



Site selection for physical development of Maragheh city using fuzzy logic and natural variables

Marziyeh Esmaeilpour^a , Sedigeh Karimi^b 

- a. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Human Sciences, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
Email: s.esmaeilpour@gmail.com
- b. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Human Sciences, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
Email: sedigheh702@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Received:
18 February 2025
Received in revised form:
1 May 2025
Accepted:
3 May 2025
pp.48-65

Keywords:
physical development,
site selection,
natural variables,
fuzzy logic,
Maragheh.

ABSTRACT

Currently, 50 percent of the world's population lives in cities, and statistics indicate an increasing trend of urbanization in the world. In order to prevent damage to the environment, the settlement of the population in urban areas should be carried out in accordance with prior planning. On the other hand, understanding the processes related to the physical development of the city is essential for planners to adopt sustainable urban development strategies. In order to examine the suitability of land for the physical development of Maragheh city, nine variables were examined, including slope, elevation, distance to the city, distance to communication network, distance to the river, soil, geology, vegetation, and land use. The thematic layers of the variables were transformed into fuzzy sets using various types of linear functions, either decreasing or increasing, and user-defined. In this way, the values of all the prepared maps were defined between 0 and 1 and then combined using the fuzzy gamma operator. Finally, the final map of land suitability for the physical development of Maragheh was prepared. The results show that over 23% of the study area is in the very low-proportion class for spatial development of the city. In comparison, 18% of the study area in the east and southwest of Maragheh city and continuously connected to the city have very favorable conditions for physical development of Maragheh city. These areas are located far from the river and the bed of the Sufi-Chai valley, and as a result, environmental and ecological problems will be avoided.

Citation: Esmaeilpour, M., & Karimi, S.(2025). Site selection for physical development of Maragheh city using fuzzy logic and natural variables. *Journal of Geography and Urban Research*, 2(1), 48-65.

 <https://doi.org/10.22130/gur.2025.2053087.1017>

© The Author(s)

Publisher: University of Maragheh.

This is an open access article under the CC BY license(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Extended Abstract

Introduction

The global trend of urbanization is a widespread phenomenon impacting cities across the world. As projected, the populations of many cities in Asia and Africa will nearly double over the next 15 years (Zangiabadi et al., 2015). Accommodating this influx requires careful planning, as urban development must address community needs while safeguarding the environment (Rostami & Khorshiddoust, 2016). In recent years, the rapid pace of urbanization has placed growing pressure on natural resources and agricultural land. In developing countries, this accelerated urban growth exacerbates problems such as unemployment, food insecurity, poverty, public health crises, declining quality of life, environmental degradation, poor water quality, and the deterioration of rural areas. Consequently, managing urban growth has become a major challenge for urban planners (Gharaibeh et al., 2020). Although urban land occupies less than 2% of the Earth's surface, cities' physical expansion has profound impacts on the interconnected human-nature ecosystem at various scales. A comprehensive understanding of the spatial processes driving urban growth is essential for urban planners and policymakers to develop sustainable strategies for future urban expansion (Yang et al., 2022). This study aims to:

- Identify existing challenges and determine optimal locations for Maragheh city's physical development to reduce urban sprawl and mitigate its negative impacts.
- Achieve the most efficient urban development with minimal environmental consequences.

Methodology

Assessing land suitability for physical development involves evaluating multiple factors and indicators. In this study, key indicators include elevation, slope, land use, geology, vegetation, proximity to rivers, soil type, access to communication networks, and distance to the city. To generate a land suitability map for physical development in Maragheh, thematic layers based on these criteria were prepared and transformed into fuzzy layers. This process employed decreasing and increasing linear functions, as well as user-defined functions, for the fuzzification of the thematic layers. To integrate these fuzzy layers, the gamma operator was used. Five fuzzy operators (AND, OR, product, sum, and gamma) can be

employed for integrating thematic maps, and the gamma operator was chosen for this study.

The following steps were taken to identify suitable locations for physical development in Maragheh:

1. Thematic layers of criteria affecting land suitability for physical development were prepared using Geographic Information Systems (GIS) to analyze spatial distribution across Maragheh.
2. These layers were fuzzified using linear decreasing and increasing functions, normalizing values between zero and one. User-defined functions were also employed in Terrset software to fuzzify some thematic layers.
3. The fuzzy thematic layers were integrated using the gamma operator, resulting in a zoning map that highlights potential sites for physical development.

Results and discussion

The results of combining thematic layers to determine the optimal locations for Maragheh city's spatial-physical development can be summarized as follows: The topographic and ecological conditions of the area severely limit the potential locations for the spatial-physical expansion of Maragheh. Over 23% of the study area was classified as having very low suitability for urban development, corresponding to built-up areas and lands along the Sufi-Chay River. Approximately, 17% of the area was classified as low suitable, mainly due to the presence of irrigated agricultural lands, particularly in the intermountain plains. Some of these lands are characterized by steep slopes, making construction practically impossible. Around 20% of the area was categorized as medium suitability, with mixed suitability for urban development. Favorable factors include relatively resistant geological formations, low vegetation density, and distance from the main river, while unfavorable factors include distance from the city, lack of infrastructure, and the presence of steep slopes. About 22% of the area is classified as highly suitable for spatial-physical development, forming a crescent shape around Maragheh. Over 18% of the study area shows very favorable conditions for development, particularly in the east and southwest of the city, where the areas are directly connected to the urban core. In fact, a combination of factors makes these areas ideal for urban expansion. For example, topographically, these lands have slopes of less than 10%, which are suitable for urban

development. In recent years, the spatial-physical growth of the city has primarily expanded eastward, aligning with these favorable zones. This trend suggests that the city's growth direction has been well-planned. Furthermore, relatively favorable areas exist to the west of the city, where the villages of Taleb Khan and Kordlar are undergoing development. Continued growth in these zones is likely to lead to the integration of these villages into Maragheh.

Conclusion

This study explored the optimal locations for the physical development of Maragheh city. The variables analyzed include land use, geology, altitude, slope, proximity to rivers, distance to the city and main communication roads, soil, and vegetation. The thematic layers representing these variables were created in ArcMap software, and their spatial distribution was examined. Over 23% of the study area is classified as having very low suitability for urban development, primarily corresponding to built-up areas and lands along the Sufi-Chai River. About 17% of the study area is classified as having low suitability, mainly due to irrigated agricultural land, particularly in the intermountain plains. Approximately 20% of the

area falls under medium suitability, with mixed suitability for urban development based on various criteria. About 22% of the region is classified as highly suitable for spatial-physical development. Over 18% of the study area has very favorable conditions for urban expansion, particularly in the east and southwest of the city, where areas are already connected to the urban core. The findings suggest that the spatial-physical development of the city has been generally well-directed, particularly in the eastern zones, while some potential for further growth exists to the west.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work. No competing interest was declared.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.





تعیین جهات بهینه توسعه فیزیکی شهر مراغه با استفاده از منطق فازی و متغیرهای طبیعی

مرضیه اسمعیل‌پور^۱ ✉، صدیقه کریمی^۲

۱- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران. Email: s.esmaeilpour@gmail.com

۲- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران. Email: sedigheh702@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۱۱/۳۰

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۰۲/۱۱

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۲/۱۳

صص. ۴۸-۶۵

واژگان کلیدی:

توسعه فیزیکی،

مکان‌یابی،

متغیرهای طبیعی،

منطق فازی،

مراغه.

در حال حاضر ۵۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و آمارها نشان از وجود روند افزایشی شهرنشینی در دنیا دارند. اسکان این حجم از جمعیت در مناطق شهری باید طبق برنامه‌ریزی‌های قبلی صورت گیرد، تا از بروز آسیب به محیط زیست جلوگیری شود. از سوی دیگر، می‌بایست برنامه‌ریزان فرایندهای مربوط به توسعه فیزیکی شهر را برای اتخاذ استراتژی‌های توسعه پایدار شهری ادراک نمایند. به منظور بررسی تناسب اراضی برای توسعه فیزیکی شهر مراغه، ۹ متغیر مورد بررسی قرار گرفتند. این متغیرها عبارتند از: شیب، ارتفاع، فاصله از شهر، فاصله از راه‌های ارتباطی، فاصله از رودخانه، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی. لایه‌های موضوعی متغیرهای مورد بررسی با استفاده از انواع توابع خطی کاهشی یا افزایشی و تعریف کاربر به فازی تبدیل شدند. به این ترتیب، مقادیر همه نقشه‌های تهیه شده بین ۰ و ۱ تعریف و با استفاده از عملگر گامای فازی با یکدیگر ترکیب شدند. در نهایت نقشه نهایی تناسب اراضی جهت توسعه فیزیکی شهر مراغه تهیه گردید. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بالغ بر ۲۳ درصد از محدوده مطالعاتی جهت توسعه فضایی شهر در کلاس با تناسب بسیار پایین قرار می‌گیرند. در حالت تطبیقی ۱۸ درصد از محدوده مورد مطالعه در شرق و جنوب غرب شهر مراغه و به صورت پیوسته و متصل به شهر برای گسترش فیزیکی شهر مراغه از شرایط بسیار مطلوبی برخوردار هستند. این پهنه‌ها در فاصله‌ای دور از رودخانه و بستر دره صوفی‌چای قرار دارند و در نتیجه منجر به جلوگیری از بروز مسائل زیست محیطی و اکولوژیکی می‌شوند.

استناد: اسمعیل‌پور، مرضیه و کریمی، صدیقه. (۱۴۰۴). تعیین جهات بهینه توسعه فیزیکی شهر مراغه با استفاده از منطق فازی و متغیرهای طبیعی. مجله جغرافیا و پژوهش‌های شهری، ۲(۱)، ۴۸-۶۵.

<https://doi.org/10.22130/gur.2025.2053087.1017>

ناشر: دانشگاه مراغه

© نویسندگان

مقدمه

گرایش به شهر و شهرنشینی، پدیده فراگیر شهرهای جهان است. به طوری که پیش‌بینی شده در ۱۵ سال آینده، جمعیت بسیاری از شهرها در آسیا و آفریقا، تقریباً دو برابر خواهد شد. اسکان این جمعیت در مناطق شهری نیازمند برنامه‌ریزی‌های دقیق می‌باشد، چرا که توسعه شهر باید به نحوی باشد که از یک سو به نیازهای جامعه پاسخ دهد و از سوی دیگر به محیط زیست آسیب وارد نکند (Rostami & Mohammadkhorshidduost, 2022: 142). اخیراً، افزایش سرعت شهرنشینی در سراسر جهان منابع طبیعی و زمین‌های کشاورزی را تهدید می‌کند. در کشورهای در حال توسعه، رشد شتابان شهری نقش عمده‌ای در تشدید مشکلات مربوط به بیکاری، امنیت غذایی، فقر، بحران‌های بهداشتی، کاهش کیفیت زندگی، سوء استفاده از طبیعت، کیفیت پایین آب و تخریب محیط‌های زندگی به ویژه در مناطق روستایی دارد، تا جایی که اکنون مدیریت رشد شهری به چالشی برای برنامه‌ریزان تبدیل شده است. با وجود اینکه اراضی شهری کمتر از ۲٪ مساحت زمین را به خود اختصاص می‌دهند اما فرآیندهای مرتبط با گسترش فیزیکی آن عمیقاً بر اکوسیستم مرتبط انسان و طبیعت در مقیاس‌های مختلف اثرگذار می‌باشد، بنابراین درک بهتر فرآیندهای فضایی فیزیکی رشد شهری برای برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران موضوعی اساسی است تا استراتژی‌های پایدار برای برنامه‌ریزی و گسترش آتی شهر را توسعه دهند (Yang et al., 2022: 150).

