

## Erosion hazard classification using the Fargas qualitative model in the Chehelgazi sub-watershed of Kurdistan province

Seyed Pedram Nainiva<sup>1\*</sup>, Maedeh Parichereh<sup>2</sup>

1- PhD student of Watershed Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2- PhD student of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

\* Corresponding author: Pedram.nainava@gmail.com

(Received: 13 March 2023

Revised: 28 March 2023

Accepted: 15 April 2023)

### Extended Abstract

**Introduction:** Today, soil erosion has become one of the biggest problems in the world, especially in arid and semi-arid areas, which affects environmental, agricultural and food security issues. On the other hand, the growth and development of human activities along with land use change and resource destruction are among the factors affecting the intensity of erosion. Soil erosion in Iran has intensified due to the destruction of natural resources in recent years, and land use changes have played a significant role in this process. However, until now, preventive approaches based on soil erosion hazard assessment to adopt correct management measures have received less attention, which is mostly due to the lack of necessary statistics and information in the basins. Therefore, in any case, it is necessary to identify the areas prone to erosion and sediment production in the internal sub-basins of Iran, which lead to the loss of thousands of tons of fertile soil every year. To achieve this objective, models have been presented, each of which has strengths and weaknesses. By organizing the information related to the decision-making process and simulating the factors affecting the decision, as well as by simplifying the relationships in nature, the models lead to the understanding natural systems. Models are tools that are used in combination with many other assessment methods, so it can be said that modeling is the best option for the initial assessment of watersheds without statistics or with limited statistics. Therefore, the present study was conducted with the aim of investigating the hazard and identifying the areas sensitivity to soil erosion in the sub-basin of the Chehelgazi watershed of Kurdistan province using the Fargas model.

**Materials and methods:** Chehelgazi sub-basin as one of the sub-basins of Qeshlaq dam is located in Sanandaj province. Considering the natural and weather conditions, it is considered representative of mountainous areas (27,233 hectares and equipped with a hydrometric station). The average height of the mentioned sub-basin is about 2200 meters above the sea level, and also the average annual rainfall in this sub-basin is 294.2 mm, the area of pastures is 23465 and the total of irrigated and rainfed agriculture is 3768 hectares. Fargas model was used in order to investigate the hazard and identify the areas sensitive to soil erosion in the mentioned sub-basin. In determining the hazard of erosion, the Fargas model considers two factors of erodibility of rocks and drainage density in each rock unit. In this research, by using maps of rock units, drainage density and scoring tables related to the model, a soil erosion hazard map of the basin was prepared. In the first step, the rock units of the basin were determined using the geological map, and based on the model guide, the rock resistance to erosion was evaluated. In the second step, the drainage network map of the studied basin was prepared and integrated with the stone unit map, and after integration, the drainage density of each stone unit was determined and based on the model valuation guide, the drainage density of each stone unit was valued. Finally, the erodibility hazard map of the basin was prepared in five categories (low to very severe) by multiplying the value number of rock erosion resistance and drainage density in each rock unit.

**Results and Discussion:** The results of the Fargas model analysis showed that 0.48, 36.15, 15.35 and 48% of the sub-basin are in low, medium, severe and very severe erosion hazard, respectively. In other words, 63.35% of the sub-basin is in a state of severe and very severe erosion hazard. Comparing the results of the model with various studies in the basin and other similar basins showed that the Fargas model estimates the erosion hazard more than the actual value, which can be caused by the valuation of rock units. However, the existence of shale and its high sensitivity to erosion in the basin and the confirmation of the model in determining its erosion hazard can be a confirmation of the efficiency of the model.

**Conclusion:** The results indicate the hazard of high erodibility of the sub-basin. Because of the the sub-basin's position in the water supply of Qeshlaq Dam, it is suggested, while examining other quantitative and qualitative models and their results, to provide evaluation and planning models, to make management decisions, and to promote, train, and implement useful projects related to reducing the rate of displacement and loss of the soil at the basin level. Because in order to increase the life and efficiency of dams, the entry of sediment into the dam should be as low as possible to be a small step towards reducing the rate of soil erosion and wastage. However, according to the results of the model, it can be observed that the studied area is under severe hazard of soil erosion, and these results are useful for researchers and planners to control erosion; but due to the limited number of studies in the region, other studies should be conducted in the region for more certainty.

**Keywords:** Water Erosion, Soil Loss, Vahdat Dam (Qeshlag), Fargas qualitative model.

Citation: Nainiva, S. P., & Parichereh, M. (2023). Erosion hazard classification using the Fargas qualitative model in the Chehelgazi sub-watershed of Kurdistan province. *Integrated Watershed Management*, 3 (1), 89-99. doi: 10.22034/iwm.2023.1995873.1068

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to **Integrated Watershed Management**. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





## طبقه‌بندی خطر فرسایش با استفاده از مدل کیفی فارگاس در زیرحوضه چهل‌گزی استان کردستان

سید پدram نیوا<sup>۱\*</sup>، مائده پریچهره<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲- دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

\*نویسنده مسئول: Pedram.nainava@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

### چکیده

فرسایش خاک در ایران به دلیل تخریب منابع طبیعی در سال‌های اخیر تشدید شده و تغییرات کاربری اراضی نقش بسزایی در این فرآیند داشته است. حال آن‌که تاکنون رویکردهای پیشگیرانه مبتنی بر ارزیابی خطر فرسایش خاک برای اتخاذ تدابیر صحیح مدیریتی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به موارد فوق‌الذکر، شناسایی مناطق مستعد فرسایش و تولید رسوب در زیرحوضه‌های داخلی ایران که به از بین رفتن هزاران تن خاک حاصلخیز در هر سال منجر می‌شود؛ امری ضروری است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی خطر و شناخت مناطق حساس به فرسایش خاک در زیرحوضه چهل‌گزی استان کردستان با استفاده از مدل فارگاس انجام شده است.

