

Research Paper

Biological Control of Soil Erosion in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province, Iran

Seyed Hamidreza Sadeghi¹, Mahin Kalehhouei², Faezeh Kamari Yekdangi³,
Majid Radkianpour³ and Yousef Dadizadeh³

1- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran,
(Corresponding author: sadeghi@modares.ac.ir)

2- Ph.D. Graduated, Department of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- M.Sc. Student, Department of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 11 March, 2023

Accepted: 25 July, 2023

Extended Abstract

Background: Soil erosion, a significant form of land degradation, poses severe challenges to humanity in different ecosystems. It serves as a comprehensive index for evaluating the development and sustainability of land management programs. Assessing the status and spatial extent of soil erosion has become crucial in developing countries. Biological management, a recommended and effective means of controlling soil erosion in the early stages of all processes, offers a practical solution. Biological methods, such as minimum tillage operations and limited intervention in nature, prove to be more cost-effective and efficient than structural measures. Despite these advantages, biological measures have not received adequate attention in soil erosion control. This research addresses this gap by applying biological management in the Kilanbar Watershed (Kermanshah Province, Iran), demonstrating its effectiveness and cost-efficiency.

Methods: The layers of elevation from sea level, aspect, and slope steepness were prepared and combined in the geographic information system (GIS) software to prepare 38 land units. In the Kilanbar Watershed, 14 land units with the ability to perform biological management measures were extracted based on the expert and technical opinions of the watershed manager and considering different bases to improve the performance and decision-making of the units with an area of less than 300 ha. The Kilanbar Watershed is located in Ravansar City, west of Kermanshah Province. The study area is approximately 10798 ha. The highest and lowest elevation points of the watershed are 2183 and 1388 m above mean sea level, respectively. The mean annual precipitation, temperature, and relative humidity are 533 mm, 11.4 °C, and 45.1%, respectively. The status of soil erosion in each land unit was completed based on the scoring of the BLM form based on the visual and expert opinions, and a map of the erosion pattern was prepared in the land units. Ambrotropic and hyetographs were drawn using the 30-year precipitation and temperature data of the Ravansar synoptic station to determine the periods of drought and wet conditions and to identify suitable plants with the characteristics of the region. A climatic-agricultural map was prepared and integrated into the GIS using meteorological station data (temperature, precipitation, evaporation, and transpiration), and plant species were selected according to ecological expectations for watershed biological measures.

Results: According to the BLM form results, one and eight land units are in partial and low erosion conditions, respectively, and five other land units are in medium erosion conditions. According to the erosion pattern map, the majority of the studied area, about 70% of the watershed, is in a low and medium erosion state, which naturally confirms the high ability to use appropriate biological measures to control soil erosion. According to ambrothermic and hyetograph measurements, June to September were dry months, and precipitation changes were more significant than temperature changes from October to May. According to the climatic-agricultural map, the region is divided into five classes. Class 4 (4819.3 ha) and Class 1 (364.83 ha) had the largest and smallest areas, respectively. Finally, the zoning of suitable rangeland species in the watershed showed that rangeland species of *Asteragalus ascendes*, *Avena fatua*, *Picnomon* sp., *Achillea millefolium*, *Bromus tomentellus*, and *Hordum blubosum* dominantly covered the region. Based on the study results, appropriate plant species were introduced for the studied watershed. Accordingly, conservation and reclamation measures were recommended to improve land productivity and ecological conditions and avoid land use changes for the study area. The essential measures include vegetation in rangeland ecosystems aiming at preventing the role of the canopy cover from directly impacting raindrops on the soil surface, increasing water

infiltration in the soil, stabilizing soil aggregates due to roots extension, increasing grazing capacity and livestock production, and increasing its efficiency and productivity with time.

