Geographical planning of space quarterly journal

Online ISSN: 2538-4821

Journal Homepage: gps.gu.ac.ir

# Optimal Spatial Planning of Monitoring Stations in River Basins Using CRITIC Multi-Criteria Decision Analysis: A case study of Qaleh-Chai Basin

Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam [1], Masoumeh Rajabi [2], Tohid Rahimpour [3], Ayuob Farazian [4]

1. (Corresponding Author) *Department of Geomorphology, Faculty of Planning and environmental sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
**Email:** rezmogh@tabrizu.ac.ir
2. *Department of Geomorphology, Faculty of Planning and environmental sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
**Email:** mrajabi@tabrizu.ac.ir
3. *Department of Geomorphology, Faculty of Planning and environmental sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
**Email:** rahimpour1990@tabrizu.ac.ir
4. *Department of Geomorphology, Faculty of Planning and environmental sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
**Email:** farazian2000@yahoo.com

**ARTICLEINFO**

Article type:
**Research Article**

**Article History:**
Received:
7 July 2025
Received in revised form:
11 October 2025
Accepted:
20 November 2025
Available online:
22 December 2025

**Keywords:**
*Monitoring station,*
*Optimal Location finding,*
*CRITIC Method,*
*Qaleh-Chai Drainage Basin.*

**ABSTRACT**

In light of escalating environmental challenges and climate change, the establishment of a network of monitoring stations across basins has emerged as a fundamental requirement for optimal water resource management and natural hazard mitigation. These stations facilitate the collection of precise, real-time data, enabling the analysis of hydrological trends, the assessment of flood hazards, and the development of strategic plans to reduce vulnerability. Accordingly, this study aims to identify optimal locations for monitoring stations within the Qaleh Chai basin in East Azerbaijan Province, Iran. To achieve this objective, ten key parameters influencing optimal site selection were considered: elevation, slope, aspect, distance from streams, distance from villages, distance from urban areas, distance from roads, distance from faults, lithology, and land use. The CRITIC multi-criteria decision-making method was employed to determine the weight of each parameter. The weighting results revealed that proximity to rivers, roads, villages, and urban centers played a pivotal role in site selection. Using ArcGIS software, a final suitability map was generated by integrating the weighted parameters with their respective spatial layers. The map was classified into five categories: highly suitable, suitable, moderately suitable, unsuitable, and highly unsuitable for monitoring station installation. The findings indicated that areas near the watershed outlet—particularly low-gradient plains adjacent to rivers and major roads—were identified as ideal zones.

Citation: Rezaei Moghaddam, M. H., Rajabi, M., Rahimpour, T., & Farazian, A. (2025). Optimal Spatial Planning of Monitoring Stations in River Basins Using CRITIC Multi-Criteria Decision Analysis: A case study of Qaleh-Chai Basin. *Geographical planning of space quarterly journal,* 15 (4), 83-99.
http://doi.org/10.30488/gps.2026.551709.3867

© The Author(s)
This is an open access article under the CC BY NC license)https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**Publisher:** Golestan University Press

## Extended Abstract

### Introduction

One key approach to achieving sustainable development objectives in watersheds is comprehensive monitoring and oversight of all elements and components within the basin. This approach involves the meticulous examination and assessment of various factors such as water resources, soil, vegetation, and climatic conditions, all of which play a fundamental role in ecological balance and environmental sustainability. By collecting and analyzing precise data on these components, effective, targeted measures can be designed and implemented to manage natural resources sustainably and protect the environment. To accurately monitor these components, it is essential to establish a monitoring station at the most suitable location within the watershed. Therefore, in this study, to identify and determine the most suitable and optimal possible locations for establishing monitoring stations in the Qaleh-Chay basin—considering climatic, geological, geomorphological, vegetation, and land-use factors—the CRITIC weighting method, a widely used approach in multi-criteria decision-making, has been employed. The application of such scientific and systematic methods can pave the way for integrated and comprehensive management of the studied basin. By considering various criteria and systematically integrating them, this approach enables authorities and planners to make more optimal decisions.

### Methodology

The research focuses on the Qaleh-Chai River Basin. The geomorphological and climatic conditions governing the Qaleh Chai watershed have resulted in significant spatial and temporal fluctuations in the hydrological behavior of the Qaleh Chai River. These characteristics have endowed the study area with a high potential for flood occurrence. For instance, the recorded maximum 24-hour rainfall of 50 mm and peak discharges exceeding 120 m3 per second underscore this watershed's considerable capacity to generate severe floods. This situation arises from the combination of specific geomorphological and climatic factors in the region, which collectively lead to hydrological instability and an elevated risk of flooding. Nearly all settlements in the region are situated along the basin's main watercourses, particularly the Qaleh-Chai River, thereby substantially increasing the vulnerability of local communities. Consequently, implementing comprehensive flood management and control measures in this basin is critical. The highest point in the basin is Meydan-Dagh Mountain at 3,405 meters above sea level, while the lowest point in the downstream section is at 1,292 meters. This study adopts an applied research approach and employs a descriptive-analytical methodology. In the first phase, a comprehensive literature review and expert consultations were conducted to identify key indicators and influential parameters for selecting optimal monitoring station locations. The parameters used include elevation, slope, slope aspect, distance from stream, distance from village, distance from city, distance from road, distance from fault, lithology, and land use.

In this study, slope, aspect, and elevation class maps were generated from a Digital Elevation Model (DEM) with a 12.5-meter spatial resolution. All processing and map production stages were conducted within the ArcGIS software environment. Using Landsat 8 imagery, a land-use map of the study area was prepared, encompassing five classes as water bodies, orchards, agricultural lands, urban and rural settlements, and rangelands. For the preparation of the lithology map and the identification of faults within the study basin, 1:100,000-scale geological maps from the Geological Survey and Mineral Exploration of Iran—specifically the Ajabshir and Osku sheets—were employed. In this research, proximity maps of distances to streams, villages, cities, roads, and faults were generated using the Euclidean Distance tool in ArcGIS. These maps were classified into five distinct categories. The measured distances (including distance from rivers, villages, cities, roads, and faults) are expressed in meters. Furthermore, the drainage network of the region was extracted using the DEM layer. The Google Earth system was utilized to map the spatial locations of villages. After identifying and geolocating the villages, the collected data were imported into ArcGIS to create a comprehensive database. For extracting the spatial locations of roads within the study area, data from the OpenStreetMap website were used. Additionally, the city of Ajabshir's location within the region was determined

using Google Earth and subsequently imported into ArcGIS.

## Results and discussion

The weighting of research criteria was determined using the CRITIC method. This approach assigns each parameter an appropriate weight based on its degree of influence on the study's subject. Given that identifying a suitable location for establishing a monitoring station in the Qaleh-Chai watershed is the primary objective of this research, the key criteria for this process were considered determining factors. Accordingly, the criteria of distance from watercourses, roads, and rural and urban settlements received the highest weights due to their critical role in selecting the optimal site. Other criteria were assigned lower weights in accordance with their reduced influence on the site selection process. The parameter weighting results revealed that four key criteria—distance from river, distance from road, distance from village, and distance from city—played a significant role in determining optimal locations for monitoring stations, with respective weight coefficients of 0.134, 0.127, 0.114, and 0.101. The final suitability map was generated in ArcGIS by multiplying each parameter's weight by its corresponding spatial layer. This map was classified into five distinct zones based on suitability levels: highly suitable, suitable, moderately suitable, unsuitable, and highly unsuitable for monitoring station placement. Spatial analysis indicated that the most optimal zones were predominantly located in downstream areas of the basin, particularly in low-slope plains adjacent to major rivers and primary roads. These regions were identified as ideal due to their favorable accessibility to water resources and transportation networks, while maintaining an optimal distance from urban and rural settlements. These expansive areas not only benefit from optimal topographic conditions and favorable locations but also enable the simultaneous monitoring of multiple hydrological parameters, thereby significantly reducing operational and maintenance costs.

## Conclusion

The Qaleh-Chai Basin, covering 482 square kilometers, requires a network of monitoring stations to collect precise hydrological data due to its unique geographic location and diverse topography. The identified areas, considered ideal zones, are primarily located at the basin's outlet, gently sloping plains adjacent to the river, and along main roads. These regions are given high priority due to their easy accessibility and the potential for simultaneous monitoring of multiple parameters. This study reveals that combining multi-criteria decision-making approaches with Geographic Information Systems (GIS) can provide an efficient tool for environmental planning. The findings of this study are of substantial importance from geographical, geomorphological, and natural hazard management perspectives, particularly regarding floods. Monitoring stations situated within optimized zones can provide the essential data required for flood forecasting and management. These data encompass changes in discharge, sediment load, water quality, and vegetative cover, all of which are critical for designing early warning systems and planning flood risk mitigation strategies. The findings of this research can serve as a model for other basins with similar conditions. Finally, for future studies, the use of emerging technologies such as remote sensing and artificial intelligence is recommended to enhance the accuracy and spatial coverage of monitoring data.

