



Spatial Soil Erosion Risk at the Brimvand Watershed in Kermanshah Province, Iran

S.H.R. Sadeghi^{1*}, M. Kalehhouie², A. Noori³, N. Naderi Marangalo⁴, M. Havasi⁵, A. Payfeshoordeh⁶, M. Khairparast⁷, S. Mostafaei Younjali⁸, Z. Pirooznia⁹, M. Hamzeh Bibalani¹⁰

Received: 24-01-2023
Revised: 27-06-2023
Accepted: 08-07-2023
Available Online: 10-07-2023

How to cite this article:

Sadeghi, S.H.R., Kalehhouie, M., Noori, A., Naderi Marangalo, N., Havasi, M., Payfeshoordeh, A., Khairparast, M., Mostafaei Younjali, S., Pirooznia, Z., & Hamzeh Bibalani, M. (2023). Spatial soil erosion risk at the Brimvand watershed in Kermanshah province, Iran. *Journal of Water and Soil*, 37(3), 443-456. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jsw.2023.80775.1247>

Introduction

Soil erosion is considered as one of the critical threats to the conservation of water and soil resources. However, until now, its various components, including its spatial changes, have yet to be given due attention. In order to implement soil erosion control and conservation programs in the watershed, it is essential to have basic information leading to know and accurately identify the factors affecting the degradation of soil and water resources. Meanwhile, the CORINE model has been considered as one of the practical models for estimating soil erosion and displaying the spatial distribution of soil erosion with easy and accessible inputs. The CORINE model developed based on the Universal Soil Loss Equation (USLE) was therefore employed in the present study in the GIS environment to determine the potential and actual erosion risks of the Brimvand Watershed in Kermanshah Province, Iran.

Materials and Methods

The main associated factors of soil erosion, viz. soil erodibility and erosivity, such as slope, vegetation, depth, texture, and percentage of gravel, were collected, compiled, and ultimately classified in the ArcGIS software. The Fournier index (FI) and FAO-UNEP drought index (DI) were used to prepare the input maps. The Fournier index reflects the performance of the soil erosive agent. In other words, it shows the role of rainfall on soil erosion. The FAO-UNEP drought index shows the simultaneous performance of evaporation and precipitation on soil erosion of a region. The potential soil erosion risk was obtained by combining slope, erodibility, and erosivity layers. In addition, the actual soil erosion risk map was determined by combining the vegetation map and potential soil erosion risk.

Results and Discussion

Based on the results of the vegetation distribution in the region, the use of rainfed and abandoned lands had the largest area in the watershed, with an occupation percentage of 65.48%. Furthermore, the rangeland and forest areas, with respective coverage of 29.65 and 4.87%, stood in the second and third priority from the viewpoint of the area. The region has varying slopes, but more importantly, it has a low slope. Soil texture, depth, and gravel

1- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor 46417-76489, Iran

(*- Corresponding Author Email: sadeghi@modares.ac.ir)

2- Former Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.

3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10- M.Sc. Students, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University

DOI: [10.22067/jsw.2023.80775.1247](https://doi.org/10.22067/jsw.2023.80775.1247)

content significantly affect the area's erosion. The soil depth in a large part of the watershed, especially with a slope of less than 4% is more than 65 cm where it is mainly covered by abandoned and rainfed lands. In the studied area, the depth of the soil decreases with height increase, which indicates that the high slopes of the area are dominantly outcrops. Most of the area has gravel contents between 10 and 40%. The erosion potential of the region is not that much high because of the desired features of the affecting factors. According to the potential soil erosion risk, it was determined that about 65.57, 23.62, and 10.81% of the area were classified as intermediate, low, and high erosion potential, respectively. Further, the actual soil erosion risk was categorized as low, intermediate, and high with respective areal coverage of 53.83, 15.53, and 30.64%. It is therefore implied that the amount of erosion and sediment transfer will increase if the land cover in the watershed is declined. This indicates that the erosion rate was highest in hilly areas due to lack of vegetation and soil with loamy texture. Accordingly, to curb soil erosion and prevent its associated adverse effects in the Brimvand watershed, it is strongly suggested to use lands based on their capability and potential, maintain the present cover status, and carry out management plans to restore vegetation.

Conclusion

Soil erosion remains one of the most critical challenges in watersheds, and its neglect can lead to various problems for the beneficiaries. In light of this, the present study aimed to address this issue by employing the CORINE model to assess potential and actual soil erosion in the Brimvand Watershed of Kermanshah Province, Iran. The research findings reveal the pivotal role of vegetation in mitigating soil erosion. Notably, areas with gentle slopes, which are inherently susceptible to erosion, benefit significantly from vegetation cover, leading to a noticeable reduction in erosion. However, the loss of this protective cover can trigger a rapid increase in soil erosion and subsequent loss of valuable soil resources. By shedding light on the spatial distribution of soil erosion, this study emphasizes the importance of preserving and promoting vegetation in the watershed to ensure its long-term sustainability and safeguard the well-being of those who depend on it. Therefore, land utilization should be planned based on capacity and potential of the land to curb erosion and avoid its detrimental impacts in the Brimvand Watershed. In addition, not only the current cover situation has to be maintained but also the vegetation conditions have to be improved through the implementation of managerial and reclamation plans leading to managing soil erosion.

Keywords: Erosion models, Land capability, Land degradation, Soil erosion map, Vegetation management

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۳، مرداد-شهریور ۱۴۰۲، ص. ۴۴۳-۴۵۶

تغییرات مکانی خطر فرسایش خاک در حوزه آبخیز بریموند استان کرمانشاه

سیدحمیدرضا صادقی^{۱*} - مهین کله هوئی^۲ - علی نوری^۳ - نسترن نادری مرنگلو^۴ - معصومه هواسی^۵ - آراسته پای فشرده^۶ - مهدی

خیرپرست^۷ - سحر مصطفایی یونجالی^۸ - زینب پیروزی^۹ - معصومه حمزه‌بی‌بالانی^{۱۰}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

چکیده

فرسایش خاک یکی از تهدیدهای مهم برای حفاظت از منابع آب‌و خاک به شمار می‌رود. حال آن‌که تاکنون مؤلفه‌های مختلف آن از جمله تغییرات مکانی مورد توجه لازم قرار نگرفته است. هدف اصلی این پژوهش تعیین خطر فرسایش بالقوه و بالفعل حوزه آبخیز بریموند استان کرمانشاه با استفاده از مدل CORINE و در سامانه اطلاعات جغرافیایی بوده است. اطلاعات مورد نیاز مربوط به عوامل اصلی فرسایش خاک شامل فرسایش‌پذیری و فرساینده‌گی خاک از جمله شیب، پوشش گیاهی، عمق، بافت، درصد سنگریزه تهیه و در محیط ArcGIS تلفیق و طبقه‌بندی شد. در نهایت نقشه پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک به ترتیب از تلفیق نقشه‌های فرسایش‌پذیری، فرساینده‌گی و شیب تهیه شد. سپس نقشه فرسایش واقعی خاک از تلفیق نقشه پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک و پوشش گیاهی به دست آمد. مطابق نتایج مربوط به پراکنش پوشش گیاهی مختلف در منطقه، مجموع کاربری دیم و بایر با مساحت ۶۵/۴۸ درصد بیش‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده است. علاوه بر آن، پوشش‌های مرتع و جنگل نیز با گستره سطحی ۲۹/۶۵ و ۴/۸۷ درصد، به ترتیب دومین و سومین مساحت از پوشش گیاهی در منطقه را داشتند. مطابق نقشه پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک مشخص شد که به ترتیب حدود ۶۵/۵۷، ۲۳/۶۲ و ۱۰/۸۱ درصد از وسعت منطقه در محدوده پتانسیل فرسایش متوسط، کم و زیاد قرار گرفته است. هم‌چنین فرسایش واقعی خاک به ترتیب ۵۳/۸۳، ۱۵/۵۳، ۳۰/۶۴ درصد در محدوده کم، متوسط و زیاد قرار دارد. بر همین اساس و در راستای مهار فرسایش و جلوگیری از اثرات منفی و توسعه آن در حوزه آبخیز بریموند، استفاده از اراضی متناسب با توانایی و استعداد آن‌ها، حفظ وضعیت پوشش فعلی و انجام طرح‌های مدیریتی باهدف احیا پوشش گیاهی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: استعداد اراضی، تخریب زمین، مدل‌های فرسایش، مدیریت پوشش گیاهی، نقشه فرسایش

۱- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

(*- نویسنده مسوول: Email: sadeghi@modares.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰- دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی هر منطقه محسوب و همواره متعاقب تقاضای روزافزون جوامع بشری، به دلیل نیاز به شهرسازی، معدن، گردشگری، دست‌خوش تغییرات قرار می‌گیرد. فرسایش خاک، یکی از عوامل مهم در تخریب خاک و یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیط‌زیستی است که منابع خاک و آب را به‌طور جدی تهدید می‌کند (Sadeghi, 2006; Borrelli et al., 2021)؛ به‌طوری که World Bank (2005) مقدار خسارت ناشی از مجموعه عوامل تخریب را در ایران حدود ۱۰ میلیارد دلار در سال برآورد کرده است که اهمیت فراوان اقتصادی تخریب خاک را نیز نشان می‌دهد. مقدار فرسایش آبی خاک کشور، بر اساس نقشه شدت فرسایش تهیه‌شده در پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری تقریباً ۹۷۶ میلیون تن در سال برآورد شده است (Arabkhedri et al., 2018). در بسیاری از مناطق، فرسایش خاک باعث کاهش کیفیت و کمیت عناصر غذایی خاک شده (Quinton et al., 2010) و با افزایش تولید هزینه مواد غذایی، خسارات زیادی را به وجود می‌آورد (Telles et al., 2011).