مدل فارگاس تنها دو عامل فرسایش‌پذیری نوع سنگ و تراکم زهکشی را در هر واحد سنگی در نظر می‌گیرد. در این پژوهش از نقشه‌های واحدهای سنگی و تراکم زهکشی و جداول امتیازدهی شده مربوط به مدل با توجه به شاخص‌های مختلف و بازدید میدانی استفاده و نقشه خطر فرسایش تهیه شد.

نتایج حاصل از بررسی مدل فارگاس نشان داد که ۰/۴۸، ۳۶/۱۵، ۱۵/۳۵ و ۴۸ درصد از زیرحوضه به ترتیب در وضعیت خطر فرسایش کم، متوسط، شدید و بسیار شدید است. به عبارت دیگر ۶۳/۳۵ درصد زیرحوضه در وضعیت خطر فرسایش شدید و بسیار شدید است. یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر بیانگر خطر فرسایش بالای زیرحوضه چهل‌گزی است که با توجه به موقعیت زیرحوضه در تأمین آب سد قشلاق پیشنهاد می‌شود، ضمن بررسی سایر مدل‌های کمی و کیفی دیگر، متناسب با نتایج حاصل از آنان، به ارائه الگوهای ارزیابی و برنامه‌ریزی، اتخاذ تصمیمات مدیریتی، ترویج، آموزش و اجرای پروژه‌های سودمند در ارتباط با کاهش نرخ جابجایی و هدر رفت خاک در سطح حوضه پرداخته شود تا قدمی کوچک در راستای کاهش نرخ فرسایش و هدر رفت خاک باشد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش آبی، هدر رفت خاک، سد وحدت (قشلاق)، مدل Fargas.

استناد: نیوا، س. پ؛ و پریچهره، م. (۱۴۰۲). طبقه‌بندی خطر فرسایش با استفاده از مدل کیفی فارگاس در زیرحوضه چهل‌گزی استان کردستان. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۳)، ۸۹-۹۹.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

از دست دادن خاک توسط عواملی مانند هوا یا آب، فرسایش خاک نامیده می‌شود (Maity & Mandal, 2019). متداول‌ترین عامل فرسایش، آب است که با برخورد قطرات باران و اثر جریان، خاک را فرسایش می‌دهد و پدیده‌هایی مانند جدا شدن ذرات خاک، انتقال ذرات و نشست آن ذرات که رسوب نامیده می‌شود را شامل می‌شود (Jebur *et al.*, 2014). فرسایش ناشی از جریان آب یک فرآیند طبیعی مرتبط با محیط‌زیست است که بر محیط‌زیست، خصوصیات آلی، فیزیکی و شیمیایی خاک اثرات مخربی دارد؛ فرسایش موجب کاهش بهره‌وری خاک، آلودگی رودخانه‌ها و پر شدن مخازن آبی می‌شود (Khosrokhani & Pradhan, 2014). بسیاری از فعالیت‌ها، سرعت فرسایش و روند رسوب‌گذاری را افزایش می‌دهند؛ این فعالیت‌ها شامل توسعه شهرنشینی، جاده‌ها، بزرگراه‌ها، فعالیت‌های کنترلی رودخانه‌ها و نهرها و استخراج معادن است (Sahaar, 2013). اگر سرعت تشکیل خاک بیشتر از میزان فرسایش خاک نباشد، تهدیدی برای پایداری به حساب می‌آید و بر بهره‌وری خاک تأثیر منفی می‌گذارد (Hembram & Saha, 2020). در سطح جهانی، نرخ فرسایش خاک بیشتر از نرخ تشکیل خاک است که امنیت غذایی و کیفیت محیط را تهدید می‌کند (Spalevic *et al.*, 2013). فرسایش خاک ممکن است در آینده نزدیک به دلیل تغییرات آب و هوایی در نقاط مختلف جهان شدیدتر گردد (Amore *et al.*, 2004) که با افزایش فشار جمعیت، استفاده بیش‌ازحد از منابع طبیعی، اجرای عملکرد صحیح را برای مدیریت آب و زمین مشکل خواهد نمود (Jena *et al.*, 2015). از این‌رو، شناسایی مناطق بحرانی مستعد فرسایش در مقیاس حوضه برای ارائه اطلاعات پیش‌نیاز برای مدیریت مؤثر