## Funding

There is no funding.

## Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

## Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

## Acknowledgments

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

مجله آمایش جغرافیایی فضا

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۱-۲۵۳۸

Journal Homepage: gps.gu.ac.ir

# مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش در حوضه‌های آبریز با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره CRITIC، مطالعه موردی حوضه آبریز قلعه‌چای

محمدحسین رضائی مقدم [۱]، معصومه رجبی [۲]، توحید رحیم‌پور [۳]، ایوب فرازیان [۴]

۱- نویسنده مسئول، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: rezmogh@tabrizu.ac.ir

۲- گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mrajabi@tabrizu.ac.ir

۳- گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: rahimpour1990@tabrizu.ac.ir

۴- گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: farazian2000@yahoo.com

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
**مقاله پژوهشی**

**تاریخ دریافت:**
۱۴۰۴/۰۴/۱۶

**تاریخ بازنگری:**
۱۴۰۴/۰۷/۱۹

**تاریخ پذیرش:**
۱۴۰۴/۰۸/۲۹

**تاریخ چاپ:**
۱۴۰۴/۱۰/۰۱

**واژگان کلیدی:**
*پایگاه پایش،*
*مکان‌یابی بهینه،*
*روش CRITIC،*
*حوضه آبریز قلعه‌چای.*

**چکیده**

امروزه با توجه به افزایش چالش‌های محیطزیستی و تغییرات اقلیمی، ایجاد شبکه‌ای از پایگاه‌های پایش در سطح حوضه‌های آبریز به‌عنوان یکی از الزامات اساسی در مدیریت بهینه منابع آب و پیشگیری از مخاطرات طبیعی شناخته می‌شود. این پایگاه‌ها با جمع‌آوری داده‌های دقیق و به‌هنگام، امکان تحلیل روند تغییرات هیدرولوژیکی، ارزیابی مخاطراتی نظیر سیلاب، و برنامه‌ریزی راهبردی برای کاهش آسیب‌پذیری را فراهم می‌کنند. در همین راستا هدف اصلی این پژوهش مکان‌یابی احداث پایگاه پایش در سطح حوضه آبریز قلعه چای واقع در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. جهت نیل به این هدف از ۱۰ پارامتر مؤثر در انتخاب مکان‌های بهینه به‌منظور احداث پایگاه پایش استفاده گردید. پارامترهای مورد استفاده عبارت بودند از: ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از روستا، فاصله از شهر، فاصله از جاده، فاصله از گسل، لیتولوژی و کاربری اراضی. در ادامه جهت وزن دهی پارامترها از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره CRITIC استفاده شد. نتایج وزن دهی نشان داد که پارامترهای فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از روستا و فاصله از شهر نقش مهمی در مکان‌یابی پایگاه پایش داشته‌اند. نقشه نهایی از حاصل‌ضرب وزن پارامترها در لایه‌های اطلاعاتی آن‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS به دست آمد. این نقشه به ۵ کلاس کاملاً مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، نامناسب و کاملاً نامناسب از نظر مکان‌یابی پایگاه پایش تقسیم شد. نقشه نهایی نشان داد مناطق واقع در خروجی حوضه (به‌ویژه دشت‌های کم‌شیب مجاور رودخانه و جاده‌های اصلی) به‌عنوان پهنه‌های ایده‌آل شناسایی شدند.

**استناد:** رضائی مقدم، محمدحسین؛ رجبی، معصومه؛ رحیم‌پور، توحید و فرازیان، ایوب. (۱۴۰۴). مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش در حوضه‌های آبریز با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره CRITIC، مطالعه موردی حوضه آبریز قلعه‌چای. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۵ (۴)، ۱۱۴-۱۰۱.
http://doi.org/10.30488/gps.2026.551709.3867

© نویسندگان

**ناشر:** انتشارات دانشگاه گلستان

## مقدمه

اولین مطالعات مرتبط با موضوع مکان‌یابی توسط لانهارد و وان تونن انجام شده است. مکان‌یابی فرآیندی است که در آن توانایی‌ها و قابلیت‌های یک منطقه از نظر وجود زمین مناسب و کافی، ارتباط با سایر کاربری‌ها و پارامترهای مرتبط، مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد تا بهترین مکان برای استقرار یک کاربری خاص انتخاب شود. هدف اصلی این فرآیند، یافتن مکانی است که نه تنها از نظر دسترسی و حمل‌ونقل بهینه باشد، بلکه هزینه‌های مرتبط با این عوامل را نیز به حداقل برساند. در نهایت، این انتخاب باید به گونه‌ای باشد که منافع عمومی را تأمین کند و به بهبود کیفیت زندگی و کارایی منطقه کمک نماید (عسگری و همکاران، ۱۳۸۱: ۴۳). مکان‌یابی یکی از انواع تحلیل‌های مکانی است که نقش بسیار مهمی در کاهش هزینه‌های ایجاد و راه‌اندازی فعالیت‌های گوناگون ایفا می‌کند (نصیری هنده خاله و همکاران، ۱۴۰۲). حوضه آبریز به‌عنوان یک سیستم تولیدی، هم از ورودی‌های طبیعی و هم از ورودی‌های مصنوعی تشکیل شده است. از سوی دیگر، طبیعت پویای حوضه آبریز نشان‌دهنده تعادل ظریف و حساس بین نیروهای مخرب و سازنده است (بروکس و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از مهم‌ترین مسائل در مدیریت بحران‌های مختلف، مکان‌یابی صحیح پایگاه‌های مدیریت بحران است. هدف اصلی از ایجاد این پایگاه‌ها، فراهم آوردن بستری عملیاتی و تاکتیکی مناسب برای اجرای اقدامات پیشگیرانه، آمادگی و مقابله در برابر بحران‌ها، به‌ویژه بحران‌های طبیعی است. به عبارت دیگر، این پایگاه‌ها به کارآمدسازی و تاکتیک‌پذیر کردن سیستم مدیریت بحران شهری کمک می‌کنند (صادقی و همکاران، ۱۴۰۰). یکی از روش‌های کلیدی که می‌تواند به تحقق اهداف توسعه پایدار در حوضه‌های آبریز کمک کند، پایش و نظارت جامع بر تمامی عناصر و مؤلفه‌های مرتبط با حوضه آبریز است. این رویکرد شامل بررسی و ارزیابی دقیق عوامل مختلفی مانند منابع آب، خاک، پوشش گیاهی، و شرایط اقلیمی می‌شود که همگی در تعادل اکولوژیکی و پایداری محیط زیست نقش اساسی دارند. با جمع‌آوری و تحلیل داده‌های دقیق از این مؤلفه‌ها، می‌توان اقدامات مؤثر و هدفمندی را برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و حفاظت از محیط زیست طراحی و اجرا کرد. برای پایش دقیق این مؤلفه‌ها، لازم است یک پایگاه پایش در مناسب‌ترین نقطه از حوضه آبریز ایجاد شود. بنابراین در این پژوهش، به منظور شناسایی و تعیین مناسب‌ترین و بهینه‌ترین مکان‌های ممکن جهت احداث و استقرار پایگاه‌های پایش و مانیتورینگ حوضه آبریز قلعه‌چای از نظر عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی، از روش وزن‌دهی CRITIC که یکی از روش‌های پرکاربرد در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره محسوب می‌شود، استفاده گردیده است. به کارگیری چنین روش‌های علمی و سیستماتیکی می‌تواند زمینه‌ساز مدیریت یکپارچه و جامع حوضه مورد مطالعه باشد. این رویکرد با در نظر گرفتن معیارهای مختلف و تلفیق آن‌ها به صورت سیستماتیک، امکان اتخاذ تصمیم‌های بهینه‌تر را برای مسئولان و برنامه‌ریزان فراهم می‌سازد. تحقیقات گسترده‌ای در سال‌های اخیر به موضوع مکان‌یابی اختصاص یافته است که بخشی از آن‌ها در ادامه مرور می‌شوند. کفاش چرندابی و همکاران (۱۳۹۱) به مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا در کلان‌شهر تهران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) پرداختند. در این پژوهش از سه روش تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل ELECTRE، PROMETHEE و WSM برای تعیین مکان بهینه ایستگاه‌های جدید استفاده شد. معیارهای مهمی مانند تراکم جمعیت، فاصله از ایستگاه‌های موجود، فاصله از درختان، فاصله از دیوار ساختمان‌ها و فاصله از خیابان‌ها انتخاب شدند. نتایج نشان می‌دهد که روش PROMETHEE در مقایسه با سایر روش‌ها، رضامندی بیشتری ایجاد می‌کند. همچنین، با استفاده از روش‌های ادغام مانند میانگین حسابی، بردا و کاپلند، رتبه‌بندی نهایی ارائه شده است که نشان‌دهنده اولویت احداث ایستگاه‌های جدید در مناطق پرترافیک و آلوده‌تر مانند بزرگراه‌های بسیج، فتح، شهید عراقی، یادگار امام و تهران–کرج است. این نتایج نشان می‌دهد که ایستگاه‌های پیشنهادی در مناطق با کیفیت