به‌منظور اجرای برنامه‌های حفاظت و مهار فرسایش خاک در حوزه آبخیز، داشتن اطلاعات پایه در راستای شناخت و شناسایی دقیق عوامل مؤثر بر تخریب منابع خاک و آب امری ضروری است (Sadeghi, 2010; Karimi et al., 2022). به همین دلیل، پژوهش‌گران برای تعیین میزان فرسایش خاک و تولید رسوب از مدل‌های متعددی از جمله WSM (Motalebnejad et al., 2016)، RHEM (Faleh Giri et al., 2011)، AOF و MUSLE (Rahmati et al., 2014)، ICONA (Sadeghi et al., 2021)، SLEMSA (Heydari et al., 2022)، USPED و G2 (Mohammadi et al., 2017; Rahmani et al., 2021)، RUSLE (Zakiri Nejad & Falah, 2022)، IntEro (Kalehhouei et al., 2019) و RUSLE و USPED (Mohammadi et al., 2018) در این زمینه استفاده کرده‌اند. اعتبارسنجی هر یک از مدل‌های موردنظر برای تطبیق نتایج با واقعیت امری ضروری است، که امروزه با توجه به پیشرفت فناوری و استفاده از سامانه‌های مختلف از جمله Google Earth با قابلیت دسترسی سریع به تمام نقاط منطقه مورد مطالعه و هزینه کم همراه با دقت بالا زمینه لازم برای اعتبارسنجی مدل‌های کیفی را فراهم کرده است (La Licata et al., 2023; Sadeghi et al., 2008; Najafi et al., 2021). در این بین، مدل یا روش CORINE^۱، به‌عنوان یکی از مدل‌های

کاربردی تخمین فرسایش خاک و نمایش توزیع مکانی فرسایش خاک با ورودی‌های زودیافت و قابل‌دسترس موردتوجه قرار گرفته است. این مدل بر پایه معادله جهانی هدررفت خاک (USLE) توسعه‌یافته است. مفهوم مدل مذکور نخستین بار توسط Krikby در سال ۲۰۰۱ به‌کاربرده شده است. به‌منظور محاسبه فرسایش واقعی خاک، از عوامل فرسایش‌پذیری باران^۲، فرسایش‌پذیری خاک^۳، شیب و پوشش گیاهی یا کاربری اراضی استفاده می‌شود. این مدل می‌تواند فرسایش را با وضوح مکانی پیش‌بینی کند. اطلاعات پوشش گیاهی یک ورودی مهم در رویکرد مزبور محسوب می‌شود (Evrendilek et al., 2007).

مطالعات فراوانی در زمینه به‌کارگیری مدل CORINE برای محاسبه فرسایش خاک انجام شده است (Aydın and Tecimen, 2010; El-Nady et al., 2017; Kucsicsa et al., 2017; Yousif et al., 2020; Khallouf et al., 2021; Akbari et al., 2022) که می‌توان به برخی از این مطالعات اشاره نمود. بشیر و همکاران (Bashir et al., 2013) با استفاده از مدل CORINE در حوزه آبخیز راوال پاکستان بیان کردند که این مدل به همراه سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور برای ارزیابی فرسایش خاک کارآمد است. علاوه بر این گیوربیانو و همکاران (Gurebiyaw et al., 2018)، به ارزیابی میزان حساسیت خاک در برابر فرسایش با استفاده از مدل CORINE در یک آبخیز در اتیوپی پرداختند که نتایج حاکی از آن است که فقط بخش کوچکی از منطقه مورد مطالعه در طبقه خطر فرسایش متوسط تا زیاد واقع شده است. علاوه بر این، نتایج به‌دست‌آمده از مدل می‌تواند در مناطق پرخطر در حفاظت آب‌و خاک نقش داشته باشد. انتظاری و غلام‌حیدری (Entezari and Gholam Heydari, 2014)، به بررسی شدت فرسایش و عوامل مؤثر در آن و مقایسه دو مدل SLEMSA و CORINE در حوزه آبخیز تنگ سرخ شیراز پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش مذکور نشان داد که مدل CORINE با توجه به این که به جزئیات بیش‌تری می‌پردازد از دقت بیش‌تری برخوردار بوده و شیب مهم‌ترین عامل در افزایش میزان فرسایش در آبخیز بوده است. در طی پژوهشی دیگر، اکبری و همکاران (Akbari et al., 2016)، خطر فرسایش خاک بر اساس مدل CORINE در منطقه نیمه‌بیابانی غرب استان گلستان را ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که از نظر پتانسیل خطر، به ترتیب حدود ۲۳، ۵۴ و هفت درصد از منطقه دارای پتانسیل فرسایشی کم، متوسط و زیاد بوده است. از سویی دیگر، از نظر خطر واقعی نیز به ترتیب ۵۴، ۲۵ و دو درصد مساحت منطقه در خطر کم، متوسط و زیاد قرار داشته است. محمدی و همکاران

- 1- Soil erosion
- 2- Coordination of Information on the Environment
- 3- Rain Erosivity
- 4- Soil Erodibility

آن است که دی و مرداد به ترتیب سردترین و گرم‌ترین ماه سال بوده است. هم‌چنین کم‌ترین و بیش‌ترین تبخیر نیز به ترتیب در دی و تیر گزارش شده است. منطقه مورد مطالعه دارای انواع کاربری‌های اصلی عمدتاً شامل زراعت‌های آبی، دیم، مرتع و جنگل است. جهت شبکه زهکشی از شرق به غرب است. محدوده مورد مطالعه به لحاظ زمین‌شناسی و زمین‌ساختی در زاگرس چین‌خورده قرار می‌گیرد. تشکیلات و واحدهای سنگی و رسوبی موجود در منطقه مورد نظر، متعلق به کرتاسه تا عهد حاضر است. واحد تراس و پادگانه آبرفتی بلند (Qt2) با مساحت ۵۹۰۷/۲۳ هکتار معادل ۶۰/۵۶ درصد از کل آبخیز بیش‌ترین گسترش را در محدوده مورد مطالعه دارد و کم‌ترین گسترش نیز با مساحت ۱۲/۴۷ هکتار مربوط به واحد سنگ‌آهک دولومیتی (EL) است که تنها ۰/۱۳ درصد از کل محدوده را دربر می‌گیرد. شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

