



Prioritization of Flood Potential in Sub-Basins Flowing from the Northern and Southern Slopes to Tabriz Metropolis Using SWARA-MABAC Methods and Morphometric Indices

Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam ^{1*}, Shahram Roostaei ¹,
Tohid Rahimpour ¹, Abdolhamid Sartipi ¹

¹ Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 24 February 2026

Revised: 28 April 2026

Accepted: 30 April 2026

Available Online:

03 May 2026

Keywords:

Flood Susceptibility

Morphometric Analysis

Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

Drainage Network

Tabriz Metropolitan Area

On the northern and southern slopes of Tabriz, several small and large drainage basins direct their runoff toward the city. Urban expansion toward the outlets of these basins, together with extensive land-use changes and modifications to natural watercourses in recent decades, has increased the risk of flooding. This study aimed to evaluate and prioritize the flood-susceptibility potential of drainage basins draining into the metropolitan area of Tabriz using morphometric analyses and multi-criteria decision-making (MCDM) models. To this end, the morphometric characteristics of the northern and southern basins—including basin area, number of streams, drainage density, stream frequency, drainage texture, drainage intensity, circularity ratio, form factor, compactness coefficient, basin relief, and ruggedness number—were extracted using a Geographic Information System (GIS). The SWARA method was then applied to determine the weights of the criteria affecting flood susceptibility, followed by the MABAC model to rank the basins based on their flood-susceptibility potential. The results revealed that among the northern basins, Basin N1 exhibited the highest flood susceptibility, with a final weight of 0.206. Similarly, among the southern basins, Basin S6 was identified as the most sensitive unit, with a weight of 0.366. These basins mainly owe their high flood-susceptibility potential to larger area, high drainage density, and steep slopes.

* Corresponding author: Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam

E-mail address: rezmogh@tabrizu.ac.ir

How to cite this article: Rezaei Moghaddam, M. H., Roostaei, S., Rahimpour, T., & Abdolhamid, A. (2026). Prioritization of Flood Potential in Sub-Basins Flowing from the Northern and Southern Slopes to Tabriz Metropolis Using SWARA-MABAC Methods and Morphometric Indices. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 15(2), 27-43. <https://doi.org/10.22067/geoe.2026.98037.1655>



©2026 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Extended Abstract

Introduction

Several small and large drainage basins flow toward the city of Tabriz. The city's expansion toward the outlets of these basins, along with extensive land-use changes and the alteration of natural watercourses over recent decades, has increased the flood hazard. During precipitation events, these basins collect and convey rainfall-derived waters that manifest as surface runoff and ephemeral flows within the basins. Subsequently, following the steep and generally uniform topographic gradient of the slopes, these flows are directed downstream toward lower-lying areas and the urban extent of Tabriz. Meanwhile, the rapid and unregulated physical expansion of the Tabriz metropolis toward the outlets of these basins, together with the continuous intensification of construction activities—including residential and commercial buildings as well as transportation networks—within and across the corridors of secondary watercourses, and without adequate consideration of hydrological and geomorphological constraints in urban planning and design processes, has substantially increased the risk of various hydro-geomorphological hazards. These hazards include sudden and destructive flash floods as well as unstable slope movements in the affected areas.

Material and Methods

The study area of the present research comprises the basins toward the metropolitan area of Tabriz. Tabriz, the capital of East Azerbaijan Province, is located at geographical coordinate's $38^{\circ} 02' - 38^{\circ} 10'$ north latitude and $46^{\circ} 11' - 46^{\circ} 23'$ east longitude, with a mean elevation of approximately 1366 m above sea level. According to records from the synoptic meteorological station at Tabriz International Airport, the city's mean annual precipitation during the period 1992–2024 is approximately 255 mm.

In the present study, a Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 12.5 meters was employed to delineate the catchment areas of the region and to calculate their morphometric parameters. Subsequently, two different methods were employed for data analysis: (1) the MABAC model and (2) the SWARA model. The Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC) method was introduced by Pamučar and Čirović in 2015. This method is among the most recent multi-criteria decision-making (MCDM) techniques and is widely used for ranking alternatives. The SWARA model is applied as a multi-criteria decision-making technique to calculate the weights of criteria and sub-criteria.

Results and Discussion

In the present study, the morphometric characteristics of the northern and southern basins of Tabriz were analyzed, including parameters such as basin area, stream number, drainage density, stream frequency, drainage texture, drainage intensity, circularity ratio, form factor, compactness coefficient, relief, and ruggedness number. These parameters were extracted using a Geographic Information System (GIS). The research findings indicate that the morphometric characteristics of drainage basins play a decisive role in intensifying or mitigating flood susceptibility. In this regard, criteria such as basin area, stream density, and elevation were identified as the most influential factors affecting runoff generation and the occurrence of flash floods. The results obtained from the SWARA model for criteria weighting reveal that parameters related to basin size and shape (e.g., basin area, compactness coefficient, and circularity ratio), as well as drainage network characteristics (such as drainage density and stream number), contribute most significantly to increased flood susceptibility.

Conclusion

This study was conducted with the aim of assessing and prioritizing the flood susceptibility potential of basins into the metropolitan area of Tabriz, through the integration of morphometric analysis and the combined application of the MABAC and SWARA multi criteria decision making methods. Basin prioritization using the MABAC model indicated that Basin N1, located on the northern slopes of Tabriz, was identified as the most flood-prone basin, with the highest final weight (0.206). This basin, due to a combination of relatively large area, high drainage density, and considerable slope, provides favorable

conditions for rapid runoff generation and an increased flood hazard. In contrast, basins with negative final weights (such as Basins 2 and 4 in the northern sector) exhibit lower flood susceptibility, which is mainly attributed to moderating morphological characteristics such as elongated basin shape and low drainage density. In the southern sector, Basin N6 ranked first with a final weight of 0.366. The predominance of this basin is primarily due to its larger area, significant elevation differences, and high drainage density, all of which are key factors contributing to increased runoff volume and flow velocity. These findings indicate that even in semi-arid climatic regions, the presence of large and steep mountainous basins can significantly intensify the risk of flash floods, particularly during wet seasons. From an applied perspective, the results of this research can serve as an effective tool for urban, environmental, and watershed managers and planners. The proposed prioritization facilitates the optimal allocation of resources and the implementation of both structural and non-structural measures—such as the construction of sediment retention dams, land-use pattern modification, conservation and restoration of vegetation cover, and the design of early warning systems—in high-risk basins. Particularly in light of the rapid and unregulated physical expansion of Tabriz toward the outlets of these basins, the incorporation of hydrological and geomorphological considerations into urban development plans and the enforcement of construction controls within stream buffer zones are increasingly imperative. In conclusion, this study confirms the effectiveness of integrating Geographic Information Systems (GIS), quantitative morphometric analyses, and multi-criteria decision-making methods in basin-scale natural hazard assessment. It is recommended that future studies enhance model accuracy and reliability by incorporating hydro climatic parameters (such as rainfall intensity and duration), anthropogenic factors (including land-use change and building density), and higher-resolution datasets. Such an approach would not only contribute to improved flood risk management in the metropolitan area of Tabriz but could also serve as a methodological framework for other cities located adjacent to mountainous drainage basins.