حوزه آبخیز، از جمله استراتژی‌های حفاظت از خاک، ضروری است (Singh & Panda, 2017). مطالعه Mohammadi و همکاران (2018) نشان می‌دهد که فرسایش خاک در ایران در سال‌های اخیر به دلیل تخریب مناظر طبیعی افزایش یافته است. درک میزان خطر فرسایش خاک در غیاب اطلاعات لازم در حوزه‌های آبخیز، امکان شناسایی مناطق بحرانی فرسایش را فراهم می‌کند؛ از آنجایی‌که در اکثر حوزه‌های آبخیز ایران کمبود اطلاعات وجود دارد (Esmaili *et al.*, 2020) استفاده از مدل‌های تجربی با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS برای برآورد حساسیت یا پتانسیل خطر فرسایش مفید است چراکه استفاده از این تکنیک‌ها همراه با فرآیندهای مدل‌سازی فرسایش خاک، شناخت، کنترل و مدیریت منابع طبیعی را تسریع می‌کند، زیرا GIS و RS تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی را سریع‌تر و آسان‌تر می‌کنند و ترکیب اطلاعات گسترده در زمینه‌ها، منابع مختلف و ساده‌سازی مدیریت اطلاعات را ممکن می‌سازند (Mahmut *et al.*, 2017). روش‌های متعددی از جمله USLE<sup>۱</sup>، RUSLE<sup>۲</sup>، SIMWE<sup>۳</sup>، LISEM<sup>۴</sup>، QUERIM<sup>۵</sup>، PSIAC<sup>۵</sup>، MPSIAC<sup>۶</sup> و... برای پیش‌بینی و ارزیابی فرسایش خاک و برنامه‌ریزی حفاظت از خاک استفاده شده است؛ از میان روش‌های ارزیابی و پیش‌بینی، مدل‌های ارزیابی کیفی، مبتنی بر شناختی که بر عوامل مؤثر بر فرسایش تأثیر می‌گذارند نیز می‌توانند نقش مهمی در تعیین اولویت‌های مؤثر بر فرسایش و حساسیت به فرسایش داشته باشند (Esmaili *et al.*, 2020). از میان مدل‌های کیفی موجود، می‌توان به مدل Fargas که نمونه‌ای از مدل‌های کیفی در زمینه ارزیابی خطر فرسایش است اشاره نمود. این مدل در سال ۱۹۹۷ توسط Fargas و همکاران ابداع و ارائه شد. ویژگی بارز مدل‌های کیفی

4-Lisem Integrated Spatial Earth Modeller

5-Pacific Southwest Inter-Agency Committee

6-Modified Pacific South-West Inter-Agency Committee

1-Universal Soil Loss Equation

2-Revised Universal Soil Loss Equation

3-The Simulation Water Erosion

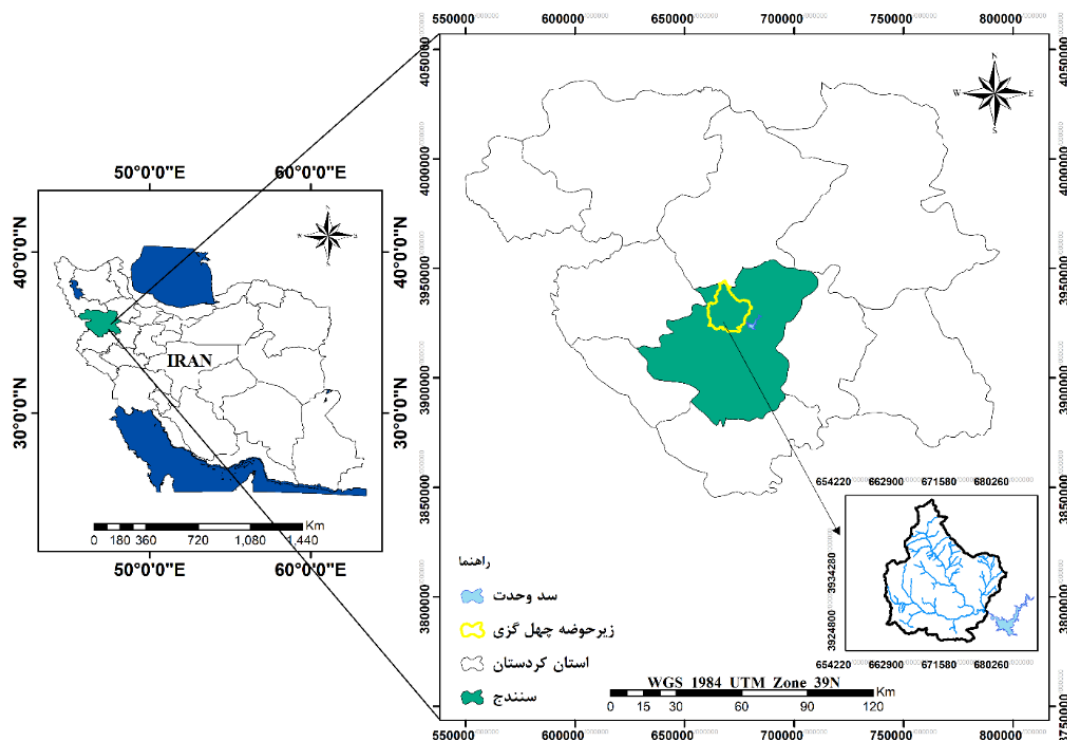
تا  $35^{\circ} 37' 43''$  عرض شمالی و  $46^{\circ} 46' 24''$  تا  $46^{\circ} 32' 32''$  طول شرقی واقع شده است (Nainiva et al., 2020). با توجه به شرایط طبیعی و آب و هوایی، زیرحوضه مورد مطالعه، معرف مناطق کوهستانی در نظر گرفته می شود (مساحت  $27233$  هکتار و مجهز به یک ایستگاه هیدرومتری). ارتفاع متوسط زیرحوضه مذکور حدود  $2200$  متر بالاتر از سطح دریا است و همچنین متوسط بارندگی نیز در این زیرحوضه  $294/2$  میلی متر، مساحت مراتع  $23465$  و مجموع زراعت آبی و دیم  $3768$  هکتار است. این زیرحوضه وجود  $15$  روستا، همچنین وجود سازند شیل با بیشترین فرسایش و آهک های میکروفسیل دار با کمترین فرسایش را در بین سنگ های پیوسته، به خود اختصاص داده است. علاوه بر این نهشته های منفصل بستر رودخانه ها بیشترین حساسیت را دارند (Sadeghi et al., 2008). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

