

## Morphometric parameters analysis of watersheds for flood susceptibility zoning Case study: Kebar-Fordo watershed

 Elham Forootan<sup>1</sup>

1-Assistant professor, Department of agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran, Email: [e.forotan@pnu.ac.ir](mailto:e.forotan@pnu.ac.ir)

### Article Info

#### Date of receive:

2025/02/15

#### Date of last review:

2025/10/10

#### Date of accept:

2025/10/30

#### Date of online publication:

2025/10/30

### Keywords:

Flooding,  
Rational method,  
Peak discharge,  
Kebar-Fordo Watershed,  
Arc Hydro

### Extended Abstract

#### Introduction

Flooding as a natural hazard usually takes place in many parts of the world and could be a serious threat to the population and environment of the occurring places. So, analyzing the flooding sensitivity is essential for preventing and reducing future hazardous events in each watershed. Therefore, the following objectives are considered in this study: (a) Determining the sensitivity to flooding of sub-watershed based on some morphometric parameters. (b) Calculating the flood peak discharge in each sub-watershed using Rational method. (c) Investigating the relationship between the flooding sub-watershed rank with respect to morphometric parameters and the estimated rank based on the Rational method.

#### Materials & Methods

In this study, extracting drainage network and 33 sub-watershed in Kebar-Fordo watershed located in Qom province with an area of 128372 hectares were performed by employing Arc Hydro tool in Arc-GIS environment. Then, six different morphometric parameters which affect flood occurrence were calculated. After that, flood sensitivity maps were prepared based on each morphometric parameters while each sub-watershed rank was determined. Finally the total rank of each watershed was estimated by averaging the whole ranks. Due to the lack of adequate observed flood peak discharge values, Rational method was applied to calculate the maximum flood discharge in each sub-watershed. Then Spearman correlation test in SPSS was used to calculate the correlation between the morphometric variable ranks and flood sensitivity of the Rational method. ... ► Page 124

### How to Cite:

Forootan, E. (2026). Morphometric parameters analysis of watersheds for flood susceptibility zoning - Case study: Kebar-Fordo watershed. Scientific -Research Quarterly Geographical Data (SEPEHR). 34(136), 123-138.

## Results & Discussion

In this study, the main stream length ranking shows that five sub-watersheds 1, 5, 15, 20, and 28 are more susceptible to flooding. The watershed slope ranking indicate that sub-watersheds 20, 22, 25, 27, 28, 30, 31, 32, and 33 are more sensitive to flooding. Based on the roughness number, nine sub-watersheds have a flood sensitivity ranking of more than 3. The total basin relief parameter, which presents the height difference between the highest point and the outlet of the watershed, determines the runoff potential of a basin. The total roughness in sub-watersheds 31, 32, and 33 is higher than 3, which is evidence of flooding in these sub-watersheds. The mean elevation rank also indicates that watersheds 18, 20, 28, 29, 30, 32, and 33 are prone to flooding with a rank greater than 3. The basin perimeter is one of the effective parameters in runoff production. In this study, sub-watersheds 20, 15, 5, 1, and 28 have flood sensitivity ranks greater than 3. The flood susceptibility map of the studied area based on the average rank of the total morphometric parameters shows that the areas with high, medium, low and very low susceptibility classes include 0.49%, 47.79%, 42.87% and 8.85% of the area, respectively. This map shows that sub-watersheds 32, 31 and 33 are the most susceptible areas to flooding. The rank of slope, roughness number, and total basin relief in sub-watershed 32, is higher than 4, which shows that higher elevations and also greater slope lead to less surface infiltration, more overland flow, and therefore higher peak runoff in this sub-watershed. The calculation of the maximum discharge based on Rational method indicates that the flood ranking which is more than 3, could be seen only in sub-watershed 20 whereas, the values less than 3 could be observed in the rest of the sub-watersheds. Also, the Spearman correlation test shows that the relationship between the flood sensitivity rank of Rational method with the parameters of the perimeter and the stream length is significant at the 99% confidence level and the correlation coefficients are 0.898 and 0.784, while its relationship with the parameters of mean elevation, roughness number, total basin relief and slope is not significant. Also, the correlation coefficient between the flood sensitivity ranks of Rational method and the average flood rank of the morphometric parameters is 0.601 which is significant at the confidence level and indicates a positive relationship between these ranks.

## Conclusion

This research could be conducted by considering the effect of other parameters, such as land use, flood management practices in each drainage basin, and hydraulic structures along the major streams and rivers. The present study demonstrated that morphometric analysis could be used at different scales to help decision makers for understanding the spatial distribution of flood risk and formulating flood control strategies to minimize its negative impacts on residents and infrastructure, and also, proposed a model for continuously updating the flood mitigation plan for the study area.



صفحات ۱۳۸ - ۱۲۳

## فصلنامه علمی - پژوهشی

اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۳۴، شماره ۱۳۶، زمستان ۱۴۰۴



مقاله پژوهشی

doi <https://doi.org/10.22131/sepehr.2025.2052188.3119>

## تحلیل پارامترهای مورفومتریک حوضه‌ها برای پهنه‌بندی استعداد سیل خیزی مطالعه موردی: حوضه کبار - فردو

الهام فروتن<sup>۱</sup><sup>۱</sup> - استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران [e.fortan@pnu.ac.ir](mailto:e.fortan@pnu.ac.ir)

## چکیده

در دهه‌های اخیر، گرم شدن زمین و تغییرات آب و هوایی باعث تغییر شدت و مدت بارندگی‌ها شده و در نتیجه، خطر سیل به یک تهدید برای زندگی، اموال و زیرساخت‌ها تبدیل شده است. بنابراین، تجزیه و تحلیل حساسیت به سیل خیزی برای پیشگیری و کاهش رویدادهای مخاطره‌آمیز آینده ضروری به نظر می‌رسد. در تحقیق حاضر هدف آن است که ابتدا ارتباط شش پارامتر مورفومتریک با حساسیت به سیل زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه بررسی شده و نقشه حساسیت به سیل با در نظر گرفتن پارامترهای مورفومتریک تهیه شود و سپس نتایج به دست آمده با سیل خیزی به دست آمده از روش استدلالی مورد مقایسه قرار گیرد. برای این منظور از ابزار Arc Hydro در محیط Arc-GIS برای استخراج شبکه زهکشی و ۳۳ زیرحوضه در حوضه کبار-فردو واقع در استان قم استفاده شد. سپس رتبه کل هر حوضه با جمع کردن تمام امتیازات به دست آمده برآورد شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد مناطق با حساسیت زیاد، متوسط، کم و خیلی کم به سیل به ترتیب ۰/۴۹٪، ۴۷/۷۹٪، ۴۲/۸۷٪ و ۸/۸۵٪ منطقه را شامل می‌شوند. همچنین مقادیر دبی حداکثر در هر زیرحوضه با استفاده از روش استدلالی محاسبه و رتبه‌بندی حوضه‌ها براساس آن انجام گرفت. ضریب همبستگی اسپیرمن برآورد شده بین رتبه سیل خیزی روش استدلالی و روش مورفومتریک (۰/۶۰۱) نشان‌دهنده رابطه مثبت بین رتبه سیل خیزی این دو روش در سطح اعتماد ۹۹٪ است. مطالعه حاضر نشان داد که تجزیه و تحلیل مورفومتریک می‌تواند برای کمک به تصمیم‌گیرندگان در شناخت توزیع مکانی خطر سیل و تدوین استراتژی‌های مهار سیل به منظور تقلیل اثرات منفی آن بر ساکنان و زیرساخت‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

## اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۱۱/۲۷

تاریخ آخرین بازنگری:

۱۴۰۴/۰۷/۱۸

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۸/۰۸

تاریخ انتشار:

۱۴۰۴/۰۸/۰۸

## واژه‌های کلیدی:

سیل خیزی؛

روش استدلالی؛

دبی حداکثر؛

حوضه کبار-فردو؛

Arc Hydro

## استناد به این مقاله:

فروتان، الف (۱۴۰۴) تحلیل پارامترهای مورفومتریک حوضه‌ها برای پهنه‌بندی استعداد سیل خیزی؛ مطالعه موردی: حوضه کبار- فردو؛ فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۳۴ (۱۳۶)، ۱۳۸ - ۱۲۳.