روش پژوهش

تهیه لایه‌ها و اطلاعات مورد نظر

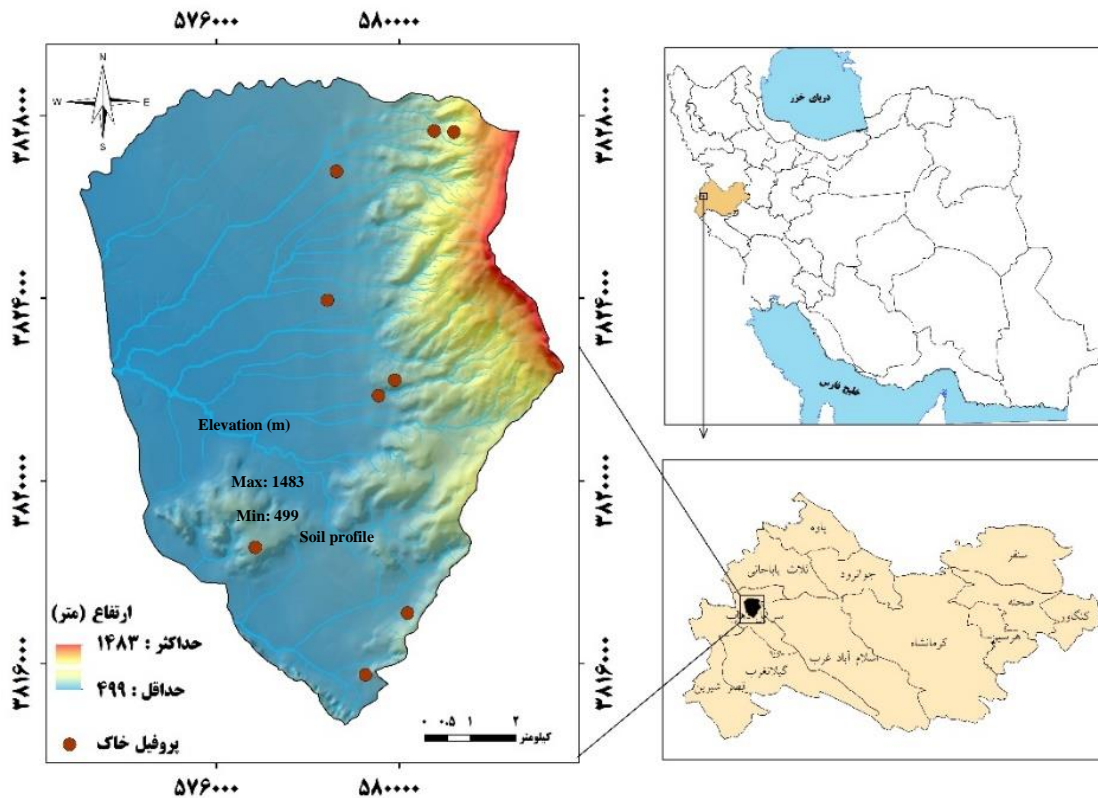
مطابق مراحل و روند اجرایی پژوهش و کاربست مدل موجود در شکل ۲، نخست لایه‌های اطلاعاتی با داشتن نقشه‌های پایه، اعم از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و زمین‌شناسی رقمی شده با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ حوزه آبخیز بریموند به ترتیب از سازمان‌های جغرافیایی نیروهای مسلح، سازمان نقشه‌برداری کشور، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور اخذ شد. با استفاده از نقشه مدل رقمی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر، نقشه شیب تهیه شد. از آنجایی که برای برآورد میزان خطر فرسایش واقعی، نیازمند محاسبه میزان فرسایش بر پایه پوشش گیاهی منطقه است (Mokhtari et al., 2019; Asghari Saraskanrood et al., 2019)، از این رو، نقشه مورد نظر از اداره منابع طبیعی استان کرمانشاه تهیه و در سه طبقه پوشش گیاهی، حفاظت‌شده مانند جنگل‌ها، نیمه حفاظت‌شده مانند مراتع و فاقد حفاظت مانند اراضی بایر و مناطق زراعی و اراضی کشاورزی طبقه‌بندی شد. به منظور محاسبه شاخص فرسایش‌پذیری خاک، نقشه‌های بافت، عمق و سنگریزه خاک در نه نیم‌رخ حفر شده در محدوده مورد مطالعه در محیط سامانه ArcGIS 10 مطابق امتیازهای مورد نظر مدل طبقه‌بندی شد (CORINE, 1992; Aldabaa, 2020). لازم به ذکر است که مناطق با عمق خاک کم‌تر از ۱۰ سانتی‌متر روی لایه‌ای محدودکننده جزء اراضی متفرقه طبقه‌بندی شدند (Ayubi and Jalalian, 2010). علاوه بر آن، عمق خاک بیش‌ازحد آستانه مزبور نیز در سه گروه عمق خاک کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شد.

(Mohammadi et al., 2016)، نیز مطالعه‌ای با تحلیل عوامل مؤثر بر وضعیت فرسایش و تولید رسوب در منطقه غرب اصفهان با استفاده از مدل CORINE انجام دادند. نتایج مطالعات نشان داد که سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور را برای ارزیابی خطر فرسایش خاک مناسب دانستند. صادق کمالی و همکاران (Sadegh Kamali et al., 2018)، با استفاده از مدل CORINE در حوزه آبخیز پروان، افغانستان نشان دادند که میزان شدت خطر فرسایش در منطقه مورد مطالعه زیاد است. تاریپناه و همکاران (Taripناه et al., 2020)، در پژوهشی به بررسی خطر پتانسیل واقعی فرسایش در منطقه خارستان، استان فارس با استفاده از مدل CORINE در تلفیق با سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که در کل، منطقه مورد مطالعه از نظر خطر فرسایش بیش‌تر در طبقه متوسط تا زیاد قرار گرفته است و مناطق با خطر واقعی فرسایش کم و متوسط در بخش جنوبی، مرکزی و شرقی منطقه و مناطق با خطر واقعی زیاد در بخش جنوب شرقی، غرب و شمال غربی بوده است. اخیراً نیز اکبری و همکاران (Akbari et al., 2022)، خطر فرسایش خاک در شمال شرق ایران را بر اساس خطرهای بالقوه و بالفعل فرسایش خاک با استفاده از مدل CORINE ارزیابی کردند. تجزیه و تحلیل حساسیت نشان داد که خطر فرسایش بالقوه خاک بیش‌ترین حساسیت را به بافت، شیب و عمق خاک داشته است. هم‌چنین، عامل پوشش گیاهی نقش مهمی در تعیین خطر واقعی فرسایش خاک ایفا کرده است. در نهایت کارایی مدل CORINE در ارائه اقدامات مدیریتی برای مناطق در معرض تهدید فرسایش خاک تأیید شد. در چند دهه اخیر تهیه اطلاعات تفصیلی و درک صحیح سامانه‌های آبخیز و نیز شرایط حاکم بر چرخه هیدرولوژی از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر برای مدیریت جامع و همه‌جانبه حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شود (Kiani Harchegani et al., 2018). بدین سبب با توجه به اهمیت فرسایش خاک، این پژوهش باهدف بررسی کارایی مدل CORINE در حوزه آبخیز بریموند واقع در استان کرمانشاه به سبب وجود پیشینه پژوهشی مناسب و هم‌چنین دسترسی به اطلاعات مورد نیاز برنامه‌ریزی شد.

مواد و روش

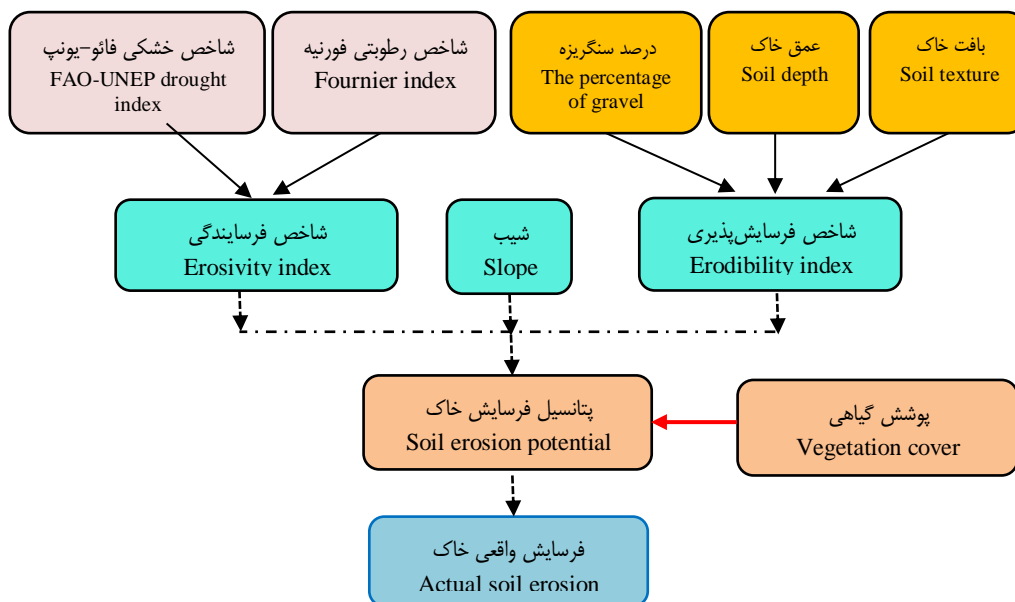
معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز بریموند با مساحت ۹۷۵۴/۵ هکتار در استان کرمانشاه، شهرستان سرپل ذهاب، بخش مرکزی و در دهستان‌های دشت ذهاب و حومه سرپل و مساحت اندکی از جنوب شرقی حوزه در دهستان به شیوه پلاطی قرار گرفته است. حداکثر و حداقل ارتفاع محدوده به ترتیب ۱۴۸۲/۹ و ۴۹۸/۶ متر از سطح دریاست. میانگین سالانه دما و بارندگی در آبخیز مزبور ۱۹/۴ درجه سانتی‌گراد و ۴۵۴/۲ میلی‌متر است (Jalili et al., 2006; Sadeghi et al., 2009). رژیم‌های حرارتی، حاکی از