Conclusion: The findings of this study hold significant potential for the Kilanbar Watershed. The proposed biological erosion measures, tailored to the ecosystem's unique conditions, are effective, low-cost, and environmentally compatible. They offer a sustainable solution for managing soil and water resources in various ecosystems. Implementing these measures can significantly reduce soil erosion in the watershed, particularly in areas with low to moderate erosion status. This research is an essential initiative in applying biological erosion measures in the Kilanbar Watershed, demonstrating that soil erosion can be effectively and practically controlled in approximately 67% of the watershed through biological methods in the critical land-use areas of rangelands and agriculture. It is important to note that applying biological erosion measures requires comprehensive and integrated investigations, considering the different parts of the ecosystem. With these findings, the proposed approach in this research can be extended to other watersheds across the country, particularly those with slight to moderate erosion status, while maintaining the principle of comprehensiveness and respecting the unique conditions of each watershed.

Keywords: Management Measures (BMP), Soil and Water Conservation, Soil Erosion Management, Watershed Management

How to Cite This Article: Sadeghi, S. H., Kolehhouei, M., Kamari Yekdangi, F., Radkianpour, M., & Dadizadeh, Y. (2024). Biological Control of Soil Erosion in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province, Iran. *J Watershed Manage Res*, 15(1), 1-14. DOI: [10.61186/jwmr.15.1.1](https://doi.org/10.61186/jwmr.15.1.1)



مقاله پژوهشی

مهار زیستی فرسایش خاک در حوزه آبخیز کیلانبر، استان کرمانشاه

سیدحمیدرضا صادقی^۱، مهین کله‌هویی^۲، فائزه کمری یکدانه^۳، مجید رادکیانپور^۳ و یوسف دادی‌زاده^۳

۱- استاد دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: sadeghi@modares.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۳
صفحه: ۱ تا ۱۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: فرسایش خاک، یکی از عمده‌ترین انواع تخریب اراضی است که جامع بشری را با مشکلات جدی مواجه می‌کند. میزان فرسایش خاک شاخصی جامع برای ارزیابی درجه توسعه‌یافتگی و پایداری برنامه‌های مدیریتی سرزمینی کشورهاست. ارزیابی وضعیت و گسترده مکانی انواع فرسایش خاک در کشورهای درحال توسعه به ضرورتی مهم تبدیل شده است. اقدامات زیستی به‌عنوان راه‌کاری مناسب برای مهار فرسایش خاک در مراحل ابتدایی انواع فرسایش به‌عنوان رویکردی ضروری توصیه شده است. یکی از مهم‌ترین روش‌های حفاظت منابع خاک و آب به‌لحاظ استفاده کم از عملیات خاک‌ورزی، دخالت و دست‌کاری محدود در طبیعت، مقرون به‌صرفه بودن و کارایی بهتر نسبت به اقدامات سازه‌ای، استفاده از روش‌های زیستی است. با توجه به این که تاکنون توجه محدودی به کاربری زیستی در مهار فرسایش خاک معطوف شده است. از این رو، پژوهش حاضر باهدف به‌کارگیری الگوی مدیریت زیستی در حوزه آبخیز کیلانبر واقع در استان کرمانشاه انجام شده است.