توسعه فیزیکی در شهرهای ایران به دلیل ویژگی‌های جغرافیایی، تراکم انسانی، رشد جمعیت و نیز مهاجرت‌های روستایی همواره با دگرگونی در ساختار شهر همراه بوده و منجر به شکل‌گیری توسعه نامتوازن شهری شده است. در همین راستا طی دهه‌های گذشته، رشد شهرنشینی با توان تجهیز فضاهای شهری و گسترش زیرساخت‌ها متناسب نبوده و مشکلاتی نظیر گرانی مسکن، بیکاری و اسکان غیررسمی با شدیدترین شکل ممکن در سیمای ظاهری شهرها را به وجود آورده است. در چنین شرایطی توسعه غالب در حومه شهرها اتفاق می‌افتد و مناطق طبیعی و روستایی در حاشیه شهرها، به عنوان ماده خام توسعه شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. توسعه و عمران در مناطق شهری، روستایی و صنعتی که در بستر طبیعی قرار دارند همواره نیازمند مطالعه دقیق ویژگی‌های طبیعی می‌باشند (Ahmadi et al., 2013: 945). توسعه فیزیکی شهر فرایندی متأثر از عوامل اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی، سیاسی و جمعیتی است که طی تاریخ، مراحل مختلفی را سپری کرده است. سه عامل مهم در توسعه فیزیکی شهرها عبارت است از: (۱) عامل طبیعی؛ (۲) عامل اقتصادی؛ (۳) عامل جمعیت.

با توجه به روند توسعه فیزیکی شهرها، به ویژه در نیمه دوم قرن حاضر، می‌توان گفت که میزان زمین قابل سکونت، تحت تأثیر عواملی همچون افزایش جمعیت (گسترش و توسعه طبیعی و مهاجرت از روستا به شهر)، ادغام روستاها در بافت فیزیکی شهرها، توسعه و پرشمار شدن واحدهای تولیدی، مسکونی و خدماتی، زمین‌خواری و سوء مدیریت، تغییر الگوی مصرف زمین و غیره با آهنگی سرسام آور کاهش می‌یابد. چنانچه توسعه فیزیکی در بخش‌های مختلف شهر ناموزون و ناهماهنگ باشد ناپایداری شهری بوجود می‌آید (Azimi Amoli, 2009: 140). گسترش افقی و بی‌برنامه شهرها همراه با افزایش جمعیت و رشد روزافزون شهرنشینی منجر به کمبود زمین و تغییر کاربری اراضی و ایجاد زاغه‌هایی در نواحی پرشیب می‌شود. استفاده غیراصولی و بدون برنامه از زمین و تغییر کاربری‌ها بدون توجه به ظرفیت‌های محیطی، موجب از بین رفتن تعادل و توازن محیط زیست شهرها می‌گردد و توسعه پایدار شهری را دچار چالش می‌نماید (Hatami-Nejad & Eshghi Chaharborj, 2016: 15).

تاکنون بسیاری از پژوهشگران موضوع مکان‌یابی توسعه فیزیکی شهرها را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نظریان و تولایی (۱۳۸۵)، در پژوهشی با عنوان «تعیین جهت توسعه فیزیکی شهر اندیمشک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای» به پیش‌بینی جهت توسعه فیزیکی شهر اندیمشک با استفاده از عواملی مانند فاصله از شهر، فاصله از جاده، فاصله از مراکز صنعتی، وجود خطوط گسل، شیب، ناهمواری‌ها و مسیل پرداخته‌اند و بهترین جهات توسعه شهری را شرق، شمال شرقی و شمال شهر تعیین کرده‌اند. علی‌نژاد طیبی (۱۳۸۹) به بررسی عوامل مؤثر بر رشد کالبدی- فیزیکی و سیر گسترش شهر فیروزآباد

پرداخته است. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که طرح جامع شهر نقش عمده‌ای را در جهت‌دهی توسعه فیزیکی شهر ایفا نموده است. اما توسعه فیزیکی شهر با گسترش کاربری‌های خدماتی و تجهیزات شهری هماهنگ نبوده و این کاربری‌ها از پراکنش فضایی متعادلی برخوردار نیستند و نیز کاربری‌های مذکور با استانداردهای مرسوم نیز مطابقت ندارند. در پایان پژوهش نیز اراضی مناسب جهت توسعه آبی شهر را مشخص نمود. قرخلو و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان «مکان‌یابی مناطق بهینه توسعه فیزیکی شهر بابلسر بر مبنای شاخص‌های طبیعی» به این نتیجه رسیدند که دو گزینه برای توسعه فیزیکی شهر بابلسر وجود دارد: اول، توسعه شهر از درون که با تخصیص تراکم ساختمانی بیشتر به ساختمان‌های شهر امکان پذیر است و دوم، توسعه به سمت بیرون می‌باشد. مناسب‌ترین مکان جهت گسترش آبی شهر جنوب شرقی و در اولویت دوم جنوب غربی بابلسر است. لطفی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان «تحلیل الگوی گسترش کالبدی- فضایی شهر مراغه با استفاده از مدل‌های کمی» به این نتیجه رسیده‌اند که شهر مراغه از نظر رشد کالبدی و فضایی در گذشته، رشدی آرام و فشرده داشته، اما با شروع شهرنشینی سریع در این شهر، رشد شتابان نیز گریبان گیر آن شده و مساحت شهر افزایش یافته است. مختاری و امامی کیا (۱۳۹۳) در پژوهشی به بررسی تنگنای ژئومورفولوژی در گسترش شهر، در شهرک ارم تبریز با استفاده از روش AHP پرداختند و به این نتیجه رسیده‌اند که از کل مساحت ۵۵۴/۳۶ هکتار شهرک، فقط ۱۸/۲ هکتار با استاندارد خیلی زیاد استقرار یافته‌اند. ستایشی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تنگنای ژئومورفولوژیکی و تأثیر آن بر توسعه فیزیکی شهر گیوی، با استفاده از روش‌های GIS و AHP پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شمال غربی و غرب شهر، مکان‌های کاملاً مناسب و شرق شهر، مکان‌هایی کاملاً نامساعد برای توسعه فیزیکی شهر هستند. سرور و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی با عنوان «نقش عوامل محیطی در امکان‌سنجی توسعه فیزیکی بهینه شهر ملکان» به این نتیجه رسیده‌اند، که توسعه فیزیکی شهر به سمت شمال و به ویژه احداث برخی واحدهای مسکونی و خدماتی در محدوده تاریخی تالاب باعث ایجاد مسائلی مانند برخورد با واحدهای ژئومورفولوژیکی نامناسب از نظر توسعه شهری، برخورد با شیب‌های تند، بالا بودن سطح ایستایی آب زیرزمینی و همچنین قرارگیری برخی واحدها در برابر سیلاب‌های محلی شده است. بهترین جهت برای توسعه فیزیکی شهر ملکان، قطعی با روند شرقی غربی یعنی شمال غرب هسته اصلی شهر و جنوب شهرک ولی عصر می‌باشد. رسولی و شیرمحمدی (۱۳۹۹) توسعه فیزیکی شهر یزد را با استفاده از مدل هلدن مورد بررسی قرار دادند و از رویکرد آینده‌نگاری جهت بررسی وضعیت‌های محتمل توسعه در آینده استفاده کردند. نتایج محاسبات مدل هلدن نشان داد که حدود ۳۹/۸۳ درصد رشد شهر یزد در فاصله سالهای ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵ بر اثر رشد افقی و حدود ۶۰/۱۶ درصد آن ناشی از رشد جمعیت این شهر بوده است. یزدانی و زارنجی (۱۴۰۲) اراضی بهینه جهت توسعه فیزیکی شهر سردشت را با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل‌های فازی تعیین کردند. نتایج همپوشانی لایه‌های مختلف (ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از شهر و شبکه ارتباطی، کاربری، فاصله از غسل و غیره) نشان داد که بهترین اراضی جهت توسعه آبی شهر به صورت پراکنده در قسمت‌های جنوب، جنوب غربی، شمال شرقی و غرب این شهر واقع شده‌اند.

الغریاب و همکاران^۱ (۲۰۲۳) تناسب اراضی را جهت توسعه پایدار شهری در منطقه نباتیه لبنان با استفاده از تکنیک تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارزیابی کردند. نتایج فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نشان می‌دهد که ارتفاعات و شیب‌ها مهم‌ترین معیارهایی هستند که باید در نظر گرفته شوند. آن‌ها ۴ منطقه شاخص را جهت توسعه پایدار شهری شناسایی کردند به این ترتیب، مناطقی با درجه تناسب بالا با ارتفاع بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ متر و شیب توپوگرافی بین ۰ تا ۱۰ درجه مشخص می‌شوند. سوتار و همکاران^۲ (۲۰۲۴) تناسب اراضی را برای توسعه فیزیکی در سه منطقه هند بررسی کردند. آن‌ها معیارهایی مانند توپوگرافی و زمین‌شناسی، اقتصادی-اجتماعی، اکولوژیکی و عوامل بازدارنده (منطقه گسلی) را در نظر گرفتند. نتایج تحلیل تناسب اراضی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی نشان می‌دهد که

¹ Al-Ghorayeb et al

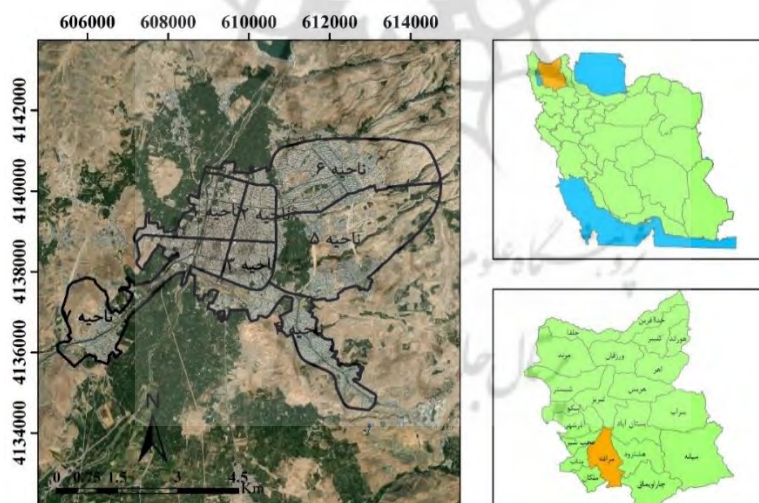
² Suthar et al

مناسب‌ترین مناطق در شمال در اطراف بخش‌های مرکزی و جنوبی و در منطقه ناینیتال در بخش جنوبی در امتداد دامنه کوه‌های هیمالیا قرار دارند. در حالی که در دارجلینگ مناسب‌ترین مناطق، به صورت پراکنده در بخش‌های جنوبی تا مرکزی منطقه قرار دارند. در این راستا اهداف پژوهش حاضر عبارتند از:

- ارزیابی تنگناهای موجود و تعیین مکان‌های بهینه جهت توسعه فیزیکی شهر مراغه به منظور کاهش توسعه پراکنده شهر و جلوگیری از پیامدهای منفی آن؛
- کسب بهترین نتیجه جهت توسعه شهر با کمترین مشکلات زیست محیطی.

روش پژوهش

شهر مراغه با مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی در جنوب غرب استان آذربایجان شرقی واقع شده است (شکل ۱). شهر مراغه از شمال به شهرستان تبریز؛ از شرق به شهرستان‌های بستان‌آباد، هشترود و چارویماق؛ از غرب به شهرستان‌های اسکو، عجب‌شیر، بناب و ملکان؛ و از جنوب به استان آذربایجان غربی محدود می‌گردد. جمعیت شهر مراغه در سال ۱۳۹۵ در حدود ۱۷۵۶۰۰ نفر بوده است. مساحت شهر در حدود ۳۰۴۱/۷ هکتار می‌باشد. در این شهر عدم تعادل میان رشد مساحت و جمعیت سبب شده که الگوی توسعه فضایی شهر مراغه از نوع الگوی گسترده و پراکنده باشد، بدین صورت که شهر از قسمت مرکزی به قسمت‌های خارج کمربندی، به ویژه بخش‌های شمال شرقی (شهرک ولیعصر) و غرب رودخانه صوفی‌چای گسترش یافته است. همچنین بافت روستایی واقع در جنوب شرقی و جنوب غربی شهر، یعنی روستاهای میکائیل آباد و پهرآباد که در مسیر راه‌های ارتباطی بین شهری هشترود و بناب واقع شده‌اند نیز به سمت شهر توسعه یافته و اراضی حفاصل آنها به زیر ساخت و ساز غیرقانونی رفته است. این رشد شهری افقی منجر به از بین رفتن مناظر طبیعی و باغات و جایگزینی آنها با محله‌های مسکونی و ایجاد مناطق و غیره گردیده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

داده‌های مورد استفاده جهت انجام پژوهش حاضر عبارتند از:

- تصویر مدل رقومی منطقه: از تصاویر ماهواره ALOS-PALSAR با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر استفاده شد و سپس از روی تصویر DEM منطقه، نقشه‌های شیب و ارتفاع تهیه گردید.
- تصاویر سری ماهواره‌های لندست: از تصاویر این ماهواره در دوره‌های مختلف به منظور تهیه لایه پوشش گیاهی منطقه مورد طریق نسبت‌های بانندی (قرمز و مادون قرمز) بهره گرفته شد.