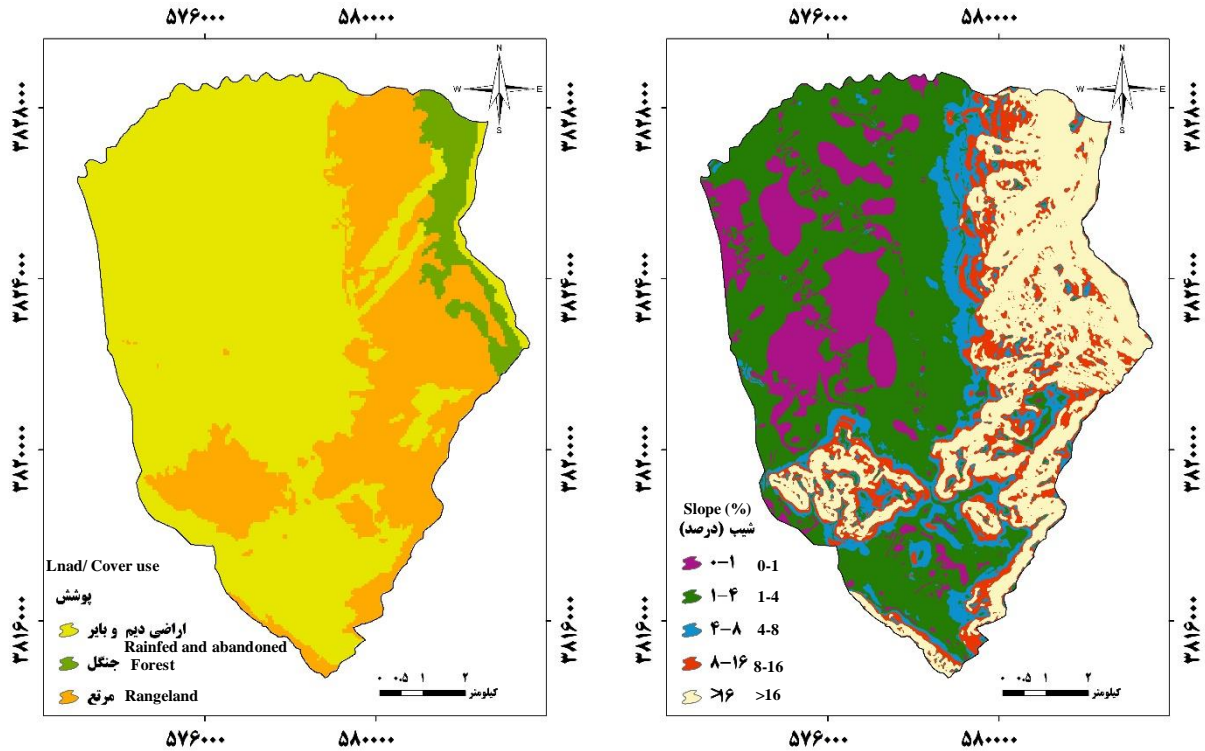
شکل ۱- موقعیت و شمای کلی حوزه آبخیز بریموند در استان کرمانشاه و ایران

Figure 1- Location and overview of the Brimvand Watershed in Kermanshah Province and Iran



شکل ۲- نمایی از روند انجام مدل CORINE (Evrendilek et al., 2007)

Figure 2- A view of the process in the CORINE model (Evrendilek et al., 2007)

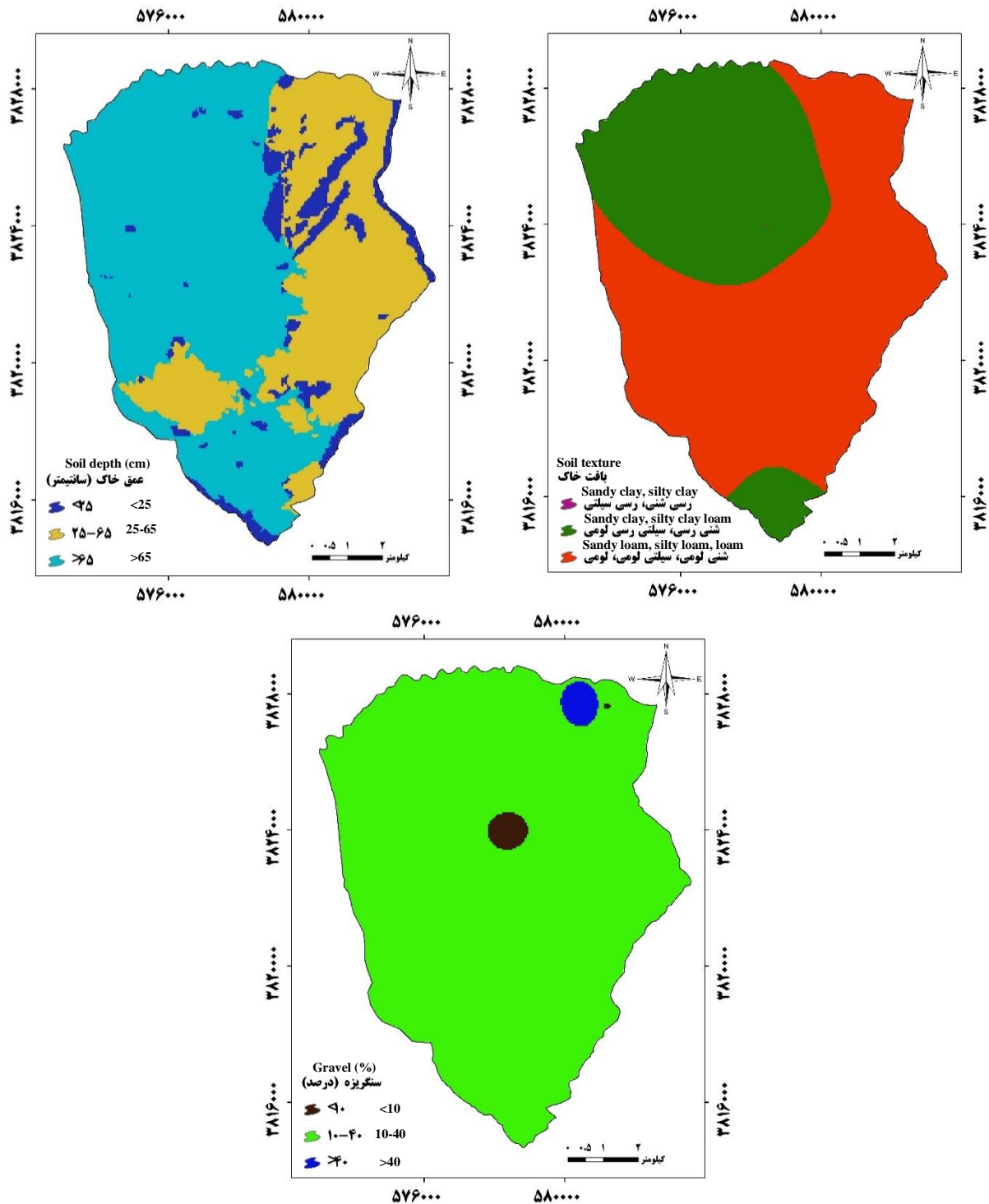


شکل ۳- نقشه شیب (راست) و پوشش گیاهی / زمین (چپ) حوزه آبخیز بریموند در استان کرمانشاه
Figure 3- Slope (right) and land/cover (left) map of the Brimvand Watershed in Kermanshah Province, Iran

رابطه (۲) $DI = \frac{P}{ETP}$ در این رابطه p_i بارندگی مرطوب‌ترین ماه سال، P متوسط بارش سالانه (میلی‌متر) و ETP متوسط تبخیر و تعرق سالانه (میلی‌متر) است. پس از انجام محاسبات مربوط به شاخص فورنیه و شاخص خشکی، به‌منظور برآورد و تخمین میزان شاخص فرسایش‌دهندگی، با استفاده از ضرب ارزش‌های عددی با دستور تابع SPLINE موجود در سامانه ArcGIS شاخص فرسایش‌دهندگی به دست آمد (Giordano, 2009). در مرحله بعدی پتانسیل فرسایش خاک، با تلفیق نقشه‌های شیب، فرسایش‌پذیری و فرسایش‌دهندگی با دستور Raster calculator و سپس Reclassify در سامانه ArcGIS به دست آمد. درنهایت با توجه به همین مراحل، نقشه پتانسیل فرسایش خاک و پوشش گیاهی به‌منظور تهیه نقشه فرسایش واقعی خاک با یکدیگر تلفیق شدند. اعتبارسنجی توزیع مکانی فرسایش خاک در آبخیز مطالعاتی نیز با استفاده از ارزیابی‌ها و تحلیل‌های مقایسه‌ای چشمی تصاویر Google Earth صورت گرفت. طبیعی است که بازدید صحرائی بدون اندازه‌گیری نمی‌تواند به‌صورت کمی میزان فرسایش را تعیین و محاسبه کند.