مواد و روش‌ها: پس از تهیه و ترکیب لایه‌های ارتفاع از سطح دریا، جهت و تندی شیب در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ۳۸ واحد کاری تهیه شد. سپس برای بهبود عملکرد و تصمیم‌گیری واحدهای با مساحت زیر ۳۰۰ هکتار ادغام و نهایتاً بر اساس نظر کارشناسی و فنی مدیر آبخیز و با لحاظ مبانی مختلف، ۱۴ واحد کاری با قابلیت انجام اقدامات مدیریتی زیست‌مهندسی در حوزه آبخیز کیلانبر استخراج شد. لازم به ذکر است که حوزه آبخیز کیلانبر در غرب استان کرمانشاه و شهرستان روانسر واقع شده است. مساحت محدوده مورد مطالعه حدود ۱۰۷۹۸ هکتار است. بلندترین و پست‌ترین نقطه ارتفاعی آبخیز به‌ترتیب ۲۱۸۳ و ۱۳۸۸ متر از سطح دریا و متوسط بارش و دما و رطوبت نسبی سالانه به‌ترتیب ۵۳۳ میلی‌متر و ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد و ۴۵/۱ درصد است. وضعیت فرسایش خاک بر اساس جدول امتیازدهی عوامل هفت‌گانه مدل BLM در هر واحد کاری بر اساس بازدید میدانی و نظرات کارشناسی تکمیل و نقشه سیمای فرسایشی در واحدهای کاری تهیه شد. سپس نمودارهای آمبروترمیک و هایترگراف با استفاده از داده‌های ۳۰ ساله بارش و دمای ایستگاه سینوپتیک روانسر، به‌منظور تعیین دوره خشک‌سالی و ترسالی و برای تعیین گیاهان مناسب با ویژگی‌های منطقه ترسیم شد. نقشه اقلیمی-کشاورزی نیز با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی شیب دما، بارش و تبخیر و تعرق تهیه و تلفیق آن‌ها در محیط GIS استخراج و در آخر گونه‌های گیاهی مطابق با توقات بوم‌شناسی برای رویکرد زیستی آبخیز انتخاب شد.

یافته‌ها: مطابق نتایج جدول BLM یک واحد کاری در وضعیت فرسایشی جزئی، هشت واحد کاری در وضعیت کم و پنج واحد کاری دیگر در شرایط فرسایشی متوسط قرار گرفته است. مطابق نقشه سیمای فرسایش، عمده منطقه مورد مطالعه حدود ۷۰ درصد از حوزه آبخیز در وضعیت فرسایشی کم و متوسط قرار داشته است که طبعاً قابلیت بالای بهره‌گیری از شیوه مناسب اقدامات زیستی در مهار فرسایش خاک را تأیید نمود. مطابق نمودارهای آمبروترمیک و هایترگراف، از خرداد تا شهریور دارای ماه‌های خشک بوده و تغییرات بارشی نسبت به دما در مهر تا اردیبهشت بیش‌تر بوده است. بر اساس نقشه اقلیمی-کشاورزی، منطقه در پنج رده قرار گرفته که به‌ترتیب رده چهار و یک با ۴۸۱۹/۳ و ۳۶۴/۸۳ هکتار دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مساحت بوده است. در نهایت پهنه‌بندی گونه‌های مرتعی مناسب در آبخیز مطالعاتی نشان داد که در منطقه، گونه‌های مرتعی گون، یولاف وحشی، خارزردک، بومادران، علف پشمکی، جو وحشی بخش غالب منطقه را تشکیل داده است. بر همین اساس، انتخاب گونه‌های گیاهی متناسب با شرایط آبخیز مطالعاتی، رویکرد حفاظتی و ترویجی در کشاورزی، حفظ حریم بوم‌شناختی رودخانه و جلوگیری از تغییر کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. استفاده از پوشش گیاهی بوم‌سازگان مرتعی از منظر ممانعت فیزیکی تاج پوشش در برخورد مستقیم قطرات باران بر سطح خاک، افزایش نفوذ آب در خاک، تثبیت خاکدانه‌ها از طریق ریشه‌ها، افزایش ظرفیت چرا و تولید دامی و افزایش کارایی و بازده آن با گذشت زمان حائز اهمیت است.