Acknowledgements

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



اولویت بندی سیل خیزی زیر حوضه‌های جاری از دامنه‌های شمالی و جنوبی به کلان شهر تبریز با استفاده از روش های SWARA-MABAC و شاخص های مورفومتری

محمدحسین رضائی مقدم^{۱*}، شهرام روستائی^۱، توحید رحیم پور^۱، عبدالحمید سرتیپی^۱

^۱ گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخچه مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۰	در دامنه‌های شمالی و جنوبی تبریز، حوضه‌های آبریز کوچک و بزرگی وجود دارند که جریان آب آن‌ها به سوی شهر هدایت می‌شود. گسترش و توسعه شهر در جهت خروجی این حوضه‌ها، همراه با تغییرات گسترده در کاربری اراضی و دست‌کاری مسیرهای طبیعی عبور آب طی چند دهه اخیر، موجب افزایش خطر وقوع سیلاب شده است. این پژوهش با هدف ارزیابی و اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز منتهی به کلان‌شهر تبریز با استفاده از تحلیل‌های مورفومتری و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شده است. بدین منظور، ابتدا ویژگی‌های مورفومتری حوضه‌های شمالی و جنوبی تبریز شامل پارامترهای مساحت، تعداد آبراهه، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه، بافت زهکشی، شدت زهکشی، نسبت دایره‌ای، نسبت شکل‌پذیری، ضریب فشردگی، اختلاف ارتفاع و عدد ناهمواری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج شدند. سپس با به‌کارگیری روش SWARA وزن معیارهای مؤثر در سیل‌خیزی تعیین گردید. در ادامه، با استفاده از مدل MABAC، حوضه‌های آبریز بر اساس پتانسیل وقوع سیل اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد که در بین حوضه‌های شمالی، حوضه N1 با وزن نهایی ۰/۲۰۶ بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی را دارا می‌باشد. در بین حوضه‌های جنوبی نیز حوضه S6 با وزن ۰/۳۶۶ به‌عنوان حساس‌ترین حوضه شناسایی شد. این حوضه‌ها عمدتاً به دلیل دارا بودن مساحت بزرگ‌تر، تراکم زهکشی بالا و شیب تند، از پتانسیل سیل‌خیزی بالایی برخوردار هستند.
کلمات کلیدی: سیل‌خیزی تحلیل مورفومتری مدل‌های چندمعیاره تصمیم‌گیری (MCDM) شبکه زهکشی کلان‌شهر تبریز	

مقدمه

سیلاب‌ها از مهم‌ترین و فراوان‌ترین مخاطرات در کشور محسوب می‌شوند که همه ساله خسارت‌های زیادی را بر جای می‌گذارند (Rezaei Moghaddam & Rahimpour, 2024). این پدیده در طول تاریخ تأثیرات عمیق اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را در سراسر جهان به جا گذاشته است (Haltas, Yildirim, Oztas & Demir, 2021). بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷، بیش از ۲ میلیارد نفر از مردم تحت تأثیر سیلاب‌ها قرار گرفته‌اند (Özay &

پایین دست ایفا می‌کنند. هر زیر حوضه به دلیل مورفومتری زهکشی متنوع، تأثیر متمایزی بر روی کانال اصلی دارند (Ozdemir & Bird, 2009). تجزیه و تحلیل مورفومتری رویکردی مؤثر برای درک ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه‌ها ارائه می‌دهد (Perucca et al., 2019; Angilieri, 2011; Prakash et al., 2014; Taib et al., 2024). و بینش‌هایی در مورد جنبه‌های مختلف سیستم زهکشی آن ارائه دهند (Aher, Adinarayana & Gorantiwar, 2014; Taib et al., 2024). تحلیل مورفومتری، ویژگی‌های فیزیکی یک حوضه آبریز را بازتاب می‌دهد و عمدتاً به جنبه‌های خطی، سطحی و توپوگرافی طبقه‌بندی می‌شود (Shekar & Mathew, 2024). این پارامترها به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رفتار رواناب تأثیر می‌گذارند و این امر آن‌ها را برای اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز ارزشمند می‌سازد (Mohammed et al., 2025).

تحقیقات متعددی در ارتباط با موضوع تحقیق در مناطق مختلف جهان انجام شده است که به برخی از تازه‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود. رضائی مقدم و همکاران (Rezaei Moghaddam, Hejazi, Valizadeh Kamran & Rahimpour, 2020a) زیرحوضه‌های حوضه آبریز الوندچای را از نظر حساسیت سیل‌خیزی اولویت‌بندی کردند. ایشان ۲۲ پارامتر ژئومورفومتریک را در سه گروه ویژگی‌های شبکه زهکشی، شکل حوضه و خصوصیات برجستگی استخراج کردند. سپس با روش وزن‌دهی SWARA اهمیت نسبی هر پارامتر را برای ۱۵ زیرحوضه تعیین نمودند. نتایج نشان داد زیرحوضه‌های ۳، ۱، ۴ و ۲ به ترتیب دارای بیشترین وزن نهایی (۰/۱۴۲، ۰/۱۲۲، ۰/۰۹۱ و ۰/۰۸۷) بوده و در گروه با حساسیت بالای سیل‌خیزی قرار می‌گیرند. سهیل و محمود (Sohail & Mahmood, 2024) با به کارگیری رویکرد رتبه‌بندی ژئومورفومتری، حساسیت به سیلاب در حوضه رودخانه جهلم واقع در کشور پاکستان را مدل‌سازی کردند. در این تحقیق ویژگی‌های ژئومورفومتری ۵۷ زیرحوضه و ارتباط آن‌ها با استعداد سیل‌خیزی بررسی شدند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های ژئومورفومتری از حوضه‌ای به حوضه دیگر متفاوت است. همچنین نتایج نشان داد که مساحت یک زیرحوضه به طور مستقیم بر حساسیت سیل‌خیزی آن تأثیر می‌گذارد، به‌طوری‌که زیرحوضه‌های کوچک‌تر آسیب‌پذیرتر هستند و پارامترهای ژئومورفومتریک مانند شیب، توپوگرافی و زمین‌شناسی حوضه، الگوی زهکشی را کنترل می‌کنند. رضائی مقدم و همکاران (Rezaei Moghaddam, Rajabi, Rahimpour & Farazian, 2025) پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز قلعه‌چای در عجب‌شیر را با ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS بررسی کردند. یازده معیار مؤثر ارزیابی شد و وزن‌دهی معیارها با ANP نشان داد لیتولوژی، شیب و پوشش گیاهی بیشترین نقش را دارند. برای اولویت‌بندی سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک از مدل MABAC استفاده شد. نتایج نهایی نشان داد سه واحد A2، B2 و C1 بیشترین خطر سیل‌خیزی را دارند و حدود ۳۰ درصد حوضه (معادل ۱۲۵ کیلومتر مربع) را شامل می‌شوند؛ مناطقی که به دلیل شیب زیاد و پوشش گیاهی کم مستعد تولید رواناب و وقوع سیل هستند. محمد و همکاران (Mohammed et al., 2025) در تحقیقی آسیب‌پذیری زیرحوضه بشیلو در اتیوپی را در برابر سیل و با استفاده از تحلیل مورفومتریک ارزیابی کردند. ۱۹ پارامتر مورفومتریک با استفاده از یک مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر و در نرم‌افزار ArcGIS استخراج شد. ده زیرحوضه بر اساس مقادیر پارامتر ترکیبی (CP) آن‌ها اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد که ۳ زیرحوضه آسیب‌پذیری بالایی از نظر خطر سیل قرار دارند. بررسی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد مطالعات زیادی در زمینه پتانسیل سیل‌خیزی و تحلیل مورفومتری حوضه‌های آبریز در نقاط مختلف جهان انجام گرفته است. نتایج این مطالعات بر نقش تعیین‌کننده پارامترهایی مانند شکل و شیب حوضه، تراکم زهکشی و مساحت حوضه در شدت سیلاب‌ها تأکید دارد. در مجموع، پژوهش‌های گذشته بر اهمیت تحلیل کمی ویژگی‌های مورفومتری در پیش‌بینی خطر سیل و برنامه‌ریزی مدیریتی تأکید دارند؛ با این حال، اکثر این تحقیقات در مناطق غیرشهری انجام شده و کمتر به تعامل مستقیم بین ساخت‌وساز انسانی و ویژگی‌های طبیعی حوضه در مناطق کوهستانی شهری پرداخته‌اند. نوآوری این پژوهش در تمرکز بر تحلیل مورفومتری حوضه‌های آبریز در دامنه‌های شمالی و جنوبی تبریز است که به طور مستقیم بر کلان‌شهر تبریز اشراق دارند. بر خلاف مطالعات پیشین که عموماً در مناطق طبیعی یا نیمه‌شهری صورت گرفته‌اند، این تحقیق با رویکرد تلفیقی ژئومورفولوژی - شهرسازی، به بررسی چگونگی تأثیر فرایندهای مورفومتری بر افزایش خطر سیلاب در