نیازمندی کم به داده و اطلاعات است؛ بنابراین مدل های کیفی امکان شناسایی مناطق خطر فرسایش را در غیاب اطلاعات، در حوزه های آبخیز فراهم می کنند؛ لذا از آنجایی که در اکثر حوزه های آبخیز ایران کمبود اطلاعات وجود دارد، هدف این پژوهش با توجه به اهمیت فرسایش خاک، پیش بینی و تعیین وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل گزی سد قشلاق (وحدت) سنندج با بهره گیری از مدل کیفی Fargas و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به منظور ارزیابی، شناسایی و اولویت بندی نقاط در معرض خطر فرسایش آبی، به جهت ارائه الگوهای برنامه ریزی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی در راستای کاهش نرخ فرسایش و هدر رفت خاک است.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

حوضه چهل گزی به عنوان یکی از زیرحوضه ها سد قشلاق سنندج در استان کردستان (پارسل A سد قشلاق)، در موقعیت جغرافیایی بین  $35^{\circ} 25' 03''$



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area

**داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز**

این پژوهش با هدف تعیین وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گری سد قشلاق (وحدت) سنندج، با بهره‌گیری از مدل کیفی Fargas و سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است؛ که با توجه به مدل مورد استفاده در این پژوهش، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز شامل نقشه شبکه زهکشی و نقشه زمین‌شناسی است که با بهره‌گیری از اطلاعات نقشه‌ای، کتابخانه‌ای و آرشیوی، جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته است.

**مدل کیفی Fargas**

مدل فارگاس در سال ۱۹۹۷ توسط Fargas و همکاران ابداع و ارائه شد (Fargas et al., 1997). این مدل بر

اساس دو عامل اصلی لیتولوژی (سنگ‌شناسی) و تراکم زهکشی است (Abdi, 2016). مراحل اجرای این مدل به شرح ذیل است:

- ۱- تعیین شاخص فرسایش‌پذیری حوضه با توجه به واحد سنگی (جدول ۱).
- ۲- ارزش‌گذاری میزان تراکم زهکشی در هر واحد سنگی (جدول ۲).
- ۳- تعیین خطر فرسایش با استفاده از ضریب ارزشی جدول (۳) که حاصل ضرب ارزش‌گذاری شده مقاومت سنگ به فرسایش و تراکم زهکشی در هر واحد سنگی است (Nojavan et al., 2013).

جدول ۱- مقاومت سنگ نسبت به فرسایش (Fargas et al, 1997)

مقاومت سنگ	جنس سنگ	شاخص سختی
سنگ‌های خیلی سخت	سنگ‌های بازیک	0-2
	سنگ‌های اسیدی	0-5
	سنگ‌های دگرگونی	2-4
سنگ‌های سخت تا سست	ماسه‌سنگ‌های سخت شده	4-5
	سنگ‌های آهکی خردشونده	3-4
	دولومیت‌ها	3-5
	شیل سنگ‌های بسیار سست	7-8
	شیل سنگ‌های پلاستیکی	6-7
سست	مارن و رس ژپس	8-10
	آبرفت قدیمی	4-8
	آبرفت جدید	7-9

جدول ۲- ارزش‌گذاری میزان تراکم زهکشی (Fargas et al, 1997)

**Table 2- Evaluation of drainage density (Fargas et al, 1997)**

ارزش نسبی	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)	شدت فرسایش	طبقه
2	< 0.1	کم	1
4	0.1-<0.5	متوسط	2
6	0.5-< 1	زیاد	3
8	1-< 2	شدید	4
10	> 2	بسیار شدید	5

جدول ۳- معیار طبقه بندی میزان خطر فرسایش و رسوبزایی (Fargas et al, 1997)

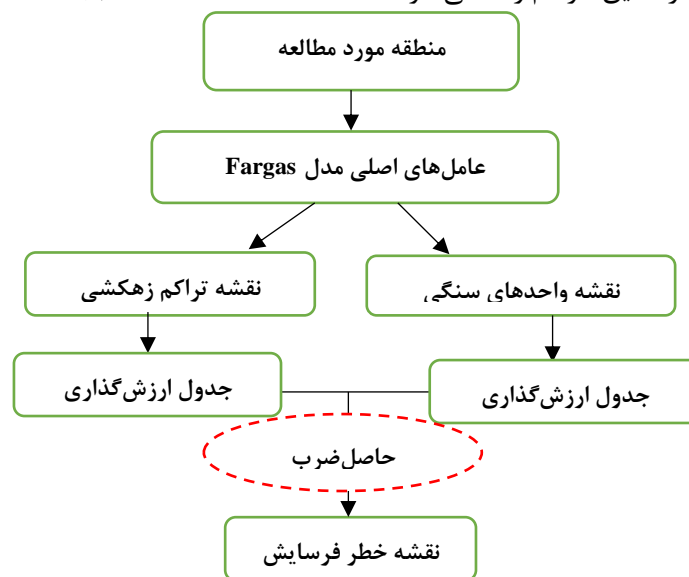
Table 3- Criteria for classifying the hazard of erosion and sedimentation (Fargas et al, 1997)

ارزش نسبی	میزان خطر	طبقه بندی
<10	کم	1
10-20	متوسط	2
20-30	زیاد	3
30-40	شدید	4
> 40	بسیار شدید	5

واحد سنگی تعیین و بر مبنای راهنمای ارزش گذاری مدل، میزان تراکم زهکشی هر واحد سنگی ارزش گذاری می شود. در نهایت از حاصل ضرب عدد ارزش گذاری شده مقاومت سنگ به فرسایش و تراکم زهکشی در هر واحد سنگی، نقشه خطر فرسایش پذیری حوضه در پنج طبقه (کم تا بسیار شدید) تهیه می گردد. شکل ۲ مراحل انجام پژوهش را نمایش می دهد.