- تصویر ماهواره سنتینل: از تصویر این ماهواره با قدرت تفکیک ۱۰ متر به منظور تهیه نقشه NDVI منطقه مورد مطالعه (یکی از متغیرهای موثر بر توسعه فیزیکی) استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌ای Sentinel از قدرت تفکیک مکانی بالاتری نسبت به تصاویر ماهواره‌ای Landsat برخوردارند؛ بنابراین، در پژوهش حاضر به منظور مکان‌یابی توسعه فضایی شهر مراغه از تصاویر ماهواره مذکور بهره گرفته شده که باعث ارتقاء کیفیت کار گردیده است.
 - لایه خاک منطقه مورد مطالعه: لایه خاک منطقه مطالعاتی از طریق رقومی کردن نقشه خاک ارائه شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردید. این نقشه‌ها از نظر شناسایی قابلیت‌های کشاورزی و تناسب اراضی حائز اهمیت می‌باشند و جزو معدود نقشه‌های موجود در مقیاس کل کشور هستند.
 - لایه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه: لایه کاربری اراضی محدوده و پیرامون شهر مراغه با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای منطقه و با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده تهیه گردیده است.
 - نقشه زمین‌شناسی منطقه: برای تهیه نقشه زمین‌شناسی محدوده و پیرامون شهر مراغه از نقشه زمین‌شناسی منطقه (برگه مراغه) با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور بهره گرفته شده است. نقشه‌های زمین‌شناسی از منظر ارزیابی پایداری زمین و مخاطرات محیطی (مخصوصاً زلزله) بسیار حائز اهمیت می‌باشند.
 - لایه جاده‌های منطقه مطالعاتی (لایه رودخانه صوفی‌چای و محدوده شهر مراغه): این لایه‌ها از طریق نقشه‌های ارائه شده توسط سازمان‌های مختلف و همچنین بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth تهیه شده‌اند.
- روش مورد استفاده جهت تهیه نقشه تناسب اراضی جهت توسعه فیزیکی شهر مراغه منطق فازی می‌باشد. تناسب زمین یکی از متغیرهای مهم تأثیرگذار بر شهرنشینی است که باید در شبیه‌سازی و مدل‌سازی رشد شهری مورد توجه قرار گیرد (Saxena & Kumar: 2020: 107). منطق فازی یکی از محبوب‌ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره است که در آن استانداردسازی معیارهای فضایی از طریق یک فرآیند پیوسته انجام می‌شود. منطق فازی برای حل عدم قطعیت و عدم دقت ناشی از تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. در منطق فازی، گزاره می‌تواند هم درست و هم نادرست باشد و همچنین می‌تواند نه درست باشد و نه نادرست. همچنین این منطق بر این فرض استوار است که منطق باینری نمی‌تواند برخی از حالت‌های انتقالی یا ابهاماتی را که ممکن است بین مقادیر دقیقاً درست یا نادرست وجود داشته باشد تشخیص دهد (Zarin et al, 2021: 19729). توابع مختلفی جهت فازی کردن لایه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارتند از: خطی، گوسین، نزدیک، بزرگ فازی، کوچک فازی و غیره.
- در پژوهش حاضر با استفاده از توابع خطی و تعریف کاربر، لایه‌ها فازی شدند و در مرحله بعد با استفاده از عملگر گاما فازی با یکدیگر ترکیب و همپوشانی گردیدند. فازی در تحلیل‌های چندمتغیره یا چندمعیاره شامل مراحل است که به ترتیب عبارت‌اند از: فازی‌سازی داده‌ها بر اساس توابع فازی، همپوشانی فازی لایه‌های اطلاعاتی بر اساس عملگرهای فازی و از فازی درآوردن خروجی نهایی در قالب طبقات ارجحیت یا تناسب. در واقع فازی‌سازی داده‌ها یا تبدیل فازی ارزش‌های اصلی پدیده مورد نظر را به شکل احتمال عضویت آنها به یک مجموعه معین درمی‌آورد. این پدیده‌ها ممکن است بر حسب متغیرهای گوناگون مورد سنجش قرار بگیرند. عملگرهای فازی که اعمال قوانین فازی از طریق آنها صورت می‌گیرد، معادل عملگرهای "و"، "یا"، "نه" در منطق کلاسیک هستند. علاوه بر سه عملگر مذکور، دو عملگر دیگر با عنوان "ضرب گاما" و "گامای فازی" نیز وجود دارند که تعداد عملگرهای فازی را به پنج عدد می‌رساند. هر کدام از این عملگرها مزایا و معایبی دارند. در عملگر جمع جبری فازی که معادل "و" منطق بولین است، نتیجه همیشه بزرگتر یا مساوی بزرگتر یا مقدار عضویت فازی در لایه است؛ به همین دلیل در نقشه خروجی ارزش گزینه‌ها یا همان پیکسل‌ها به سمت بالاترین ارزش یعنی یک میل کرده و در نتیجه پهنه زیادی در طبقه خیلی مناسب قرار می‌گیرد. در مقابل در عملگر ضرب جبری فازی که تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند ارزش پیکسل‌ها به سمت صفر میل کرده و از این رو پهنه

بیشتری در کلاس خیلی نامناسب جای می‌گیرند که نشان دهنده حساسیت این عملگر در ترکیب و همپوشانی لایه‌ها می‌باشد (Esfandiyari & Gherachorlo, 2018: 6).

در حالت کلی، معیارهایی که جهت مکان‌یابی توسعه فیزیکی شهر مراغه مورد استفاده قرار گرفتند از نظر تابع مورد استفاده جهت فازی‌سازی به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

- دسته اول معیارهایی هستند که اثر مستقیمی روی توسعه فیزیکی شهر دارند. به این معنی که مقادیر بیشتر آنها مکان‌های مناسب‌تری برای توسعه فیزیکی شهر می‌باشند. لایه‌های خاک‌شناسی، کاربری اراضی و زمین‌شناسی در این دسته جای می‌گیرند. لازم به توضیح است که این لایه‌ها کیفی بودند و بعد از کددهی و تبدیلات مربوطه استاندارد شدند. بدین ترتیب، لایه‌های موضوعی مربوط به این معیارها با استفاده از تابع فازی خطی افزایشی بی‌بعد گردیدند.
- دسته دوم از معیارها با تناسب اراضی برای توسعه فیزیکی رابطه معکوسی دارند. معیارهای شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از شهر و پوشش گیاهی به این گروه تعلق دارند. جهت بی‌بعدسازی این لایه‌ها تابع فازی خطی کاهشی مورد استفاده قرار گرفته است.
- جهت فازی‌سازی لایه فاصله از رودخانه، با توجه به شرط مورد نظر از تابع تعریف کاربر در نرم‌افزار ترست استفاده شده است.

یافته‌های پژوهش

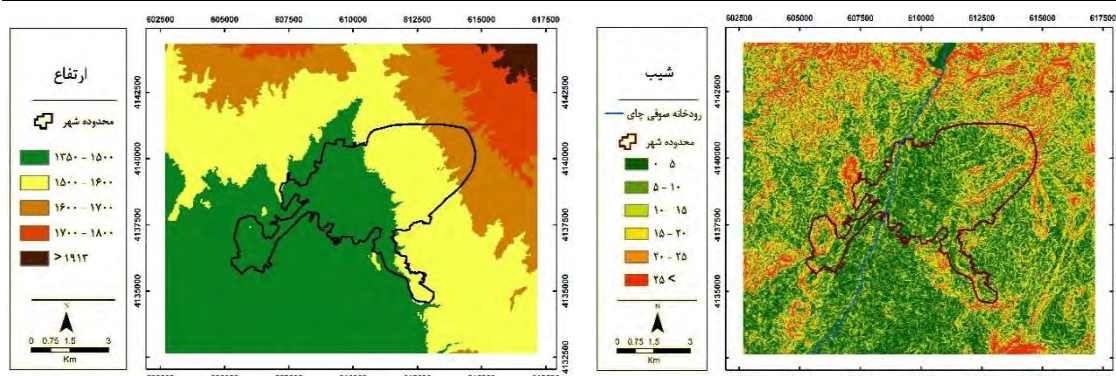
ارزایی توزیع فضایی متغیرهای مورد استفاده

شیب

شیب یکی از مهم‌ترین تنگناهای طبیعی توسعه فیزیکی شهر می‌باشد. پستی و بلندی زمین، جهت و میزان شیب از عوامل مهم و موثر در توسعه فیزیکی شهرها، استقرار و مکان‌یابی شهرها، سامانه حرکت آب‌های سطحی، چگونگی دفع فاضلاب-های شهری و وضعیت شبکه‌بندی گذرگاه‌ها هستند. لایه شیب منطقه مورد مطالعه به عنوان یکی از متغیرهای موثر بر توسعه فیزیکی شهر با استفاده از تصاویر مدل رقومی ارتفاع مربوط به ماهواره ALOS-PALSAR با قدرت تفکیک فضایی ۱۲/۵ متر تهیه گردیده است. طبق یافته‌های بدست آمده، شیب شهر مراغه از سمت شمال به جنوب می‌باشد. با توجه به اینکه با افزایش شیب میزان تناسب اراضی برای توسعه فیزیکی کاهش پیدا می‌کند، بنابراین تابع مورد استفاده جهت فازی‌سازی لایه شیب از نوع خطی کاهشی می‌باشد. به این معنی که با افزایش میزان شیب از درجه عضویت پیکسل‌ها کاسته می‌شود و برعکس، بنابراین قسمت‌هایی از نقشه که مقادیر به عدد ۱ نزدیک‌تر است جهت توسعه فیزیکی تناسب بیشتری دارند. در منطقه مورد مطالعه با توجه به نقشه‌های بدست آمده، در قسمت‌های جنوب پیرا شهر بدلیل شیب کم این قطاع، مقادیر نزدیک به ۱ است. بنابراین از نظر شیب تناسب بیشتری برای توسعه فیزیکی دارند.

جدول ۱. متوسط زاویه شیب، توسعه ساخت و ساز و عملیات خاک‌برداری و تسطیح مورد نیاز

زاویه شیب	پتانسیل توسعه، خاک‌برداری و تسطیح مورد نیاز
تا ۵ درصد	نواحی با پتانسیل توسعه آسان و اقتصادی؛ تراس‌بندی ضروری نیست؛ تسطیح و خاک‌برداری تنها به ایجاد شبکه فاضلاب و زهکشی محدود می‌شود؛ پستی و بلندی محدودیت خاصی در زمینه تراکم ساخت و ساز یا ابعاد ساختمان‌ها ایجاد نمی‌کند.
۵ تا ۱۵ درصد	افزایش هزینه‌های توسعه؛ تسطیح و خاک‌برداری اجتناب ناپذیر است؛ توسعه صرفاً با تراس‌بندی و تسطیح شیب‌ها امکان‌پذیر است؛ توسعه تا حدودی محدود می‌شود.
۱۵ تا ۲۵ درصد	این نواحی با هزینه و نیروی کار قابل توجه، تراس‌بندی و احداث دیوارهای نگهدارنده توسعه پیدا می‌کنند تغییر و تبدیل توپوگرافیک عمده‌ای مورد نیاز است و اساساً ناهمواری و پستی و بلندی تعیین‌کننده نوع توسعه خواهد بود.
۲۵ تا ۳۵ درصد	سطوح با پتانسیل محدود برای توسعه شهری؛ ساخت و ساز با تراکم پایین همراه با ساختمان‌هایی با ابعاد و اندازه‌های کوچک مجاز است.
بیشتر از ۳۵ درصد	سطوح نامناسب برای توسعه شهری.