مطابق طبقه‌بندی اداره کشاورزی ایالات‌متحده (USDA)، بافت خاک در سه گروه خاک با فرسایش‌پذیری کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شد. همچنین مقدار سنگ‌ریزه خاک نیز به دو گروه خاک کاملاً پوشیده از سنگ‌ریزه و فاقد سنگ‌ریزه دسته‌بندی شد. درنهایت با تلفیق این سه نقشه، نقشه فرسایش‌پذیری خاک با دستور Raster calculator و سپس Reclassify در سامانه ArcGIS به دست آمد (Mingarro and Lobo, 2023). نقشه‌های شیب، پوشش سطح زمین، و بافت، عمق و سنگ‌ریزه سطحی خاک در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده‌اند. سپس برای تهیه نقشه فرسایش‌دهندگی باران، از شاخص فورنیه (FI) و شاخص خشکی فائو-یونپ^۱ (DI) به ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) استفاده شد (Dengiz & Akgül, 2005). شاخص فورنیه، منعکس‌کننده عملکرد عامل فرسایش‌دهنده خاک است. به‌عبارتی دیگر میزان نقش عامل بارش را در فرسایش‌دهندگی خاک نشان می‌دهد. شاخص خشکی فائو-یونپ بیانگر عملکرد هم‌زمان تبخیر و بارش در فرسایش‌دهندگی یک منطقه است (Sepehr and Honarmandnejad, 2012). به‌منظور محاسبه شاخص‌های موردنظر از آمار بارش و تبخیر و تعرق ایستگاه‌های هواشناسی طی یک دوره ۲۵ ساله منتهی به سال ۱۳۹۶ منطقه مورد مطالعه استفاده شد.

$$FI = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P} \quad \text{رابطه (۱)}$$



شکل ۴- نقشه بافت (راست‌بالا)، عمق (چپ‌بالا) و سنگریزه (پایین) خاک حوزه آبخیز بریموند در استان کرمانشاه
 Figure 4- Map of soil texture (top right), depth (top left) and gravel (%) of the Brimvand Watershed in Kermanshah Province, Iran

فرسایش در نظر گرفت. به‌عبارت‌دیگر بازدیدهای صحرائی دلایل و شواهد لازم برای ارزیابی نسبی صحت نتایج به‌دست‌آمده را ارائه

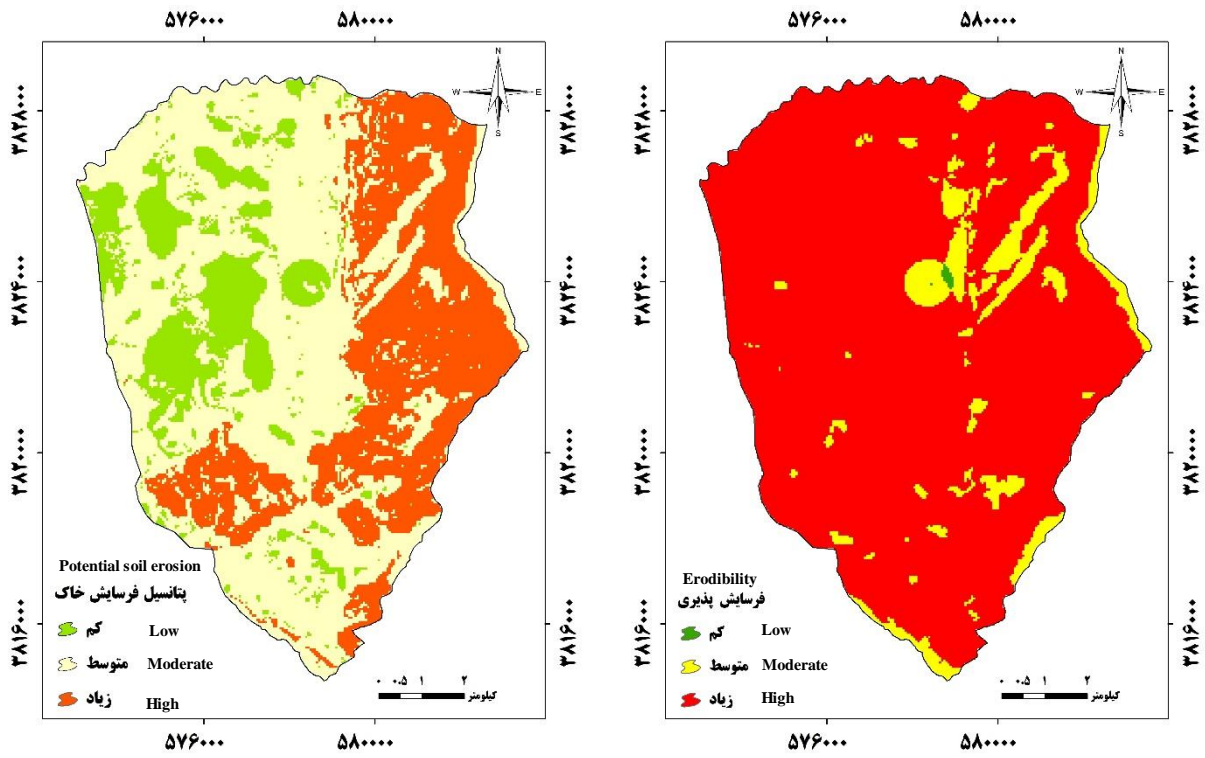
ولی باید در نظر داشت که داده‌های مشاهداتی در بازدیدهای صحرائی از داده‌های بااهمیتی هستند که باید در تعیین وضعیت

موردمطالعه با افزایش ارتفاع از عمق خاک کاسته می‌شود که نشان‌دهنده سنگلاخی بودن منطقه درشیب‌های بالاست. مطابق شکل ۴، بیش از ۹۵ درصد منطقه دارای ۱۰ تا ۴۰ درصد سنگریزه است. بافت خاک، عمق و درصد سنگریزه تأثیر قابل توجهی در فرسایش‌پذیری منطقه دارند. بر همین اساس و مستند به شکل ۵ راست، پتانسیل فرسایش‌پذیری منطقه با توجه به ویژگی‌های موردنظر بالاست. مطالعه اکبری و همکاران (Akbari et al., 2022)، در خاک‌های شمال شرق ایران نشان داد که عمق، بافت خاک و پوشش گیاهی تأثیر زیادی بر پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک دارد که نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند. پس از تلفیق لایه شیب، فرسایش‌پذیری و فرسایش‌پذیری مشخص شد که در مناطق کم شیب پتانسیل فرسایش خاک کم و متوسط و در ارتفاعات نسبت به سایر بخش‌ها زیاده‌تر است. به‌طوری‌که تقریباً ۶۵/۵۷٪ و ۲۳/۶۲٪ و ۱۰/۸۱٪ درصد از وسعت منطقه در محدوده پتانسیل فرسایش متوسط، کم‌وزیاد قرار گرفته است (شکل ۵ چپ). شکل ۶ نیز بیانگر آن است که در شرایط فعلی وجود پوشش مناسب زراعی در اراضی با شیب کم با ایجاد یک لایه حفاظتی در سطح خاک از میزان فرسایش کاسته است، لذا با توجه به نقشه فرسایش واقعی خاک به ترتیب سطوح فرسایشی منطقه ۵۳/۸۳، ۱۵/۵۳، ۳۰/۶۴ درصد در محدوده کم، متوسط و زیاد قرار دارند. در صورت از بین رفتن پوشش سطح زمین در آبخیز به میزان فرسایش و انتقال رسوب افزوده خواهد شد. این امر نشان‌دهنده آن است که در مناطق دامنه‌ای به دلیل عدم استقرار پوشش گیاهی و خاک با بافت لومی میزان فرسایش بالاترین حد خود را داشته است. در مناطق با شیب زیاد ولی با پوشش جنگلی و مرتعی میزان فرسایش کم‌تر نسبت به سایر بخش‌های پرشیب آبخیز بوده است. از این رو وجود و استقرار پوشش گیاهی در منطقه نقش شایانی در کنترل فرسایش ایفا می‌کند، به‌طوری‌که پوشش جنگل زارهای بلوط اما پراکنده در ارتفاعات بالای منطقه مورد مطالعه باعث شده که میزان فرسایش واقعی خاک از زیاد به متوسط تغییر کند. مطالعه اکبری و همکاران (Akbari et al., 2016)، هم‌چنین نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع بر میزان فرسایش در مناطق بیابانی غرب استان گلستان افزوده شده است که ناشی از عدم استقرار پوشش گیاهی در ارتفاعات بالاست، اما در حوزه آبخیز بریموند، وجود پوشش جنگلی در ارتفاعات بالا و نقش مؤثر پوشش گیاهی در مهار فرسایش خاک از میزان فرسایش به نسبت سایر مناطق شیب‌دار کاسته است. نیک کامی و همکاران (Nikkami et al., 2002) و (Jalili et al., 2006)، به ترتیب در حوزه آبخیز دماوند استان تهران و بریموند استان کرمانشاه نشان دادند که با کاهش سطح مساحت اراضی آبی و باغی، میزان فرسایش افزایش داشته است، درحالی‌که افزایش سطح اراضی مرتعی منجر به بیش‌ترین کاهش در میزان فرسایش خاک شده است.