نتیجه‌گیری: اقدامات زیستی فرسایش یک رویکرد مبتنی بر شرایط حاکم بر بوم‌سازگان و راه‌کاری مؤثر، کم‌هزینه و از همه مهم‌تر سازگار با محیط‌زیست است که قابلیت کاربری در دست‌یابی به مدیریت پایدار منابع خاک و آب در اغلب بوم‌سازگان را دارد. در همین راستا به‌منظور به‌کارگیری روش‌های اقدامات زیستی در بخش‌هایی از آبخیز که از وضعیت فرسایشی ضعیف و متوسطی برخوردار بوده، می‌توان از طریق مدیریت کاربری‌ها، استفاده از پوشش گیاهی بومی آبخیز در سطح مراتع و کشاورزی بدون خاک‌ورزی در سطح اراضی کشاورزی، فرسایش خاک را به‌خوبی تحت مدیریت قرار داد. از این رو پژوهش حاضر باهدف ارائه الگوی اقدامات زیستی فرسایش در حوزه آبخیز کیلانبر انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که در ۶۷ درصد از مساحت کل آبخیز، می‌توان فرسایش خاک در دو کاربری عمده مرتع و کشاورزی را از طریق روش‌های مبتنی بر اقدامات زیستی مهار کرد. شایان‌ذکر است استفاده از الگوی اقدامات زیستی فرسایش نیازمند بررسی‌های جامع و همه‌جانبه‌ای است که می‌بایست با در نظر گرفتن بخش‌های مختلف بوم‌سازگان آن را مورد توجه قرارداد. به‌ر تقدیر، رویکرد پیشنهادی در پژوهش حاضر را می‌توان در سایر حوزه‌های آبخیز کشور با وضعیت فرسایشی خفیف تا متوسط و با رعایت اصل جامع‌نگری و شرایط حاکم بر آبخیز موردنظر، به‌کار گرفت.

واژه‌های کلیدی: اقدامات مدیریتی، حفاظت خاک‌وآب، مدیریت آبخیز، مدیریت فرسایش خاک

مقدمه

فرسایش خاک در ایران خسارت‌های زیادی به‌همراه دارد و تقریباً ۵۶ تا ۱۱۲ میلیارد دلار در سال متغیر است (Saboochi and Barani, 2016). عوامل پرشماری در نوع و میزان فرسایش خاک در یک آبخیز دخیل هستند (Garcia et al., 1996; Javandoost et al., 2014). در این بین استفاده نامناسب از اراضی، یکی از عوامل مهم در افزایش شدت فرسایش خاک است که با توجه به تغییرات گسترده آن در

فرسایش آبی^۱ از مهم‌ترین انواع تخریب اراضی در اغلب نقاط ایران است که سبب از بین‌رفتن خاک‌های حاصلخیز و زمین‌های کشاورزی می‌شود (Maerker et al., 2017; Katebikord et al., 2023). گزارش‌ها نشان می‌دهد حدود ۳۵ میلیون هکتار از اراضی کشور ایران تحت تأثیر فرسایش آبی قرار دارد (Zakerinejad and Maerker, 2015).

مطابق مدل BLM، به‌ترتیب حدود ۲۴ و ۷۶ درصد از آبخیز گلازچای در وضعیت فرسایشی کم و متوسط قرار دارد. درنهایت، یوسفی مبرهن و همکاران (Yousefi Mobarhan *et al.*, 2022)، به بررسی پایداری و برهم‌کنش ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی مارن حساس به فرسایش و پوشش گیاهان مرتعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک شهرستان شاهرود، استان سمنان پرداختند. نتایج BLM در سه منطقه طرود، بکران و ری‌آباد نشان داد که بکران با بالاترین درصد پوشش گیاهی در طبقه فرسایشی کم و سایر مناطق مورد مطالعه در شرایط فرسایشی متوسط قرار دارند. مطابق پیشینه‌های ارائه‌شده، تاکنون پژوهش‌های متعددی در زمینه استفاده از روش‌های مختلف زیستی برای اهداف مختلف و از جمله مهار فرسایش خاک گزارش شده است. علاوه بر آن، مدل BLM به‌عنوان مدلی مناسب با نتایج نزدیک به واقعیت برای پهنه‌بندی صحرایی و مبتنی بر مشاهدات چشمی فرسایش خاک در نقاط مختلف جهان مناسب است.