شکل ۲. نقشه شیب و ارتفاع منطقه مورد مطالعه

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

ارتفاع

ارتفاع همانند شیب در توسعه فیزیکی شهر حائز اهمیت می‌باشد، ساخت و سازهای شهری و گسترش شهر در نواحی مرتفع علاوه بر این که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، بلکه مشکلات بسیاری را با خود به همراه دارد. در پژوهش حاضر جهت تهیه نقشه ارتفاع از سطح زمین، تصاویر مدل رقومی ارتفاع مربوط به ماهواره ALOS – PALSAR با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر استفاده شده است. نقشه مربوط به پراکندگی ارتفاعات منطقه مورد مطالعه در شکل (۲) آورده شده که نشان می‌دهد در منطقه مورد مطالعه، در محدوده حریم شهر، طبقه ارتفاعی ۱۴۵۰ تا ۱۳۵۰ متر با وسعتی در حدود ۳۰۸۴۸۳۸ متر مربع مساحت در حدود ۲۲/۴۷ درصد از کل محدوده مورد مطالعه را شامل شده است. به طور کلی می‌توان گفت، طبقه ارتفاعی بیشتر از ۱۷۵۰ متر بیشترین و طبقه ارتفاعی بالای ۱۶۵۰ تا ۱۷۵۰ متر کمترین گسترش را به خود اختصاص داده‌اند. از آنجایی که با افزایش میزان ارتفاع از تناسب اراضی جهت توسعه فیزیکی شهر کاسته می‌شود، لذا تابع مورد استفاده جهت فازی‌سازی لایه ارتفاع از نوع خطی کاهشی می‌باشد. به این معنا که با افزایش میزان ارتفاع از درجه عضویت پیکسل‌ها کاسته می‌شود و بر عکس. طبق نقشه‌های فازی قسمت شمال شرقی منطقه مورد مطالعه و بخش‌هایی از شمال مقادیر فازی نزدیک به صفر می‌باشد.

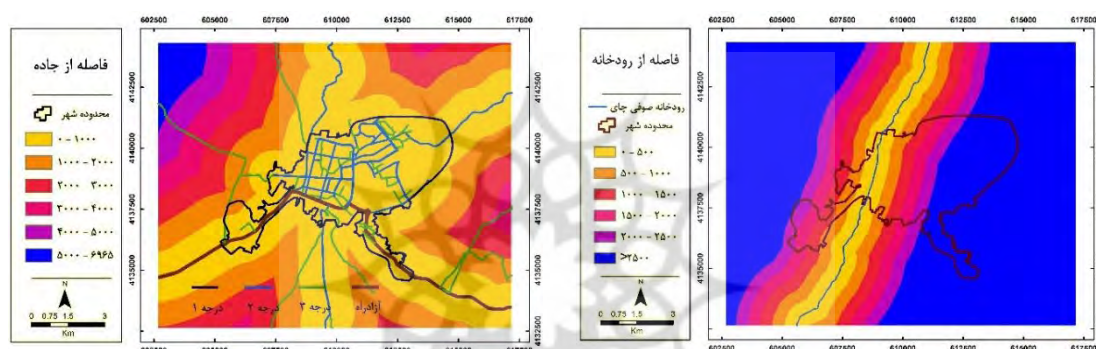
فاصله از آب راه

شهر مراغه جزء معدود شهرهایی است که در آن رودخانه‌ای با حجم قابل توجه و دائمی از داخل شهر عبور می‌کند. در وضع موجود، رها شدن فاضلاب‌های خانگی در مواقع بارندگی‌های شدید، عدم توجه به ساماندهی بستر و رها شدن ضایعات و پسماندهای شهری در بستر صوفی چای منجر به افت شدید کیفیت محیط زیست شهری شده است. علاوه بر این موضوع، رودخانه صوفی چای از ابتدای شکل‌گیری شهر مراغه، به صورت سدی در مقابل توسعه فیزیکی شهر در قسمت‌های غربی بوده است (Hatami-Nejad & Eshghi Chaharborj, 2016: 21). امروزه گسترش مناطق شهری به خصوص در حواشی رودخانه‌ها، بر روی مخروط افکنه‌های بزرگ و یا سیلاب دشت‌ها و دشت‌های آبرفتی و دیگر تیپ‌های ژئومورفولوژیکی بدون توجه به اثرگذاری آن بر رفتارهای هیدرولوژیکی که ناشی از تغییر کاربری اراضی، تغییر مرفولوژی منظر زمین و بخصوص کاهش محسوس در نفوذ آب (بارش‌ها و رواناب‌های سطحی ناشی از آن) به خاک و زمین، موجب گردیده تا پتانسیل تولید سیل در چنین مناطقی افزایش یابد (Mousavi et al, 2014).

در پژوهش حاضر لایه فاصله از رودخانه به عنوان یکی از معیارهای موثر در مکان‌یابی توسعه فضایی-کالبدی شهر مراغه مورد استفاده قرار گرفت. خاطر نشان می‌شود که مخاطره سیلاب با توجه به احداث سد علویان بر روی این رودخانه تا حد زیادی کاهش یافته است؛ بدین ترتیب تاکید بیشتر بر روی جنبه‌های زیست محیطی این رودخانه می‌باشد. در فرایند توسعه فضایی-کالبدی شهر مراغه لازم و شایسته است که از توسعه ساخت و ساز در حریم و تا حد امکان در محدوده دشت سیلابی این رودخانه اجتناب شود. بدین ترتیب در شرایط برابر، پهنه‌های دور از این رودخانه به عنوان پهنه‌های

مطلوب برای توسعه ساخت و سازهای شهری مد نظر قرار می‌گیرند. در تحقیق حاضر با توجه به شرایط زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی منطقه فواصل بیش از ۵۰۰ متری این رودخانه برای توسعه فضایی-کالبدی شهر مراغه مطلوب تشخیص داده شدند. توسعه شهر در فواصل مذکور می‌تواند اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از توسعه شهر از قبیل دفع فاضلاب‌ها و آلودگی‌های مربوطه را کاهش دهد.

برای فازی‌سازی لایه فاصله از رودخانه در محیط نرم افزار TERRST تابع تعریف شده توسط کاربر مورد استفاده قرار گرفت. فرض بر این شد که فواصل بیشتر از ۵۰۰ متری از رودخانه از ارزش و اهمیت یکسانی جهت توسعه فیزیکی برخوردار هستند. در واقع به دلیل شرایط ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی حاکم بر منطقه در فواصل بیش از ۵۰۰ متری رودخانه صوفی‌چای مخاطره سیلاب و همچنین مسائل زیست محیطی به حداقل می‌رسد. بدین ترتیب مناطق مجاور رودخانه صوفی‌چای به عنوان نامطلوب‌ترین پهنه‌ها جهت توسعه فیزیکی شهر مراغه تعریف شدند و به این ترتیب ارزش صفر به آنها تخصیص داده شد. با افزایش فاصله از این پهنه‌ها بر عضویت فازی نیز افزوده شده و در فاصله تقریباً ۵۰۰ متری به مقدار ایده‌آل یعنی یک می‌رسد. دورتر از این فاصله ۵۰۰ متری، مقدار عضویت فازی تغییر نمی‌کند و تا حداکثر فاصله، ارزش ۱ به صورت ثابت و بدون تغییر حفظ می‌شود.



شکل ۳. نقشه فاصله از رودخانه و فاصله از جاده

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

فاصله از راه‌های ارتباطی

یکی از عوامل مهم رشد و توسعه مرکز جمعیتی، بویژه نقاط شهری، چگونگی وضعیت شبکه‌های ارتباطی حمل و نقل است. اصولاً وجود راه‌های ارتباطی خوب و مهم در هر مکان امکان رشد و توسعه آنرا فراهم می‌سازد. به ویژه حمل و نقل منطقه‌ای یا استانی و بین‌المللی در شکوفایی فرهنگی، سیاسی و اقتصادی مناطق نقش بسزایی دارد. حمل و نقل و ارتباطات در شهرها، در حیات جامعه شهری تأثیر شگرفی دارد و اصولاً یک شهر بدون برخورداری از شبکه‌های حمل و نقل و گذرگاهی نمی‌تواند به حیات و پایداری خود ادامه دهد. دسترسی به شبکه‌های ارتباطی اصلی منطقه یکی دیگر از مهم‌ترین معیارهای موثر بر مکان‌یابی بهینه توسعه فضایی-کالبدی شهرها محسوب می‌گردد. این امر مخصوصاً در مناطق کوهستانی از اهمیت زیادی برخوردار است.

در این رابطه شهر مراغه توسط واحدهای کوهستانی محصور شده و توسعه فضایی-کالبدی آن با محدودیت‌های زیادی مواجه گردیده است. یکی از این محدودیت‌ها ارتباط با دسترسی مطلوب می‌باشد. شبکه‌های ارتباطی اصلی منطقه، شهر را با سایر مناطق مجاور ارتباط می‌دهند. در طی دهه‌های اخیر با توسعه شهر مراغه در دامنه‌های شرقی مشرف به شهر چندین محور ارتباطی ایجاد شده که در جهت ارتفاعات از کیفیت این شبکه ارتباطی کاسته می‌شود. در نتیجه نزدیکی به شبکه‌های ارتباطی مذکور می‌تواند به عنوان یکی از معیارهای موثر بر مکان‌یابی بهینه توسعه فضایی شهر مطرح گردد. این امر مخصوصاً در ارتباط با شرایط توپوگرافیکی و هزینه‌های گزاف مرتبط با احداث جاده‌ها در این مناطق از اهمیت

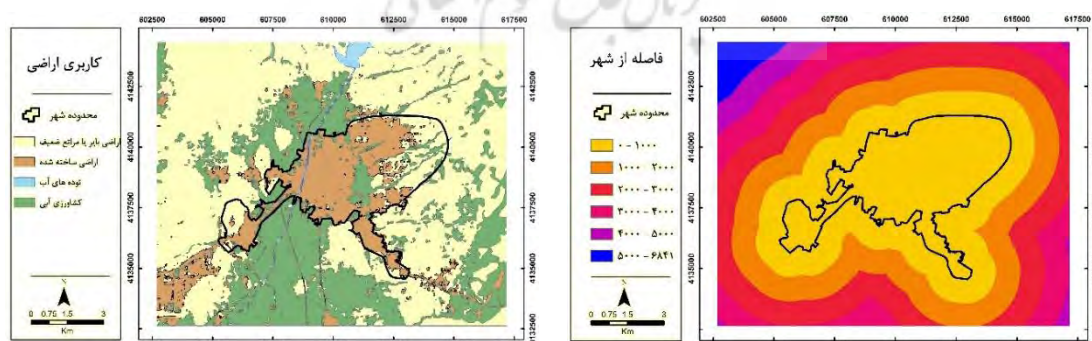
زیادی برخوردار است. تابع مورد استفاده جهت فازی سازی لایه فاصله از راه‌های ارتباطی از نوع خطی کاهشی است؛ به این معنی که با افزایش میزان فاصله از راه‌های ارتباطی از درجه عضویت پیکسل‌ها کاسته می‌شود و بر عکس. بر اساس نقشه‌های فازی شده در قسمت‌های جنوب شرق پیراشهر مقادیر نزدیک به ۱ هست به این ترتیب از نظر متغیر فاصله از راه‌های ارتباطی، تناسب بیشتری برای توسعه فیزیکی دارند، ولی در قسمت جنوب شهر به دلیل قرار گرفتن راه آهن در این پهنه، توسعه فیزیکی تناسب پایین‌تری دارد.