می‌دهد. در همین ارتباط می‌توان به روش‌های معمول مورد استفاده در مطالعات ژئومورفولوژی و روش ارزیابی چشمی (بصری) شدت فرسایش خاک با استفاده از جدول^۱ BLM اشاره نمود. از طرفی در حال حاضر سامانه خاصی در حوزه‌های آبخیز برای ارزیابی کمی مقادیر فرسایش خاک و تولید رسوب در کشور موجود نیست و لذا امکان مقایسه کمی نتایج حاصل از مدل‌های توزیعی تنها می‌تواند بر اساس ارزیابی‌های کیفی مشاهداتی طی بازدیدهای صحرایی حاصل شود. بر همین اساس تجهیز و استفاده از شیوه‌های پایش زمینی و تخیه داده‌ها و اطلاعات صحرایی برای اطمینان از عملکرد مدل‌های مختلف در حوزه علوم خاک و آب تأکید می‌شود.

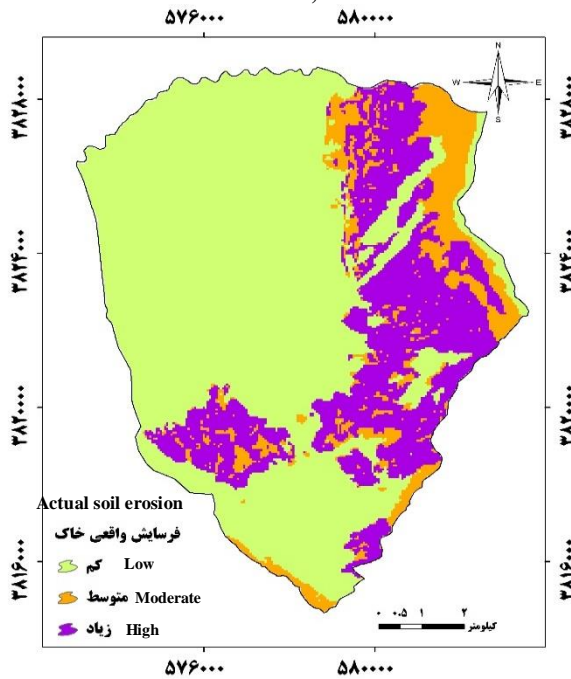
نتایج و بحث

با توجه به مراحل اجرایی و کاربست مدل CORINE، نقشه‌های فرسایش‌پذیری، پتانسیل فرسایش خاک و فرسایش واقعی به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده‌اند. هم‌چنین نمونه‌ای از نتایج اعتبارسنجی توزیع مکانی فرسایش خاک در آبخیز مطالعاتی در مقایسه با ارزیابی‌ها و تحلیل‌های چشمی تصاویر Google Earth در شکل ۷ نمایش داده شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که شیب و پستی‌وبلندی اراضی از جمله محدودیت‌هایی است که نوع بهره‌برداری اراضی را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به‌طوری‌که در اراضی با شیب بالا و پستی‌وبلندی زیاد، عملیات کشت و کار بسیار محدود و یا اصلاً ناممکن می‌شود. عملیات شخم، کشت و کار در این‌گونه اراضی منجر به فرسایش، تخریب و نابودی هرچه بیشتر اراضی می‌شود. مطابق شکل ۳ راست، حدود ۷۵ درصد منطقه دارای بخش‌های پرشیب و کم‌شیب است ولی عمدتاً دارای شیب کم است. پراکنش پوشش گیاهی (شکل ۳۲ چپ) مختلف در منطقه نیز نشان می‌دهد کاربری دیم و بایر با مساحت ۶۵/۴۸ درصد بیش‌ترین مساحت را به خود اختصاص داده است. علاوه بر آن، پوشش‌های مرتع و جنگل نیز با مساحت‌های ۲۹/۶۵ و ۴/۸۷ درصد، به ترتیب دومین و سومین مساحت از پوشش گیاهی در منطقه را دارند. اسفندیاری و همکاران (Esfandiari et al., 2014)، در حوزه آبخیز رود ورس در قزوین نشان دادند که اراضی بایر نقش زیادی در بروز فرسایش و رسوب دارند و عدم کنترل و استفاده غیراصولی از اراضی بایر و کشاورزی، روند افزایشی بر میزان تولید فرسایش و رسوب داشته است. بر اساس شکل ۴، خاک آبخیز دارای بافت لوم شنی، لوم سیلتی و لومی است و حدوداً به ترتیب هشت، ۳۵ و ۵۷ درصد مساحت آن در عمق‌های ۰-۶۵، ۶۵-۲۵ و کم‌تر از ۲۵ درصد قرار دارد. عمق خاک در بخش زیادی از نیمه غربی آبخیز با شیب کم‌تر از ۴ درصد و کاربری بایر و دیم، بیش از ۶۵ سانتی‌متر است. در منطقه



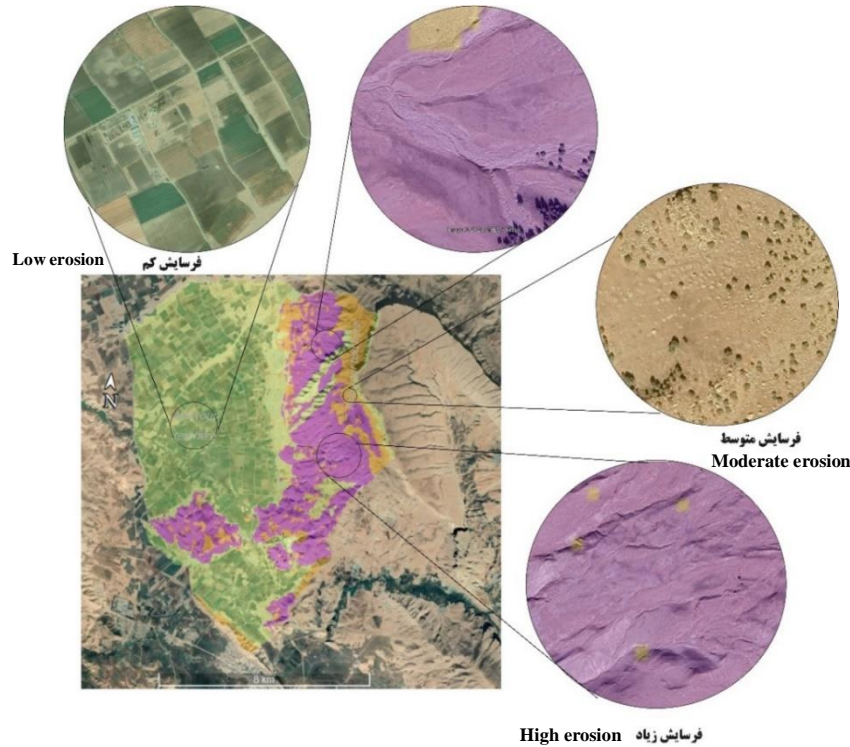
شکل ۵- نقشه فرسایش پذیری (راست) و پتانسیل فرسایش (چپ) خاک حوزه آبخیز بریموند در استان کرمانشاه

Figure 5- Map of erodibility (right) and soil erosion potential (left) of the Brimvand Watershed in Kermanshah Province, Iran