امروزه در کنار پیشرفت‌های موجود در بخش‌های مختلف، اقدامات زیستی رویکردی علمی، کاربردی و ترکیبی از مفاهیم ساختاری، زیستی و محیط‌زیستی برای مدیریت و مهار فرسایش و مؤلفه‌های آن محسوب می‌شود. با توجه به این موضوع که در این رویکرد ابتدا واحدهای کاری آبخیز مربوطه در مقیاس اجرایی تعیین و وضعیت فرسایشی با استفاده از جدول BLM تکمیل و نقشه سیمای فرسایشی برای آبخیز مطالعاتی تهیه می‌شود (Akhtari *et al.*, 2022) و با بررسی شرایط منطقه با استفاده از منحنی‌های آمبروترمیک^۷ و هایترگراف^۸ و نقشه اقلیمی-کشاورزی^۹ آبخیز، راه‌کارهای متناسب با شرایط منطقه برای اقدامات زیستی ارائه خواهد شد، این نوع مدیریت و اقدامات مشکلات آبخیز را از پایه بررسی کرده و به حل آن می‌پردازد و رویکردی مناسب برای تمام مناطق با اقلیم‌های متفاوت است که تنها نیاز به نظرات کارشناسی و بررسی‌های منطقه‌ای دارد و همچنین به دلیل این که برای ارائه این رویکردها داده‌های اطلاعاتی کمی مورد نیاز است، برای آبخیزهای با اطلاعات کم بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا، در آبخیز کیلانبر استان کرمانشاه به سبب امکان دسترسی و حضور کارشناسان مجرب محلی، رویکرد اقدامات زیستی در دستور بررسی قرار گرفت. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش، ضرورت اقدامات زیستی فرسایش خاک در منطقه مطالعاتی و سایر مناطق مشابه را روشن کند.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کیلانبر در غرب استان کرمانشاه و شهرستان روانسر واقع شده است. این منطقه از شمال به کوه بازان و از شمال شرق به شهرستان روانسر و از جنوب به کوه بندگز وصل شده است. مساحت محدوده مورد مطالعه حدود ۱۰۷۹۸ هکتار است. بلندترین و پست‌ترین نقطه ارتفاعی آبخیز به‌ترتیب ۲۱۸۳ و ۱۳۸۸ متر از سطح دریا و متوسط بارش و دما و رطوبت نسبی سالانه به‌ترتیب ۵۳۳ میلی‌متر و ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد و ۴۵/۱ درصد است. رخنمون‌های سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه مربوط به دوران‌های دوم و سوم زمین‌شناسی است که