محدوده‌ای با توسعه شهری سریع می‌پردازد. استفاده همزمان از داده‌های رقومی ارتفاعی (DEM)، شاخص‌های مورفومتری و تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، جنبه‌ای نو و کاربردی برای مدیریت پایدار مناطق کوه‌پایه‌ای شهری ایجاد می‌کند.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه پژوهش حاضر حوضه‌های آبریز منتهی به کلان‌شهر تبریز است. شهر تبریز به عنوان مرکز استان آذربایجان شرقی در مختصات جغرافیایی $38^{\circ} 02'$ تا $38^{\circ} 10'$ عرض شمالی و $46^{\circ} 11'$ تا $46^{\circ} 23'$ طول شرقی واقع شده و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر می‌باشد (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه این شهر طبق آمار ایستگاه سینوپتیک واقع در فرودگاه بین‌المللی تبریز و بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۴ حدود ۲۵۵ میلی‌متر می‌باشد. تبریز در گوشه شرقی دشت رسوبی همواری با شیب متوسط به سوی دریاچه ارومیه گسترده شده است. در شمال آن کوه‌های عون بن علی، بهلول و بابا باغی و در جنوب آن توده آتشفشانی سهند قرار دارد. به واسطه همین کوه‌ها، حوضه‌های آبریز کوچک و بزرگی به سمت شهر زهکشی می‌شوند. توسعه و گسترش شهر به سمت خروجی این حوضه‌ها و تغییرات گسترده کاربری اراضی و دست‌کاری مسیل‌های عبور آب طی چند دهه گذشته، خطر وقوع سیل را افزایش داده است.

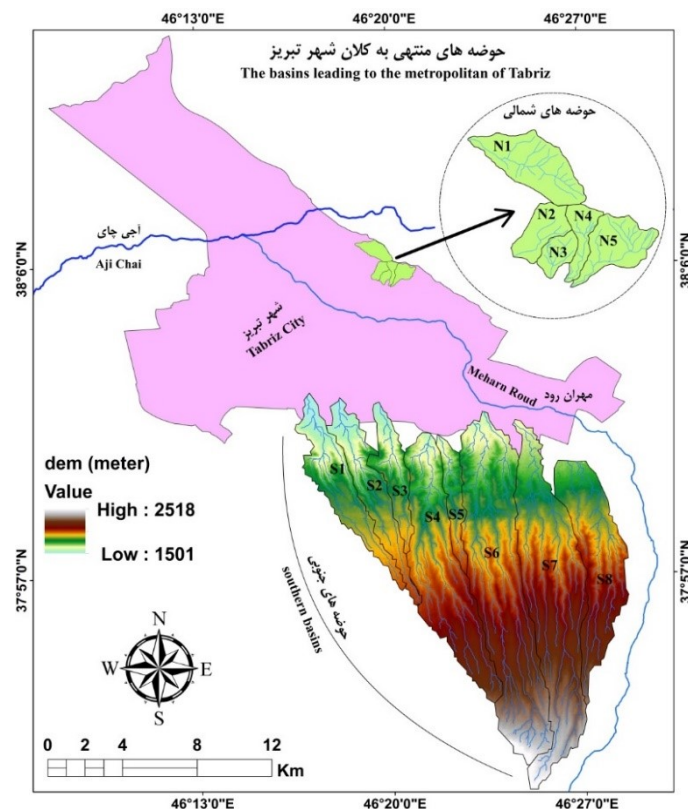
مواد و روش‌ها

این پژوهش با روش توصیفی - تحلیلی و با هدف ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی و اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز منتهی به کلان‌شهر تبریز انجام شده است و در زمره تحقیقات کاربردی قرار می‌گیرد. در تحقیق حاضر از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر جهت استخراج حوضه‌های آبریز منطقه و محاسبه پارامترهای مورفومتری حوضه‌ها استفاده شده است (جدول ۱). در ادامه دو روش مختلف برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده واقع شده است: ۱- مدل SWARA، ۲- مدل MABAC.

جدول ۱- پارامترهای مورفومتری و فرمول محاسبه آن‌ها

Table 1- Morphometric parameters and their calculation formulas

منبع Reference	فرمول Formula	پارامتر Parameter
Horton (1945)	$Fs = Nu/A$ تعداد کل آبراهه‌های حوضه آبریز A = مساحت حوضه آبریز	فراوانی آبراهه (Stream frequency)
Horton (1945)	$Dd = Lu/A$ طول کل آبراهه‌های حوضه آبریز	تراکم زهکشی (Drainage density)
Horton (1945)	$Dt = Nu/P$ P = محیط حوضه آبریز	بافت زهکشی (Drainage texture)
Schumm (1956)	$Di = Fs/Dd$	شدت زهکشی (Drainage intensity)
Horton (1945)	$Cc = 0.2812 \times P/A^{0.5}$	ضریب فشردگی (Compactness coefficient)
Singh & Singh (2017)	$Rc = 4 \times 3.14 A/P^2$	نسبت مدور بودن (Circularity ratio)
Horton (1945)	$Ff = A/Lb^2$ $Bh = hmax - hmin$	ضریب شکل (Form factor)
Schumm (1956)	$hmax$ = حداکثر ارتفاع حوضه آبریز $hmin$ = حداقل ارتفاع حوضه آبریز	اختلاف ارتفاع حوضه (Relief)
Strahler (1964)	$Rn = Bh \times Dd$	عدد ناهمواری (Ruggedness number)



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Fig. 1. Geographical location of the study area

مدل SWARA

این مدل به عنوان یک تکنیک تحلیل تصمیم گیری چندمعیاره برای محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها استفاده می شود. مراحل تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها با استفاده از این مدل به این صورت می باشد: ۱- ایجاد یک مدل تصمیم گیری بر اساس رابطه بین پارامترها. در این مرحله معیارهای مورد استفاده بر اساس اهمیت مورد انتظارشان در ارتباط با مسئله مورد بررسی به صورت نزولی مرتب می شوند. ۲- محاسبه مقدار S_j معیارها. از معیار دوم شروع می شود، پاسخ دهنده اهمیت نسبی معیار j را در ارتباط با معیار قبلی ($j - 1$) بیان می کند و این کار را برای هر معیار تکرار می کند.

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n} \quad (1)$$

که در آن n تعداد کارشناسان؛ A_i رتبه های ارائه شده توسط کارشناسان برای هر پارامتر و z نشان دهنده تعداد پارامترها می باشد. ۳- محاسبه ضریب K_j . به منظور تعیین ضریب K_j ، یک واحد به مقادیر S_j معیارها اضافه می شود.

$$K_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ S_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

۴- وزن مجددی q_j از رابطه زیر محاسبه می شود: مقدار Q_j برای معیار اول همیشه عدد یک خواهد بود.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{k_j - 1}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (3)$$

۵- وزن نسبی معیارها از طریق رابطه (۴) به دست می آید: در این مرحله وزن اولیه هر معیارها (Q_j) در مجموع وزن های اولیه تقسیم می گردد.

$$W_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad (4)$$

که در آن W_j نشان دهنده وزن نسبی معیار j و n نشان دهنده تعداد کل معیارها می باشد (Keršuliene, Zavadskas & Turskis, 2010).

مدل MABAC

روش مقایسه چندشاخصه محدوده تقریبی مرزها یا MABAC^۱ به وسیله پاموکار و سیرویچ در سال ۲۰۱۵ ارائه شد. این روش جزو جدیدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که جهت رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود (Rezaei Moghaddam & Rahimpour, 2025). گام‌های اجرای این روش به صورت زیر است: ۱- تعیین معیارها و گزینه‌های پژوهش و تشکیل ماتریس تصمیم. معیارهایی که برای ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی مورد بررسی قرار گرفته‌اند، عبارت‌اند از: مساحت، تعداد آبراهه، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه، بافت زهکشی، شدت زهکشی، نسبت دایره‌ای، نسبت شکل‌پذیری، ضریب فشردگی، اختلاف ارتفاع و عدد ناهمواری. حوضه‌های آبریز واقع در شمال و جنوب تبریز نیز گزینه‌های پژوهش می‌باشند. ۲- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم. این فرایند با هدف یکسان‌سازی مقیاس معیارها و فراهم کردن امکان مقایسه دقیق میان آن‌ها انجام می‌شود. نرمال‌سازی موجب می‌گردد داده‌ها در یک بازه مشخص (اغلب بین ۰ تا ۱) قرار گیرند. ۳- وزن‌دار کردن ماتریس تصمیم نرمال شده. در این مرحله وزن معیارها از طریق روش‌هایی همچون ANP، AHP، ANP، آنتروپی شانون و یا SWARA به دست می‌آید. ۴- تعیین مرز ناحیه شباهت ماتریس. در این مرحله برای هر معیار یک مرز ناحیه شباهت مشخص می‌شود. در این بخش از رابطه‌ی (۵) بهره گرفته می‌شود:

$$g_j = \left(\prod_{i=1}^m \hat{f}_{ij} \right)^{1/m}; j = 1, \dots, n \quad (5)$$