## مقدمه

روش هیدرولوژیکی و مورفومتریکی برای مشخص نمودن عوامل تولید سیلاب‌های ناگهانی مورد استفاده قرار گرفت که نتایج تحقیق، مناطق بالقوه برای وقوع سیل را مشخص کرد (Abdel-Fattah et al. 2017). در تحقیق دیگری که در کشور بنگلادش انجام شد از داده‌های مورفومتریکی حوضه آبخیز در پهنه‌بندی حساسیت به سیل استفاده شد و نتایج نشان داد که بخش‌های عمده‌ای از حوضه آبخیز مورد مطالعه، مستعد وقوع سیل‌های ناگهانی با شدت «متوسط» تا «بسیار بالا» هستند (Adnan et al. 2019).

کاربرد روش مورفومتریک برای شناسایی مناطق بالقوه سیل ناگهانی در کشور نپال نشان داد که عوامل تراکم زهکشی و پستی و بلندی در ایجاد سیلاب‌های ناگهانی در منطقه مورد مطالعه نقش داشته است (Pangali Sharma et al. 2019). همچنین ارزیابی حساسیت به سیلاب با استفاده از پارامترهای مساحت، محیط، طول آبراهه، رتبه آبراهه و غیره در کشور بنگلادش نشان داد که تحلیل کمی ویژگی‌های مورفومتری حوضه‌های آبخیز از منظر خطر سیل ناگهانی و کاهش اثرات مخاطرات هیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه مفید است (Alam et al. 2021).

نتایج تهیه نقشه حساسیت به سیل با استفاده از داده‌های مورفومتریک حوضه، بیانگر دقت این روش بوده و مشخص نموده است که این روش می‌تواند برای کمک به تصمیم‌گیرندگان در برنامه‌ریزی و اختصاص اقدامات لازم برای جلوگیری از خسارت و حوادث فاجعه‌آمیز سیل مورد استفاده قرار گیرد (Ahmed et al. 2022).

در ایران نیز بررسی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌های زاب براساس پارامترهای دوازده‌گانه مورفومتری و روش ترکیبی آنالیز مورفومتریک و همبستگی آماری، اولویت‌دارترین حوضه‌ها را مشخص نمود (Rajabi et al. 2022). نتایج روش تحلیل عاملی پارامترهای مورفومتریک و مدل‌سازی سیلاب در حوضه‌های آبخیز کردستان نیز نشان داد که این روش برای گره‌بندی و تعیین شاخص‌های مؤثر در سیل‌خیزی حوضه‌ها مفید است (Manbari et al. 2023).

پدیده سیل، خطر طبیعی است که در بسیاری از مناطق جهان رخ داده و تهدیدی جدی برای جمعیت و محیط زیست مناطق وقوع آن محسوب می‌شود (Elnazer et al. 2017). در دهه‌های اخیر، گرم شدن زمین و تغییرات آب و هوایی باعث تغییر در شدت و مدت بارندگی‌ها شده (Hettiarachchi et al. 2018) و در نتیجه، شدت و خطر سیل افزایش یافته و به یک تهدید برای زندگی، اموال و زیرساخت‌ها تبدیل شده است (Sharma et al. 2018). این رویداد که عمدتاً محلی است و در اثر بارندگی‌های شدید رخ می‌دهد (Kamal et al. 2018)، ممکن است در اقلیم‌های خشک یا نیمه‌خشک دارای شدت بیشتری نسبت به اقلیم مرطوب باشد (Costa, 1987). بنابراین، تجزیه و تحلیل حساسیت به سیل‌خیزی در هر حوضه آبخیز برای پیش‌گیری و کاهش رویدادهای مخاطره‌آمیز آینده ضروری به‌نظر می‌رسد.

به‌طور کلی، عوامل طبیعی و مصنوعی متعددی بر وقوع سیل در یک منطقه تأثیرگذار هستند (Sarkar, 2019). سیل‌خیزی یک حوضه آبخیز به ویژگی‌های مورفومتریکی از جمله شیب، مساحت و شکل حوضه و پارامترهایی همچون کاربری اراضی، پوشش زمین، نفوذپذیری خاک و عوامل هواشناسی وابسته است (Shehata and Mizunaga, 2018) و می‌توان نتیجه‌گیری نمود که سیل از تعامل پیچیده شرایط هیدرولوژیکی، اقلیمی و ویژگی‌های مورفولوژیکی حوضه ایجاد می‌شود (Singh et al. 2021).

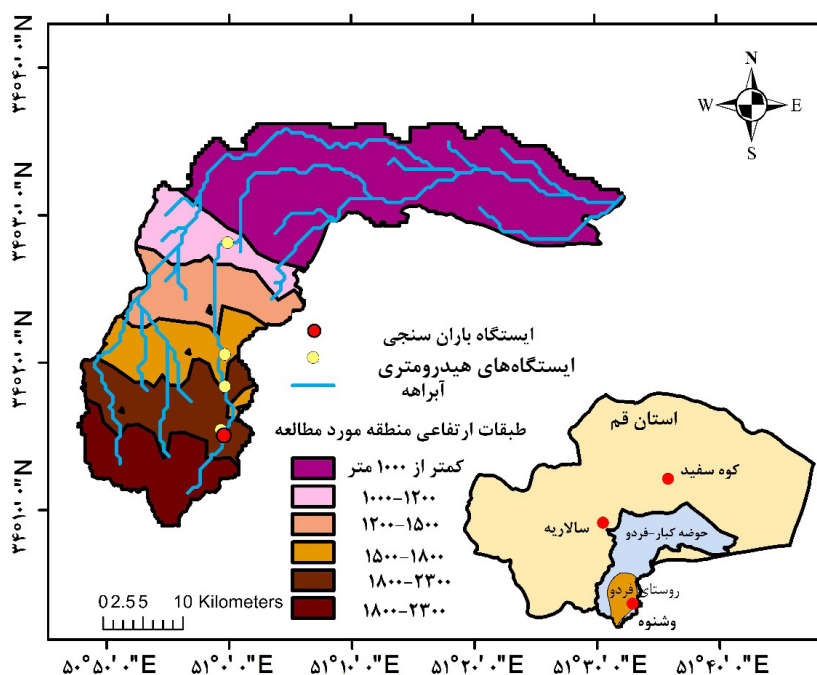
در سال‌های اخیر، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در ترکیب با داده‌های مکانی دقیق موجود، از جمله داده‌های سنجش از دور به یک ابزار مهم تصمیم‌گیری مدیریت خطر سیل تبدیل شده است (Lin et al. 2019). تجزیه و تحلیل مورفومتریک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان دهنده توانمندی این تلفیق، در ارائه اطلاعات قابل توجه درباره سیل‌خیزی منطقه است (Farhan et al. 2017). از این‌رو تحقیقات متعددی در کشورهای مختلف انجام شده است. به‌عنوان مثال در کشور مصر تلفیق

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ... )  
تحلیل پارامترهای مورفومتریک حوضه‌ها برای پهنه‌بندی استعداد ... / ۱۲۷

بوده و عوامل آبراهه، شیب، زهکشی و رواناب به ترتیب در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار دارند (Asgari et al. 2018). تجزیه و تحلیل مورفومتری، نه تنها برای تعیین حساسیت به سیل‌خیزی بلکه برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌های بحرانی از لحاظ فرسایش و رسوب نیز مورد استفاده قرار گرفته و مناطقی را که برای عملیات کنترلی بایستی مدنظر قرار گیرند نشان داده است (Mostafazadeh et al. 2017). بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که مجموعه استاندارد و تعریف شده‌ای از پارامترهای مورفومتریک که از آن بتوان برای ترسیم حساسیت به سیل استفاده کرد وجود ندارد. به‌عنوان مثال، در تحقیقی، ۲۶ پارامتر مورفومتریک مربوط به ویژگی‌های خطی، مساحتی و پستی و بلندی حوضه مورد ارزیابی قرار گرفته (Bajabaa et al. 2014) و در تحقیق دیگری پارامترهای مورفومتریک در چهار طبقه مقیاس، توپوگرافی، شکل و شبکه زهکشی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند (Abdel-Fattah et al. 2017). از طرفی در معادلات تجربی همچون روش استدلالی که برای برآورد دبی اوج سیلاب استفاده می‌شود از بین پارامترهای مورفومتریک فقط از پارامتر مساحت استفاده شده است. از این‌رو به‌منظور بررسی رابطه برخی پارامترهای مورفومتریک و دبی حداکثر سیلاب، در تحقیق حاضر، حوضه‌ای با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک که در آن سیلاب در سال‌های قبل منجر به خسارت بر تأسیسات، اراضی باغی و روستایی حاشیه رودخانه شده است در نظر گرفته شده (Javan et al. 2013) و در این محدوده موارد زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

- (الف) تعیین حساسیت به سیل زیرحوضه‌ها بر اساس برخی پارامترهای مورفومتریک
- (ب) محاسبه دبی حداکثر سیلاب در هر زیرحوضه با استفاده از روش استدلالی
- (ج) بررسی رابطه رتبه زیرحوضه‌ها نسبت به سیل‌خیزی بر اساس پارامترهای مورفومتریک و رتبه محاسباتی بر اساس روش استدلالی.