فاصله از نقاط شهری

معیار دیگری که در امر مکان‌یابی بهینه توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه مهم می‌نماید نزدیکی به شهر است. توسعه شهر، می‌بایست در فاصله مطلوب از شهر صورت گیرد. این امر از جنبه‌های متعددی دارای اهمیت است. رشد پراکنده و فاصله از نقاط شهری تبعات و پیامدهای زیادی را با خود به همراه دارد از جمله آنها می‌توان به افزایش هزینه‌های حمل و نقل، آلودگی هوا، مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش دسترسی به امکانات، خدمات و تسهیلات شهری اشاره کرد. بدین ترتیب در پژوهش حاضر به منظور اجتناب از مکان‌یابی پهنه‌های مطلوب در فواصل دور از شهر، معیار فاصله از شهر (شهر مراغه) به عنوان یکی از معیارهای موثر در امر مکان‌یابی توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه مورد استفاده قرار گرفت.

در شکل (۴) نقشه فاصله از شهر مراغه ارائه شده است. در این رابطه، فواصل ۰ تا ۲ کیلومتری از شهر مادر می‌تواند برای توسعه فضایی شهر مراغه مطلوب در نظر گرفته شوند. این امر مخصوصا با توجه به شرایط توپوگرافیکی حاکم بر منطقه و همچنین امکان توسعه شبکه‌های حمل و نقل می‌تواند به نتایج مطلوبی منجر شود. قابل ذکر است که در طی سال‌های اخیر آهنگ رشد جمعیت و همچنین توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه نسبت به سه دهه گذشته تا حد زیادی کاهش پیدا کرده است. بدین ترتیب می‌توان بیان داشت که برای افق حداقل ۲۰ سال آینده فضاهای موجود در محدوده شهر و مخصوصا اراضی موجود در کرانه‌های شرقی پیراشهر برای توسعه فضایی شهر کفایت می‌کنند و نیاز به توسعه محدوده قانونی فعلی شهر احساس نمی‌شود، همچنین پهنه‌های متصل و به هم پیوسته در فواصل نزدیک بخش شرقی شهر برای توسعه فضایی - کالبدی مطلوب و ایده‌آل به نظر می‌رسند. دسترسی به تسهیلات شهری، جلوگیری از هدررفت انرژی، تسهیل در ارائه خدمات شهری از جمله دلایل اصلی توجه برنامه‌ریزان و شهرسازان به این مهم بوده است. پس ضروری می‌باشد که توسعه شهری به صورت پیوسته با شهر ادامه یابد.

در پژوهش حاضر تابع مورد استفاده جهت فازی سازی لایه فاصله از نقاط شهری از نوع خطی کاهشی است. به طوری که، با افزایش فاصله از نقاط اصلی شهری از میزان تناسب اراضی جهت توسعه فیزیکی شهر کاسته می‌شود. در منطقه مورد مطالعه پهنه‌هایی که مقادیر آنها به عدد یک نزدیک‌تر هستند جهت توسعه فیزیکی شهر تناسب بیشتری دارند و برعکس.



شکل ۴. نقشه فاصله از شهر و نوع کاربری اراضی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

کاربری اراضی

کاربری اراضی می‌تواند به عنوان مفهومی ترکیبی از نظر فیزیکی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و اطلاعاتی از هر کشوری مورد توجه قرار گیرد. در حقیقت نقشه‌های کاربری اراضی دربرگیرنده روش استفاده از سطح زمین برای نیازهای مختلف انسانی هستند. با توجه به اینکه آگاهی از الگوهای کاربری اراضی و تغییرات آن در طول زمان پیش‌نیازی برای استفاده مطلوب از سرمایه ملی است، از این رو استخراج نقشه‌های کاربری اراضی به عنوان مهم‌ترین هدف در مدیریت پایگاه منابع طبیعی می‌تواند مورد توجه قرار گیرند (Lotfi et al, 2010: 47). در این راستا، ۴ نوع کاربری اراضی منطقه شامل اراضی بایر یا با مرتع ضعیف، اراضی ساخته شده، توده‌های آب و کشاورزی آبی می‌باشند.

- کاربری اراضی بایر از وسیع‌ترین کاربری‌ها در سطح منطقه مطالعاتی می‌باشد. کاربری‌های عمده، مراتع با پوشش گیاهی ضعیف هستند، پوشش گیاهی ضعیف زمینه توسعه فیزیکی شهر را فراهم می‌سازد. به دلیل ارتفاع نسبتاً پایین و حاکمیت شرایط اقلیمی نیمه خشک، پوشش عمده زمین در منطقه مورد مطالعه به صورت استپ با تراکم پوشش گیاهی ضعیف است. از قابلیت‌های اکولوژیکی و زیست محیطی پایین‌تری در مقایسه با پوشش گیاهی دامنه‌های میانی و مرتفع سهند برخوردارند. طبق نقشه بدست آمده از منطقه مورد مطالعه، قسمت‌های شمال شرقی به دلیل پوشش گیاهی ضعیف یا مرتع، توسعه فیزیکی شهر را هموار می‌سازند. از بین کاربری‌های موجود در منطقه، کاربری مراتع با پوشش گیاهی ضعیف مناسب توسعه فضایی- کالبدی شهر مراغه می‌باشند.

- در مورد کاربری اراضی ساخته شده باید اذعان نمود که، این اراضی شامل شهر مراغه و چند روستای پیرامون آن می‌باشند. بیشتر کاربری‌های ساخته شده در قسمت‌های مرکزی شهر و نواحی جنوب غربی به چشم می‌خورند.

- توده آبی موجود در منطقه، مربوط به سد علویان می‌باشد که به منظور تامین آب شهر مراغه و همچنین اراضی کشاورزی دشت مراغه- بناب بر روی رودخانه صوفی چای احداث شده است. مساحت توده‌های آب (مخصوصاً دریاچه پشت سد علویان) در طی ایام سال متغیر می‌باشد.

- در مورد کاربری کشاورزی منطقه، باید اذعان نمود که کشاورزی در دشت میان‌کوهی صوفی چای (مراغه) متمرکز می‌باشد. خاک‌های این دشت بسیار حاصلخیز هستند و ضرورت دارد که حفاظت شوند. ساخت و سازهای در این نواحی موجب از بین رفتن پوشش گیاهی و توقف فعالیت‌های کشاورزی (مخصوصاً باغداری) می‌شود. با کاهش روند توسعه فضایی- کالبدی شهر تغییرات کاربری اراضی کشاورزی متوقف می‌گردد. تابع مورد استفاده برای فازی‌سازی نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از نوع خطی افزایشی می‌باشد. بر اساس این تابع، سازندهایی که کد بالاتری به آنها اختصاص پیدا کرده از تناسب بیشتری جهت توسعه فیزیکی برخوردار هستند.

خاک‌شناسی

درباره علل اصلی بررسی خاک و شناخت آن باید گفت، از یک سو ساخت و ساز بر روی خاک‌های سبک و کم عمق با مشکلاتی از قبیل بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی و مقاومت آن در برابر تکان‌های ناشی از زمین لرزه مواجه می‌شوند و از سویی دیگر توجه به حاصلخیزی خاک‌ها نیز ضروری است و توسعه شهر باید در جهتی باشد که از انهدام خاک‌های حاصلخیز جلوگیری به عمل آید (Esfandiyari & Gherachorlo, 2018: 10). در این راستا، لایه خاک منطقه مورد مطالعه براساس نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان آذربایجان شرقی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ (مؤسسه تحقیقات خاک و آب) تهیه گردید. با توجه به نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان آذربایجان شرقی (تهیه شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب) می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- واحد ۱۰۱: کوه‌های مرتفع با قله تیز و کشیده متشکل از سنگ‌های سخت آهکی می‌باشند. شیب این اراضی بین ۴۰ تا ۱۰۰ درصد است. عموماً بدون پوشش خاکی و یا با خاک خیلی کم عمق غیریکنواخت هستند. همچنین در اکثر موارد فاقد پوشش گیاهی و یا با پوشش گیاهی بسیار پراکنده می‌باشند.

- واحد ۲. ۱: کوه‌های نسبتاً مرتفع با قله مدور و متشکل از سنگ‌های آهکی نرم و متامورفیک و بعضاً آتشفشانی می‌باشند. شیب این اراضی بین ۳۰ تا ۱۰۰ درصد است. خاک‌های کم‌عمق تا نیمه‌عمیق و دارای پوشش متوسط تا نسبتاً خوب گیاهان مرتعی هستند.

- واحد ۲. ۲: تپه‌های کم ارتفاع تا نسبتاً مرتفع با قله مدور متشکل از سنگ‌های آهکی نرم و بعضاً دگرگونی هستند که دارای شیب ۱۵ تا ۴۰ می‌باشند. پوشش گیاهی متوسط تا نسبتاً خوب، دیم‌کاری در بعضی قسمت‌ها از ویژگی‌های این واحد می‌باشد.

- واحد ۲. ۷: تپه‌های نسبتاً مرتفع با قله مسطح و مدور با فرسایش متوسط متشکل از مواد آبرفتی و واریزه‌ای و شیب ۱۵ تا ۶۰ درصد هستند. خاک‌های نیمه‌عمیق تا عمیق با بافت سبک تا سنگین، پوشش گیاهی نسبتاً خوب، چراگاه فصلی، دیم‌کاری در دامنه‌ها، دره‌های باریک و عمیق، فرسایش زیاد و شیب تند مشخصه‌های اصلی این واحد محسوب می‌شوند.

- واحد ۳. ۱: فلات‌ها و تراس‌های مرتفع و سطوح فرسایش یافته قدیمی با پستی و بلندی متوسط تا زیاد هستند که دارای شیب عمومی ۱ تا ۸ درصد می‌باشند.

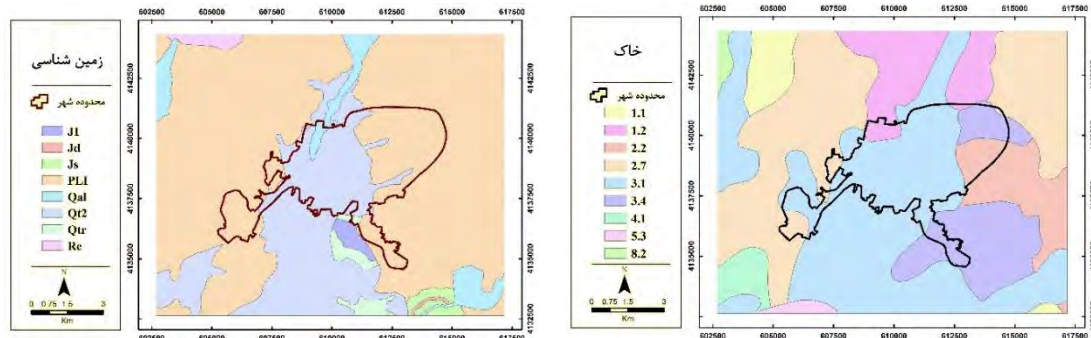
- واحد ۳. ۴: فلات‌ها و تراس‌های فوقانی با پستی و بلندی و بریدگی‌های متوسط تا بسیار زیاد هستند. شیب عمومی این واحد بین ۶ تا ۱۰ درصد می‌باشد. خاک‌های کم عمق تا نیمه عمیق با بافت سنگین عموماً همراه با تمرکز طبقه آهکی از مشخصه‌های این واحد هستند.

- واحد ۴. ۱: دشت‌های دامنه‌ای با شیب ملایم و پستی و بلندی کم تا متوسط هستند. میزان شیب در این واحد ۲ تا ۵ درصد می‌باشد. خاک‌های نیمه عمیق تا عمیق با بافت سنگین و عموماً تکامل پروفیلی از مشخصات این واحد است.

- واحد ۵. ۳: شامل دشت‌های رسوبی نسبتاً مسطح هستند که دارای خاک‌های عمیق تا بسیار عمیق با بافت سنگین و در بعضی قسمت‌ها مطابق هستند.

- واحد ۸. ۲: قسمت‌های پایین واریزه‌های بادبزی شکل سنگریزه‌دار با پستی و بلندی کم و شیب ۲ تا ۵ درصد هستند. دارای خاک‌های نیمه‌عمیق تا عمیق سنگریزه‌دار با بافت متوسط تا سنگین می‌باشند.