هوای خطرناک و غیربهداشتی قرار گرفته‌اند و نیاز به احداث ایستگاه‌های جدید در این مناطق بیشتر احساس می‌شود. صادقی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در شهر آبیک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. به همین منظور ابتدا شاخص‌های مدیریت بحران در آبیک شناسایی شدند. سپس پرسشنامه‌ای برای تعیین اهمیت هر معیار بین کارشناسان و متخصصین توزیع شد. در ادامه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم‌افزار Expert Choice، وزن معیارها تعیین شد. در نهایت، با تبدیل لایه‌های اطلاعاتی به رستر در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و استفاده از روش Index overlay، مناسب‌ترین مکان‌ها برای ایجاد پایگاه‌های پشتیبانی مشخص شدند. بر اساس معیارهای مورد ارزیابی، سه گزینه در شمال‌شرقی، جنوب و شمال‌غربی شهر، موقعیت مناسب‌تری داشته‌اند. مصطفی و شتایی جویباری (۱۴۰۲) در پژوهش به بررسی نقاط دیده بانی مناسب برای پایش منابع طبیعی در حوضه آبخیز چهل‌چای با استفاده از تحلیل فضایی دیده‌بانی پرداختند. برج‌های دیده‌بانی به همراه سایر پیشرفت‌های تکنولوژیکی، نقش مهمی در شناسایی آتش‌سوزی‌های جنگلی دارند. در این تحقیق، ۳۰ روستا و ۲۶ نقطه دید مناسب و قابل دسترس به‌عنوان نقاط مشاهده انتخاب شدند. با استفاده از نرم‌افزار QGIS، تحلیل دیده‌بانی برای تعیین مناطق قابل رؤیت و غیرقابل رؤیت در منطقه مورد مطالعه انجام شد. چهار سناریو برای ارزیابی دید نقاط برای پایش غیرمستقیم حوضه آبخیز به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که ابزار Viewshed به طور مؤثری مناطق قابل رؤیت و غیرقابل رؤیت را از نقاط دید در سناریوهای مختلف شناسایی می‌کند. نصیری هنده خاله و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی اقدام به مکان‌یابی پایگاه پشتیبانی مدیریت بحران مرکزی در کلان‌شهر کرج کردند. جهت انجام این تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. پس از تعیین معیارهای طبیعی و انسانی مؤثر، با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice به وزن دهی معیارها پرداخته شد. سپس، لایه‌های اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ترکیب و نقشه مکان‌یابی پایگاه پشتیبانی مدیریت بحران مرکزی شهر کرج به پنج طبقه (کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و کاملاً نامناسب) تقسیم شد. در نهایت، با مشورت کارشناسان مدیریت بحران و بر اساس معیارهایی مانند دسترسی به جاده‌ها، مرکزیت جغرافیایی، مساحت زمین، فاصله از گسل و نزدیکی به بیمارستان، منطقه‌ای در مجاورت ترمینال شهید کلانتری کرج به‌عنوان بهترین مکان برای احداث پایگاه پشتیبانی مدیریت بحران مرکزی کلان‌شهر کرج انتخاب شد. محسن‌زاده و همکاران (۱۴۰۳) به مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های چندمنظوره مدیریت بحران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مناطق ۴ و ۱۰ شهرداری تبریز پرداختند. در این راستا، ابتدا عوامل مؤثر بر مکان‌یابی پایگاه‌ها شناسایی و بررسی شدند. سپس، با استفاده از روش AHP در نرم‌افزار Expert choice، پارامترها وزن دهی شدند. در ادامه، لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای مدل Fuzzy با یکدیگر تلفیق گردیدند. نتایج پژوهش نشان داد که بخش جنوبی منطقه ۴ به‌عنوان گزینه برتر تعیین شد. این منطقه دارای فضاهای شهری مناسب از قبیل فضاهای سبز، آموزشی، ورزشی و دسترسی مناسب است و اولویت بیشتری برای استقرار این پایگاه دارد. همچنین، پارک‌های امیرکبیر و آنا و توحید به‌عنوان بهترین مکان‌ها جهت مکان‌یابی این پایگاه‌ها ارزیابی شدند. دسوزا فراقا و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به ارائه روشی برای پشتیبانی از استقرار ایستگاه‌های پایش کیفیت آب در حوضه‌های رودخانه‌ای پرداختند. برای دستیابی به این هدف، هشت معیار انتخاب و با در نظر گرفتن نظر متخصصان مدیریت منابع آب، بر اساس درجه اهمیت‌شان وزن‌دهی شد. همچنین، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری طراحی گردید تا این روش‌شناسی بتواند توسط پژوهشگران و نهادهای مدیریتی برای تخصیص ایستگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد و در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به طور کامل پیاده‌سازی شود. لاگوگیانیس و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با تلفیق ابزارهای پردازش مکانی (GIS) و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (F-AHP) و همچنین به‌کارگیری یک

تحلیل حساسیت جامع، مدلی را برای تعیین نقاط بهینه استقرار ایستگاه‌های خودکار پایش کیفیت آب ارائه دادند.

## روش پژوهش

این تحقیق از نوع پژوهش‌های کاربردی است که با روش توصیفی-تحلیلی انجام شده است. در گام اول، با مرور ادبیات موضوع و اخذ نظرات کارشناسان، شاخص‌های کلیدی و پارامترهای تأثیرگذار بر انتخاب مکان پایگاه پایش شناسایی شد. در ادامه، برای وزن دهی و رتبه‌بندی این معیارها، از تکنیک CRITIC استفاده گردید.

**مدل CRITIC**

برای تعیین بهترین مکان جهت ایجاد پایگاه پایش در حوضه آبریز قلعه چای، از روش CRITIC استفاده شده است. این روش که توسط دیاکولاکی و همکارانش در سال ۱۹۹۵ ارائه شده است، به منظور وزن دهی به معیارهای تحقیق طراحی شده است. در این روش، برای هر معیار ارزیابی، دامنه‌ای از تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده بین گزینه‌ها وجود دارد که به صورت یک تابع عضویت بیان می‌شود. برای تعیین وزن معیارها با استفاده از روش CRITIC، گام‌های زیر طی می‌شود:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم: در این روش، ماتریسی ایجاد می‌شود که در آن هر سطر نمایانگر یک گزینه و هر ستون نشان‌دهنده یک معیار است.

۲- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم: برای نرمال‌سازی ماتریس تصمیم، از روابط زیر استفاده می‌شود. پس از انجام این فرآیند، تمامی معیارها در بازه‌ای بین صفر و یک قرار می‌گیرند.

رابطهٔ ۱) معیارهای مثبت $$x_{ij} = \frac{r_{ij} - r_i^-}{r_i^+ - r_i^-};\ i = ۱, \dots, m, j = ۱, \dots, n$$

رابطه ۲) معیارهای منفی $$x_{ij} = \frac{r_{ij} - r_i^+}{r_i^- - r_i^+};\ i = ۱, \dots, m, j = ۱, \dots, n$$

که در آن $x_{ij}$ مقادیر نرمال‌شده ماتریس تصمیم را برای گزینه i برحسب معیار j نشان می‌دهد. $r_i^+$ و $r_i^-$ به ترتیب نمایانگر مقادیر حداکثر و حداقل در ستون مربوط به معیار مورد نظر در ماتریس هستند.

۳- محاسبه شاخص C: از رابطه زیر جهت محاسبه شاخص C استفاده می‌شود.

رابطهٔ ۳) $$C_j = \sigma_j \sum_{i=1}^{n} \left(۱ - r_{ij}\right);\ j = ۱, \dots, n$$

در این رابطه $\sigma_j$ انحراف معیار jامین معیار و $r_{ij}$ همبستگی بین دو معیار i و j است.