همچنین تعیین همبستگی مکانی و الگوی تغییرات ارتفاع و حجم رواناب در منطقه شاروند بیرجند نشان داد که تجمع حجم رواناب در پایین دست مناطق مورد مطالعه بیشتر بوده است (Chamani et al. 2023). نتایج تحقیقی که در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل، براساس روش‌های آنتروپی شانون و ویکور صورت پذیرفته است حساس‌ترین حوضه‌های آبخیز نسبت به سیل را مشخص نمود (Azizi et al. 2023). علاوه بر روش‌های مذکور، پژوهش دیگری که در حوضه آبخیز خیاوچای این استان انجام شد کارایی روش نسبت فراوانی احتمالاتی در تهیه نقشه حساسیت به سیل را تأیید نمود (Jodi et al. 2023). همچنین اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز شمال دشت بیرجند براساس روش حداکثر آنتروپی نشان داد که در بین عوامل مورفومتری، شاخص پهنای کف دره به ارتفاع آن بیشترین تأثیر را در سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه داشته است (Fakhrabadi and Chezgi 2017). پهنه‌بندی خطر سیلاب و شناسایی حدود متغیرهای تأثیرگذار بر پهنه‌های سیلاب با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین در حوضه انتهایی کارون نیز بیانگر دقت این روش در شناسایی پهنه‌های سیل بوده است (Kazemi and Jafarpoor 2024). تعیین پتانسیل سیلاب با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک و با استفاده از روش SCS در حوضه آبخیز گوهررود استان گیلان نشان داد که با توجه به پارامتر شکل، حوضه مورد مطالعه توان سیل‌خیزی ندارد (Behzad et al. 2010). همچنین استفاده از مدل بارش- رواناب HEC-HMS برای تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی مؤثر بر سیلاب در منطقه زرچشمه هونجان در استان اصفهان مشخص نمود که زیرحوضه‌های با دبی اوج بیشتر، دارای تأثیر بیشتر در سیل خروجی حوضه نیستند (Amir Ahmadi et al. 2015). نتایج پژوهشی که در آن توان سیل‌خیزی براساس پارامترهای ژئومتری، اقلیمی، نفوذپذیری و فیزیوگرافی و با استفاده از نرم افزار GIS در حوضه آبخیز جعفرآباد در استان ایلام مورد بررسی قرار گرفته است نشان داد که عامل شکل حوضه آبخیز، مهم‌ترین عامل در سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه آبخیز کبار- فردو واقع در استان قم به مساحت  $128372/45$  هکتار با مختصات جغرافیایی طول  $50^{\circ} 50'$  تا  $51^{\circ} 32'$  و عرض  $34^{\circ} 08'$  تا  $34^{\circ} 38'$  است (نگاره ۱)، که در آن کاربری‌های کشاورزی، مرتع، زمین بدون پوشش گیاهی و صخره سنگی وجود دارند. با توجه به آمار و اطلاعات اخذ شده از اداره آب منطقه‌ای استان قم در این منطقه،  $79/76\%$  دارای خاک لومی،  $10/89\%$  دارای خاک لومی شنی،  $7/22\%$  دارای خاک لومی رسی شنی و  $2/13\%$  دارای خاک لومی رسی هستند. در منطقه مورد بررسی یک ایستگاه باران‌سنجی به نام وشنوه و چهار ایستگاه هیدرومتری موجود است. همچنین در مجاورت محدوده مطالعاتی دو ایستگاه باران‌سنجی با نام‌های کوه سفید و سالاریه قرار گرفته است.

### روش مورد استفاده

بررسی پارامترهای مورفومتریک، اطلاعات ضروری برای توصیف خطرات سیل را فراهم می‌کند (Babajabaa et al. 2014). بنابراین در تحقیق حاضر از ابزار Arc Hydro در محیط Arc-GIS برای استخراج شبکه زهکشی و زیرحوضه‌های مورد مطالعه استفاده شد و ۳۳ زیرحوضه در محدوده مورد مطالعه تفکیک شدند (Ghodrati, 1401). سپس شش پارامتر مختلف مورفومتریک شامل محیط، شیب، متوسط ارتفاع، ناهمواری کل، عدد ناهمواری و طولانی‌ترین آبراهه که بر وقوع سیل تأثیرگذارند مورد محاسبه قرار گرفته‌اند (جدول ۱). پس از آن با استفاده از روش رتبه‌بندی نسبی که در آن عدد یک و پنج نشان‌دهنده حساسیت بسیار کم و حساسیت بسیار زیاد است، برای هر یک از پارامترهای مورفومتریک مورد بررسی (x)، رتبه (y) برای حساسیت به سیلاب هر زیرحوضه اختصاص داده می‌شود. رتبه‌ها با استفاده از یک روش درونیابی خطی برآورد شده‌اند (Adnan et al. 2019).

جدول ۱: پارامترهای مورفومتریک مورد بررسی در تحلیل سیل خیزی

منبع	نمادها	پارامترها
(Abdel-Fattah et al.2017)	P	محیط
(Schumm1956)	R	ناهمواری کل $R = H_{max} - H_{min}$ Hmax = حداکثر ارتفاع (متر) Hmin = حداقل ارتفاع (متر)
(Adnan et al.2019)	$H_m$	متوسط ارتفاع $H_m = \frac{(H_{max} + H_{min})}{2}$
(Melton 1957)	$R_n$	عدد ناهمواری $R_{nl} = \frac{R}{L_b}$ $L_b$ = بزرگ‌ترین طول حوضه آبخیز (کیلومتر)
(Adnan et al.2019)	$S_b$	شیب متوسط شیب حوضه آبخیز (متر/متر)
(Adnan et al.2019)	$L_s$	طولانی‌ترین آبراهه

هر نقشه مشخص شده و در نهایت رتبه کل هر حوضه با میان‌گیری تمام امتیازات (رتبه) به دست آمده برای شش پارامتر مورفومتریک برآورد شد. نقشه نهایی با استفاده از معادله (۱) به پنج طبقه با شماره‌های ۱ الی ۵ که بیانگر حساسیت "خیلی کم"، "کم"، "متوسط"، "زیاد" و "بسیار زیاد" هستند، تفکیک شد. همچنین با توجه به عدم وجود مقادیر کافی دبی‌های مشاهده‌ای، دبی حداکثر سیلاب، براساس روش استدلالی به صورت معادله (۳) محاسبه شده است.

$$Q = 0.278CIA \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن:

$Q$  = دبی حداکثر رواناب (متر مکعب بر ثانیه)

$C$  = ضریب رواناب

$I$  = حداکثر شدت بارش در مدت زمان تمرکز حوضه (میلی‌متر بر ساعت)

$A$  = مساحت حوضه (کیلومتر مربع)

برای این منظور مقدار ضریب رواناب براساس نوع کاربری اراضی در هر یک از زیرحوضه‌ها تعیین شده و مقدار شدت بارش نیز با استفاده از روش IDW و براساس مقادیر ثبت شده بارش در ایستگاه‌های اندازه‌گیری و شش‌ساعته، سالانه و کوه

اگر مقدار یک پارامتر مورفومتریک با وقوع رویداد سیل همبستگی مثبت داشته باشد، معادله (۱) و در غیر این صورت معادله (۲) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$y_n = \frac{(y_2 - y_1)(x_n - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} + y_1 \quad \text{معادله (۱)}$$

$$y_n = \frac{(y_2 - y_1)(x_n - x_{max})}{(x_{min} - x_{max})} + y_1 \quad \text{معادله (۲)}$$

$y_n$  رتبه حساسیت یک پارامتر برای حوضه شماره n است.  $y_1$  و  $y_2$  حداکثر و حداقل رتبه که برابر با ۵ و ۱ هستند.  $x_n$  مقدار پارامتر مورفومتریک برای حوضه n است،  $x_{max}$  حداکثر مقدار یک پارامتر در بین همه زیرحوضه‌ها و  $x_{min}$  حداقل مقدار یک پارامتر در بین تمام زیرحوضه‌ها است. به دلیل آن‌که هیدروگراف‌های سیلاب در منطقه در دسترس نیستند، از نتایج مطالعاتی که روابط بین سیلاب و پارامترهای مورفومتریک را نشان می‌دهد، برای بررسی رابطه شش پارامتر مورد مطالعه با سیلاب استفاده شده است (جدول ۲).