### روش تحقیق

طی این پژوهش در گام اول ابتدا با استفاده از نقشه زمین شناسی، واحدهای سنگی حوضه تعیین می گردد و بر اساس راهنمای مدل، مقاومت سنگ نسبت به فرسایش، ارزش گذاری می شود. در گام دوم نقشه شبکه زهکشی حوضه مورد مطالعه تهیه و با نقشه واحدهای سنگی ادغام می شود و پس از تلفیق، تراکم زهکشی هر



شکل ۲- روش کلی انجام پژوهش

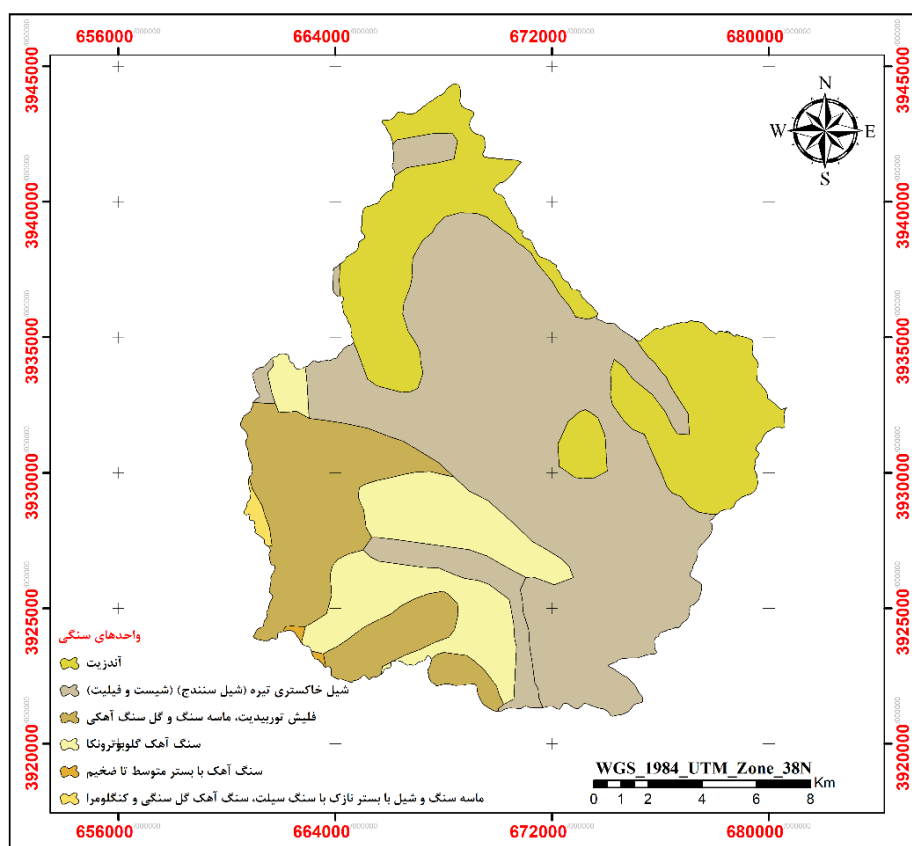
Figure 2- The general method of conducting the research

که شکل (۳) نقشه واحدهای سنگی آن را نشان می دهد. همچنین با توجه به جدول (۱) دستورالعمل مدل فارگاس، واحدهای سنگی زیرحوضه دسته بندی و متناسب با مقاومت آنان نسبت به فرسایش، ارزش گذاری شد که جدول (۴) ارزش گذاری مقاومت واحدهای سنگی زیرحوضه چهل گزی را نسبت به فرسایش ارائه می دهد.

### نتایج و بحث

#### نقشه واحدهای سنگی

در طبقه بندی واحدهای سنگی زیرحوضه چهل گزی، این زیرحوضه دارای شش واحد سنگی کلی (آندزیت، سنگ آهک حاوی گلوبوترونکا، شیل خاکستری، ماسه سنگ، گل سنگ آهکی، کنگلومرا، فلیش تورییدیت و سنگ آهک با بستر متوسط تا ضخیم) است



شکل ۳- نقشه واحدهای سنگی زیرحوضه چهل‌گزی

Figure 3 - Map of the rock units of the Chehlgazi sub-basin

جدول ۴- ارزش‌گذاری مقاومت به فرسایش واحدهای سنگی زیرحوضه چهل‌گزی نسبت

Table 4- Evaluating the resistance to erosion of the rock units of Chehlgazi sub-basin