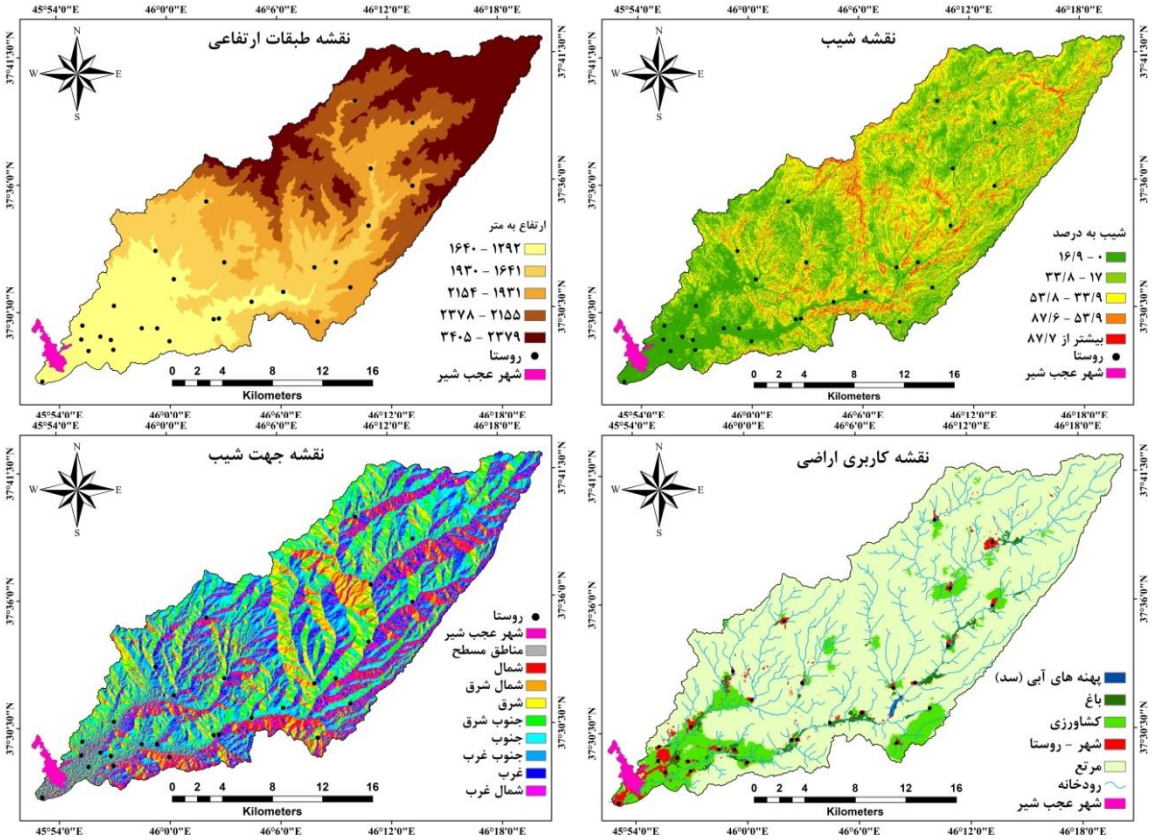
۴- تعیین وزن معیارها. وزن معیارها با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

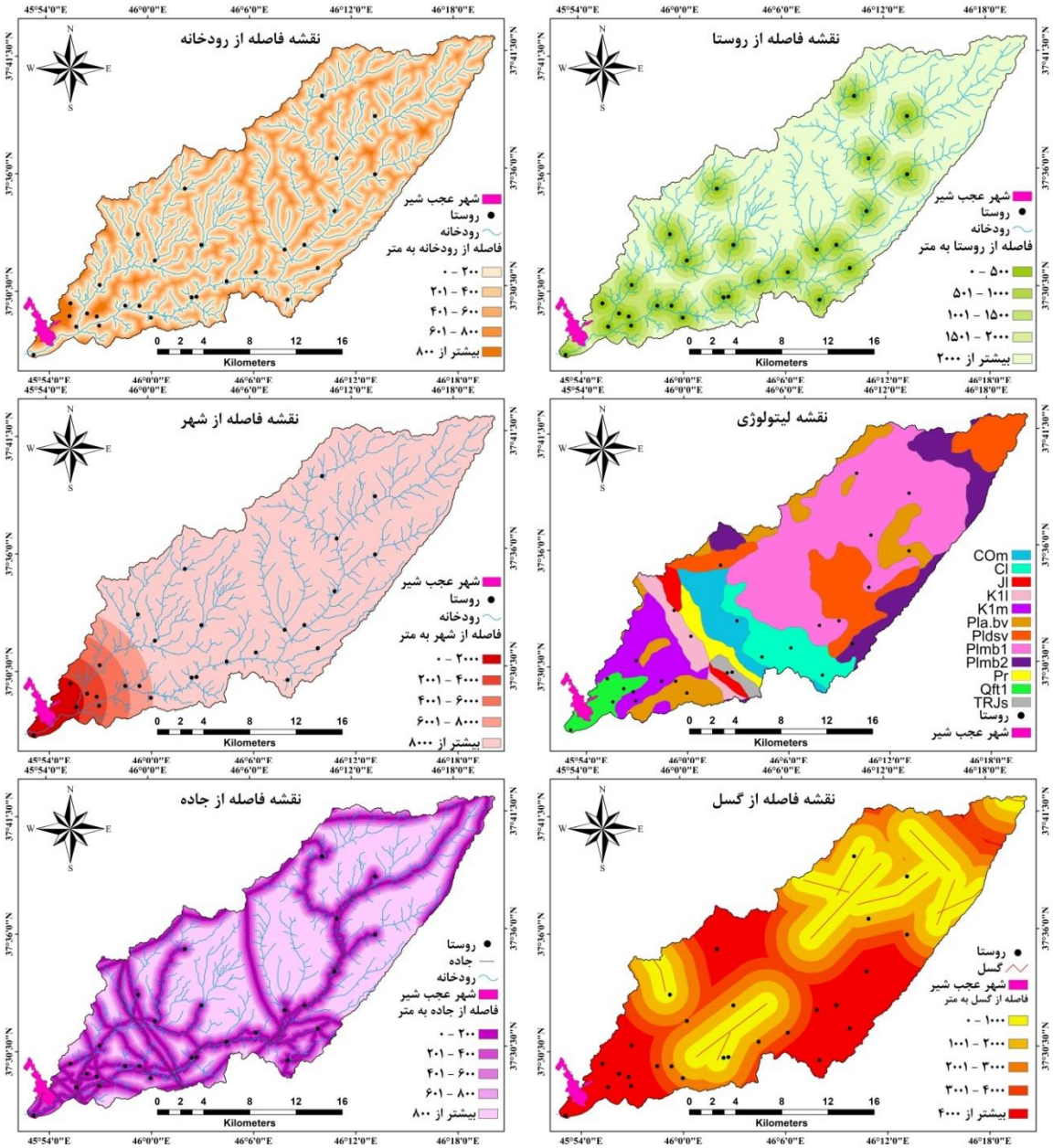
رابطهٔ ۴) $$w_j = \frac{C_j}{\sum_{j=۱}^{n} C_j};\ \ j = ۱, \dots, n$$

**پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی**

در پژوهش حاضر جهت تعیین بهترین مکان به منظور ایجاد پایگاه پایش در سطح حوضه آبریز قلعه‌چای از تعداد ۱۰ پارامتر استفاده شده است. پارامترهای مورد استفاده عبارت‌اند از: ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از روستا، فاصله از شهر، فاصله از جاده، فاصله از گسل، لیتولوژی و کاربری اراضی. در این مطالعه، نقشه‌های شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاعی بر اساس مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر تهیه شدند. کلیه

مراحل پردازش و تولید این نقشه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS انجام گرفت. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، نقشه کاربری اراضی منطقه در پنج طبقه شامل پهنه‌های آبی، باغ‌ها، زمین‌های کشاورزی، سکونتگاه‌های شهری و روستایی و مراتع تهیه شد. برای تهیه نقشه لیتولوژی و شناسایی گسل‌های موجود در حوضه مورد مطالعه، از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شامل برگه‌های عجب‌شیر و اسکو، استفاده گردید. در این پژوهش، لایه‌های نقشه فاصله از آبراهه، روستا، شهر، جاده و گسل با استفاده از ابزار فاصله اقلیدسی در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شدند. این نقشه‌ها در پنج کلاس مختلف دسته‌بندی شده‌اند. فاصله‌های مورد بررسی (شامل فاصله از رودخانه‌ها، روستا، شهر، جاده و گسل) بر حسب متر اندازه‌گیری شده‌اند. همچنین، برای استخراج شبکه زهکشی منطقه از لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) استفاده شده است. در این پژوهش، از سامانه Google Earth برای تهیه نقشه موقعیت مکانی روستاها استفاده شد. پس از شناسایی و تعیین موقعیت روستاها، داده‌های جمع‌آوری‌شده به نرم‌افزار ArcGIS منتقل و برای ایجاد پایگاه داده مورد استفاده قرار گرفتند. در پژوهش حاضر جهت استخراج موقعیت مکانی جاده‌های موجود در سطح منطقه از وب‌سایت openstreetmap استفاده گردید. همچنین موقعیت مکانی شهر عجب‌شیر در سطح منطقه از طریق سامانه Google Earth مشخص شده و سپس به محیط نرم‌افزار ArcGIS انتقال داده شد.