پرواضح است خاک‌هایی که از تناسب پایینی برای فعالیت‌های کشاورزی برخوردارند می‌توانند به منظور توسعه فضایی - کالبدی شهرها مورد استفاده قرار گیرند. بدین ترتیب با توجه به توصیفات مرتبط با انواع خاک‌های منطقه، خاک‌های واحد کوهستان برای توسعه فعالیت‌های ساخت و ساز مناسب می‌باشند و برعکس خاک‌های واحد دشت‌ها (۴.۱، ۵.۳ و ۸.۲) به دلیل ارزش‌های کشاورزی و زیست محیطی از تناسب پایینی برای توسعه فضایی - کالبدی شهر برخوردارند. لایه خاک‌های منطقه از نوع کیفی می‌باشند و از این رو قبل از فازی‌سازی لازم است با اعمال کدهایی کمی شوند. در این رابطه خاک‌های واحد ۵.۳ با کد ۱ نامناسب‌ترین نوع خاک و خاک‌های واحد ۱.۱ با کد ۸ مناسب‌ترین نوع خاک برای توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه به‌شمار می‌روند. تابع مورد استفاده جهت فازی‌سازی لایه خاک از نوع خطی افزایشی است. بر اساس این تابع، سازندهایی که کد بالاتری به آنها اختصاص پیدا کرده از تناسب بیشتری جهت توسعه فیزیکی برخوردار می‌باشند.



شکل ۵. نقشه خاک و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

زمین‌شناسی

نقشه‌های زمین‌شناسی از منظر ارزیابی پایداری زمین و مخاطرات محیطی (مخصوصاً زلزله) حائز اهمیت می‌باشند. همان‌طور که در نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه آمده است، کدها برای کمی کردن لایه کیفی زمین‌شناسی می‌باشد. هر چقدر زمین زیرینا مقاوم‌تر باشد برای توسعه فیزیکی مناسب‌تر است و کد بالاتری می‌گیرد و برعکس. طبق لایه زمین‌شناسی بدست آمده کدهای اختصاص یافته به واحدها به شرح زیر می‌باشند:

- کد ۱ برای واحد QAL: که متشکل از آبرفت‌های عهد حاضر و نهشته‌های کواترنری می‌باشند.
- کد ۲ برای واحد QT2: که شامل آبرفت‌های عهد حاضر و نهشته‌های کواترنری می‌باشند.
- کد ۳ برای واحدهای Jd, Re, JI, Js و Qtr: که شامل تراورتن‌های پلیوکواترنری و طبقات نازک آهک و دولومیت تودوری می‌باشند.

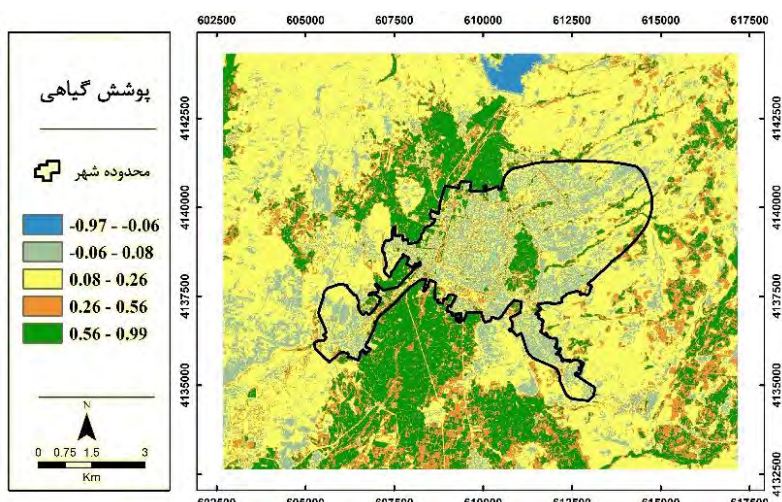
➤ کد ۴ به واحد PLI: که شامل توف و خاک رس‌های نسبتاً سخت شده و همراه با فسیل می‌باشند.

بنابراین، اراضی که توسعه فیزیکی فضایی - کالبدی شهر را هموار می‌سازند و از نظر زمین‌شناسی از تناسب بالایی برخوردار هستند، کد بالاتری می‌گیرند. به این ترتیب اراضی واحدهای QAL و QT2 به ترتیب با کدهای ۱ و ۲ نامناسب‌ترین نوع اراضی و واحد PLI با کد ۴ مناسب‌ترین نوع اراضی جهت توسعه فیزیکی فضایی - کالبدی شهر مراغه به شمار می‌روند. لایه زمین‌شناسی، شناخت زمین جهت احداث ساخت و سازهای شهری بر روی آن از جمله نیاز اساسی برنامه‌ریزان، طراحان، کارشناسان، مشاوران شهری است. این لایه جزء لایه‌های کیفی می‌باشد و براساس سازند زمین‌شناسی کدگذاری شده است. به این صورت که به سازندهای مقاوم‌تر جهت توسعه فیزیکی کد بالاتری اختصاص داده شده است. تابع مورد استفاده برای فازی‌سازی نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه از نوع خطی افزایشی می‌باشد. بر اساس این تابع، سازندهایی که کد بالاتری به آنها اختصاص پیدا کرده از تناسب بیشتری جهت توسعه فیزیکی برخوردار هستند.

پوشش گیاهی

برای بررسی این متغیر به معروف‌ترین شاخص پوشش گیاهی، شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی یا NDVI مراجعه شده است. این شاخص وضعیت پوشش گیاهی را بر روی سطح زمین در مناطق وسیع نشان می‌دهد. در این راستا، لایه‌های پوشش زمین و پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای SENTINEL-2 با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر تهیه گردید. آنچه که باید به آن توجه داشت، رشد و توسعه مطلوب شهر می‌باشد. با اینکه شهر مراغه با باغ‌شهرهایش تعریف می‌گردد اما امروزه در داخل محدوده قانونی شهر تغییر کاربری اراضی (از باغ‌ها به مسکونی) دیده می‌شود. در پهنه‌های شمال شهر باغات حاشیه سد با احداث سد علویان از بین رفته‌اند. در قسمت‌های شمالی و جنوبی پیراشهر به دلیل پوشش گیاهی توسعه فیزیکی شهر از تناسب خوبی برخوردار نیست، در مقابل پهنه‌های بایر یا با پوشش گیاهی ضعیف در جنوب شرقی، زمینه رشد شهر را فراهم می‌سازند. مقادیر کلاس اول (۰/۰۰۶ تا ۰/۰۹۷-) نشان دهنده توده‌های آب دریاچه پشت سد علویان هست. کلاس دوم یعنی مقادیر (۰/۰۸ تا ۰/۰۶-) نشان دهنده اراضی ساخته شده و سنگلاخ می‌باشند. کلاس سوم با مقادیر (۰/۰۲۶ تا ۰/۰۸) مراتع با پوشش گیاهی ضعیف هستند. کلاس چهارم یعنی مقادیر (۰/۰۵۶ تا ۰/۰۲۶) مراتع با پوشش گیاهی متوسط و اراضی آیش می‌باشند و همچنین کلاس پنجم با مقادیر (۰/۹۹ تا ۰/۵۶) اراضی کشاورزی آبی (عمدتاً به صورت باغ) می‌باشند.

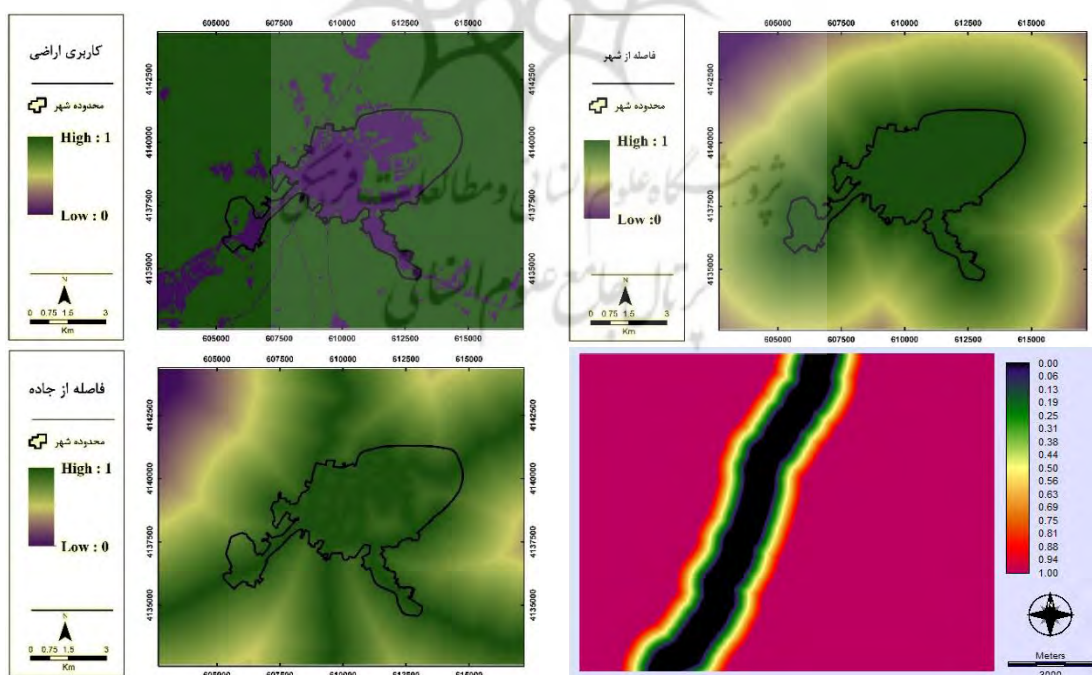
تابع مورد استفاده جهت فازی‌سازی لایه پوشش گیاهی از نوع خطی کاهشی است. به طوریکه، با افزایش پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه از میزان تناسب اراضی جهت توسعه فیزیکی شهر کاسته می‌شود. در قسمت‌هایی از جنوب منطقه مورد مطالعه، به دلیل مرتع و پوشش گیاهی ضعیف، مقادیر نزدیک به ۱ بوده و از نظر پوشش گیاهی این پهنه تناسب بیشتری برای توسعه فیزیکی دارد.

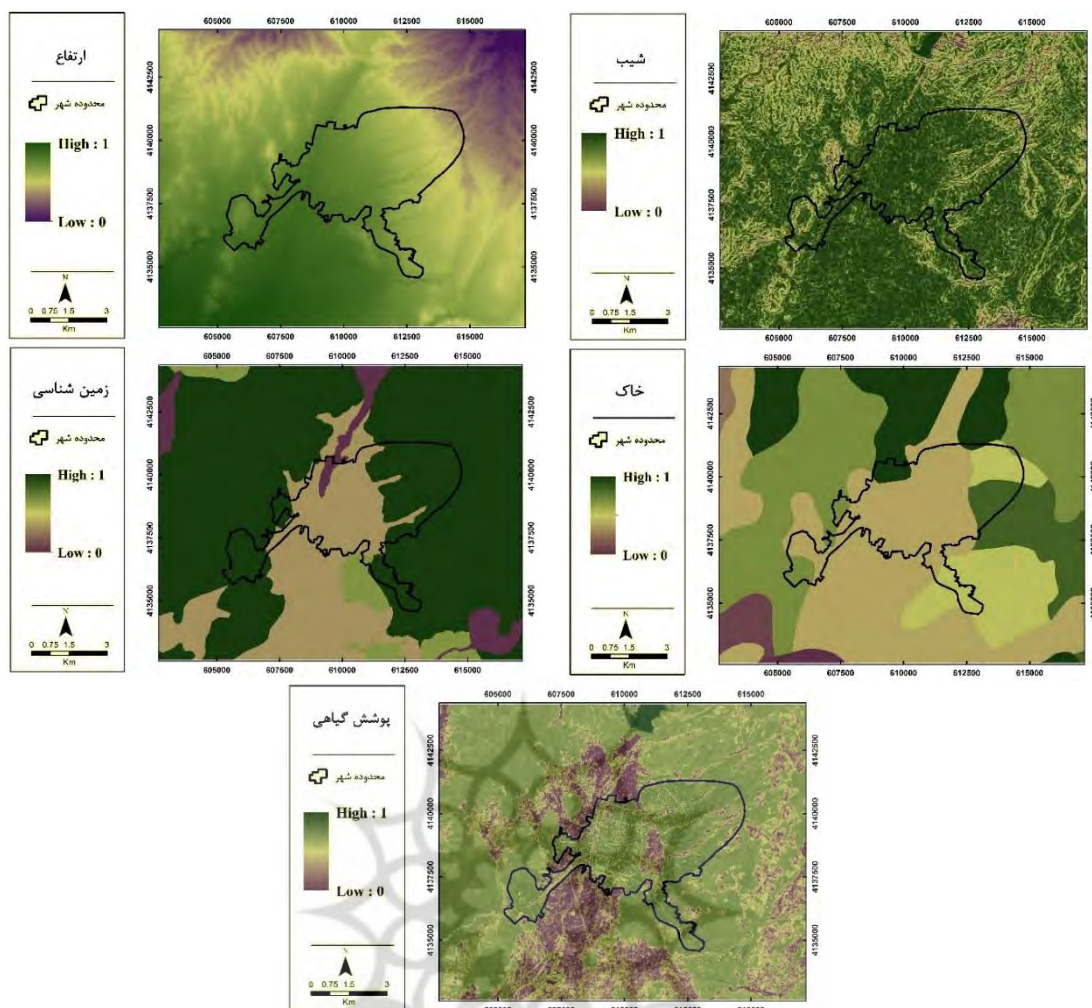


شکل ۶. نقشه پوشش گیاهی و مقادیر شاخص NDVI در منطقه مورد مطالعه
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

