpose crisis management bases in high seismic risk areas (North of Tabriz). *Geography and Planning Journal*, 23(68), 111–133. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_9375.html .[In Persian].

Demir, Selcuk; Basaraner, Melih; Gumus, Alev Taskin (2021). Selection of suitable parking lot sites in megacities: A case study for four districts of Istanbul. *Land Use Policy*, 111, 105731. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105731

Yousefi Amiri, Ali; Mirhosseini, Ehsan (2025). Optimal site selection of emergency response centers in megacities after earthquakes (Case study: District 2, Tehran). *Journal of Geography and Human Relations*, 8(3), 196–217. https://www.doi.org/10.22034/gahr.2024.456920.2126 [In Persian]

Cheng, Xian; Zhao, Hui; Zhang, Yuqian; Hao, Xiang (2023). A study on site selection of pumped storage power plants based on C-OWA-AHP and VIKOR-GRA: A case study in China. *Journal of Energy Storage*, 72, 108623. https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108623

Tao, Yao; Luo, Xu; Zhou, Jianli; Wu, Yunna; Zhang, Lihui; Liu, Yuanxin (2022). Site selection for underground pumped storage plant using abandoned coal mine through a hybrid multi-criteria

decision-making framework under the fuzzy environment: A case in China. *Journal of Energy Storage*, 56(A), 105957. https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105957

Arkhi, Saleh; Nadasouri Zaei, *; Najafikani, Ali Akbar (2025). Site selection for urban waste disposal usingmulti-criteria decision analysis based on GIS (Case study: Azadshahr and Minoodasht counties). *Geography and Human Relations*, 8(3), 494–518. 10.22034/gahr.2024.486175.2298 .[In Persian]