پس از آن نقشه‌های حساسیت به سیل بر اساس شش پارامتر مورفومتریک تهیه و رتبه هر یک از زیرحوضه‌ها در

جدول ۲: رابطه پارامترهای مورفومتریک مورد بررسی در تحلیل سیل خیزی

پارامترها	رابطه با دبی اوج	منبع	رابطه با تغذیه آب زیرزمینی
محیط حوضه	همبستگی مثبت	(Abdel-Fattah et al.2017; Youssef et al.2011)	همبستگی مثبت
ناهمواری کل	همبستگی مثبت	(Adnan et al.2019; Bajabaa et al.2014)	همبستگی منفی
متوسط ارتفاع	همبستگی مثبت	(Adnan et al.2019)	همبستگی منفی
عدد ناهمواری	همبستگی مثبت	(Farhan et al.2017)	همبستگی منفی
شیب	همبستگی مثبت	(Bajabaa et al.2014)	همبستگی منفی
طولانی‌ترین آبراهه	همبستگی مثبت	(Adnan et al.2019)	همبستگی مثبت

پتانسیل رواناب یک حوضه را تعیین کند. ناهمواری کل در زیرحوضه‌های ۳۱، ۳۲ و ۳۳ بالاتر از عدد ۳ بوده که گواه سیل خیزی این زیرحوضه‌ها است (نگاره ۲-د و جدول ۳). رتبه متوسط ارتفاع نیز بیان‌گر آن است که حوضه‌های شماره ۱۸، ۲۰، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۲ و ۳۳ با داشتن رتبه بیشتر از ۳ مستعد سیل خیزی هستند (نگاره ۲-و و جدول ۳). محیط حوضه یکی از پارامترهای مؤثر در تولید رواناب محسوب می‌شود. در این پژوهش، زیرحوضه‌های ۱، ۵، ۱۵، ۲۰ و ۲۸ رتبه‌های حساسیت به سیل بیشتر از مقدار ۳ را دارند (نگاره ۲-ه و جدول ۳).

#### پهنه‌های حساسیت به سیل:

نقشه حساسیت به سیل منطقه مورد بررسی براساس میانگین رتبه کل پارامترهای مورفومتریک در نگاره ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۵ ارائه شده، مناطق با حساسیت زیاد، متوسط، کم و خیلی کم به ترتیب ۴۹/۰٪، ۷۹/۴۷٪، ۸۷/۴۲٪ و ۸۵/۸٪ منطقه را شامل می‌شود.

این نقشه نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های شماره ۳۱، ۳۲ و ۳۳ دارای حساسیت بالایی نسبت به سیل هستند. با بررسی رتبه شش پارامتر در زیرحوضه شماره ۳۲ مشخص می‌شود که رتبه پارامترهای شیب، عدد ناهمواری، ناهمواری کل در این زیرحوضه بالاتر از مقدار ۴ است و این به آن معنا است که در این زیرحوضه، ارتفاع بیشتر، شیب تندتر و پستی و بلندی متنوع‌تر، منجر به نفوذ کمتر، جریان سریع‌تر و بنابراین دبی اوج رواناب بزرگ‌تر می‌شود. علاوه بر آن، در زیرحوضه‌های ۳۱ و ۳۳ پارامترهای ناهمواری و شیب نیز دارای مقدار عددی بالا هستند (جدول ۳)، ولی

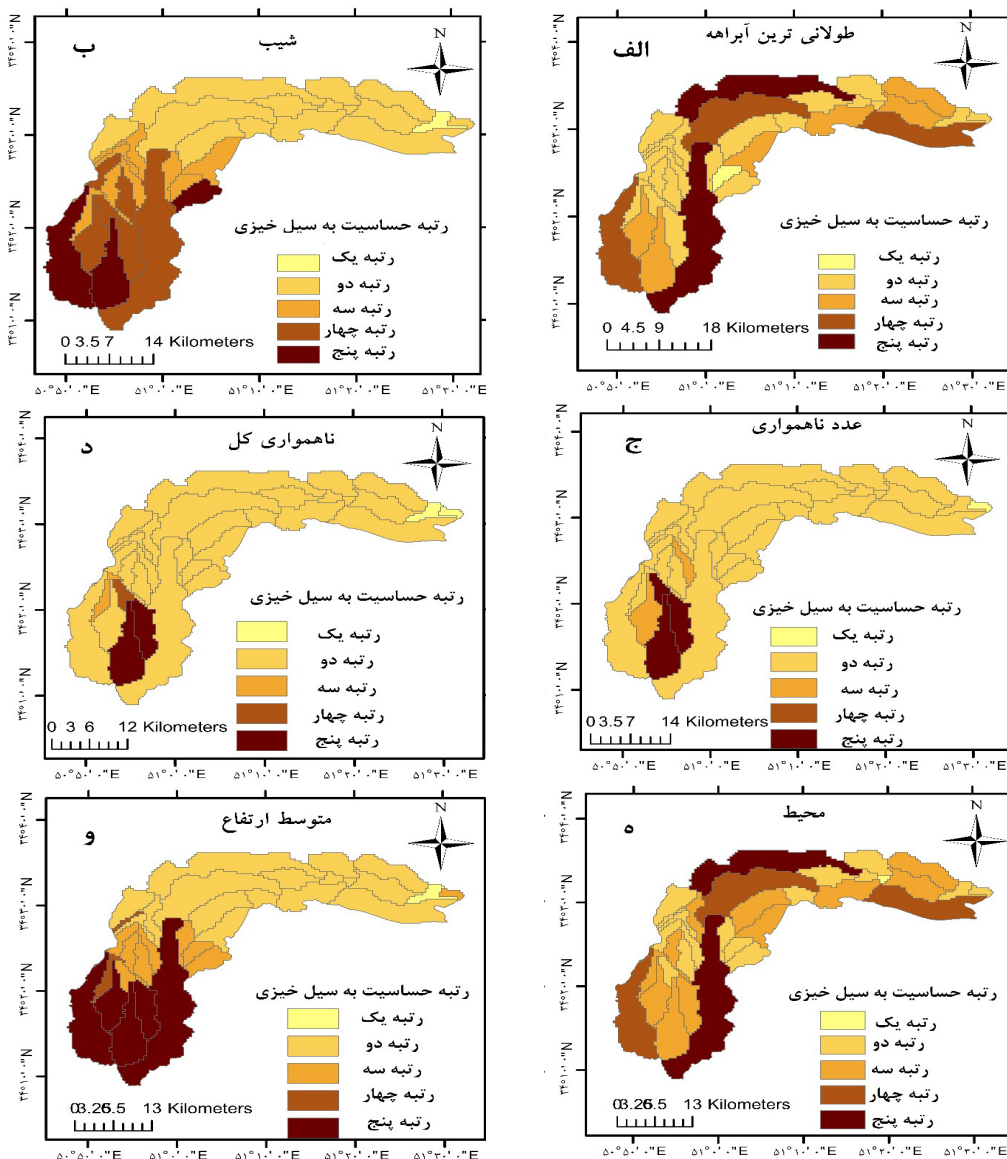
سفید با در نظر گرفتن حداکثر شدت بارشی که مدت آن برابر زمان تمرکز حوضه باشد مورد محاسبه قرار گرفته و مقدار دبی حداکثر برآورد شد (Taheri Behbahani and Bozorgzadeh, 1996).