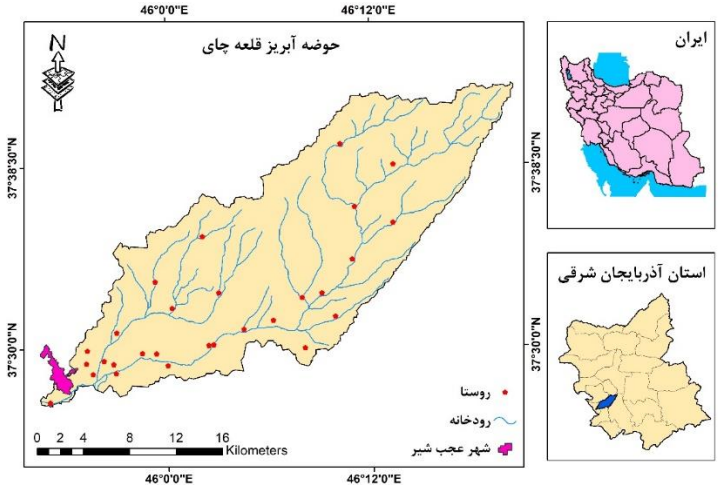



**شکل ۱.** نقشه پارامترهای مورد استفاده در تحقیق

## محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر حوضه آبریز قلعه‌چای است. حوضه مطالعاتی با مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۴۶ درجه و۲۰ دقیقه و۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه و ۱۸ ثانیه تا ۳۷ درجه و۴۲ دقیقه و ۱۵ ثانیه عرض شمالی در محدوده شهرستان عجب‌شیر استان آذربایجان شرقی واقع شده است (شکل۲). مساحت حوضه حدود ۴۸۲ کیلومترمربع می‌باشد که قلعه‌چای به‌عنوان رودخانه اصلی این حوضه بخش‌هایی از دامنه‌های غربی توده آتشفشانی سهند را زهکشی کرده و پس از عبور از شهر عجب‌شیر به دریاچه ارومیه می‌ریزد (رضائی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۳). شرایط ژئومورفولوژیکی و اقلیمی حاکم بر حوضه آبریز قلعه چای موجب شده است که رفتار هیدرولوژیکی رودخانه قلعه چای از نوسانات مکانی و زمانی قابل توجهی برخوردار باشد. این ویژگی‌ها باعث شده است که منطقه مورد مطالعه از نظر وقوع سیلاب، پتانسیل بالایی داشته باشد. به‌عنوان مثال، ثبت حداکثر بارش ۲۴ ساعته به

میزان ۵۰ میلی‌متر و دبی‌های اوج بیش از ۱۲۰ مترمکعب در ثانیه، نشان‌دهنده ظرفیت بالای این حوضه برای ایجاد سیلاب‌های شدید است. این شرایط به دلیل ترکیب عوامل ژئومورفولوژیکی و اقلیمی خاص این منطقه است که منجر به ناپایداری هیدرولوژیکی و افزایش خطر سیلاب می‌شود. تقریباً تمامی سکونتگاه‌های موجود در منطقه مطالعاتی در مجاورت آبراهه‌های اصلی حوضه مخصوصاً رودخانه قلعه چای استقرار یافته‌اند. این امر آسیب‌پذیری جوامع انسانی ساکن در حوضه مطالعاتی را به جد افزایش می‌دهد. بنابراین لزوم توجه ویژه به مدیریت و کنترل سیلاب در این حوضه بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد. بلندترین نقطه در حوضه کوه میدان داغ، با ارتفاعی معادل ۳۴۰۵ متر از سطح دریا، قرار دارد. پست‌ترین نقطه حوضه  نیز در بخش پایین‌دست واقع شده و ارتفاع آن ۱۲۹۲ متر است.




**شکل ۲.** موقعیت منطقه مورد مطالعه

## یافته‌ها

برای تعیین وزن معیارهای تحقیق، از روش CRITIC استفاده گردید. در این روش، به هر پارامتر بر اساس میزان تأثیرگذاری آن بر موضوع مطالعه، وزن متناسبی اختصاص می‌یابد. با توجه به اینکه مکان‌یابی مناسب برای احداث پایگاه پایش در حوضه آبریز قلعه‌چای، هدف اصلی این پژوهش است، معیارهای کلیدی مؤثر در این فرایند به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده در نظر گرفته شدند. بر این اساس، معیارهای فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، و فاصله از سکونتگاه‌های روستایی و شهری به دلیل نقش حیاتی در انتخاب مکان بهینه، بیشترین وزن را دریافت کردند. سایر معیارها نیز با توجه به کاهش میزان تأثیرشان در فرایند مکان‌یابی، وزن کمتری به آن‌ها اختصاص یافت. نتایج نهایی شامل ماتریس تصمیم، ماتریس نرمال، همبستگی بین معیارها و وزن نهایی معیارها در جداول ۱ تا ۸ ارائه شده است.

**جدول ۱.** ایجاد ماتریس تصمیم

| گزینه / معیار | ارتفاع | شیب | جهت شیب | فاصله از جاده | فاصله از روستا | فاصله از شهر | فاصله از آبراهه | فاصله از گسل | لیتولوژی | کاربری اراضی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | ۳ | ۴ | ۵ | ۷ | ۹ | ۸ | ۷ | ۵ | ۳ | ۴ |
| A2 | ۳ | ۲ | ۳ | ۸ | ۷ | ۷ | ۹ | ۵ | ۳ | ۳ |
| A3 | ۳ | ۴ | ۴ | ۹ | ۷ | ۹ | ۶ | ۴ | ۳ | ۳ |
| A4 | ۲ | ۳ | ۴ | ۷ | ۸ | ۸ | ۶ | ۳ | ۲ | ۳ |

در مرحله بعد، ماتریس تصمیم مورد نظر نرمال‌سازی گردید.

**جدول ۲.** ماتریس تصمیم نرمال شده در مدل CRITIC

| گزینه / معیار | ارتفاع | شیب | جهت شیب | فاصله از جاده | فاصله از روستا | فاصله از شهر | فاصله از آبراهه | فاصله از گسل | لیتولوژی | کاربری اراضی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰/۵ | ۰/۳۳۳ | ۱ | ۱ | ۱ |
| A2 | ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۵ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ |
| A3 | ۱ | ۱ | ۰/۵ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰/۵ | ۱ | ۰ |
| A4 | ۰ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |

در مرحله بعد، میزان وابستگی متقابل بین معیارها ارزیابی شد. در این راستا، ماتریس همبستگی با ابعاد برابر تعداد معیارهای مطالعه شده تشکیل گردید.