دهه‌های اخیر و در نتیجه پیشرفت‌های فناوری رخ داده است (Esmali and Abdollahi, 2011; Sadeghi *et al.*, 2015). رواناب^۱ و رسوب خروجی آبخیز به ویژگی‌های فیزیوگرافی، الگوی پراکنش کاربری اراضی^۲، نوع خاک، ویژگی‌های بارش و دخالت‌های انسانی بستگی دارد (Ghanbari *et al.*, 2014; Talebikhiaei *et al.*, 2017). میزان فرسایش خاک شاخصی جامع برای ارزیابی درجه توسعه‌یافتگی و پایداری برنامه‌های مدیریتی سرزمینی کشورهاست (Hosseini *et al.*, 2018; Hosseini *et al.*, 2019). از طرفی داشتن اطلاعات مکانی در ارتباط با پدیده‌های مختلف، این امکان را فراهم می‌کند که هم‌بستگی بین پدیده‌ها و الگوی مکانی بین آن‌ها شناسایی شود؛ بنابراین درک پویایی و شناسایی دلایل زیستی و غیرزیستی فرسایش خاک می‌تواند به ارائه راه‌کارهای مناسب برای کاهش و مقابله با فرسایش و رسوب در آبخیز کمک کند (Hosseini *et al.*, 2018). از این رو، یکی از مهم‌ترین روش‌های حفاظت منابع خاک و آب به لحاظ استفاده کم از عملیات خاک‌ورزی، دخالت و دست‌کاری محدود در طبیعت، مقرون به صرفه بودن و کارایی بهتر نسبت به اقدامات سازه‌ای، استفاده از روش‌های زیستی است (Nyssen *et al.*, 2007; Ghasemi Aryan *et al.*, 2013). بر همین اساس، اقدامات زیستی^۳ فرسایش با استفاده از روش‌های زیستی و در تلفیق با رویکردهای مدیریتی همچون تقویت پوشش گیاهی و کاشت گیاهان مناسب و بومی (Maerker *et al.*, 2017)، کشاورزی حفاظتی (Vianna *et al.*, 2020)، ریزموجودات خاکزی مانند سیانوباکتری‌ها و باکتری‌ها (Sadeghi, 2005)، خاک‌پوش‌های زیستی^۴ (Hanifehpur *et al.*, 2013) و طرح‌های مدیریتی چرا، در مدیریت مناسب آبخیز در زمینه‌های مختلف بهره‌برداری به‌وسیله آبخیز‌نشینان می‌تواند نقش قابل‌توجهی در کاهش میزان فرسایش و هدررفت خاک و طبیعتاً حفظ منابع حیاتی و پایه آب، خاک و پوشش گیاهی داشته باشد. در این زمینه ویانا و همکاران (Vianna *et al.*, 2020) در پژوهشی کاربردی روش‌های زیست‌مهندسی در توسعه پوشش گیاهی در دامنه‌های شیب‌دار برزیل را ارزیابی کردند. در این مطالعه، انواع مختلفی از روش‌های زیست‌مهندسی، به‌صورت مجزا و در شرایط ترکیبی، به‌عنوان سامانه‌هایی برای مهار فرسایش سطحی در شیب‌ها به کار گرفته شدند. نتایج نشان داد که ترکیب مواد آلی (خاک‌پوش سلولزی) با روش کاشت دستی باعث استقرار پوشش گیاهی نشده است، درحالی‌که استفاده از مهارکننده‌های رسوبات آلی در هنگام کاشت دستی تنوع چشم‌گیری بر شاخص‌های پوشش گیاهی و استقرار پوشش گیاهی داشته است. در ایران نیز، صدوق و همکاران (Saduq *et al.*, 2015) در مطالعه‌ای با استفاده از سه مدل EPM^۵، BLM^۶ و Fargas اقدام به پهنه‌بندی فرسایش خاک در حوزه آبخیز کهمان، استان لرستان نمودند. نتایج نشان داد که ارزیابی وضعیت فرسایش به‌وسیله مدل BLM با منطقه مطابقت بیش‌تری داشته است. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2021)، در پژوهشی الگوی مدیریت زیستی فرسایش خاک در آبخیز گلازچای آذربایجان شرقی را به‌عنوان پژوهش پیشگام باهدف تبیین رویکرد اقدامات زیستی فرسایش معرفی کردند.

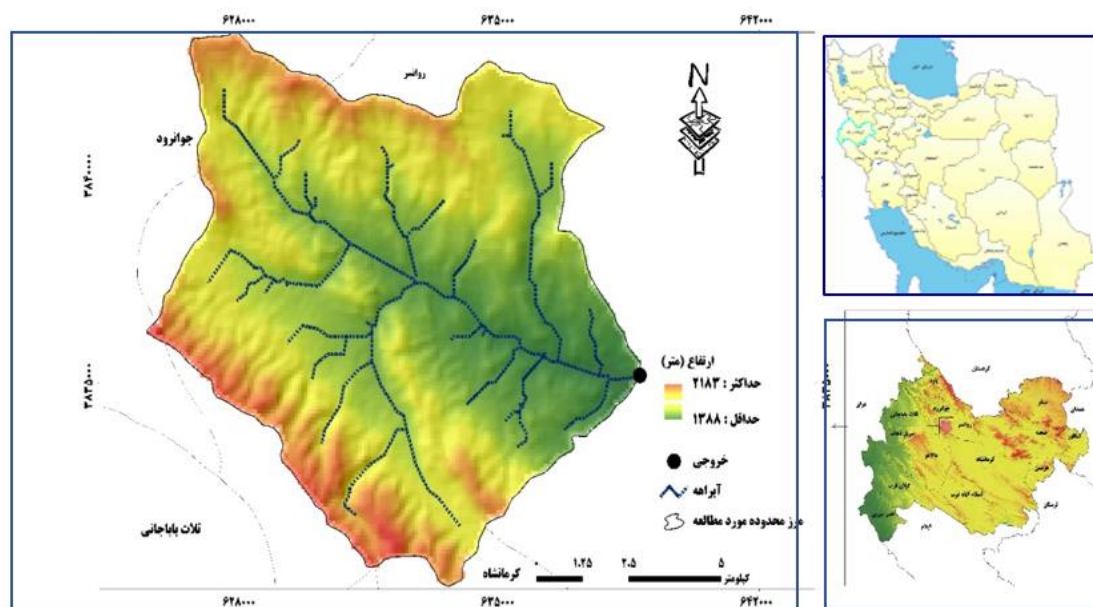
سپس وضعیت فرسایش خاک بر اساس جدول امتیازدهی عوامل هفت‌گانه مدل BLM به شرح مندرج در جدول ۱، در هر واحد کاری بر اساس بازدید میدانی و نظرات کارشناسی تکمیل شد. برحسب مجموع امتیازات، وضعیت فرسایش به صورت جزئی (۲۰-۴۰)، کم (۴۰-۶۰)، متوسط (۶۰-۸۰)، زیاد (۸۰-۱۰۰) و خیلی زیاد (۱۰۰-۱۲۰) طبقه‌بندی شد (Shojaei et al., 2019).