#### بحث و یافته‌های تحقیق

##### روابط پارامترهای مورفومتریک با حساسیت به سیل

طول جریان یکی از ویژگی‌های مهم رواناب سطحی است. زیرا هر چه میزان طول جریان بیشتر باشد، توانایی تولید رواناب در حوضه زهکشی زیاد است. در این پژوهش رتبه طول جریان اصلی زیرحوضه‌ها نشان می‌دهد که پنج زیرحوضه ۱، ۵، ۱۵، ۲۰ و ۲۸ در برابر سیل مستعدتر از بقیه زیرحوضه‌ها هستند (نگاره ۲-الف). رتبه‌های پارامتر شیب حوضه در این تحقیق نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های شماره ۲۰، ۲۲، ۲۵، ۲۷، ۲۸، ۳۰، ۳۱، ۳۲ و ۳۳ حساسیت بیشتری به سیل خیزی دارند (نگاره ۲-ب). در حوضه با پستی و بلندی بیشتر نفوذ سریع آب‌های سطحی کمتر شده و حجم رواناب افزایش یافته و منطقه مستعد سیل است. بر اساس عدد ناهمواری، از میان حوضه‌های مورد بررسی، نُه حوضه دارای رتبه حساسیت به سیل بیشتر از عدد ۳ هستند (نگاره ۲-ج). همچنین در این تحقیق ارتفاع متوسط بیشتر زیرحوضه‌ها کمتر از ۱۰۰۰ متر است و قسمت‌های شمال شرقی منطقه مورد مطالعه دارای ارتفاع کمتری نسبت به قسمت‌های جنوب غربی است (نگاره ۱). نقش ناهمواری کل حوضه، که نشان‌دهنده اختلاف ارتفاع بین بالاترین نقطه و خروجی حوضه است، می‌تواند

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)  
 تحلیل پارامترهای مورفومتریک حوضه‌ها برای پهنه‌بندی استعداد ... / ۱۳۱



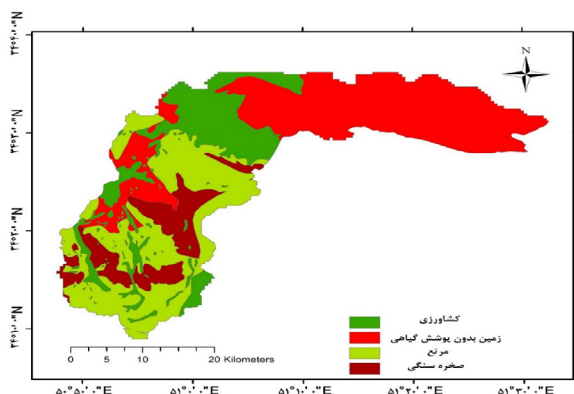
نگاره ۴: نقشه سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها براساس شش پارامتر مورفومتریک

۳۳ زیرحوضه مورد مطالعه از روش استدلالی استفاده شده است. در منطقه مطالعاتی کاربری‌های کشاورزی (۱۹/۶۲٪)، مرتع (۲۸/۶۹٪)، زمین بدون پوشش گیاهی (۴۰/۳۸٪) و صخره سنگی (۱۱/۳٪) قابل مشاهده است (نگاره ۳). از این رو ضریب رواناب روش استدلالی با میانگین‌گیری وزنی از مقادیر ضریب رواناب هر یک از کاربری‌های اراضی موجود برای هر یک از زیرحوضه‌ها برآورد شده است (جدول ۴). مقادیر شدت بارش در هر یک از زیرحوضه‌ها

رتبه طولانی‌ترین آبراه آن‌ها کمتر از ۳ است. در منطقه مورد مطالعه، زیرحوضه‌های ۱، ۵، ۲۰، ۲۸ و ۳۰ دارای حساسیت متوسط نسبت به سیل بوده و بقیه زیرحوضه‌ها دارای سیل‌خیزی کم و خیلی کم هستند. همان‌طور که در نگاره ۱ مشخص است در این منطقه تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری در زیرحوضه شماره ۲۰ واقع شده‌اند و مقادیر مشاهداتی دبی حداکثر سیلاب در سایر زیرحوضه‌ها موجود نیست. بنابراین به‌منظور برآورد دبی حداکثر در

جدول ۳: مقادیر رتبه سیل خیزی زیرحوضه‌ها براساس هر یک از پارامترهای مورفومتریک

رتبه نهایی	محیط (کیلومتر)	ناهمواری کل (متر)	عدد ناهمواری	متوسط ناهمواری (متر)	شیب (متر/متر)	طولانی ترین آبراهه (کیلومتر)	زیرحوضه
۲/۲۹	۴/۴۶	۱/۰۲	۱/۰۳	۱/۳۱	۱/۲۹	۴/۹۳	۱
۱/۲۶	۱/۸۱	۱/۰۳	۱/۰۲	۱/۰۴	۱/۱۵	۱/۵۱	۲
۱/۴۳	۲/۳۴	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۲	۱/۰۶	۱/۱۰	۳
۱/۲۹	۱/۹۹	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۱۰	۱/۰۸	۱/۶۲	۴
۲/۲۲	۳/۷۵	۱/۴۲	۱/۴۳	۱/۵۶	۱/۵۱	۳/۷۵	۵
۱/۱۳	۱/۲۱	۱/۰۳	۱/۰۶	۱/۰۵	۱/۱۰	۱/۲۹	۶
۱/۱۰	۱	۱/۰۳	۱/۱۰	۱/۰۳	۱/۲۱	۱/۱۹	۷
۱/۵۰	۲/۳۷	۱/۰۷	۱/۰۹	۱/۰۲	۱/۰۵	۲/۲۸	۸
۱/۴۵	۲/۲۷	۱	۱	۱/۱۹	۱/۱۴	۲/۲۷	۹
۱/۲۲	۱/۷۴	۱	۱	۱	۱	۱/۶۰	۱۰
۱/۵۳	۱/۹۵	۱/۲۴	۱/۲۰	۱/۷۹	۲	۱/۶۱	۱۱
۱/۵۸	۲/۱	۱/۰۷	۱/۰۸	۱/۹۱	۲/۶۹	۱/۴۴	۱۲
۱/۲۳	۱/۵	۱	۱	۱/۱۷	۱/۲۹	۱/۵۹	۱۳
۱/۰۴	۱/۲	۱	۱	۲/۲۵	۱	۱/۰۳	۱۴
۱/۸۴	۳/۱۱	۱/۲۴	۱/۲۵	۱/۰۶	۱/۰۳	۳/۱۵	۱۵
۱/۶۶	۲/۳۰	۱/۵۲	۱/۴۴	۱/۵۹	۱/۳۳	۱/۹۵	۱۶
۱/۶۳	۲/۱۸	۱/۰۳	۱/۰۵	۱/۶۲	۲/۲۳	۲/۲۵	۱۷
۱/۶۶	۱/۶۹	۱/۱۶	۱/۵۱	۳/۶۱	۲/۷۸	۱/۳۱	۱۸
۱/۵۱	۱/۹۳	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۹۸	۲/۶۱	۱/۲۱	۱۹
۲/۸۸	۵	۱/۱۷	۱/۱۶	۴/۱۱	۳/۷۷	۵	۲۰
۱/۴۷	۱/۷۴	۱/۲۰	۱/۰۷	۲/۴۱	۲/۶۶	۱/۱۰	۲۱
۱/۶۵	۱/۷۲	۱/۰۵	۱/۱۲	۲/۲۲	۳/۰۸	۱/۸۳	۲۲
۱/۹۵	۱/۹۲	۱/۵۸	۲/۰۲	۲/۵۰	۲/۹۶	۱/۱۷	۲۳
۱/۷۹	۲/۲	۱/۶۶	۱/۳۸	۲/۷۳	۲/۹۲	۱/۲۲	۲۴
۱/۷۶	۱/۸۸	۱/۳۸	۱/۳۵	۲/۷۵	۳/۱۴	۱/۴۳	۲۵
۱/۵۹	۱/۵۳	۱/۳۸	۱/۳۹	۲/۵۷	۲/۸۵	۱	۲۶
۱/۸۶	۱/۷۹	۱/۱۱	۱/۰۴	۲/۵۷	۵	۱/۲۰	۲۷
۲/۷۱	۳/۵۱	۱/۵۴	۱/۶۰	۴/۶۷	۴/۳۲	۳/۶۵	۲۸
۱/۹۷	۲/۰۲	۲/۱۵	۱/۸۶	۳/۲۰	۲/۸۳	۱/۰۹	۲۹
۲/۳۹	۲/۴۸	۱/۸۱	۲/۱۲	۴/۰۱	۳/۶۹	۲/۱۳	۳۰
۳/۲۵	۱/۴۹	۳/۰۲	۵	۲/۹۶	۳/۴۵	۱/۵۵	۳۱
۳/۷۴	۲/۶۹	۴/۲۱	۴/۲۱	۵	۴/۶۳	۲/۵۰	۳۲
۳/۶۸	۲/۱۳	۵	۴/۷۹	۴/۴۴	۳/۵۹	۱/۸۱	۳۳



نگاره ۳: نقشه کاربری اراضی زیرحوضه‌ها

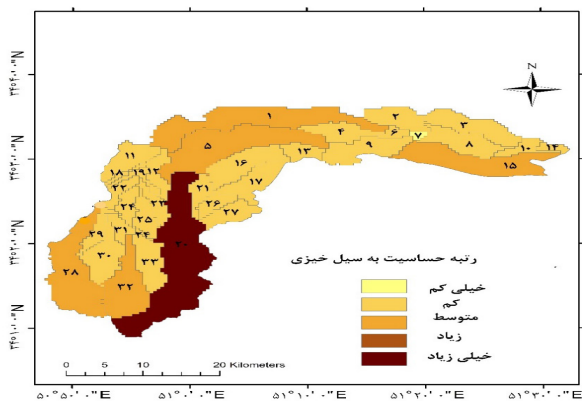
نیز بر اساس روش IDW و با در نظر گرفتن آمار سه ایستگاه و شنوه، کوه سفید و سالاریه مورد محاسبه قرار گرفته است (جدول ۴).