شکل ۶- نقشه واقعی فرسایش خاک حوزه آبخیز بریموند در استان کرمانشاه

Figure 6- Actual soil erosion map of the Brimvand Watershed in Kermanshah Province, Iran



شکل ۷- تطابق تغییرات فرسایش خاک بر اساس مدل CORINE و Google Earth حوزه آبخیز بریموند در استان کرمانشاه
 Figure 7- Matching soil erosion changes based on CORINE model and Google Earth in the Brimvand Watershed in Kermanshah Province, Iran

زراعت‌های آبی در مناطق با پتانسیل لغزشی و چرای دام بیش از ظرفیت مراتع است (Amanpour et al., 2022). با توجه به نوع خاک با بافت سبک و فرسایش‌پذیری بالا در حوزه آبخیز بریموند، نیاز به محافظت، مراقبت و حتی حفظ پوشش گیاهی از اصلی‌ترین عوامل در پایدارسازی وضعیت بوم‌شناسی و پایداری خاک و کاهش فرسایش در منطقه مورد مطالعه است، به طوری که در صورت استفاده بی‌رویه، با توجه به شکننده بودن بوم‌سازگان طبیعی منطقه در آینده‌ای نه‌چندان دور به یک کانون فرسایشی مهم تبدیل خواهد شد. در راستای مهار فرسایش و جلوگیری از اثرات منفی آن در حوزه آبخیز بریموند پیشنهاد می‌شود از اراضی در راستای توانایی و پتانسیل آن‌ها استفاده شد. همچنین وضعیت پوشش فعلی حفظ‌شده و با انجام طرح‌های مدیریتی و احیا، به استقرار پوشش گیاهی کمک تا فرسایش خاک مدیریت شود. اگرچه در جمع‌بندی بر ضرورت تجهیز سامانه‌های پایش مستمر و متناسب متغیرهای مختلف بوم‌سازگان در مقیاس آبخیز برای اطمینان کامل از نتایج به‌دست‌آمده و ارزیابی عملکرد مدل‌های تجربی برای بهبود بازدهی اقدامات مدیریتی مختلف حوزه منابع خاک و آب کشور تأکید می‌شود.

پژوهشگرانی (Dengiz and Akgül, Jordan et al., 2005) در تأیید یافته‌های پژوهش حاضر عنوان کردند که تغییر پوشش گیاهی و کاربری اراضی نقش قابل توجهی در فرسایش واقعی خاک بر عهده دارد. همچنین یوسفی و همکاران (Yousif et al., 2020) بیان داشتند که بافت خاک، پوشش زمین و عمق خاک در میان سایر عوامل نقش مؤثری در فرسایش خاک دارد، و تأکید داشتند که فعالیت‌های مبتنی بر کاربری مناسب برای به حداقل رساندن فرسایش خاک باید انجام شود.

پس از تجزیه و تحلیل نتایج کیفی مدل، به منظور هم‌خوانی نتایج مدل با شرایط فعلی با استفاده از سامانه Google Earth منطقه مورد مطالعه پیمایش شد. بازدید برخط انجام‌شده نشان داد در مناطقی که تحت کشت و کار قرار گرفته میزان فرسایش واقعی خاک کم‌تر بوده و از سویی دیگر در مناطق پرشیب فرسایش و اثرات آن کاملاً مشهود است. همچنین حضور گیاهان مرتعی و درختان جنگلی در قسمت‌های از منطقه باعث کاهش شدت فرسایش شده است (شکل ۷). بیش‌ترین عامل تشدیدکننده فرسایش در اکثر حوزه‌های آبخیز کشور، کاربری‌های غلط و غیراصولی و یا خارج از قابلیت اراضی مانند زراعت‌های دیم در مناطق شیب‌دار و

1. Aldabaa, A.A. (2020). Spatial soil erosion risk assessment using CORINE model: a case study in wadi el-Raml Watershed, north western coast, *Egypt. Plant Archives*, 20(1), 705-714.
2. Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H., Sadoddin, A., & Khosravi, H. (2016). Soil erosion risk assessment using the CORINE model (Case study: Semi-arid region in Golestan province). *Desert Ecosystem Engineering*, 5(12), 63-78. (In Persian with English abstract)
3. Akbari, M., Neamatollahi, E., Noughani, M.A., & Memarian, H. (2022). Spatial distribution of soil erosion risk and its economic impacts using an integrated CORINE-GIS approach. *Environmental Earth Sciences*, 81(10), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10405-w>
4. Amanpour, S., Abiyat, M., Abiyat, M., & Abiyat, M. (2022). Investigation of the effect of land use change on soil erosion and sediment production in Ramhormoz basin using object-oriented classification and RUSLE model. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(3), 635-649. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2021.316628.668863>
5. Arabkhedri, M., Shadfar, S., Ardakani, A.J., Bayat, R., Khajavi, E., & Mahdian, M.H. (2018). Improving water erosion estimates for Iran. *Watershed Management Research*, 13(3), 13-27. (In Persian with English abstract)
6. Asghari Saraskanrood, S., Khodabandelo, B., Naseri, A., & Moradi, A. (2019). Extracting land use map based on a comparison between Pixel-Based and object-oriented classification methods case study: Zanjan city. *Sepehr*, 28(110), 195-208. (In Persian with English abstract)
7. Aydın, A., & Tecimen, H.B. (2010). Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmalı dam watershed, Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, 61(7), 1457-1465.
8. Ayubi, Sh., & Jalalian, A. (2010). *Land evaluation*, Isfahan University of Technology Publications, page 89. (In Persian with English abstract)
9. Bashir, S., Baig, M.A., Ashraf, M., Anwar, M.M., Bhalli, M.N., & Munawar, S. (2013). Risk assessment of soil erosion in RAWAL Watershed using geoinformatics techniques, *Science International (Lahore)*, 25(3), 583-588.
10. Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J.A.A., Baartman, J., Ballabio, C., Bezak, N., Biddoccu, M., Cerda, A., Chalise, D., Chen, S., Chen, W., MariaDe Girolamo, A., DestaGessesse, G., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., Freppaz, M., & Panagos, P. (2021). Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of the Total Environment*, 780, 146494.
11. CORINE (1992). CORINE: soil erosion risk and important land resources in the Southeastern regions of the European community. EUR 13233, Luxembourg, Belgium, 32-48.
12. Dengiz, O., & Akgül, S. (2005). Soil erosion risk assessment of the Gölbaşı environmental protection area and its vicinity using the CORINE model. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(6), 439-448.
13. El-Nady, M.A., & Shoman, M.M. (2017). Assessment of soil erosion risk in the basin of Wadi Maged in northern west coast of Egypt using CORINE model and GIS techniques. *Egypt. Journal of Soil Science*, 57(1): 31-45.
14. Entezari, M., & Gholam Heydari, H. (2014). Comparing the two models SLEMSA and Corine in the assessment of soil erosion. *The Journal of Spatial Planning*, 18(3), 1-20. (In Persian with English abstract)
15. Ekhtesasi, MR., & Sepehr, A. (2012). *Methods and models of desertification assessment and mapping*, Yazd University Press, first edition, 290p. (In Persian with English abstract)
16. Evrendilek, F., Berberoglu, S., Gulbeyaz, O., & Ertekin, C. (2007). Modeling potential distribution and carbon dynamics of natural terrestrial ecosystems: a case study of Turkey. *Sensors*, 7(10), 2273-2296.
17. Esfandiari, M., Moeini, A., & Moqadasi, R. (2014). Effect of land use and vegetation on erosion forms and sediment production (Case Study: Watershed Vers Qazvin province). *11(42): 51-62*. (In Persian with English abstract)
18. Faleh Giri, M., Talebi, A., Dasturani, M., & Rangavar, A.S. (2011). Investigation of efficiency of rangeland hydrology and erosion model (RHEM) in water erosion (Case study: Sangane watershed-Iran). *Journal of Watershed Management Research*, 2(4), 29-43. (In Persian with English abstract)
19. Jalili, KH., Sadeghi, S.H.R., & Nikkami D. (2006). Land use optimization of watershed for soil erosion minimization using linear programming (a case study of Brimvand Watershed, Kermanshah Province). *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, 10(4), 15-27. (In Persian with English abstract)
20. Jordan, G., Van Rompaey, A., Szilassi, P., Csillag, G., Mannaerts, C., & Woldai, T. (2005). Historical land use changes and their impact on sediment fluxes in the Balaton basin (Hungary). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108(2), 119-133.
21. Giordano, A. (2009). The CORINE project on soil erosion risk and land quality. *Land Use, Land Cover and Soil Sciences*, 3, 144.
22. Gurebiyaw, K., Addis, H.K., & Teklay, A. (2018). Assessment of spatial soil erosion susceptibility based on the CORINE model in the Gumara-Maksegnit Watershed, Ethiopia. *Journal of Natural Resources and Development*, 8, 38-45.
23. Heydari, M., Zahmatkesh Maromi, H., & Karam, A. (2022). Soil erosion hazard Zonation using SLEMSA model in