فازی‌سازی لایه‌های موضوعی مورد استفاده

در پژوهش حاضر، لایه‌های موضوعی مورد نظر با استفاده از توابع فازی تبدیل به لایه‌های فازی شدند. یکی از اهداف فازی‌سازی بی‌بعد کردن لایه‌ها می‌باشد، علت این امر آن است که لایه‌های موضوعی مورد استفاده واحدهای متفاوتی دارند، به عنوان مثال واحد لایه‌های شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی و فاصله از نقاط شهری و آبراهه با یکدیگر یکسان نیست. هدف دیگر از فازی‌سازی ارزش‌گذاری مجدد لایه‌ها بین عدد ۰ تا ۱ می‌باشد. به این معنی که روی نقشه پیکسل‌های دارای ارزش‌های ۱ (عضویت کامل) و نزدیک به آن می‌باشند؛ با دور شدن از این ایده‌آل ارزش مقادیر کاهش پیدا می‌کند و در نهایت به صفر یعنی عدم عضویت ختم می‌شوند.





شکل ۷. نقشه‌های فازی متغیرهای مورد استفاده جهت مکان‌یابی توسعه فیزیکی شهر مراغه
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

در پژوهش حاضر، جهت تهیه نقشه تناسب اراضی در منطقه مورد مطالعه، ۹ نقشه فازی در محیط GIS با استفاده از عملگر گامای فازی با هم ترکیب شدند. طبق نقشه نهایی تناسب اراضی جهت توسعه فیزیکی منطقه مورد مطالعه (شکل ۸)، نتایج حاصل از روی هم‌گذاری و ترکیب لایه‌های موضوعی موثر بر مکان‌یابی بهینه توسعه فضایی- کالبدی شهر مراغه را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- شرایط توپوگرافیکی و اکولوژیکی منطقه مطالعاتی به گونه‌ای است که مکان‌یابی پهنه‌های بهینه جهت توسعه فضایی- کالبدی شهر مراغه را به شدت محدود می‌سازد. بدین ترتیب نقشه پهنه‌بندی تناسب اراضی منطقه جهت توسعه فضایی شهر (شکل ۸) تا حد زیادی به صورت نسبی می‌باشد. بر این اساس، بالغ بر ۲۳ درصد از محدوده مطالعاتی جهت توسعه فضایی شهر در کلاس با تناسب بسیار پایین قرار دارد. این پهنه‌ها منطبق بر زمین‌های ساخته شده منطقه و اراضی حاشیه رودخانه صوفی‌چای می‌باشند. درخصوص اراضی ساخته شده باید اذعان نمود که در اینجا هدف اصلی، مکان‌یابی توسعه فضایی بیرونی شهر می‌باشد و توسعه درون‌زای شهر خارج از چارچوب پژوهش حاضر قرار می‌گیرد. درواقع، پهنه‌ها و کاربری‌هایی در داخل شهر وجود دارند که می‌توانند به‌عنوان پتانسیل‌های درونی توسعه شهر مورد توجه قرار گیرند. در این زمینه می‌توان به وجود بافت‌های فرسوده گسترده در محدوده داخلی شهر مراغه اشاره نمود که می‌توانند برای توسعه کالبدی درون‌زای شهر مورد

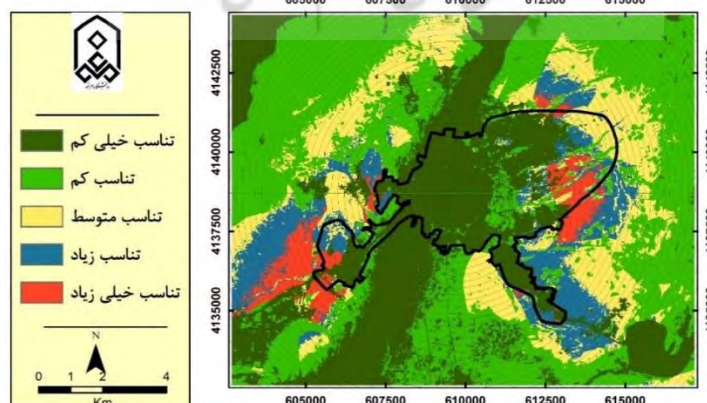
بهره‌برداری قرار گیرند. با این حال با توجه به هدف پژوهش حاضر، کاربری‌های ساخته‌شده در کلاس با تناسب بسیار پایین قرار گرفته‌اند. در خصوص اراضی پیرامون رودخانه صوفی‌چای، مجموعه‌ای از شرایط باعث شده‌اند که اراضی مذکور برای توسعه فضایی- کالبدی شهر مناسب نباشند. در این رابطه می‌توان به وجود رودخانه صوفی‌چای و ارزش‌های اکولوژیکی بالای آن، بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی، سست و منفصل بودن رسوبات موجود در این پهنه‌ها و در نتیجه مسائل و مشکلات احتمالی برای فونداسیون ساختمان‌ها، وجود خاک‌های حاصلخیز و فعالیت‌های کشاورزی مرتبط با آن و همچنین مخاطرات احتمالی مرتبط با فرایندهای رودخانه‌ای (از قبیل فرسایش کناره، آب‌شستگی و خطر سیلاب) اشاره نمود.

- حدود ۱۷ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه در کلاس با تناسب پایین برای توسعه فضایی- کالبدی شهر مراغه قرار گرفته‌اند. این پهنه‌ها عمدتاً منطبق بر اراضی کشاورزی آبی منطقه می‌باشند. بخش عمده‌ای از این اراضی در دشت میان‌کوهی مراغه جای دارند. دشت مذکور حاصل فرسایش و رسوب‌گذاری رودخانه صوفی‌چای و انشعابات مختلف آن در طی دوره کواترنری (دوره چهارم زمین‌شناسی) می‌باشد. عرض این دشت در جهت پایین‌دست افزایش پیدا کرده و بستر اصلی فعالیت‌های کشاورزی منطقه به‌شمار می‌رود. حفاظت از اراضی مذکور با توجه به محدود بودن منابع آب و خاک منطقه ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. متأسفانه بخش قابل توجهی از این اراضی در طی دهه‌ها و سال‌های اخیر به دلیل توسعه ساخت و ساز و فعالیت‌های سوداگرانه زمین به زیر ساخت و ساز رفته و یا به طرق مختلف مورد تخریب قرار گرفته است. در سال‌های اخیر رواج ویلاسازی باعث تغییر کاربری و گسیخته شدن اراضی کشاورزی منطقه گردیده است. بدین ترتیب لازم می‌نماید که با وضع قوانین محدودکننده و افزایش نظارت‌های سخت‌گیرانه از توسعه ساخت و ساز و تخریب این اراضی ممانعت به عمل آید. همچنین برخی از اراضی موجود در این کلاس مشتمل بر زمین‌های بسیار پرشیب و با درجه ناهمواری بالا می‌باشد که عملاً توسعه ساخت و ساز در این زمین‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد.
- تقریباً ۲۰ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه در کلاس با تناسب متوسط قرار گرفته است. پهنه‌های مذکور از نظر برخی از معیارها مناسب توسعه شهری و از نظر معیارهایی دیگر نیز نامناسب برای توسعه شهر هستند. از عوامل مطلوب می‌توان به سازندهای زمین‌شناسی نسبتاً مقاوم، تراکم پایین پوشش گیاهی و دوری از رودخانه اصلی منطقه اشاره نمود. از عوامل نامطلوب نیز می‌توان مواردی از قبیل دوری نسبی از شهر، فقدان زیرساخت‌های ارتباطی و وجود شیب‌های تند را برشمرد. بدین ترتیب پهنه‌های مذکور به دلیل برخی از شرایط نامطلوب محیطی و زیربنایی نمی‌توانند برای توسعه فضایی شهر مراغه مورد استفاده قرار گیرند. با این حال، اراضی مذکور می‌توانند برای اهداف و کاربری‌های خاصی نظیر احداث تفرجگاه‌ها مورد بهره‌برداری قرار گیرند. با توجه به تراکم پایین پوشش گیاهی، فقدان آب‌های زیرزمینی، دوری از رودخانه و غیره، بهره‌برداری از این اراضی قابل اغماض است (مشروط به رعایت استانداردهای زیست محیطی).

- حدود ۲۲ درصد از مساحت منطقه در کلاس با تناسب بالا برای توسعه فضایی- کالبدی شهر مراغه قرار گرفته است. پهنه‌های مذکور به صورت هلالی پیرامون شهر مراغه امتداد یافته‌اند. این پهنه‌ها تنها در صورتی می‌توانند برای توسعه فضایی- کالبدی شهر مراغه مورد استفاده قرار گیرند که پهنه‌های واقع در کلاس با تناسب بسیار زیاد کشش توسعه فضایی شهر را نداشته باشند. این امر با توجه به کاهش رشد جمعیت و افت روند توسعه فضایی- کالبدی شهر مراغه در طی سال‌های اخیر، تا افق تقریبی ۲۰ سال آینده ضروری به نظر نمی‌رسد. پهنه‌های مذکور از تراکم پوشش گیاهی پایینی برخوردارند؛ از نظر زمین‌شناسی در شرایط نسبتاً پایداری قرار دارند؛ فاقد سفره‌های آب زیرزمینی هستند؛ با هزینه‌های نه‌چندان گزاف می‌توانند به شهر مادر و شبکه‌های ارتباطی اصلی منطقه دسترسی داشته باشند؛ با این حال توسعه ساخت و ساز و استقرار زیرساخت‌ها در این پهنه‌ها با توجه به شرایط توپوگرافیکی مستلزم عملیات آماده‌سازی زمین (خاک‌ریزی، خاک‌برداری و غیره) می‌باشند. در حال

حاضر از این پهنه‌ها می‌توان برای اهداف خاص مرتبط با شهر بهره گرفت. در این زمینه می‌توان به استقرار برخی از کاربری‌هایی که نیازمند فضایی وسیع می‌باشند اشاره نمود.