که در آن $\hat{f}_{ij}$ عناصر ماتریس وزنی و m تعداد کل گزینه‌های تحقیق می‌باشد. پس از محاسبه مقادیر مرز ناحیه شباهت ماتریس، یک ماتریس $n \times 1$ تشکیل می‌شود. ۵- محاسبه فاصله گزینه‌ها تا مرز ناحیه شباهت. با توجه به مقادیر مرز ناحیه شباهت ماتریس و مقادیر وزنی ماتریس نرمال شده هر معیار، فاصله گزینه‌ها تا مرز ناحیه شباهت از طریق رابطه (۶) به دست می‌آید.

$$q_{ij} = \hat{f}_{ij} - g_j; i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

۶- رتبه‌بندی گزینه‌ها. در این مرحله امتیاز نهایی هر گزینه مشخص و جهت رتبه‌بندی به ترتیب نزولی مرتب می‌شوند (Pamučar & Ćirović, 2015). گزینه‌ای که بیشترین مقدار را داشته باشد به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب شده و رتبه یک را کسب می‌کند.

نتایج و بحث

مساحت حوضه آبریز (A) نشان‌دهنده منطقه کل محصور در مرز حوضه آبریز است و نقش حیاتی در تعیین حجم رواناب ایفا می‌کند (Mohammed et al., 2025). یک حوضه وسیع‌تر معمولاً بارش بیشتری را دریافت می‌کند که منجر به دبی اوج بالاتر و افزایش رواناب می‌شود (Abdeta, Tesemma, Tura & Atlabachew, 2020; Shekar & Mathew, 2024). نتایج بررسی مساحت حوضه‌های مورد مطالعه نشان داد که در دامنه‌های شمالی، حوضه N1 و در دامنه‌های جنوبی، حوضه S6 به ترتیب با ۱۲۲ هکتار و ۴۸ کیلومتر مربع بیشترین مساحت را دارند. تعداد آبراهه (Nu) بیشتر نشان دهنده نفوذپذیری کم حوضه آبریز می‌باشد (Shekar & Mathew, 2024). در منطقه مورد مطالعه حوضه N1 در دامنه‌های شمالی با ۲۳ آبراهه و حوضه S6 در دامنه‌های جنوبی با ۱۱۶ آبراهه بیشترین آبراهه‌ها را داشته‌اند که بیانگر پتانسیل بالای این حوضه‌ها در تولید رواناب می‌باشد. بر اساس نظر هورتون (Horton, 1945)، مقادیر بالای تراکم زهکشی (Dd) معمولاً در مناطق کوهستانی با پوشش گیاهی پراکنده مشاهده می‌شود، در حالی که مقادیر پایین‌تر Dd از ویژگی‌های مناطق با خاک‌های نفوذپذیر و پوشش گیاهی انبوه است. فراوانی آبراهه (Fs) پارامتری کلیدی در تحلیل پویایی سیلاب است. این شاخص با تراکم زهکشی (Dd) هم‌بستگی مثبت دارد، زیرا افزایش Dd معمولاً با افزایش تعداد کانال‌های آبراهه همراه است. مقادیر بالای فراوانی آبراهه بیانگر رواناب زیاد و تراکم بالای زهکشی است (Rezaei Moghaddam et al., 2020a). بافت زهکشی (Dt) یکی از پارامترهای مهم ژئومورفولوژی بوده و به فاصله نسبی بین آبراهه‌ها اشاره دارد (Bisht, Chaudhry, Sharma & Soni, 2018). مقادیر بالاتر بافت زهکشی نشان دهنده ظرفیت نفوذپذیری کم و در نتیجه افزایش پتانسیل رواناب می‌باشد (Rezaei Moghaddam et al., 2020a). شدت زهکشی (Di) نسبت مقادیر فراوانی آبراهه

به تراکم زهکشی است. این پارامتر اطلاعاتی در مورد تراکم آبراهه‌ها نسبت به مساحت حوضه ارائه می‌دهد، به‌طوری‌که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده سیستم زهکشی متراکم‌تری است که می‌تواند منجر به افزایش رواناب در هنگام رویدادهای بارندگی شدید شود (Mohammed et al., 2025). نسبت دایره‌ای (Rc) معمولاً برای طبقه‌بندی مرحله تکامل ژئومورفیک یک حوضه آبریز استفاده می‌شود. مقادیر پایین‌تر Rc نشان‌دهنده توپوگرافی کشیده‌تر و جوان‌تر است، درحالی‌که مقادیر بالاتر نشان‌دهنده شکل بالغ و دایره‌ای‌تر است. حوضه N3 در دامنه‌های شمالی با مقدار ۰/۶۹ بیشترین مقدار این پارامتر را داشته است. در دامنه‌های جنوبی نیز حوضه S4 با ۰/۳۱ بیشترین مقدار را دارد. نسبت شکل‌پذیری (Ff) یک پارامتر هندسی است که برای توصیف شکل یک حوضه آبریز به کار می‌رود. مقدار پایین‌تر Ff معمولاً نشان‌دهنده حوضه‌ای با شکل کشیده‌تر است که عموماً با رواناب کندتر و احتمال کمتر وقوع سیل مرتبط است. در مقابل، مقدار بالاتر Ff نشان‌دهنده حوضه‌ای با شکل مدورتر است که مستعد رواناب سریع‌تر و خطرات سیل بالاتر است (Duressa et al., 2024). مقادیر این پارامتر برای حوضه‌های شمالی بین ۰/۵۶-۰/۶۹ و برای حوضه‌های جنوبی ۰/۴۶-۰/۳۴ بوده است. ضریب فشردگی (Cc) پارامتر کلیدی دیگری است که شکل حوضه را منعکس می‌کند. اگر ضریب فشردگی برابر با ۱ باشد، به این معنی است که حوضه آبریز شکل دایره‌ای کامل دارد. مقادیر بزرگ‌تر از ۱ نشان‌دهنده کشیدگی حوضه هستند. حوضه‌های دایره‌ای از حساسیت بالایی نسبت به سیل‌خیزی برخوردارند (Rezaei Moghaddam, 2020b; Hejazi, Valizadeh Kamran & Rahimpour, 2020b). اختلاف ارتفاع کلی حوضه (H) به عنوان تفاوت بین بالاترین و پایین‌ترین ارتفاعات درون یک حوضه آبریز تعریف می‌شود. مقادیر بالاتر H عموماً نشان‌دهنده شیب‌های تندتر و پتانسیل بیشتر برای فرسایش خاک، رواناب سطحی و انتقال رسوب است (Mohammed et al., 2025). بررسی تغییرات ارتفاعی حوضه‌های مورد نشان می‌دهد که در حوضه‌های دامنه‌های شمالی، حوضه شماره N5 با ۳۶۸ متر بیشترین اختلاف ارتفاع بین پست‌ترین و بلندترین نقطه حوضه را داشته است. در دامنه‌های جنوبی نیز حوضه S6 با ۹۲۷ متر بیشترین مقدار به خود اختصاص داده است. عدد ناهمواری (Rn) که حاصل ضرب اختلاف ارتفاع حوضه و تراکم زهکشی است، معیاری تلفیقی از ناهمواری زمین و پتانسیل فرسایش و سیل ارائه می‌دهد (Mohammed et al., 2025). این پارامتر پیچیدگی ساختاری و اختلاف ارتفاع یک حوضه را با ترکیب شیب و دامنه ارتفاعی کمی‌سازی می‌کند (Melton, 1957). مقادیر بالاتر این پارامتر نمایانگر زمین‌های بسیار ناهموار و پرشیب است که این امر موجب افزایش رواناب سطحی، کاهش نفوذپذیری و افزایش احتمال وقوع سیلاب‌های ناگهانی می‌شود (Rai, Chandel, Mishra & Singh, 2018; Sutradhar & Mondal, 2023).