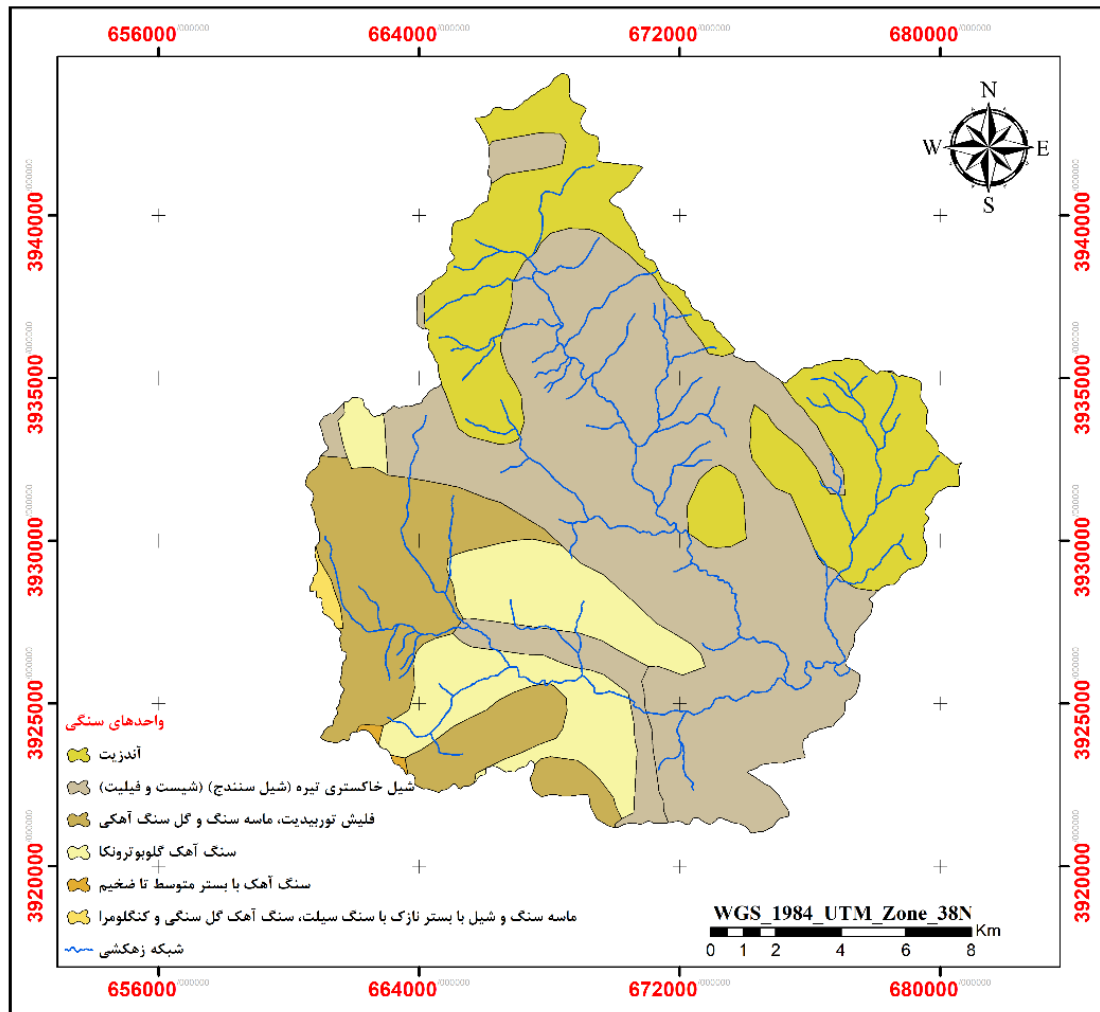
نام واحد سنگی	مقاومت سنگ	ارزش سختی*
Andesitic volcanic	خیلی سخت	2
Globotrunca limestone	سخت تا سست	4
Dark grey shale (Sanandaj shale) (Schist and phyllite)	سخت تا سست	7
Thinly bedded sandstone and shale with siltstone, mudstone limestone and conglomerate	سخت تا سست	4
Flysch turbidite, sandstone and calcareous mudstone	خیلی سخت	5
Medium to thick - bedded limestone	سخت تا سست	5

\* قابل‌ذکر است ترکیب واحدهای سنگی زیرحوضه موجب شد که میانگینی از ارزش هر واحد سنگی در نظر گرفته شود.

فارگاس و با مشخص نمودن تراکم زهکشی هر واحد سنگی، تراکم زهکشی ارزش‌گذاری شد که جدول (۴) ارزش‌گذاری تراکم زهکشی در هر واحد سنگی از زیرحوضه چهل‌گزی را ارائه می‌دهد

#### نقشه تراکم زهکشی هر واحد سنگی

شکل (۴) شبکه زهکشی زیرحوضه چهل‌گزی را نشان می‌دهد که با توجه به جدول (۲) دستورالعمل مدل