پس از تعیین وضعیت فرسایشی، نقشه سیمای فرسایشی در واحدهای کاری تهیه شد (Sadeghi et al., 2015). سپس نمودارهای آمبروترمیک و هایترگراف با استفاده از داده‌های ۳۰ ساله (۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰) بارش و دمای ایستگاه سینوپتیک روانسر، به منظور تعیین دوره خشک‌سالی و ترسالی و برای تعیین گیاهان مناسب با ویژگی‌های منطقه بر اساس تغییرات دما و بارش ترسیم شد (Saduq et al., 2015; Gholami et al., 2017). نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز مورد مطالعه، با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی از جمله: دما، بارش و تبخیر و تعرق تهیه و تلفیق آن‌ها در محیط GIS استخراج و در آخر گونه‌های گیاهی مطابق با توقعات بوم‌شناسی بر اساس مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی^۲، فیزیوگرافی، ارتفاع، اقلیم (بارش و دما)، فنولوژی گیاه، نقش حفاظتی گونه گیاهی در مهار انواع مختلف فرسایش برای اقدامات زیستی آبخیز انتخاب شد. شکل ۲، نمودار جریانی و جزئیات مراحل انجام پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

قدیمی‌ترین آن‌ها مربوط به دوران دوم (تریاس-ژوراسیک)، و جوان‌ترین آن‌ها مربوط به دوران سوم (رسوبات کواترنری) زمین‌شناسی است. با توجه به نقشه زیستی اقلیمی ایران به روش دومارتن و امبرژه از لحاظ آب‌وهوایی جزء اقلیم نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب سرد است (Shahoei et al., 2022). با توجه به مطالعات هواشناسی و بررسی اختلاف درجه حرارت زمستان و تابستان که بیش‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد است، رژیم حرارتی آبخیز مورد مطالعه Mesic است. خاک منطقه مورد مطالعه، مطابق روش طبقه‌بندی جامع خاک در رده انتی‌سول^۱ قرار دارد. شکل (۱) موقعیت آبخیز مطالعاتی را در سطح استان کرمانشاه و کشور نشان می‌دهد.