**جدول ۳.** همبستگی بین معیارها

| معیار | ارتفاع | شیب | جهت شیب | فاصله از جاده | فاصله از روستا | فاصله از شهر | فاصله از آبراهه | فاصله از گسل | لیتولوژی | کاربری اراضی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع | ۱ | ۰/۱۷۴ | ۰ | ۰/۵۲۲ | -۰/۱۷۴ | ۰ | ۰/۴۷۱ | ۰/۸۷۰ | ۱ | ۰/۳۳۳ |
| شیب | ۰/۱۷۴ | ۱ | ۰/۸۵۳ | ۰/۰۹۱ | ۰/۴۵۵ | ۰/۸۵۳ | -۰/۷۳۹ | -۰/۰۹۱ | ۰/۱۷۴ | ۰/۵۲۲ |
| جهت شیب | ۰ | ۰/۸۵۳ | ۱ | ۰/۴۲۶ | ۰/۸۵۳ | ۰/۵ | -۰/۵۷۷ | ۰ | ۰ | ۰/۸۱۶ |
| فاصله از آبراهه | ۰/۵۲۲ | ۰/۰۹۱ | -۰/۴۲۶ | ۱ | -۰/۸۱۸ | ۰/۴۲۶ | ۰ | ۰/۰۹۱ | ۰/۵۲۲ | -۰/۵۲۲ |
| فاصله از جاده | -۰/۱۷۴ | ۰/۴۵۵ | ۰/۸۵۳ | -۰/۸۱۸ | ۱ | ۰ | -۰/۲۴۶ | ۰/۰۹۱ | -۰/۱۷۴ | ۰/۸۷۰ |
| فاصله از روستا | ۰ | ۰/۸۵۳ | ۰/۵ | ۰/۴۲۶ | ۰ | ۱ | -۰/۸۶۶ | -۰/۴۲۶ | ۰ | ۰ |
| فاصله از شهر | ۰/۴۷۱ | -۰/۷۳۹ | -۰/۵۷۷ | ۰ | -۰/۲۴۶ | -۰/۸۶۶ | ۱ | ۰/۷۳۹ | ۰/۴۷۱ | ۰ |
| فاصله از گسل | ۰/۸۷۰ | -۰/۰۹۱ | ۰ | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۹۱ | -۰/۴۲۶ | ۰/۷۳۹ | ۱ | ۰/۸۷۰ | ۰/۵۲۲ |
| لیتولوژی | ۱ | ۰/۱۷۴ | ۰ | ۰/۵۲۲ | -۰/۱۷۴ | ۰ | ۰/۴۷۱ | ۰/۸۷۰ | ۱ | ۰/۳۳۳ |
| کاربری اراضی | ۰/۳۳۳ | ۰/۵۲۲ | ۰/۸۱۶ | -۰/۵۲۲ | ۰/۸۷۰ | ۰ | ۰ | ۰/۵۲۲ | ۰/۳۳۳ | ۱ |

در ادامه مقادیر همبستگی منهای عدد یک گردید.

**جدول ٤.** مقادیر همبستگی منهای یک

| معیار | ارتفاع | شیب | جهت شیب | فاصله از جاده | فاصله از روستا | فاصله از شهر | فاصله از آبراهه | فاصله از گسل | لیتولوژی | کاربری اراضی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع | ۰ | ۰/۸۲۶ | ۱ | ۰/۴۷۸ | ۱/۱۷۴ | ۱ | ۰/۵۲۹ | ۰/۱۳۰ | ۰ | ۰/۶۶۷ |
| شیب | ۰/۸۲۶ | ۰ | ۰/۱۴۷ | ۰/۹۰۹ | ۰/۵۴۵ | ۰/۱۴۷ | ۱/۷۳۹ | ۱/۰۹۱ | ۰/۸۲۶ | ۰/۴۷۸ |
| جهت شیب | ۱ | ۰/۱۴۷ | ۰ | ۱/۴۲۶ | ۰/۱۴۷ | ۰/۵۰۰ | ۱/۵۷۷ | ۱ | ۱ | ۰/۱۸۴ |
| فاصله از آبراهه | ۰/۴۷۸ | ۰/۹۰۹ | ۱/۴۲۶ | ۰ | ۱/۸۱۸ | ۰/۵۷۴ | ۱ | ۰/۹۰۹ | ۰/۴۷۸ | ۱/۵۲۲ |
| فاصله از جاده | ۱/۱۷۴ | ۰/۵۴۵ | ۰/۱۴۷ | ۱/۸۱۸ | ۰ | ۱ | ۱/۲۴۶ | ۰/۹۰۹ | ۱/۱۷۴ | ۰/۱۳۰ |
| فاصله از روستا | ۱ | ۰/۱۴۷ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۷۴ | ۱ | ۰ | ۱/۸۶۶ | ۱/۴۲۶ | ۱ | ۱ |
| فاصله از شهر | ۰/۵۲۹ | ۱/۷۳۹ | ۱/۵۷۷ | ۱ | ۱/۲۴۶ | ۱/۸۶۶ | ۰ | ۰/۲۶۱ | ۰/۵۲۹ | ۱ |
| فاصله از گسل | ۰/۱۳۰ | ۱/۰۹۱ | ۱ | ۰/۹۰۹ | ۰/۹۰۹ | ۱/۴۲۶ | ۰/۲۶۱ | ۰ | ۰/۱۳۰ | ۰/۴۷۸ |
| لیتولوژی | ۰ | ۰/۸۲۶ | ۱ | ۰/۴۷۸ | ۱/۱۷۴ | ۱ | ۰/۵۲۹ | ۰/۱۳۰ | ۰ | ۰/۶۶۷ |
| کاربری اراضی | ۰/۶۶۷ | ۰/۴۷۸ | ۰/۱۸۴ | ۱/۵۲۲ | ۰/۱۳۰ | ۱ | ۱ | ۰/۴۷۸ | ۰/۶۶۷ | ۰ |

سپس جمع سطری مقادیر جدول (۴) محاسبه شد.

**جدول ۵.** جمع سطری مقادیر همبستگی منهای یک

| معیار | ارتفاع | شیب | جهت شیب | فاصله از جاده | فاصله از روستا | فاصله از شهر | فاصله از آبراهه | فاصله از گسل | لیتولوژی | کاربری اراضی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جمع مقادیر | ۵/۸۰۳ | ۶/۷۰۸ | ۶/۹۸۲ | ۹/۱۱۴ | ۸/۱۴۴ | ۸/۵۱۳ | ۹/۷۴۷ | ۶/۳۳۴ | ۵/۸۰۳ | ۶/۱۲۴ |

در مرحله بعد انحراف معیار هر یک از معیارها در ماتریس نرمال محاسبه گردید.

**جدول ٦.** انحراف معیار مقادیر ماتریس نرمال شده

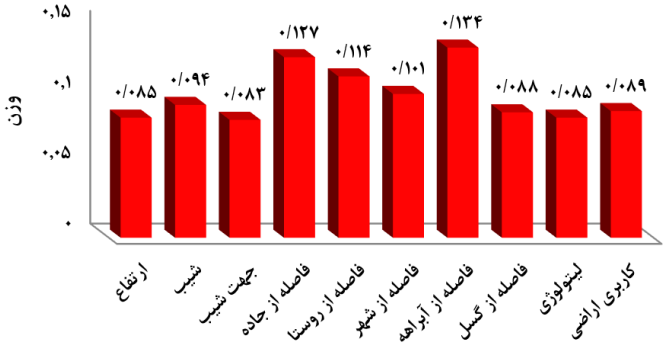
| معیار | ارتفاع | شیب | جهت شیب | فاصله از جاده | فاصله از روستا | فاصله از شهر | فاصله از آبراهه | فاصله از گسل | لیتولوژی | کاربری اراضی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| انحراف معیار | ۰/۴۳۳ | ۰/۴۱۵ | ۰/۳۵۴ | ۰/۴۱۵ | ۰/۴۱۵ | ۰/۳۵۴ | ۰/۴۰۸ | ۰/۴۱۵ | ۰/۴۳۳ | ۰/۴۳۳ |

در ادامه مقادیر انحراف معیار در مقادیر جدول (۵) ضرب و در ادامه مجموع مقادیر به دست آمده محاسبه شد.

**جدول ۷.** مقادیر انحراف معیار ضرب در جمع سطری مقادیر همبستگی منهای یک

| معیار | ارتفاع | شیب | جهت شیب | فاصله از جاده | فاصله از روستا | فاصله از شهر | فاصله از آبراهه | فاصله از گسل | لیتولوژی | کاربری اراضی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cj | ۲/۵۱۳ | ۲/۷۸۱ | ۲/۴۶۸ | ۳/۷۷۹ | ۳/۳۷۶ | ۳/۰۱۰ | ۳/۹۷۹ | ۲/۶۲۶ | ۳/۵۱۳ | ۲/۶۵۲ |