جدول ۲- خصوصیات مورفومتری حوضه‌های جنوبی

Table 2- Morphometric characteristics of the southern basins

پارامتر Parameter	حوضه S1 Basin S1	حوضه S2 Basin S2	حوضه S3 Basin S3	حوضه S4 Basin S4	حوضه S5 Basin S5	حوضه S6 Basin S6	حوضه S7 Basin S7	حوضه S8 Basin S8
Basin area (km ²)	14	12.8	8	30	5.5	48	42	23
Stream number	22	20	14	45	11	116	49	44
Drainage density	2.07	1.95	1.87	2.03	2	2.12	2.16	2
Stream frequency	1.57	1.56	1.75	1.5	2	2.41	1.16	1.91
Drainage texture	0.76	0.68	0.72	1.29	0.65	2.62	1.05	1.42
Drainage intensity	0.75	0.8	0.93	0.73	1	1.13	0.53	0.95
Circularity ratio	0.21	0.19	0.27	0.31	0.24	0.30	0.24	0.30
Form factor	0.40	0.41	0.44	0.36	0.46	0.34	0.35	0.38
Compactness coefficient	2.18	2.35	1.93	1.79	2.03	1.8	2.02	1.81
Relief (meter)	469	475	396	600	379	927	795	565
Ruggedness number	0.97	0.92	0.74	1.21	0.75	1.96	1.71	1.13

برای تعیین وزن معیارهای تحقیق از روش SWARA بهره گرفته شد. در این روش، وزن هر پارامتر متناسب با میزان تأثیر آن بر موضوع مطالعه تخصیص می‌یابد. از آنجا که پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها هدف اصلی پژوهش است، معیارهای کلیدی مؤثر بر این فرایند به عنوان عوامل تعیین‌کننده در نظر گرفته شدند.

بر این اساس، معیارهای مساحت، تعداد آبراهه، اختلاف ارتفاع کلی حوضه و تراکم زهکشی به دلیل اهمیت‌شان در سیل‌خیزی، بالاترین وزن را کسب کردند. سایر معیارها نیز با توجه به تأثیر کمترشان بر شکل‌گیری رواناب، وزن کمتری دریافت نمودند. در این بخش جهت تعیین وزن معیارها از نظرات چهار متخصص ژئومورفولوژی بهره گرفته شد (شکل ۲).

جدول ۳- خصوصیات مورفومتری حوضه‌های شمالی

Table 3- Morphometric characteristics of the northern basins

حوضه N5	حوضه N4	حوضه N3	حوضه N2	حوضه N1	پارامتر
Basin N5	Basin N4	Basin N3	Basin N2	Basin N1	Parameter
83	38	31	52	122	Basin area (Hectare)
16	9	7	4	23	Stream number
7	6.5	7.3	3.4	5.5	Drainage density
19	23	22	7	18	Stream frequency
3.5	2.5	3	1.2	4.5	Drainage texture
2.7	3.5	3	2	3.2	Drainage intensity
0.50	0.38	0.69	0.60	0.59	Circularity ratio
0.59	0.66	0.69	0.64	0.56	Form factor
1.41	1.64	1.21	1.28	1.31	Compactness coefficient
368	331	264	288	363	Relief (meter)
2.5	2.15	1.92	0.98	1.99	Ruggedness number

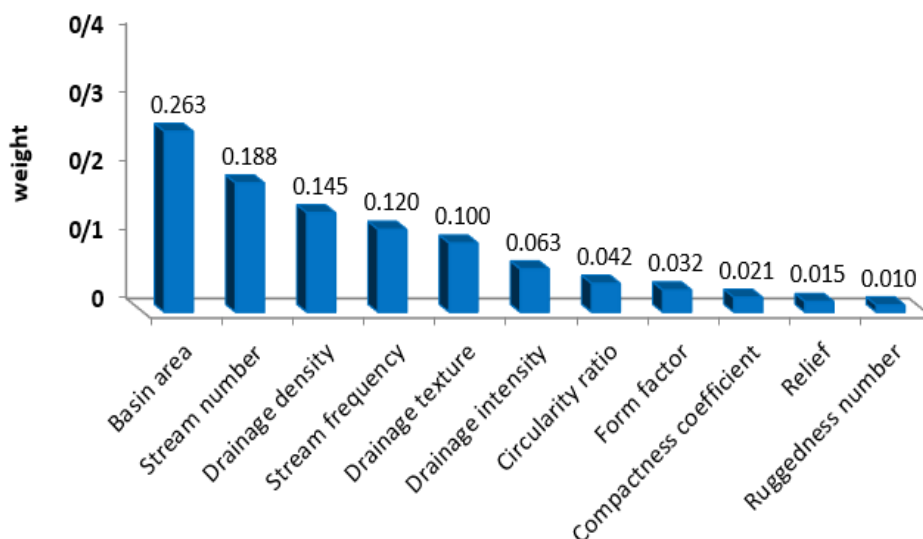
شکل ۲- وزن نسبی (W_j) معیارها با روش SWARA

Fig. 2. Criteria weighting using the SWARA method

در ادامه جهت اولویت‌بندی حوضه‌ها از مدل MABAC استفاده شده است. در تحقیق حاضر جهت ارزیابی معیارها نسبت به گزینه‌ها (حوضه‌های آبریز) از طیف ۹ تایی ساعتی در روش‌های AHP و ANP استفاده شده و ماتریس تصمیم تکمیل گردید (جدول ۴ و ۵).

جدول ۴- ماتریس تصمیم برای حوضه‌های شمالی

Table 4- Decision matrix of the northern basins

معیار Criteria	Basin area	Stream number	Drainage density	Stream frequency	Drainage texture	Drainage intensity	Circularity ratio	Form factor	Compactness coefficient	Relief	Ruggedness number
حوضه‌های شمال تبریز northern basins											
Basin N1	6	5	2	2	2	4	4	3	4	6	4
Basin N2	3	1	2	2	5	1	4	4	3	3	3
Basin N3	1	2	5	4	3	3	5	5	3	3	4
Basin N4	2	3	3	5	4	5	2	5	5	5	5
Basin N5	4	4	4	3	2	2	3	3	4	6	5

جدول ۵- ماتریس تصمیم برای حوضه‌های جنوبی

Table 5- Decision matrix of the southern basins

معیار Criteria	Basin area	Stream number	Drainage density	Stream frequency	Drainage texture	Drainage intensity	Circularity ratio	Form factor	Compactness coefficient	Relief	Ruggedness number
حوضه‌های جنوب تبریز southern basins											
Basin S1	4	4	5	4	5	3	2	4	5	4	4
Basin S2	4	3	2	3	5	3	2	5	6	4	3
Basin S3	3	2	2	4	4	4	4	5	3	3	3
Basin S4	5	5	5	3	3	2	6	3	3	5	5
Basin S5	2	2	3	5	6	5	3	6	4	3	3
Basin S6	7	8	6	7	3	7	5	2	3	9	7
Basin S7	6	7	7	3	4	2	3	2	4	7	6
Basin S8	5	5	4	5	3	5	5	4	3	5	5

در ادامه، با تکمیل ماتریس تصمیم، مقادیر آن نرمال‌سازی شد (جداول ۶ و ۷). در ادامه، مقادیر مرز ناحیه شباهت ماتریس (G) تعیین شد. در این مرحله، از میانگین حسابی برای مشخص کردن مرز ناحیه شباهت بهره گرفته شد (جداول ۸ و ۹). پس از تعیین این مقادیر، فاصله گزینه‌ها تا مرز ناحیه شباهت نیز محاسبه گردید. نتایج این محاسبات در جداول ۱۰ و ۱۱ آمده است.