نتایج رتبه‌بندی سیل خیزی براساس روش استدلالی در نگاره ۵ و جدول ۴ ارائه شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است رتبه سیل خیزی براساس روش استدلالی فقط در زیر حوضه ۲۰ بیشتر از ۳ و در بقیه زیرحوضه‌ها کمتر از ۳ بوده و در نگاره ۵ طبقات سیل خیزی زیرحوضه‌ها قابل مشاهده است.

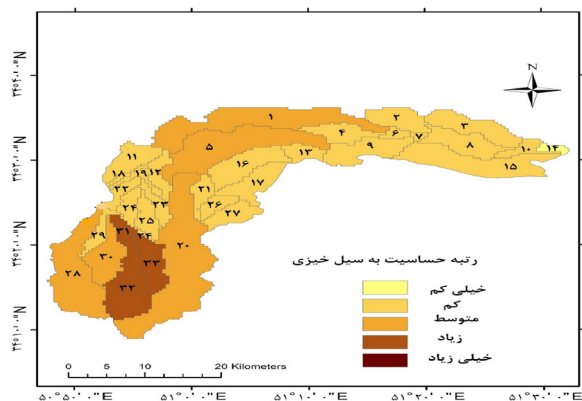
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)  
 تحلیل پارامترهای مورفومتریک حوضه‌ها برای پهنه‌بندی استعداد ... / ۱۳۳

جدول ۴: مقادیر رتبه سیل خیزی زیرحوضه‌ها براساس روش استدلالی

رتبه سیل خیزی	دبی حدکتر (مترمکعب برثانیه)	ضریب رواناب	شدت بارش (میلی متر بر ساعت)	مساحت (کیلومتر مربع)	زیرحوضه
۲/۸۹	۱۲/۵۸	۰/۳۵	۱/۱۱	۱۱۶/۴۳	۱
۱/۳۳	۲/۴۲	۰/۴	۰/۶۷	۳۲/۵۲	۲
۱/۵۱	۳/۵۸	۰/۴	۰/۷	۴۵/۹۴	۳
۱/۳۲	۲/۳۶	۰/۴	۰/۷۵	۲۸/۳۲	۴
۲/۲۸	۸/۶۳	۰/۳۴	۰/۸۱	۱۱۲/۶۶	۵
۱/۰۵	۰/۶۰	۰/۴	۰/۷۴	۷/۳۴	۶
۱	۰/۲۶	۰/۴	۰/۷۵	۳/۱۵	۷
۱/۵۱	۳/۵۷	۰/۴	۰/۷۷	۴۱/۷۵	۸
۱/۵۸	۴/۰۷	۰/۴	۰/۸	۴۵/۷۴	۹
۱/۱۵	۱/۲۴	۰/۴	۰/۷۸	۱۴/۲۷	۱۰
۱/۳۴	۲/۵۱	۰/۳۵	۰/۷۸	۲۳/۰۱	۱۱
۱/۱۹	۱/۴۷	۰/۳۳	۰/۸۵	۱۸/۸۸	۱۲
۱/۱۹	۱/۵۰	۰/۴	۰/۸۲	۱۶/۴۹	۱۳
۱/۰۴	۰/۵۵	۰/۴	۰/۷۸	۶/۲۹	۱۴
۲/۱۴	۷/۶۷	۰/۴	۰/۸۳	۸۳/۰۶	۱۵
۱/۵۵	۳/۸۲	۰/۳۳	۰/۸۸	۴۸/۰۴	۱۶
۱/۴۸	۳/۳۷	۰/۳۴	۰/۹۷	۳۷/۳۴	۱۷
۱/۰۲	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۸۵	۴/۸۰	۱۸
۱/۱۰	۰/۹۱	۰/۳۵	۰/۸۹	۱۰/۵۵	۱۹
۵	۲۶/۳۲	۰/۳۸	۱/۴۰	۱۷۷/۹۶	۲۰
۱/۲۳	۱/۷۹	۰/۳۶	۱/۰۴	۱۷/۲۰	۲۱
۱/۱۳	۱/۱۰	۰/۳۱	۰/۹۴	۱۳/۷۸	۲۲
۱/۲۵	۱/۹۱	۰/۴	۱/۱۵	۱۵/۱۰	۲۳
۱/۲۸	۲/۱۲	۰/۳۸	۱/۰۹	۱۸/۴۶	۲۴
۱/۳۷	۲/۶۷	۰/۳۸	۱/۱۸	۲۱/۴۰	۲۵
۱/۲۲	۱/۶۹	۰/۳۷	۱/۱۲	۱۴/۹۰	۲۶
۱/۴۲	۲/۹۹	۰/۳۶	۱/۱۷	۲۵/۸۷	۲۷
۲/۸۷	۱۲/۴۲	۰/۳۶	۱/۲۵	۱۰۰/۶۹	۲۸
۱/۲۲	۱/۷۱	۰/۳۴	۱/۱۸	۱۵/۵۲	۲۹
۱/۸۳	۵/۶۴	۰/۳۸	۱/۲۷	۴۲/۵۹	۳۰
۱/۱۸	۱/۴۲	۰/۳۴	۱/۲۱	۱۲/۳۸	۳۱
۲/۲۹	۸/۶۷	۰/۳۶	۱/۳۷	۶۴/۱۶	۳۲
۱/۷۵	۵/۱۷	۰/۳۶	۱/۳۹	۳۷/۱۳	۳۳



نگاره ۵: نقشه حساسیت به سیل براساس روش استدلالی



نگاره ۴: نقشه حساسیت به سیل براساس شش پارامتر مورفومتریک

جدول ۵: مساحت رتبه‌های حساسیت به سیل براساس پارامترهای مورفومتریک در محدود مورد مطالعه (%)

شماره	رتبه حساسیت به سیل حوضه آبخیز	مساحت %
۱	خیلی کم	۸/۸۵
۲	کم	۴۲/۸۷
۳	متوسط	۴۷/۷۹
۴	زیاد	۰/۴۹
۵	خیلی زیاد	۰

۶ ارائه شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده شده است رابطه رتبه حساسیت سیل‌خیزی روش استدلالی با پارامترهای محیط و طولانی‌ترین آبراهه در سطح اعتماد ۰/۹۹٪ معنی‌دار بوده و دارای ضرایب همبستگی ۰/۸۹۸ و ۰/۷۸۴ است و حال آن‌که رابطه آن با پارامترهای متوسط ارتفاع، عدد ناهمواری، ناهمواری کل و شیب معنادار نیست. همچنین مقدار ضریب همبستگی پیرسون بین رابطه رتبه حساسیت به سیل‌خیزی روش استدلالی با میانگین رتبه سیل‌خیزی پارامترهای مورفومتریک در سطح اعتماد مورد بررسی معنادار بوده و مقدار آن ۰/۶۰۱ است که نشان‌دهنده رابطه مثبت بین رتبه‌ها است (جدول ۶). همان‌طور که در نگاره ۱ مشخص است در این منطقه تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری در زیرحوضه شماره ۲۰ واقع شده‌اند. آمار دبی حداکثر ثبت شده توسط اداره آب منطقه‌ای قم در طی ۱۰ سال نشان می‌دهد که دبی حداکثر در این حوضه در ۰/۴۴٪ موارد بیشتر از ۵ متر مکعب بر ثانیه بوده و لذا حساسیت به سیلاب این حوضه در حد متوسط است (جدول ۷). بنابراین براساس آمار هیدرومتری که برای زیرحوضه شماره ۲۰ موجود است

بررسی رابطه رتبه سیل‌خیزی روش استدلالی با رتبه سیل‌خیزی روش پارامترهای مورفومتریک و ارزیابی دقت نقشه:

برای محاسبه همبستگی بین دو متغیر رتبه‌ای حساسیت سیل‌خیزی در روش‌های استدلالی و مورفومتریک از آزمون همبستگی اسپیرمن در SPSS استفاده شده است. این روش یک روش ناپارامتری است که برای داده‌های غیرنرمال و یا زمانی که دو متغیر در مقیاس ترتیبی اندازه‌گیری می‌شوند، مناسب است. مقادیر ضریب همبستگی اسپیرمن در جدول