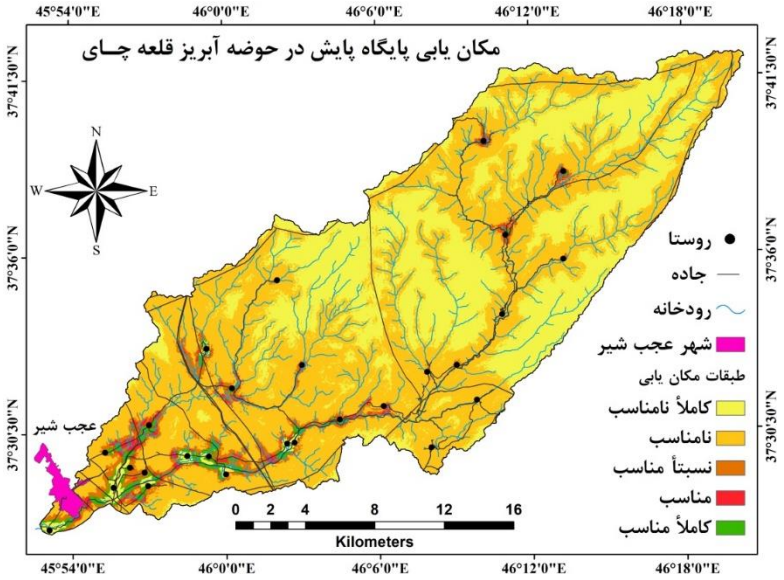
در نهایت تک‌تک مقادیر به دست آمده در مجموع خود تقسیم گردید تا وزن نهایی معیارها به دست آید. نتایج تحلیل وزن دهی پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی پایگاه پایش نشان می‌دهد که چهار معیار فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از روستا و فاصله از شهر بیشترین تأثیر را در تعیین موقعیت بهینه داشته‌اند. بر این اساس، پارامتر فاصله از رودخانه با ضریب وزنی ۰/۱۳۴ به‌عنوان مهم‌ترین عامل شناسایی شد. پس از آن، فاصله از جاده (با ضریب ۰/۱۲۷) در رتبه دوم، فاصله از روستا (با ضریب ۰/۱۱۴) در رتبه سوم و فاصله از شهر (با ضریب ۰/۱۰۱) در جایگاه چهارم قرار گرفتند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که دسترسی به منابع آبی و شبکه‌های ارتباطی از جمله عوامل کلیدی در انتخاب مکان مناسب برای پایگاه پایش هستند.




**شکل ۳.** وزن نهایی معیارها

## بحث

برای تهیه نقشه نهایی مکان‌یابی، وزن‌های به‌دست آمده برای هر پارامتر در لایه‌های اطلاعاتی مربوطه در محیط نرم‌افزار ArcGIS اعمال شد. این فرآیند از طریق عمل حاصل‌ضرب وزن هر پارامتر در لایه اطلاعاتی مربوط به آن انجام پذیرفت. سپس نقشه حاصله از این تحلیل‌ها به منظور تعیین مناطق مناسب برای استقرار پایگاه پایش، به پنج کلاس مختلف تقسیم‌بندی شد. این کلاس‌ها شامل مناطق کاملاً مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، نامناسب و کاملاً نامناسب بودند. بررسی نقشه نهایی حاکی از آن است که مناسب‌ترین مناطق برای احداث پایگاه پایش عمدتاً در بخش‌های خروجی حوضه قرار دارند. به‌ویژه دشت‌های کم‌شیب که در مجاورت رودخانه‌های اصلی و همچنین جاده‌های ارتباطی مهم واقع شده‌اند، به‌عنوان پهنه‌های ایده‌آل برای این منظور شناسایی شدند. این مناطق به دلیل برخورداری از دسترسی مناسب به منابع آبی و راه‌های ارتباطی، همچنین فاصله مطلوب از مراکز شهری و روستایی، از شرایط بهینه‌ای برای استقرار پایگاه‌های پایش برخوردار می‌باشند. حوضه آبریز قلعه‌چای با مساحت ۴۸۲ کیلومترمربع، به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و شرایط توپوگرافیکی متنوع، نیازمند شبکه‌ای از ایستگاه‌های پایش برای جمع‌آوری داده‌های دقیق هیدرولوژیکی است. مناطق شناسایی‌شده به‌عنوان پهنه‌های ایده‌آل، عمدتاً در خروجی حوضه و دشت‌های کم‌شیب مجاور رودخانه و جاده‌های اصلی قرار دارند. این مناطق به دلیل دسترسی آسان و امکان پایش همزمان چندین پارامتر، از اولویت بالایی برخوردارند. ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی حوضه، از جمله ارتفاع (از ۱۲۹۲ تا ۳۴۰۵ متر)، شیب، و جهت شیب، نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب مکان‌های بهینه داشتند. مناطق کم‌شیب و نزدیک به آبراهه‌ها به دلیل کاهش هزینه‌های اجرایی و افزایش دقت پایش، به‌عنوان گزینه‌های مناسب شناسایی شدند. لیتولوژی و گسل‌های فعال نیز در تعیین وزن معیارها مؤثر بودند. مناطق با لیتولوژی ناپایدار یا نزدیک به گسل‌ها، به دلیل ریسک بالای فرسایش و ناپایداری، از اولویت کمتری برخوردار شدند. نتایج این پژوهش با تحقیقات محمدی ده چشمه و همکاران (۱۳۹۸)، سرور و بارگاهی (۱۳۹۹)، مختاری و همکاران (۱۳۹۹)، افضلی و سیرجانی (۱۴۰۰)، نصیری هنده‌خاله و همکاران (۱۴۰۲)، محسن‌زاده و همکاران (۱۴۰۳)، آلکاراداغی و همکاران (۲۰۲۲)، وینز و احمد (۲۰۲۲) و عبدالعزیز و همکاران (۲۰۲۵) همسو است. یافته‌های این مطالعات نشان می‌دهد که روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از دقت و کارایی بالایی در حل مسائل مکان‌یابی برخوردار هستند. این مطالعه نیز نشان داد که تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد در مدیریت بهینه منابع آب و کاهش مخاطرات طبیعی مانند سیلاب مورد استفاده قرار گیرد.




**شکل ٤.** نقشه مکان‌یابی پایگاه پایش با استفاده از روش CRITIC

## نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش در حوضه آبریز قلعه‌چای با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره CRITIC انجام شد. نتایج این مطالعه از دیدگاه جغرافیایی، ژئومورفولوژی و مدیریت مخاطرات طبیعی، به‌ویژه سیلاب، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. ایستگاه‌های پایش در مناطق بهینه‌شده می‌توانند داده‌های مورد نیاز برای پیش‌بینی و مدیریت سیلاب را فراهم کنند. این داده‌ها شامل تغییرات دبی، رسوب، کیفیت آب و وضعیت پوشش گیاهی منطقه هستند که برای طراحی سیستم‌های هشدار سریع و برنامه‌ریزی‌های کاهش خطر سیلاب حیاتی می‌باشند. نتایج حاصل از فرآیند وزن دهی پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی پایگاه پایش نشان داد که از بین معیارهای مختلف مورد بررسی، چهار پارامتر فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از روستا و فاصله از شهر دارای بیشترین تأثیر در تعیین مکان بهینه بوده‌اند. بر اساس تحلیل‌های انجام شده، پارامتر فاصله از رودخانه با ضریب وزنی ۰/۱۳۴ بیشترین اهمیت را در این فرآیند داشته است. پس از آن، پارامترهای فاصله از جاده با ضریب ۰/۱۲۷، فاصله از روستا با ضریب ۰/۱۱۴ و فاصله از شهر با ضریب ۰/۱۰۱ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. نقشه نهایی پهنه‌بندی به ۵ کلاس تقسیم شد که مناطق کاملاً مناسب عمدتاً در نزدیکی رودخانه و جاده‌ها قرار داشتند. این مناطق نه‌تنها از نظر توپوگرافی مطلوب هستند، بلکه از نظر کاهش هزینه‌های نگهداری و افزایش کارایی پایش نیز برتری دارند. نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان الگویی برای سایر حوضه‌های آبریز با شرایط مشابه به کار رود. در نهایت برای مطالعات آینده استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش‌ازدور و هوش مصنوعی برای بهبود دقت و پوشش مکانی داده‌های پایش، پیشنهاد می‌شود.

**حامی مالی**

این اثر حامی مالی نداشته است.

**سهم نویسندگان در پژوهش**

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

## تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

## تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

## منابع

افضلی، آتیکه و سیرجانی، علی. (۱۴۰۰). مکان‌یابی پایگاه‌های مدیریت بحران با استفاده از روش AHP و منطق فازی. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۱۲ (۲۴)، ۴۴-۲۸. http://dx.doi.org/10.52547/jwmr.12.24.28

رضائی مقدم، محمد حسین؛ رجبی، معصومه؛ رحیم‌پور، توحید و فرازیان، ایوب. (۱۴۰۳). ارزیابی سیل‌خیزی حوضهٔ آبریز قلعه‌چای با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ MABAC. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۱(۴)، ۳۲۳-۳۳۷.
doi: 10.22059/jhsci.2025.387824.861

رضائی‌مقدم، محمدحسین و رحیم‌پور، توحید. (۱۴۰۴). *کاربرد روش‌ها و فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدل‌سازی مخاطرات محیطی*. انتشارات دانشگاه تبریز.