جدول ۶- ماتریس نرمال شده برای حوضه‌های شمالی

Table 6- Normalized matrix of the northern basins

معیار Criteria	Basin area	Stream number	Drainage density	Stream frequency	Drainage texture	Drainage intensity	Circularity ratio	Form factor	Compactness coefficient	Relief	Ruggedness number
حوضه‌های شمال تبریز northern basins											
Basin N1	1	1	0	1	1	0.25	0.33	1	0.5	0	0.5
Basin N2	0.4	0	0	1	0	1	0.33	0.5	1	1	1
Basin N3	0	0.25	1	0.33	0.66	0.5	0	0	1	1	0.5
Basin N4	0.2	0.5	0.33	0	0.33	0	1	0	0	0.33	0
Basin N5	0.6	0.75	0.66	0.33	0	0.25	0.33	0	0.5	1	1

جدول ۷- ماتریس نرمال شده برای حوضه‌های جنوبی

Table 7- Normalized matrix of the southern basins

معیار Criteria	Basin area	Stream number	Drainage density	Stream frequency	Drainage texture	Drainage intensity	Circularity ratio	Form factor	Compactness coefficient	Relief	Ruggedness number
حوضه‌های جنوب تبریز southern basins											
Basin S1	0.28	0.33	0.6	0.75	0.33	0.8	1	0.5	0.33	0.83	0.75
Basin S2	0.28	0.16	0	1	0.33	0.8	1	0.25	0	0.83	1
Basin S3	0.14	0	0	0.75	0.66	0.6	0.5	0.25	1	1	1
Basin S4	0.42	0.5	0.6	1	1	1	0	0.75	1	0.66	0.5
Basin S5	0	0	0.2	0.5	1	0.6	0.25	1	0.33	0	0
Basin S6	1	1	0.8	1	0	1	0.75	0	0	1	1
Basin S7	0.57	0.83	1	0	0.33	0	0.25	0	0.33	0.66	0.75
Basin S8	0.42	0.5	0.4	0.5	0	0.6	0.75	0.5	0	0.33	0.5

جدول ۸- مقادیر مرز ناحیه شباهت ماتریس (G) برای حوضه‌های شمالی

Table 8- Values of the similarity area boundary matrix (G) for the northern basins

معیار Criteria	Basin area	Stream number	Drainage density	Stream frequency	Drainage texture	Drainage intensity	Circularity ratio	Form factor	Compactness coefficient	Relief	Ruggedness number
G	0.368	0.274	0.162	0.015	0.135	0.086	0.057	0.026	0.050	0.233	0.023

جدول ۹- مقادیر مرز ناحیه شباهت ماتریس (G) برای حوضه‌های جنوبی

Table 9- Values of the similarity area boundary matrix (G) for the southern basins

معیار Criteria	Basin area	Stream number	Drainage density	Stream frequency	Drainage texture	Drainage intensity	Circularity ratio	Form factor	Compactness coefficient	Relief	Ruggedness number
G	0.359	0.259	0.169	0.017	0.141	0.104	0.064	0.029	0.042	0.236	0.025

جدول ۱۰- مقادیر فاصله گزینه‌ها تا مرز ناحیه شباهت (q) برای حوضه‌های شمالی

Table 10- Values of distances of alternatives from the similarity area boundary (q) for the northern basins

معیار Criteria	Basin area	Stream number	Drainage density	Stream frequency	Drainage texture	Drainage intensity	Circularity ratio	Form factor	Compactness coefficient	Relief	Ruggedness number
حوضه‌های شمال تبریز northern basins											
Basin N1	0.158	0.102	-0.042	0.005	0.065	-0.007	-0.001	0.016	-0.002	-0.088	-0.001
Basin N2	0	-0.086	-0.042	0.005	-0.035	0.040	-0.001	0.005	0.014	0.057	0.007
Basin N3	-0.105	-0.039	0.078	-0.001	0.032	0.009	-0.015	-0.005	0.014	0.057	-0.001
Basin N4	-0.053	0.008	-0.002	-0.005	-0.001	-0.023	0.027	-0.005	-0.018	-0.039	-0.008
Basin N5	0.053	0.055	0.038	-0.001	-0.035	-0.007	-0.001	0.005	-0.002	0.057	-0.007

جدول ۱۱- مقادیر فاصله گزینه‌ها تا مرز ناحیه شباهت (q) برای حوضه‌های جنوبی

Table 11- Values of distances of alternatives from the similarity area boundary (q) for the southern basins

معیار Criteria	Basin area	Stream number	Drainage density	Stream frequency	Drainage texture	Drainage intensity	Circularity ratio	Form factor	Compactness coefficient	Relief	Ruggedness number
حوضه‌های جنوب تبریز southern basins											
Basin S1	-0.021	-0.008	0.023	0.001	-0.008	0.010	0.020	0.003	0	0.030	0.001
Basin S2	-0.021	-0.039	-0.049	0.003	-0.008	0.010	0.020	-0.002	-0.010	0.030	0.005
Basin S3	-0.059	-0.071	-0.049	0.001	0.025	-0.003	-0.001	-0.002	0.022	0.054	0.005
Basin S4	0.016	0.023	0.023	0.003	0.059	0.022	-0.022	0.008	0.022	0.005	-0.002
Basin S5	-0.096	-0.071	-0.025	-0.002	0.059	-0.003	-0.011	0.013	0	-0.091	-0.010
Basin S6	0.167	0.117	0.047	0.003	-0.041	-0.022	0.010	-0.008	-0.010	0.054	0.005
Basin S7	0.054	0.086	0.071	-0.007	-0.008	-0.041	-0.011	-0.008	0	0.005	0.001
Basin S8	0.016	0.023	0.001	-0.002	-0.041	-0.003	0.010	0.003	-0.010	-0.043	-0.002

در نهایت، وزن نهایی هر گزینه (S) محاسبه و حوضه‌ها بر این اساس رتبه‌بندی شدند. همان‌طور که در جدول ۱۲ مشاهده می‌شود، حوضه S6 نسبت به دیگر حوضه‌ها بالاترین وزن را به خود اختصاص داده است. این امر عمدتاً به دلیل برتری این حوضه در پارامترهایی همچون مساحت، تراکم آبراهه‌ها و دامنه تغییرات ارتفاعی است که همگی در افزایش پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها نقش به‌سزایی ایفا می‌کنند. حوضه‌های S4 و S7 نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند که بیانگر پتانسیل سیل‌خیزی بالای این حوضه‌ها می‌باشد.

جدول ۱۲- وزن نهایی گزینه‌ها و رتبه‌بندی حوضه‌های جنوبی

Table 12- Final weights of the options and ranking of the southern basins

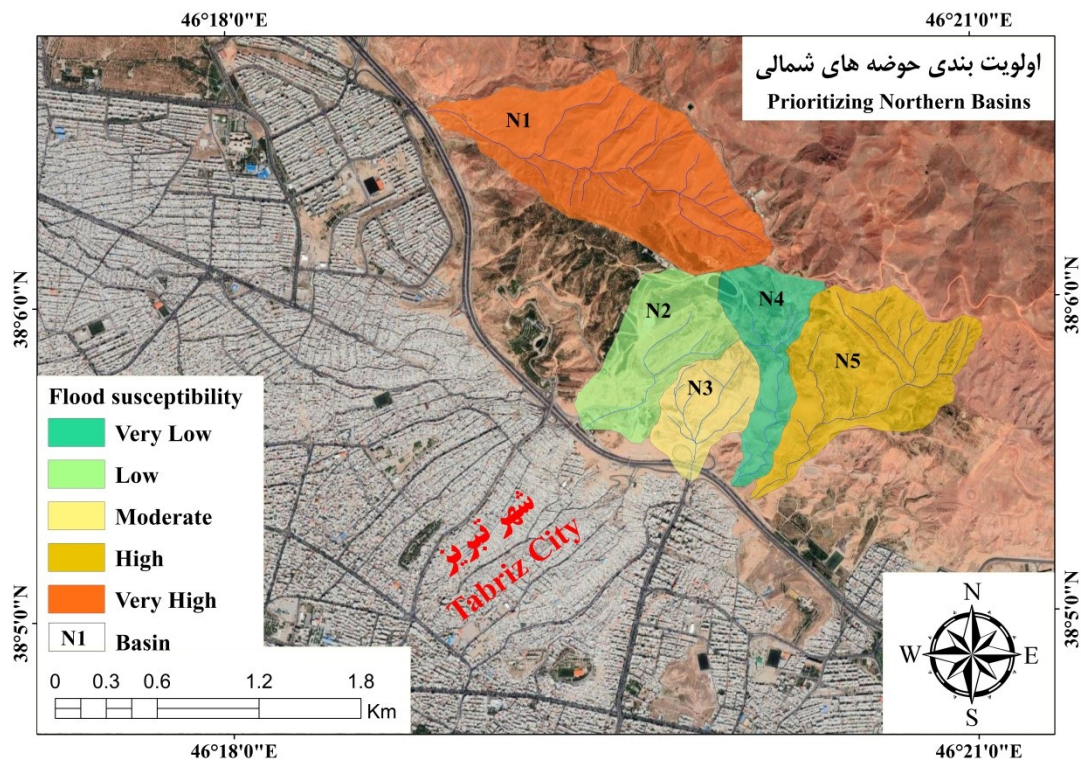
حوضه	وزن نهایی	رتبه
basin	Final weights	Rank
Basin S1	0.051	4
Basin S2	-0.062	6
Basin S3	-0.077	7
Basin S4	0.158	2
Basin S5	-0.236	8
Basin S6	0.366	1
Basin S7	0.144	3
Basin S8	-0.050	5