جدول ۶: مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن رتبه سیل‌خیزی پارامترهای مورفومتریک و رتبه سیل‌خیزی روش استدلالی

شماره	پارامتر	ضریب همبستگی	sig	شماره	پارامتر	ضریب همبستگی	sig
۱	متوسط ارتفاع	۰/۲۱۴	۰/۲۳۱	۴	ناهمواری کل	۰/۳۲۶	۰/۰۶۴
۲	طولانی‌ترین آبراهه	۰/۷۸۴	۰	۵	عدد ناهمواری	۰/۲۳۱	۰/۲۱۴
۳	شیب	۰/۲۳۳	۰/۱۹۲	۶	محیط	۰/۸۹۸	۰
					میانگین رتبه پارامترها	۰/۶۰۱	۰

جدول ۷: مقادیر دبی حداکثر مشاهداتی در ایستگاه‌های هیدرومتری

شماره	ایستگاه	تاریخ اندازه‌گیری	دبی حداکثر (متر مکعب بر ثانیه)	شماره	ایستگاه	تاریخ اندازه‌گیری	دبی حداکثر (متر مکعب بر ثانیه)
۱	امامزاده اسماعیل	۸۲/۱/۳۱	۱/۶	۶	کبار	۹۴/۸/۹	۱۰۰
۲	امامزاده اسماعیل	۸۵/۳/۵	۱/۱	۷	کبار	۹۷/۲/۲۳	۱/۵
۳	امامزاده اسماعیل	۸۶/۴/۶	۲/۱۱	۸	تیره (فردو)	۹۸/۱/۱۳	۲۰
۴	امامزاده اسماعیل	۸۶/۱۲/۶	۰/۲۵۲	۹	کبار	۹۸/۱/۲۳	۵/۲
۵	امامزاده اسماعیل	۸۸/۱/۱۲	۲۵				

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ۳۳ )  
تحلیل پارامترهای مورفومتریک حوضه‌ها برای پهنه‌بندی استعداد ... / ۱۳۵

حوضه، فرصت نفوذ و تغذیه آب زیرزمینی را فراهم نموده و سرعت رواناب و دبی اوج سیلاب را کاهش می‌دهد (Bajabaa et al.2014).

این مطالعه نشان می‌دهد محیط حوضه و طول آبراهه از جمله پارامترهایی هستند که با رتبه حساسیت به سیل‌خیزی روش استدلالی رابطه معناداری دارند و حال آن‌که ارتفاع و شیب با رتبه حساسیت به سیل محاسبه شده با استفاده از روش استدلالی رابطه معنادار ندارند. طول زیاد حوضه‌های رودخانه نشان‌دهنده زمان طولانی حرکت رواناب‌های سطحی و احتمال بالای تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی است. طول آبراهه در یک حوضه تحت تأثیر نوع سنگ غالب و مقاومت ویژه آن، آب و هوا و کاربری زمین قرار دارد. طول آبراهه حوضه رابطه مستقیمی با سیل‌خیزی نیز دارد یعنی هر چه طول آبراهه حوضه بیشتر باشد متعاقباً حجم رواناب بیشتر شده که منجر به سیلاب ناگهانی (تندآب) در حوضه می‌شود (Youssef et al.2017). در تحقیق انجام شده در حوضه‌های آبخیز کردستان متغیرهای مورفومتریک مساحت، طول حوضه و فراوانی آبراهه مؤثرترین متغیرها در بروز سیلاب شناخته شده‌اند (Manbari et al 2023) و تحقیق حاضر تأکیدکننده اهمیت طول آبراهه و محیط حوضه در وقوع سیلاب است. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که روش مورفومتری برای اولویت‌بندی حساسیت زیرحوضه‌ها دارای کارایی قابل قبول بوده و حال آن‌که نتایج اعتبار سنجی آنالیز مورفومتری در حوضه آبخیز زاب تا میرآباد نشان داده که این روش فقط در شناسایی زیرحوضه‌های با بیشترین اولویت سیل‌خیزی دارای دقت بوده است (Rajabi et al. 2022). همچنین با توجه به آن‌که در این تحقیق از روش استدلالی که براساس مساحت حوضه است استفاده شده، بنابراین از نتایج آن می‌توان رابطه بین پارامتر مساحت و شش پارامتر مورفومتریک مورد بررسی را استنتاج نمود.

نتایج این تحقیق مبین آن است که در حوضه‌های دارای محدودیت ایستگاه هیدرومتری، تهیه نقشه حساسیت به سیل براساس پارامترهای مورفومتریک قادر است بدون

نقشه حساسیت به سیلاب مبتنی بر پارامترهای مورفومتریک در زیرحوضه شماره ۲۰ تأیید می‌شود. علاوه بر این نگاره ۱ نشان می‌دهد که روستای فردو در جنوب محدوده مورد مطالعه واقع شده و در برگیرنده زیرحوضه‌های شماره ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲ و ۳۳ است. نقشه حساسیت به سیلاب بر اساس پارامترهای مورفومتریک (نگاره ۴) نشان‌دهنده آن است که این زیرحوضه‌ها دارای حساسیت متوسط و زیاد است. بازدیدهای میدانی و بررسی سوابق سیلاب در روستای فردو و تیره که توسط جوان و همکاران (۲۰۱۳) انجام شده نیز بیانگر خطر سیلاب نسبتاً زیاد و زیاد در این مناطق است (Javan et al.2013) که نقشه حساسیت به سیلاب بر اساس پارامترهای مورفومتریک را در زیر حوضه‌های شماره ۲۰، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲ و ۳۳ تأیید می‌کند.

### نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر وقوع بارندگی‌های شدید که ناشی از تغییرات آب و هوایی است منجر به افزایش فراوانی و شدت وقوع سیل‌های ناگهانی شده است (Dutal 2023). باید توجه داشت که اگرچه با کاربرد داده‌های سنجش از دور می‌توان اطلاعاتی را از طغیان سیل به‌دست آورد (Rahman and Di, 2017) ولی وجود پوشش ابر در طی فصل بارش کار تفسیر تصاویر را بسیار دشوار می‌کند. همچنین سرعت بالا آمدن و فرونشست آب در زمان رویداد سیل ناگهانی عامل دیگر مفید نبودن تصاویر ماهواره‌ای برای پهنه‌بندی سیل است (Abdel-Fattah et al.2017). لذا پارامترهای مورفومتریک، ابزار مفیدی برای ارائه درک کلی از ویژگی‌های فیزیکی حوضه زهکشی برای رخدادهای سیلاب به‌شمار می‌آیند (Bhat et al.2019). در این مطالعه، پارامترهای مورفومتریک متعدد مؤثر بر حجم رواناب، سرعت جریان و عمق آب برای درک حساسیت به سیل ناگهانی مورد ارزیابی قرار گرفت. شیب تند حوضه، سرعت رواناب را افزایش داده و احتمال غرقابی شدن مناطق دارای شیب و ارتفاع نسبتاً ملایم را افزایش می‌دهد (Kabenge et al.2017). از سوی دیگر، شیب کم

Influencing the Flood Using the HEC-HMS Model (Case Study: Zrchshmh Hunjan-Isfahan Province). *Journal of Hydrogeomorphology*, 2(3), 21-42. (In Persian)

6- Asgari, Sh., Safari, A., Fathi, H. (2018). Investigating the potential of flooding in the Jafarabad watershed. *Applied Research in Geographical Sciences*, 50(17), 77-90. (In Persian)

7- Azizi, E., Mostafazadeh, R., Hazbavi, Z., Esmali Ouri, A., & Mirzaie, S. (2022). Screening watersheds of Ardabil province concerning flood vulnerability. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 10(2), 11-26. (In Persian)

8- Bajabaa, S., Masoud, M., & Al-Amri, N. (2014). Flash flood hazard mapping based on quantitative hydrology, geomorphology and GIS techniques (case study of Wadi Al Lith, Saudi Arabia). *Arabian Journal of Geosciences*, 7(6), 2469-2481.

9- Behzad, A., Sarvati, M., & Moghimi, E. (2010). Estimating Flood Potential of Goharrud Basin by Emphasize on Geomorphologic Characters by Using SCS Method. *Geographic Thought*, 4(7), 88-105. (In Persian)

10- Bhat, M. S., Alam, A., Ahmad, S., Farooq, H., & Ahmad, B. (2019). Flood hazard assessment of upper Jhelum basin using morphometric parameters. *Environmental Earth Sciences*, 78(2), 54.