شکل ۴- نقشه تراکم زهکشی زیرحوضه چهل گزی

Figure 4- Drainage density map of Chehlgazi sub-basin

جدول ۵- ارزش گذاری میزان تراکم زهکشی واحدهای سنگی زیرحوضه چهل گزی

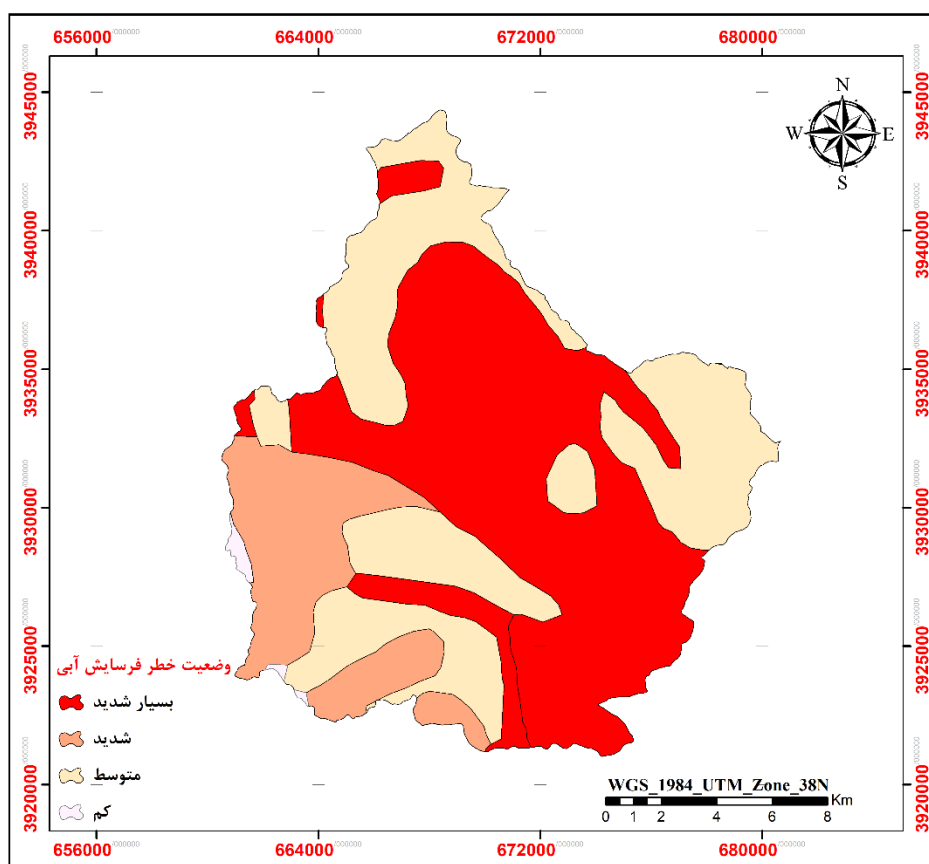
Table 5- Valuation of drainage density of rock units of Chehlgazi sub-basin

ارزش نسبی	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومترمربع)	نوع واحد سنگی
6	0.71	Andesitic volcanic
4	0.39	Globotrunka limestone
6	0.71	Dark grey shale (Sanandaj shale) (Schist and phyllite)
2	0	Thinly bedded sandstone and shale with siltstone, mudstone limestone and conglomerate
6	0.54	Flysch turbidite, sandstone and calcareous mudstone
2	0	Medium to thick - bedded limestone

مقاومت سنگ به فرسایش و تراکم زهکشی در هر واحد سنگی به دست آمد و سپس متناسب با جدول (۳) طبقه بندی شد. شکل (۵) نقشه وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه را نشان می دهد.

#### نقشه وضعیت خطر فرسایش آبی

جهت تهیه نقشه وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل گزی، با توجه به ضریب ارزشی جدول (۳) اقدام شد. در این مرحله حاصل ضرب ارزش گذاری شده



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گزی

Figure 5- Map of water erosion hazard zonation of Chehlgazi sub-basin

جدول ۶- مساحت طبقات خطر فرسایش و رسوب‌زایی زیرحوضه چهل‌گزی

Table 6- The area of erosion and sedimentation hazard classes in the Chehlgazi sub-basin

مساحت (کیلومتر مربع)	میزان خطر	طبقه‌بندی
1.29	کم	1
96.96	متوسط	2
41.19	شدید	3
128.74	بسیار شدید	4
268.20	جمع	

شدید و بسیار شدید است. مقایسه نتایج حاصل از مدل با توجه به نقشه و آمار مطالعات Ghafari (۲۰۱۸) و Nikkani و Khaledian (۲۰۱۷) گویای برآورد بیشتر نسبت به نتایج آنان است چراکه نتایج استفاده آنان به ترتیب از مدل‌های SWAT و MPSIAC دارای نتایج طبقه‌بندی کم تا متوسط است که می‌تواند ناشی از کالیبره نبودن ارزش‌گذاری واحدهای سنگی در مدل

#### بررسی و مقایسه نتایج مدل Fargas

بررسی نتایج مطالعه ارزیابی، پیش‌بینی و تعیین وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل‌گزی گویای این است که ۰/۴۸، ۳۶/۱۵، ۱۵/۳۵ و ۴۸ درصد از زیرحوضه به ترتیب در وضعیت خطر فرسایش کم، متوسط، شدید و بسیار شدید است. به عبارت دیگر ۶۳/۳۵ درصد زیرحوضه در وضعیت خطر فرسایش

### نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر به پیش‌بینی و تعیین وضعیت خطر فرسایش آبی زیرحوضه چهل گزی سد قشلاق (وحدت) سندنجد با بهره‌گیری از مدل کیفی Fargas و سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌منظور ارزیابی، شناسایی و اولویت‌بندی نقاط در معرض خطر فرسایش آبی پرداخته است. نتایج پژوهش بیانگر پتانسیل بالای این زیرحوضه در فرسایش و هدر رفت خاک با توجه به عامل‌های مدل کیفی فارگاس است. لذا با توجه به اهمیت فرسایش و همچنین موقعیت زیرحوضه در تأمین آب سد قشلاق پیشنهاد می‌شود، الگوهای ارزیابی و برنامه‌ریزی، اتخاذ تصمیمات مدیریتی، ترویج، آموزش و اجرای پروژه‌های سودمند در ارتباط با کاهش نرخ جابجایی و هدر رفت خاک در سطح حوضه با جدیت موردتوجه قرار گیرد تا قدمی کوچک در راستای کاهش نرخ فرسایش و هدر رفت خاک باشد.