جدول ۱۳- وزن نهایی گزینه‌ها و رتبه‌بندی حوضه‌های شمالی

Table 13- Final weights of the options and ranking of the northern basins

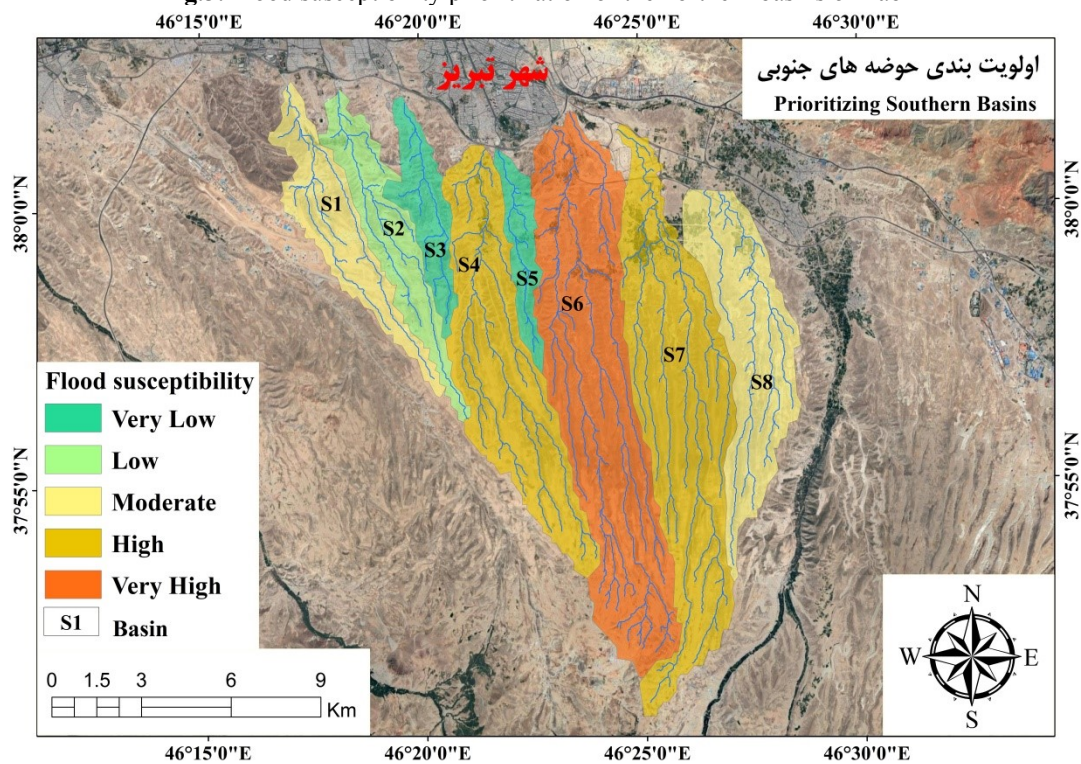
حوضه	وزن نهایی	رتبه
basin	Final weights	Rank
Basin N1	0.206	1
Basin N2	-0.035	4
Basin N3	0.024	3
Basin N4	-0.119	5
Basin N5	0.159	2

در حوضه‌های شمالی نیز، حوضه N1 در دامنه‌های شمالی با وزن نهایی ۰/۲۰۶ بالاترین رتبه را به خود اختصاص داده است. در نتیجه، این حوضه به عنوان حساس‌ترین حوضه از نظر پتانسیل سیل‌خیزی انتخاب شد.



شکل ۳- اولویت‌بندی سیل‌خیزی حوضه‌های شمال تبریز

Fig.3. Flood susceptibility prioritization of the northern basins of Tabriz



شکل ۴- اولویت‌بندی سیل‌خیزی حوضه‌های جنوب تبریز

Fig.4. Flood susceptibility prioritization of the southern basins of Tabriz

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارزیابی و اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز منتهی به کلان‌شهر تبریز، با بهره‌گیری از تحلیل‌های مورفومتری و تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره MABAC و SWARA انجام شد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که ویژگی‌های مورفومتری حوضه‌های آبریز نقش تعیین‌کننده‌ای در تشدید یا کاهش پتانسیل سیل‌خیزی ایفا می‌کنند. در این راستا، معیارهایی نظیر مساحت حوضه، تراکم آبراهه‌ها و اختلاف ارتفاع به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید رواناب و وقوع سیلاب‌های ناگهانی شناسایی شدند. نتایج حاصل از مدل SWARA در تعیین وزن معیارها بیانگر آن است که پارامترهای مرتبط با اندازه و شکل حوضه (مانند مساحت، ضریب فشردگی و نسبت دایره‌ای) و نیز مشخصات شبکه زهکشی (نظیر تراکم آبراهه و تعداد آبراهه) بیشترین سهم را در افزایش حساسیت سیل‌خیزی دارند. این یافته با مطالعات پیشین در مناطق دیگر نیز همخوانی دارد و تأکید می‌کند که حوضه‌های کوچک‌تر با شیب‌های تند و شبکه زهکشی فشرده، به دلیل زمان تمرکز کوتاه‌تر و تولید رواناب سریع‌تر، آسیب‌پذیری بیشتری در برابر سیلاب‌های ناگهانی دارند. در مرحله اولویت‌بندی حوضه‌ها با استفاده از مدل MABAC، حوضه N1 در دامنه‌های شمالی تبریز با بالاترین وزن نهایی (۰/۲۰۶) به عنوان حساس‌ترین حوضه از نظر پتانسیل سیل‌خیزی شناسایی شد. این حوضه به دلیل ترکیبی از مساحت نسبتاً بزرگ، تراکم بالای آبراهه‌ها و شیب قابل‌توجه، شرایط مطلوبی برای تولید رواناب سریع و تشدید خطر سیل فراهم می‌کند. در مقابل، حوضه‌های با مقادیر منفی وزن نهایی (مانند حوضه‌های N2 و N4 در شمال) از پتانسیل سیل‌خیزی کمتری برخوردارند که عمدتاً ناشی از ویژگی‌های مورفولوژیکی تعدیل‌کننده مانند شکل کشیده و تراکم زهکشی پایین است. در بخش جنوبی نیز، حوضه S6 با وزن نهایی ۰/۳۶۶ در رتبه اول قرار گرفت. برتری این حوضه عمدتاً ناشی از وسعت بیشتر، اختلاف ارتفاع قابل‌توجه و تراکم بالای آبراهه‌هاست که همگی از عوامل کلیدی در افزایش حجم و سرعت رواناب محسوب می‌شوند. این نتیجه نشان می‌دهد که حتی در مناطق با اقلیم نیمه‌خشک، وجود حوضه‌های وسیع و پرشیب در ارتفاعات می‌تواند خطر سیل‌خیزی را به‌ویژه در فصل‌های بارشی تشدید کند. از دیدگاه کاربردی، یافته‌های این تحقیق می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد در دست مدیران و برنامه‌ریزان شهری و محیط‌زیست قرار گیرد. اولویت‌بندی ارائه‌شده امکان تخصیص بهینه منابع و اجرای اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای (مانند احداث بندهای رسوب‌گیر، اصلاح الگوی کاربری اراضی، حفظ و احیای پوشش گیاهی و طراحی سیستم‌های هشدار سریع) را در حوضه‌های پرخطر فراهم می‌کند. به ویژه با توجه به توسعه فیزیکی سریع و بی‌ضابطه شهر تبریز به سمت خروجی این حوضه‌ها، لزوم اعمال ملاحظات هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی در طرح‌های توسعه شهری و کنترل ساخت‌وساز در حریم آبراهه‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، با افزودن معیارهای هیدرو اقلیمی (مانند شدت و مدت بارش) و انسانی (مانند تغییرات کاربری اراضی و تراکم ساخت‌وساز) و نیز استفاده از داده‌های با قدرت تفکیک بالاتر، دقت و قابلیت اطمینان مدل‌های ارزیابی افزایش یابد. چنین رویکردی نه تنها به مدیریت ریسک سیل در کلان‌شهر تبریز کمک خواهد کرد، بلکه می‌تواند الگویی برای سایر شهرهای واقع در مجاورت حوضه‌های آبریز کوهستانی باشد. یافته‌های این تحقیق با نتایج پژوهشگرانی همچون رحیم‌پور و همکاران (Rahimpour et al., 2023)، رضائی مقدم و همکاران (Rezaei Moghaddam & Rahimpour, 2023)، سهیل و محمود (Sohail & Mahmood, 2024) مطابقت دارد. پژوهشگران نام برده پیشنهاد کرده بودند که برای ارزیابی سیل‌خیزی و فرسایش خاک، می‌توان از ویژگی‌های مورفومتری حوضه‌های آبریز و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس میزان اهمیت‌شان با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرد. نتایج این پژوهش نیز این رویکرد و یافته‌های آن محققان را تأیید می‌کند. از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم وجود ایستگاه‌های باران‌سنجی در این مناطق اشاره کرد.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