11- Chamani, R., Mostafazadeh, R., Kalehhouei, M., & Haji, K. (2023). Determining the spatial correlation and pattern of changes in the height and volume of runoff in the sub-watersheds of Sharganj Birjand region. *Quantitative Geomorphological Research*, 12(3), 201-219. (In Persian)

12- Costa, J. E. (1987). Hydraulics and basin morphometry of the largest flash floods in the conterminous United States. *Journal of hydrology*, 93(3-4), 313-338.

13- Dotal H (2023). Using morphometric analysis for assessment of flash flood susceptibility in the Mediterranean region of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(5), 582.

14- Elnazer, A. A., Salman, S. A., & Asmoay, A. S. (2017). Flash flood hazard affected Ras Gharib city, Red Sea, Egypt: a proposed flash flood channel. *Natural hazards*, 89(3), 1389-1400.

نیاز به تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از مدل‌های سیل هیدرولوژیکی به پیش‌گیری از سیل کمک نماید (Abdel-Fattah et al.2017; Youssef et al.2011)

این پژوهش می‌تواند با توجه به تأثیر پارامترهای دیگر مانند عامل کاربری اراضی، شیوه‌های مدیریت سیل در هر حوضه و سازه‌های هیدرولوژیکی مورد استفاده در امتداد نهرها و رودخانه‌های اصلی انجام شود. مطالعه حاضر نشان داد که تجزیه و تحلیل مورفومتریکی می‌تواند در مقیاس‌های مختلف برای کمک به تصمیم‌گیرندگان در شناخت توزیع مکانی خطر سیل و تدوین استراتژی‌های مهار سیل برای تقلیل اثرات منفی آن بر ساکنان و زیرساخت‌ها مورد استفاده قرار گیرد و همچنین مدلی را برای به‌روزرسانی مداوم طرح کاهش سیل برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد نماید.

### تعارض منافع

در این پژوهش، حامی مالی و تعارض منافع وجود ندارد.

### References

- 1- Abdel-Fattah, M., Saber, M., Kantoush, S. A., Khalil, M. F., Sumi, T., & Sefelnasr, A. M. (2017). A hydrological and geomorphometric approach to understanding the generation of wadi flash floods. *Water*, 9(7), 553.
- 2- Adnan, M. S. G., Dewan, A., Zannat, K. E., & Abdullah, A. Y. M. (2019). The use of watershed geomorphic data in flash flood susceptibility zoning: a case study of the Karnaphuli and Sangu river basins of Bangladesh. *Natural Hazards*, 99(1), 425-448.
- 3- Ahmed, A., Alrajhi, A., Alquwaizany, A., Al Maliki, A., & Hewa, G. (2022). Flood susceptibility mapping using watershed geomorphic data in the Onkaparinga Basin, South Australia. *Sustainability*, 14(23), 16270.
- 4- Alam, A., Ahmed, B., & Sammonds, P. (2021). Flash flood susceptibility assessment using the parameters of drainage basin morphometry in SE Bangladesh. *Quaternary International*, 575, 295-307.
- 5- Amir Ahmadi, A., Mohammadnia, M., & Golshani, N. (2015). Analysis of Geomorphological Factors

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)  
تحلیل پارامترهای مورفومتریک حوضه‌ها برای پهنه‌بندی استعداد ... / ۱۳۷

- 24- Lin, L., Di, L., Tang, J., Yu, E., Zhang, C., Rahman, M. S., & Kang, L. (2019). Improvement and validation of NASA/MODIS NRT global flood mapping. *Remote Sensing*, 11(2), 205.
- 25- Melton, M. (1957). *An Analysis of the Relations Among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology*. Department of Geology, Columbia University, Technical Report, 11, Project NR 389-042. Office of Navy Research, New York.
- 26- Menbari, F., Maleki, A., & Nayyeri, H. (2023). Factor Analysis of the morphometric indices and Flood modeling: A Case Study of Watersheds in Kurdistan Province. *Quantitative Geomorphological Research*, 12(1), 224-240. (In Persian)
- 27- Mostafazadeh, R., Haji, K., Esmali-Ouri, A., & Nazarnejad, H. (2017). Prioritization the critical subwatersheds based on soil erosion and sediment using watershed erosion response model (WERM) and morphometric analysis (case study: Rozechai watershed, West Azerbaijan Province). *Journal of Watershed Management Research*, 8(16), 142-156. (In Persian)
- 28- Pangali Sharma, T. P., Zhang, J., Khanal, N. R., Prodhan, F. A., Nanzad, L., Zhang, D., & Nepal, P. (2021). A geomorphic approach for identifying flash flood potential areas in the East Rapti River Basin of Nepal. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(4), 247.
- 29- Rahman, M. S., & Di, L. (2017). The state of the art of spaceborne remote sensing in flood management. *Natural Hazards*, 85(2), 1223-1248.
- 30- Rajabi, M., Roostaei, S., & Barzkar, M. (2022). Evaluation of flood potential under basins based on morphometric parameters and correlation test (Case: Zab catchment to Mirabad). *Journal of Geography and Planning*, 26(79), 139-127. (In Persian)
- 31- Sarkar, D., & Mondal, P. (2020). Flood vulnerability mapping using frequency ratio (FR) model: a case study on Kulik river basin, Indo-Bangladesh Barind region. *Applied Water Science*, 10(1), 1-13.
- 32- 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.
- 15- Fakhrabadi, S. M. T., & Chezgi, J. (2023). Effect of morphometric factors in prioritizing flooding of sub-watersheds in the north of Birjand Plain. *Soil and Soil Management and Modeling*, 3(3), 240-255. (In Persian)
- 16- Farhan, Y., Anaba, O., & Salim, A. (2017). Morphometric analysis and flash floods assessment for drainage basins of the Ras En Naqb Area, South Jordan Using GIS. *Applied Morphometry and Watershed Management Using RS, GIS and Multivariate Statistics (Case Studies)*, Scientific research publishing, Inc. USA. p 413.
- 17- Ghodrati, M., (1401). *A training book on the use of ARC GIS in water and environmental engineering*, Simaye Danesh, Iran. p 285. (In Persian)
- 18- Hettiarachchi, S., Wasko, C., & Sharma, A. (2018). Increase in flood risk resulting from climate change in a developed urban watershed—the role of storm temporal patterns. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(3), 2041-2056.
- 19- Javan, P., Tabari, M. M. R., & Mirzaei, M. (2013). Flood Risk Mapping Using Flow Energy Equation and Geographic Information System. *Journal of Water and Wastewater*; 24(3), 101-111. (In Persian)
- 20- Jodi, R., Esmali Ouri, A., Mostafazadeh, R., & Golshan, M. (2023). Flood susceptibility mapping using the frequency ratio method in Khiav Chai Watershed, Ardabil. *Journal of Watershed Management Research*, 14(27), 1-14. (In Persian)
- 21- Kabenge, M., Elaru, J., Wang, H., & Li, F. (2017). Characterizing flood hazard risk in data-scarce areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Natural hazards*, 89(3), 1369-1387.
- 22- Kamal, A. M., Shamsudduha, M., Ahmed, B., Hassan, S. K., Islam, M. S., Kelman, I., & Fordham, M. (2018). Resilience to flash floods in wetland communities of northeastern Bangladesh. *International journal of disaster risk reduction*, 31, 478-488.
- 23- Kazemi, M., & Jafarpoor, A. (2024). Identifying the threshold of variables affecting flood zones using machinelearning technique (Case study: the downstream region of the Karun River). *Water and Soil Management and Modeling*, 4(1), 214-232. (In Persian)

- 33- Sharma, A., Wasko, C., & Lettenmaier, D. P. (2018). If precipitation extremes are increasing, why aren't floods?. *Water resources research*, 54(11), 8545-8551.
- 34- Shehata, M., & Mizunaga, H. (2018). Flash flood risk assessment for Kyushu Island, Japan. *Environmental earth sciences*, 77(3), 76.
- 35- Singh, S., Dhote, P. R., Thakur, P. K., Chouksey, A., & Aggarwal, S. P. (2021). Identification of flash-floods-prone river reaches in Beas river basin using GIS-based multi-criteria technique: validation using field and satellite observations. *Natural Hazards*, 105(3), 2431-2453.
- 36- Taheri Behbahani, M.T., Bozorgzadeh, M. (1996). Urban floods, Iranian Urban Planning and Architecture Studies and Research Center, Iran. p 536. (In Persian)
- 37- Youssef, A. M., Pradhan, B., & Hassan, A. M. (2011). Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*, 62(3), 611-623.

---

## COPYRIGHTS

©2026 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons [Attribution-NoDerivs 4.0 International \(CC BY-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/)