- در حالت تطبیقی بالغ بر ۱۸ درصد از محدوده مورد مطالعه برای گسترش فیزیکی شهر مراغه از شرایط بسیار مطلوبی برخوردارند. پهنه‌های مذکور در شرق و جنوب غرب شهر مراغه و به صورت پیوسته و متصل به شهر واقع شده‌اند. در واقع مجموعه‌ای از عوامل باعث شده‌اند که پهنه‌های مذکور مناسب توسعه ساخت و ساز شهر تشخیص داده شوند. در این زمینه می‌توان به مواردی بدین شرح اشاره نمود: از نظر ویژگی‌های توپوگرافیکی (مخصوصاً ارتفاع و شیب) محدودیت جدی برای توسعه ساخت و ساز در این پهنه‌ها وجود ندارد. درواقع بخش عمده‌ای از این اراضی دارای شیب‌هایی کمتر از ۱۰ درصد هستند که مناسب توسعه شهری (مخصوصاً شیب‌های کمتر از ۵ درصد) می‌باشند. با این حال، در بخش‌هایی از این اراضی عملیات آماده‌سازی زمین اجتناب‌ناپذیر است که با توجه به شرایط محیطی حاکم بر منطقه قابل اغماض می‌باشد. پهنه‌های مذکور دسترسی نسبتاً مطلوبی به شهر مادر و شبکه‌های ارتباطی منطقه دارند و در نتیجه صرفه‌جویی‌های زیادی درخصوص هزینه احداث زیرساخت‌های ارتباطی و انرژی صورت خواهد گرفت. پهنه‌های مذکور در فاصله‌ای دور از رودخانه و بستر دره صوفی‌چای واقع شده‌اند و در نتیجه از بروز مسائل زیست محیطی و اکولوژیکی اجتناب خواهد شد. از نظر پوشش زمین این اراضی مشتمل بر اراضی بایر یا با پوشش گیاهی ضعیف هستند و از این‌رو مراتع منطقه دچار آسیب جدی نخواهند شد. از نظر شرایط زمین‌شناسی، زیربنای این پهنه‌ها نسبتاً پایدار بوده و گسل قابل توجهی نیز در این منطقه وجود ندارد و همچنین به دلیل نفوذپذیری اندک سازندها و فقدان منابع آب زیرزمینی، مسائلی در زمینه آلودگی منابع آب زیرزمینی پیش نخواهد آمد. جهت‌گیری غالب شیب‌ها (دامنه‌ها) - مخصوصاً در شرق منطقه - به طرف غرب می‌باشد که با توجه به سردسیر بودن منطقه دامنه‌هایی مناسب برای توسعه شهر به‌شمار می‌روند. این امر به دلیل دریافت بیشتر نور آفتاب در جهات غربی نسبت به جهات شمالی و شرقی می‌باشد. در سال‌های اخیر روند توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه عمدتاً در جهات شرقی و منطبق بر پهنه‌های مذکور بوده و در نتیجه می‌توان بیان داشت که مکان‌یابی توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه به درستی صورت گرفته است. هر چند برخی از جنبه‌ها و پیامدهای این‌گونه گسترش شهری نادیده گرفته شده است. همچنین در غرب شهر مراغه پهنه‌هایی نسبتاً مطلوب برای توسعه شهر وجود دارد که در حال حاضر دو روستای طالب‌خان و کردلر در این پهنه‌ها در حال توسعه فضایی - کالبدی می‌باشند. استمرار این روند در آینده‌ای نزدیک منجر به ادغام دو روستای مذکور در سیستم شهر مراغه خواهد شد. در حالت کلی، این پهنه‌ها می‌توانند برای احداث شهرک‌های مسکونی امکان‌سنجی شوند.



شکل ۸. نقشه نهایی تناسب اراضی جهت توسعه فیزیکی شهر مراغه

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر به مکان یابی بهینه توسعه فیزیکی شهر مراغه پرداخته شده است. با توجه به اینکه متغیرهای پژوهش از ماهیت مکانی - فضایی برخوردار هستند، بنابراین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. متغیرهای مورد بررسی عبارتند از: کاربری اراضی، زمین شناسی، ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از شهر و فاصله از جاده های ارتباطی اصلی، خاک شناسی و پوشش گیاهی. متغیرهای موثر بر توسعه فیزیکی شهر مراغه به صورت لایه موضوعی در محیط نرم افزار ArcMap آماده شدند و توزیع فضایی آنها مورد بررسی قرار گرفت. در پژوهش حاضر متغیرهای مورد بررسی دارای واحدهای یکسانی نبوده اند و بعد از فازی سازی، لایه ها هم پوشانی شدند.

با توجه به نتایج بدست آمده از توسعه فیزیکی شهر مراغه می توان گفت که شرایط توپوگرافیکی و اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه به گونه ای است که مکان یابی پهنه های بهینه جهت توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه را به شدت محدود می سازد. بر این اساس، بالغ بر ۲۳ درصد از محدوده مورد مطالعه جهت توسعه فضایی شهر در کلاس با تناسب بسیار پایین قرار گرفته است. این پهنه ها منطبق بر زمین های ساخته شده منطقه و اراضی حاشیه رودخانه صوفی چای می باشند. در حدود ۱۷ درصد از مساحت منطقه مطالعاتی در کلاس با تناسب پایین برای توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه قرار گرفتند. این پهنه ها عمدتاً منطبق بر اراضی کشاورزی آبی منطقه می باشند. طبق بررسی های صورت گرفته، تقریباً ۲۰ درصد مساحت منطقه مطالعاتی در کلاس با تناسب متوسط قرار گرفته اند.

پهنه های مذکور از نظر برخی از معیارها مناسب توسعه شهری و از نظر معیارهایی دیگر نامناسب برای توسعه شهر هستند. از عوامل مطلوب می توان به سازندهای زمین شناسی نسبتاً مقاوم، تراکم پایین پوشش گیاهی و دوری از رودخانه اصلی منطقه اشاره نمود. از عوامل نامطلوب نیز می توان مواردی از قبیل دوری نسبی از شهر، فقدان زیرساخت های ارتباطی و وجود شیب های تند را برشمرد. در حدود ۲۲ درصد از مساحت منطقه در کلاس با تناسب بالا برای توسعه فضایی - کالبدی شهر مراغه قرار گرفتند. پهنه های مذکور به صورت هلالی پیرامون شهر مراغه امتداد یافته اند. در حالت تطبیقی بالغ بر ۱۸ درصد از محدوده مورد مطالعه برای گسترش فیزیکی شهر مراغه از شرایط بسیار مطلوبی برخوردارند. پهنه های مذکور در شرق و جنوب غرب شهر مراغه و به صورت پیوسته و متصل به شهر واقع شده اند. در واقع مجموعه ای از عوامل باعث شده اند که پهنه های مذکور مناسب توسعه ساخت و ساز شهر تشخیص داده شوند. حاتمی نژاد و عشقی چهاربرج (۱۳۹۵) نتیجه گرفتند که اراضی نیمه هموار و تپه ماهوری واقع در غرب و جنوب غربی شهر مراغه یکی از گزینه های مناسب برای توسعه فیزیکی این شهر می باشد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

References:

1. Ahmadi, M., Samadi, N., Khadem, Sh., & Dargahi, A. (2013). *Investigating the Importance of Green Spaces in Controlling and Reducing Urban Air Pollution*. Third International Conference on Environmental Planning and Management, University of Tehran. [in Persian]
2. Al-Ghorayeb, A., Al-Shaar, W., Elkordi, A., Faour, G., Al-Shaar, M., & Attalah, Y. (2023). Land Suitability Analysis for Sustainable Urban Development: A Case of Nabatiyeh Region in Lebanon. *Journal of J — Multidisciplinary Scientific*, 6(2), 267-285.
3. Ali-Nejad Tayebi, K. (2010). *An Analysis of the Process of Physical Development of Firouzabad City*. Master's Thesis, Faculty of Geographic Sciences and Planning, University of Isfahan. [in Persian]
4. Azimi Amoli, J. (2009). *Terms and Concepts of Urban Sciences*. Tehran [in Persian]
5. Esfandiyari, D., & Gherachorlo, D. (2018). Study the Feasibility of Physical Expansion of Sarab City in Relation with the Natural Environmental Factors. *Journal of Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 8(28), 1-16. [in Persian]
6. Gharaibeh, A., Shaamala, A., & Ali, M. (2020). Multi-Criteria Evaluation for Sustainable Urban Growth in An-Nuayyimah, Jordan Post War Study. *Journal of Procedia Manufacturing*. 44(12). 156-163.

7. Gharakhloo, M., Davoodi, M., Zandavi, M., & Jorjani, H. A. (2011). Locating Physical Development Areas of Babolsar City Based on Natural Indicators. *Journal of Geography and Development Journal*, 9(23), 99–122. [in Persian]
8. Hatami-Nejad, H., & Eshghi Chaharborj, A. (2016). Maragheh locate optimal physical development with an emphasis on urban sustainability. *Journal of Geographical Planning of Space*, 6(19), 15-31. [in Persian]
9. Kheirizadeh, M., & Esmaeilpour, M. (2021). Application of Catastrophe Theory in Optimum Site Selection for Spatial Development of Cities Based on Natural Hazards and Variables (Case Study: Tabriz Metropolis). *Journal of Geography and Development*, 19(62), 1-30. [in Persian]
10. Lotfi, S., Manochehri Miyandoab, A., & Ahar, H. (2013). Analysing the Physical and Spatial Expansion Pattern of Margheh Using Quantitative Models. *Journal of Geography and Planning*, 17(43), 191-232. [in Persian]
11. Lotfi, S., Mahmoudzadeh, H., Abdollahi, M., Salak Farkhi, R. (2010). Application of SPOT Satellite Images for Land Use Mapping of Marand County with an Object-Oriented Approach. *Journal of Remote Sensing and Geographic Information Systems in Planning*, 1(2), 47-56. [in Persian]
12. Mokhtari, D., & Emami Kia, V. (2014). Zoning The Application of Urban Land in Tabriz Eram Town Based on Fundamental Components of Geomorphologic Hazards. *Journal of Geographical Planning of Space*, 4(12), 149-172. [in Persian]
13. Mousavi, F., Ahmadi, H., & Ghodousi, J. (2014). *Examining the Effects of Urban Development on Hydrological Behavior (Case Study: Sari City)*. 21st National Geomatics Conference, Islamic Azad University Conference. [in Persian]
14. Nazarian, A., & Tavallayi, S. (2006). Determining the Direction of Physical Development of Andimeshk City Using RS Satellite Data and Geographic Information System. *Journal of Geographical Land Quarterly*, 3(9), 1-20 . [in Persian]
15. Rasouli, M., & Shirmohammadi, M. (2020). Analysis of the pattern for physical development of desert cities by the prospective approach: A case study of the city of Yazd. *Journal of Geographical Research on Desert Areas*, 8(1), 269-299. [in Persian]
16. Rostami, R., & Mohammadkhorshidduost, A. (2022). Locating optimal areas for physical development of the city using the Fuzzy ANP model (Case study Maragheh city). *Journal of Geography and Planning*, 26(79), 153-141. [in Persian]
17. Sarvar, H., Lalehpour, M., & Khairizadeh Arogh, M. (2014). The Role of Environmental Factors in Feasibility Assessment of Optimal Physical Development in Malekan City (Case Study: Malekan City). *Journal of Urban Research and Planning*, 5(18), 95–114. [in Persian]
18. Saxena, A., & Kumar Jat, M. (2020). Land suitability and urban growth modeling: Development of SLEUTH-Suitability. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*, 81(27), 101-110.
19. Setayeshi, H., Rostaei, Sh., Omrani, M., & Zare Pisheh, N. (2014). Investigation of Geomorphological Constraints and Their Impact on Urban Physical Development Using GIS and ANP Methods—Case Study: City of Givi. *Journal of Quantitative Geomorphology Research*, 2(4), 1–16. [in Persian]
20. Suthar, N., Das, D., & Mallik, J. (2024). Land-use suitability assessment for urban development using Multi-Criteria Decision-Making Analysis in the Himalayan districts of Shimla, Nainital, and Darjeeling, India. *Journal of Discov Environ*, 2 (8), 90-121.
21. Yang, J., Li, J., Xu, F., Li, S., Zheng, M., & Gong, J. (2022). Urban development wave: Understanding physical spatial processes of urban expansion from density gradient of new urban land, Computers. *Journal of Environment and Urban Systems*, 97(20), 150-163.
22. Yazdani, M., & Zaranji, F. (2024). Optimum Location of Physical Expansion of Sardasht City Using Combined Methods and Transfer Process Fuzzy Network of Spatial Information System. *Disaster Prev. Journal of Manag. Know*, 13(4), 474-489. [in Persian]
23. Zarin, R., Azmat, M., & Naqvi, S.R. (2021). Landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP, and WLC method based on multi-criteria decision analysis. *Journal of Environ Sci Pollut Res*, 28(7), 19726–19741.