سرور، رحیم و بارگاهی، رضا. (۱۳۹۹). آمایش فضای سبز شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی. مطالعه موردی: شهر گرگان. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۰(۳۵)، ۱-۱۶. doi: 10.30488/gps.2020.109687

صادقی، علی؛ نظری، ولی اله و سلیمیان، میلاد. (۱۴۰۰). مکان بهینه پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در شهر آبیک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. *جغرافیا (نشریهٔ انجمن جغرافیایی ایران)*، ۱۹(۷۱)، ۱۵۱-۱۷۲.
http://dor.net/dor/20.1001.1.27833739.1400.19.71.8.5

عسگری، علی؛ پرهیزگار، اکبر؛ ارانی، اسد و رخشانی، پدرام. (۱۳۸۱). *برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری (سیستم‌ها و مدل‌ها)*. تهران: انتشارات نور علم.

کفاش چرندابی، ندا؛ آل شیخ، علی اصغر و کریمی، محمد. (۱۳۹۱). مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا با استفاده از روش‌های فرا رتبه‌ای. *محیط‌شناسی*، ۳۸(۲)، ۶۹-۸۲. doi: 10.22059/jes.2012.29101

محسن زاده، مینا؛ محمدی، علیرضا و نظم فر؛ حسین. (۱۴۰۳). مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های چندمنظوره مدیریت بحران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی مناطق ۴ و ۱۰ شهرداری تبریز ). *نشریه کاربرد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی*، ۴(۱۰)، ۴۷-۱۷. doi: 10.22034/rsgi.2024.60917.1070

محمدی ده چشمه، مصطفی؛ علیزاده، مهدی و پرویزیان، علیرضا. (۱۳۹۸). مکانیابی پناهگاههای شهری مبتنی بر اصول پدافند غیرعامل. مورد مطالعه: شهر کوهدشت. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۹(۳۲)، ۱۴۹-۱۶۲. doi: 10.30488/gps.2019.91914

مختاری، داود؛ رضائی مقدم، محمدحسین؛ رحیم پور، توحید و معزز، سمیه . (۱۳۹۹). تهیهٔ نقشهٔ خطر وقوع سیلاب در حوضهٔ آبریز گمناب‌چای با استفاده از مدل ANP و تکنیک GIS. *مجله اکوهیدرولوژی*، ۷(۲)، ۴۹۷-۵۰۹. doi: 10.22059/ije.2020.298759.1298

مصطفی، محسن و شتایی، شعبان. (۱۴۰۲). شناسایی مناسب‌ترین نقاط دیده‌بانی در پایش عرصه‌های منابع طبیعی با استفاده از تحلیل‌های مکانی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۲(۱)، ۱۳۷-۱۵۴. doi: 10.22067/geoeh.2022.76598.1220

نصیری هنده خاله، اسماعیل؛ رستمی، شاهبختی و شیرینی، مصطفی. (۱۴۰۲). مکان‌یابی پایگاه پشتیبانی مدیریت بحران مرکزی شهر کرج با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۵(۳)، ۸۳-۹۶.
doi: 10.22059/jhgr.2022.333053.1008403

## References

AbdelAziz, N. M., Eldrandaly, K. A., Fawzy, A. M., Fouad, G. A., & Al-Saeed, S. (2025). A

Combined GIS-MCDM Approach to Site Selection of Temporary Shelter: A Case Study in Dahab, Egypt. *Neutrosophic Sets and Systems*, 85, 104-147.

Afzali, A., & Sirjani, A. (2021). Site Selection of Crisis Management Bases using AHP Method and Fuzzy Logic. *J Watershed Manage Res*, 12(24), 28-44. doi:10.52547/jwmr.12.24.28 [In Persian]

Alkaradaghi, K., Hamamin, D., Karim, H., Al-Ansari, N., S. Ali, S., Laue, J., & Ali, A. (2022). Geospatial Technique Integrated with MCDM Models for Selecting Potential Sites for Harvesting Rainwater in the Semi-arid Region. *Water Air Soil Pollut*, 233, 313. https://doi.org/10.1007/s11270-022-05796-2

Asgari, A. (2002). *Urban Land Use Planning (Systems and Models).* Tehran: Noor Alam Publications. [In Persian]

Brooks, K.N., Folliott, F.P., & Magner, J.A., (2013). Hydrology and the Management of Watersheds, Fourth Edition, *Wiley-Blackwell*, 522p. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118459751

de Souza Fraga, M., da Silva, D.D., Alden Elesbon, A.A, & Alexandre Soares Guedes, H. (2019). Methodological proposal for the allocation of water quality monitoring stations using strategic decision analysis. *Environ Monit Assess*, 191, 776. https://doi.org/10.1007/s10661-019-7974-2

Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L., (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770. https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H

Kaffash Charandabi, N., Alesheikh, A. A., & karimi, M. (2012). Using Autranking Methods for Optimum Setting of Air Pollution Monitoring Stations. *Journal of Environmental Studies*, *38*(2), 69-82. doi: 10.22059/jes.2012.29101[In Persian]

Lagogiannis, S., Papadopoulos, A., & Dimitriou, E. (2024). Development of an Automatic Water Monitoring Network by Using Multi-Criteria Analysis and a GIS-Based Fuzzy Process. *Environ. Process*, 11, 36. https://doi.org/10.1007/s40710-024-00714-6

Mohammadi Dehcheshmeh, M., Alizadeh, M., & Parvezyan, A. (2019). Location Urban Haven Based Passive Defense (The city Kuhdasht). *Geographical planning of space quarterly journal*, *9*(32), 149-162. doi: 10.30488/gps.2019.91914 [In Persian]

mohsenzadeh, M. , mohammadi, A. and nazmfar, H. (2024). Optimum location of multi-purpose crisis management platforms using geographical information system, case study of regions 4 and 10 of Tabriz Municipality. *Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, *4*(10), 47-17. doi: 10.22034/rsgi.2024.60917.1070 [In Persian]

Mokhtari, D., Rezaei Moghaddam, M. H., Rahimpour, T., & Moazzez, S. (2020). Preparing the Risk Map of Flood Occurrence in the Ghomnab Chai Basin Using ANP Model and GIS Technique. *Journal of Ecohydrology*, *7*(2), 497-509. doi: 10.22059/ije.2020.298759.1298 [In Persian]

Mostafa, M., & Shataee, S. (2023). Investigating the Most Suitable Observation Points in Natural Resources Monitoring using Spatial Analysis. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *12*(1), 137-154. doi: 10.22067/geoeh.2022.76598.1220 [In Persian]

Nasiri Hendeh Khaleh, E., Rostami, S., & shirini, M. (2023). Location Analysis of Karaj Central Disaster Management Support Bases via Geographic Information System (GIS). *Human Geography Research*, 55(3), 83-96. doi: 10.22059/jhgr.2022.333053.1008403[In Persian]

Rezaei Moghaddam, M. H. , Rajabi, M. , Rahimpour, T. and Farazian, A. (2025). Flooding Assessment of Qaleh Chai basin Using MABAC Multi Criteria Decision Making Method. *Environmental Management Hazards*, 11(4), 323-337. doi: 10.22059/jhsci.2025.387824.861 [In Persian]

Rezaei Moghaddam, M. H., Rahimpour, T. (2025). *Application of Multi-Criteria Decision Making Methods in Environmental Hazards Modeling.* University of Tabriz. [In Persian]

Sadeghi, A. , Nazari, V. and Salimian, M. (2022). Optimal Location of Crisis Management Support Bases in Abyek City, Using Geographic Information System. *Geography*, *19*(71), 151-172. https://dor.isc.ac/dor/http://dor.net/dor/20.1001.1.27833739.1400.19.71.8.5 [In Persian]

Sarvar, R., & Bargahi, R. (2020). Spatial Planning with an Emphasis on Locating the Optimal Green Space; Case Study: Gorgan City. *Geographical planning of space quarterly journal*, *10*(35), 1-16. doi: 10.30488/gps.2020.109687 [In Persian]

Vinze, P., & Ahmad, I. (2022). *Identification of Suitable Sites for Water Storage Structure in Andhiyarkore Watershed of Chhattisgarh State India*. In: Jha, R., Singh, V.P., Singh, V.,

Roy, L.B., & Thendiyath, R. (eds) *Hydrological Modeling*. Water Science and Technology Library, vol 109. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81358-1_10