فارگاس باشد؛ اما از یک سو وجود شیل و حساسیت بالای آن مجدد می‌تواند تأیید بر کارایی مدل باشد. همچنین نتایج حاصل از پژوهش Nojavan و همکاران (۲۰۱۳) و Jafari و Karimi (۲۰۲۲) نیز در مناطق دیگر بیانگر این امر است که مدل فارگاس میزان خطر فرسایش را بیش‌تر از مقدار واقعی تخمین می‌زند، لذا با توجه به موارد ذکرشده، استفاده از مدل‌های دیگر و مقایسه نتایج آن‌ها با این مدل و داده‌های مشاهداتی می‌تواند در اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی منطقه مؤثر واقع شود؛ اما با توجه به نتایج حاصل از مدل مورد استفاده در این طرح، مشاهده می‌شود که منطقه مورد مطالعه در معرض خطر شدید فرسایش خاک قرار دارد که این نتایج برای محققان و برنامه‌ریزان برای کنترل فرسایش مفید است؛ ولی با توجه به تعداد محدود مطالعات در منطقه، بایستی به جهت حصول اطمینان بیشتر مطالعات دیگری نیز در منطقه انجام گیرد.

### References

- Abdi, N. (2016). Evaluate the accuracy of Fargas and BLM models for identification of erosion intensity. *Open Journal of Geology*, 6(11), 1457-1468 .
- Amore, E., Modica, C., Nearing, M.A. & Santoro, V.C. (2004). Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology*, 293(1-4), 100-114 .
- Esmaili Gholzom, H., Ahmadi, H., Moeini, A. & Motamed Vaziri, B. (2020). Erosion risk assessment and identification of susceptibility lands using the ICONA model and RS and GIS techniques. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1-18 .
- Fargas, D., Casasnovas, J.M. & Poch, R. (1997). Identification of critical sediment source areas at regional level. *Physics and Chemistry of the Earth*, 22(3-4), 355-359 .
- Ghafari, G. (2018). Erosion intensity zoning by using SWAT model in Gheshlagh Dam Basin. *Geography and Development*, 50, 55-74. (In Persian)
- Hembram, T.K. & Saha, S. (2020). Prioritization of sub-watersheds for soil erosion based on morphometric attributes using fuzzy AHP and compound factor in Jainti River basin, Jharkhand, Eastern India. *Environment, Development and Sustainability*, 22(2), 1241-1268 .
- Jafari, G. & Karimi, Z. (2022). Estimation of soil loss due to water erosion of Jazlachai catchment using three models FSM, Fargas, BLM. *Environmental Erosion Research* 12(1): 41-57. (In Persian)
- Jebur, M. N., Pradhan, B. & Tehrany, M. S. (2014). Optimization of landslide conditioning factors using very high-resolution airborne laser scanning (LiDAR) data at catchment scale. *Remote Sensing of Environment*, 152, 150-165 .
- Jena, S., Kumar, A., Brahmanand, P., Mishra, A., Sahoo, N. & Patil, D. (2015). Design and development of rubber dams for watersheds in the climate change scenario. *Climate*

- change Modelling, planning and policy for agriculture*, 93-98
- Khaledian H. & Nikkami D. (2017). Optimization of land use to reduce the potential of erosion and sediment using linear programming model (Case study: Chehel-Gazi basin of Sanandaj). *JWSS - Isfahan University of Technology*; 21 (1):95-111. (In Persian)
- Khosrokhani, M. & Pradhan, B. (2014). Spatio-temporal assessment of soil erosion at Kuala Lumpur metropolitan city using remote sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 5(3), 252-270 .
- Mahmut, R., Dutal, H., Bolat, N. & Savaci, G. (2017). Soil erosion risk assessment using GIS and ICONA: a case study in Kahramanmaras, Turkey. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 64-75 .
- Maity, D.K. & Mandal, S. (2019). Identification of groundwater potential zones of the Kumari river basin, India: an RS & GIS based semi-quantitative approach. *Environment, Development and Sustainability*, 21, 1013-1034 .
- Mohammadi, S., Karimzadeh, H. & Alizadeh, M. (2018). Spatial estimation of soil erosion in Iran using RUSLE model. *Iranian journal of Ecohydrology*, 5(2), 551-569.
- Nainiva, S.P., Shahedi, K., Zahedi, S. & Entezami, H. (2020). Estimation of snowmelt runoff in water requirement of farmland in Chehelgazi Sub-basin, Kurdistan Province. *Watershed Engineering and Management*, 12(4), 962-976. (In Persian)
- Nojavan, M., Mohammadi, A. & Gholami, V. (2013). Estimation of Erosion Intensity Using Fargas and BLM models, case: Bandera watershed. *Journal of Geography and Development*, 29, 119-130. (In Persian)
- Sadeghi, S. H. R., Gholami, L. & Khaledi Darvishan, A. V. (2008). Comparison of sediment delivery ratio estimation methods in Chehelgazi watershed of Gheshlagh Dam. *Journal of Agricultural Sciences and Industries*, 22(1), 141-150. (In Persian)
- Sahaar, A.S. (2013). Erosion mapping and sediment yield of the Kabul River Basin, Afghanistan (Doctoral dissertation, Colorado State University).
- Singh, G. & Panda, R.K. (2017). Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: A case study in the Kapgari watershed. *India. International Soil and Water Conservation Research*, 5(3), 202-211
- Spalevic, V., Djurovic, N., Mijovic, S., Vukelic-Sutoska, M. & Curovic, M. (2013). Soil erosion intensity and runoff on the Djuricka River Basin (North of Montenegro). *Malaysian Journal of Soil Science*, 17(1), 49-68.