- the Ziarat catchment. *Researches in Earth Sciences*, 12(4), 50-67. (In Persian with English abstract)
24. Kalehhouei, M., Zabihi Seilabi, M., Sadeghi, P.S., Khaledi Darvishan, A., spalovich, V., & Sadeghi, S.H.R. (2019). *Application of the IntEro model for soil erosion estimation in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran*. The 15th National Watershed Science and Engineering Conference, Sari, Iran. (In Persian with English abstract)
 25. Karimi, Z., Sadoddin, A., & Sheikh, V. (2022). Effects of watershed management practices on the quadric services of Chehel-Chai Watershed, Golestan Province. *Water and Soil Management and Modelling*, 2(4), 18-36. (In Persian with English abstract)
 26. Kiani Harchegani, M., Saeidi, P., & Sadeghi S.H.R. (2018). Analysis of Rating Loops of interrill erosion on Consecutive Storms under Laboratory Conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49(2), 293-302. (In Persian with English abstract)
 27. Khallouf, A., Talukdar, S., Harsányi, E., Abdo, H.G., & Mohammed, S. (2021). Risk assessment of soil erosion by using CORINE model in the western part of Syrian Arab Republic. *Agriculture and Food Security*, 10(1), 1-15.
 28. Kucsicsa, G., Popovici, E.A., Bălteanu, D., Grigorescu, I., Dumitrașcu, M., & Mitrică, B. (2019). Future land use/cover changes in Romania: regional simulations based on CLUE-S model and CORINE land cover database. *Landscape and Ecological Engineering*, 15(1), 75-90. <https://doi.org/10.18509/GBP.2020.93>
 29. La Licata, M., Bosino, A., Bettoni, M., & Maerker, M. (2023). Assessing landscape features and geomorphic processes influencing sediment dynamics in a geomorphologically highly active Mediterranean agroecosystem: The upper Val d'Arda case study (Northern Apennines, Italy). *Geomorphology*, 433, 108724.
 30. Mingarro, M., & Lobo, J.M. (2023). European national Parks protect their surroundings but not everywhere: A study using land use/land cover dynamics derived from CORINE Land Cover data. *Land Use Policy*, 124, 106434. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106434>
 31. Mohammadi, Sh., Karimzadeh, H.R., & Habashi, Kh. (2016). *Assessment of soil erosion risk using CORINE model, case study: Manderjan area, west of Isfahan*. The 1st international Conference on Geographical Information System, Silk Road, Isfahan. (In Persian with English abstract)
 32. Mohammadi, S., Karimzadeh, H., Habashi, K. (2018). Assessment soil erosion and deposition in the Menderjan watershed using USPED and RUSLE models in the environment of geographical information system (GIS). *Desert Ecosystem Engineering*, 6(17), 43-56. (In Persian with English abstract)
 33. Mohammadi, S., Balouei, F., Haji, K., Khaledi Darvishan, A., & Karydas, C.G. (2021). Country-scale spatio-temporal monitoring of soil erosion in Iran using the G2 model. *International Journal of Digital Earth*, 14(8), 1019-1039.
 34. Mokhtari, D., Ebrahimi, H., & Salmani, S. (2019). Land subsidence susceptibility modeling using random forest approach (Case study: Tasuj plane catchment). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(3), 93-105. (In Persian with English abstract)
 35. Motalebnejad, A., Jamali, A.K., Hasanzadeh, M., & Dashtakian, K. (2016). WSM Model Optimization in Soil Erosion and Sediment Estimating, by Coefficient Modifying and using Rainfall Simulator in Nir Watershed-Yazd Province. *Journal of Watershed Management Research*, 6(12), 82-89. (In Persian with English abstract)
 36. Najafi, S., Sadeghi, S.H.R., & Heckmann, T. (2021). Analysis of sediment accessibility and availability concepts based on sediment connectivity throughout a watershed. *Land Degradation & Development*, 32(10), 3023-3044. <https://doi.org/10.1002/ldr.3964>
 37. Nikkami, D. (2002). Optimizing the management of soil erosion in Damavand watershed. *Pajouhesh-VA-Sazandegi*, 54, 82-89. (In Persian with English abstract)
 38. Quinton, J. N., Govers, G., Van Oost, K., & Bardgett, R.D. (2010). The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling. *Nature Geoscience*, 3, 311-314.
 39. Rahmani, A., Haqizadeh, A., Tahmasabpour, N., & Zainivand, H. (2017). *Introduction of USPED and G2 erosion models with the ability to estimate the amount of soil erosion in different time frames for watershed management*. The 13th National Watershed Science and Engineering Conference and the 3rd National Conference on Protection of Natural Resources and Environment with the focus on watershed management and protection of natural resources and environment, Ardabil. (In Persian with English abstract)
 40. Rahmati, S., Javadi Tabalvandani, M.R., Rangavar, A.S., & Faramarz, Z. (2014). Evaluating of efficiency and accuracy of USLE, AOF, MUSLE-S and MUSLE-E models on estimating of event-based erosion amount (Case study: Sanganeh Soil Conservation Research Institute of Mashhad). *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(4), 215-229. (In Persian with English abstract)
 41. Sadeghi, S.H.R. (2007). *Analysis of the relationship between erosion and soil hydrophobicity*. Proceedings of the 10th Iranian Congress of Soil Sciences, Tehran University of Agriculture and Natural Resources, Karaj, 26-27 (In Persian with English abstract)
 42. Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S., & Onda, Y. (2008). Determinant factors of sediment graphs and rating loops in a reforested watershed. *Journal of Hydrology*, 356(3-4), 271-282.
 43. Sadeghi, S.H.R. (2010). *Study and measurement of water erosion*. Publications of Tarbiat Modares University. 200 p. (In Persian with English abstract)

44. Sadeghi, S.H.R., Jalili, Kh., & Nikkami. D. (2009). Land use optimization in watershed scale. *Land Use Policy*, 26, 186-193.
45. Sadeghi, S.H.R., Kalehhouie, M., Dadizade, Y., Kamari yekdangi, F., Zuoravand, G., Radkiyanpour, M., Saroune, F., Mostafaie Younjali, S., & Piri, S. (2021). Assessing soil erosion risk using application and field evaluation of the ICONA model in the Costal Sourak watershed in Hormozgan province, Iran. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 2(4), 1-12. (In Persian with English abstract)
46. Sadegh Kamali, K., Moini, A., & Ahmadi, H. (2017). Investigating the effectiveness of the semi-quantitative CORINE model in predicting soil erosion (case study: Parwan watershed). The 13th National Watershed Science and Engineering Conference and the 3rd National Conference on Protection of Natural Resources and Environment, Focusing on Watershed Management and Protection of Natural Resources and Environment, Ardabil. (In Persian with English abstract)
47. Sepehr, A., & Honarmandnejad S. (2012). Actual soil erosion risk mapping using modified CORINE method (Case study: Jahrom basin). *Geography and Environmental Hazards*, 1(3), 57-72. (In Persian with English abstract)
48. Taripanah, F., Ranjbar, Fordoei A., Vali, A., & Mokarram M. (2020). Soil Erosion Risk Assessment Using CORINE Model in Kharestan Watershed, Fars Province. *Desert Ecosystem Engineering*, 9(29), 59-74. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22052/deej.2020.9.29.41>
49. Telles, T.S., Guimarães, M.D.F., & Dechen, S.C.F. (2011). The costs of soil erosion. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 287-298. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200001>
50. World Bank. (2005). *Islamic Republic of Iran cost assessment of environmental degradation*. Report No. 32043-IR. Rural Development, Water and Environment Department, Middle East and North Africa Region.
51. Yousif, I., Tealab, E., Hady, A., & Aldabaa, A. (2020). Spatial soil erosion risk assessment using CORINE model: a case study in Wadi El-Raml Watershed, North Western Coast. *Egypt Plant Arch*, 20(1), 705-714.
52. Zakiri Nejad, R., & Falah, S. (2022). Evaluation of water erosion hazard map using the combination of the RUSLE model and Gully erosion density map in Alamarvdasht watershed of Fars province. Iran. *Quantitative Geomorphological Research*, 11(4), 20-38. Dor: [20.1001.1.22517812.1402.13.1.4.6](https://doi.org/10.1001.1.22517812.1402.13.1.4.6)