- Abdeta, G. C., Tesemma, A. B., Tura, A. L., & Atlabachew, G. H. (2020). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. *Applied Water Science*, 10(7), 1–15. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-020-01239-7>
- Aher, P. D., Adinarayana, J., & Gorantiwar, S. D. (2014). Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: a remote sensing and GIS approach. *Journal Hydrology*, 511, 850–860. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.028>
- Balcı, E., Bilgen, G., & Aksoy, S. H. (2024). Flood risk awareness and transportation mode choice in communities with varying flooding frequencies: The cases of Bozkurt, Kastamonu, Turkey and Mandalay, Marikina, Philippines. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 113, 104819. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104819>
- Bisht, S., Chaudhry, S., Sharma, S., & Soni, S. (2018). Assessment of flash flood vulnerability zonation through Geospatial technique in high altitude Himalayan watershed, Himachal Pradesh India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 12, 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.09.001>
- Duressa, A. A., Feyissa, T. A., Tukura, N. G., Gudeta, B. G., Gechelu, G. F., & Bibi, T. S. (2024). Identification of soil erosion-prone areas for effective mitigation measures using a combined approach of morphometric analysis and geographical information system. *Result Engineering*, 21, 101712. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101712>
- Haltas, I., Yildirim, E., Oztas, F., & Demir, I. (2021). A comprehensive flood event specification and inventory: 1930–2020 Turkey case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56, 102086. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102086>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275–370. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:edosat\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:edosat]2.0.co;2)
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243–258. <https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12>
- Melton, M. (1957). An analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology. *Office of Naval Research Technical Report*, 11(99). New York
- Mohammed, J. A., Yimam, Z. A., Addissu, S., Endris, A., Haile, B., Ali, A., ... & Mohammed, Y. (2025). Identification and prioritization of flood-prone sub-watersheds using morphometric analysis and remote sensing in the Beshilo Sub-basin, Ethiopia. *Geocarto International*, 40(1), 2526503. <https://doi.org/10.1080/10106049.2025.2526503>
- Özay, B., & Orhan, O. (2023). Flood susceptibility mapping by best–worst and logistic regression methods in Mersin, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 45151–45170. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25423-9>
- Ozdemir, H., & Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods. *Environmental Geology*, 56(7), 1405–1415. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1235-y>
- Pamučar, D., & Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3016–3028. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2014.11.057>
- Perucca, L. P., & Angilieri, Y. E. (2011). Morphometric characterization of del Molle Basin applied to the evaluation of flash floods hazard, Iglesia Department, San Juan, Argentina. *Quaternary International*, 233(1), 81–86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2010.08.007>
- Prakash, K., Rawat, D., Singh, S., Chaubey, K., Kanhaiya, S., & Mohanty, T. (2019). Morphometric analysis using SRTM and GIS in synergy with depiction: a case study of the Karmanasa river basin, north central India. *Applied Water Science*, 9, 1–10. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-018-0887-3>
- Rahimpour, T., Rezaei Moghaddam, M. H., Hejazi, S., & Valizadeh Kamran, K. (2023). Analysis of hydrogeomorphic characteristics of sub-basins in terms of erosion sensitivity (Case study: Aland Chai

- basin, northwest of Iran). *Researches in Earth Sciences*, 14(3), 112-131. [In Persian] <https://doi.org/10.48308/esrj.2023.103507>
- Rai, P. K., Chandel, R. S., Mishra, V. N., & Singh, P. (2018). Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi river basin of India for water resource management based on remote sensing data. *Applied Water Science*, 8, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0660-7>
- Rezaei Moghaddam, M. H., & Rahimpour, T. (2023). Ranking of the Siah Cheshmeh drainage basin in terms of flooding to manage flood hazards. *Environmental Management Hazards*, 10(1), 1-14. [In Persian] https://jhsci.ut.ac.ir/article_92612.html
- Rezaei Moghaddam, M. H., & Rahimpour, T. (2024). Preparation of flood hazard potential map using two methods: Frequency Ratio and Statistical Index (Case study: Aji Chai Basin). *Environmental Management Hazards*, 10(4), 291-308. [In Persian] <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.369163.803>
- Rezaei Moghaddam, M. H., Hejazi, A., Valizadeh kamran, K., & Rahimpour, T. (2020b). Flood Analysis of Subbasins Using WASPAS Model (Case Study: Aland Chai Basin, Northwest of Iran). *Journal of Hydrogeomorphology*, 7(24), 83-106. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/hyd.2020.39815.1534>
- Rezaei Moghaddam, M. H., Hejazi, S. A., Vlaizadeh Kamran, K., & Rahimpour, T. (2020a). Analysis of Hydrogeomorphic Properties of Aland Chai Basin to Prioritize Sub-Basins in terms of Flood Sensitivity. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 9(1), 61-83. [In Persian] <https://doi.org/10.22067/geo.v9i1.84675>
- Rezaei Moghaddam, M. H., Rajabi, M., Rahimpour, T., & Farazian, A. (2025). Flooding Assessment of Qaleh Chai basin Using MABAC Multi Criteria Decision Making Method. *Environmental Management Hazards*, 11(4), 323-337. [In Persian] https://jhsci.ut.ac.ir/article_100739.html?
- Rezaei Moghaddam, M. H., & Rahimpour, T. (2025). *Application of Multi-Criteria Decision Making Methods in Environmental Hazards Modeling*. University of Tabriz. [In Persian]
- Schumm, S. A. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597-646. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- Shekar, P. R., & Mathew, A. (2024). Morphometric analysis of watersheds: a comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques. *Watershed Ecology Environment*, 6, 13-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>
- Singh, N., & Singh, K. K. (2017). Geomorphological analysis and prioritization of sub- watersheds using Snyder's synthetic unit hydrograph method. *Applied Water Science*, 7(1), 275-283. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0243-1>
- Sohail, M., & Mahmood, S. (2024). Flood susceptibility modeling using geo-morphometric ranking approach in Jhelum River basin, Pakistan. *Natural Hazards Research*, 4(2), 187-193. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.11.004>
- Strahler, A. N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks*. Handbook of Applied Hydrology.
- Sutradhar, S., & Mondal, P. (2023). Prioritization of watersheds based on morphometric assessment in relation to flood management: A case study of Ajay river basin, Eastern India. *Watershed Ecology and the Environment*, 5, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2022.11.011>
- Taib, H., Hadji, R., Hamed, Y., Bensalem, M. S., Amamria, S., & Houda, B. (2024). Evaluation of relative tectonic activity in a semiarid basin: analysis of geomorphic indices and morphometric parameters in the Meskiana watershed. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 36(3), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s41207-023-00458-z>