روش کار

به منظور انجام پژوهش حاضر ابتدا آمار، اطلاعات و پیشینه مطالعاتی و پژوهشی جمع‌آوری شد. لایه‌های اطلاعاتی مذکور شامل ارتفاع از سطح دریا، جهت و تندی شیب، از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استخراج شد. پس از تهیه و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مذکور در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی^۱ (GIS)، نقشه اولیه شامل ۳۸ واحد کاری تهیه شد (Sadeghi et al., 2020). برای بهبود عملکرد و تصمیم‌گیری واحدهای با مساحت زیر ۳۰۰ هکتار ادغام و نهایتاً بر اساس نظر کارشناسی و فنی مدیر آبخیز و با لحاظ مبانی مختلف، ۱۴ واحد کاری با قابلیت انجام اقدامات مدیریتی زیست‌مهندسی در حوزه آبخیز کیلانبر استخراج شد (Sadeghi et al., 2020).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کیلانبر، در استان کرمانشاه و ایران
Figure 1. Geographical location of the Kilanbar Watershed in Kermanshah Province and Iran

جدول ۱- متغیرهای مورد استفاده در مدل BLM برای ارزیابی صحرایی وضعیت فرسایش خاک (Nyssen *et al.*, 2007)

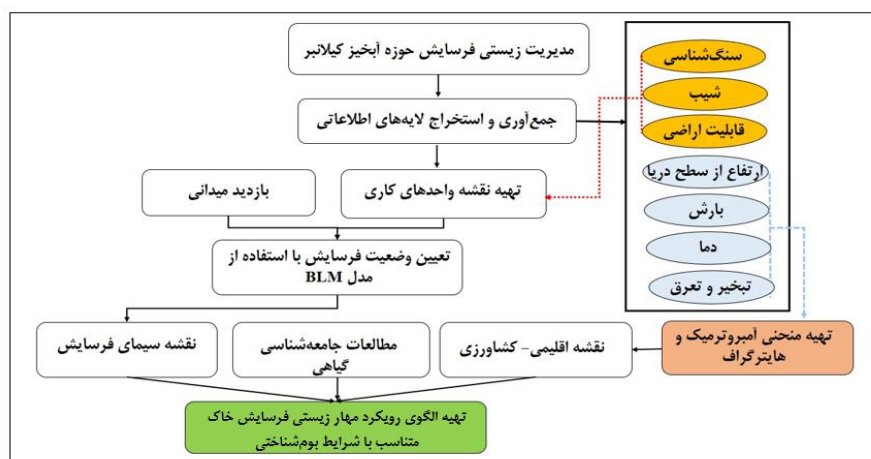
Table 1. Variables used in BLM model for field assessment of soil erosion status (Nyssen *et al.*, 2007).

امتیاز کمی Quantitative score	تشریح وضعیت سطح خاک Description of the condition of the soil surface	معیار Criterion
0-3	فرسایش قابل‌ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود. There is no noticeable erosion.	وضعیت حرکت خاک Soil movement
4-5	فرسایش و حمل مواد بسیار جزئی وجود دارد. There was very little material transport and erosion.	
6-8	فرسایش و حمل مواد موجب تشکیل برجستگی‌های کوچک به ارتفاع چند سانتی‌متر می‌شود. Erosion and transport of materials leads to the formation of small ridges of several cm in height.	
9-11	پس از هر بارندگی آثار تجمع خاک در پشت موانع دیده می‌شود. After every rainfall there are traces of soil accumulation behind the barriers.	
12-14	لکه‌های سفید یا خاکستری در سطح زمین مشاهده شده و آثار فرسایش بادی و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای دیده می‌شود. White or gray spots appear on the surface of the earth, and the effects of wind erosion and the formation of sand dunes can be seen.	
0-3	لاشبرگ، به عبارت دیگر تشکیل هوموس قابل‌ملاحظه است. Litter, i.e., the formation of humus is significant.	وضعیت بقایای گیاهی Plant residues
4-6	مقداری از لاشبرگ تخریب شده و یا حمل شده است. Some of the litter has been destroyed or transported.	
7-8	مقدار بیش‌تری از بقایای گیاهی حمل و در داخل آبراهه‌ها در کنار موانع برجا گذاشته شده است. The majority of the plant remains are transported and left in the stream next to the obstacles.	
9-11	اغلب لاشبرگ‌ها به وسیله جریان آب حمل و در مسیر خود در کنار موانع به جا گذاشته شده است. The majority of the litter is carried by the runoff, and it is left behind the obstacle..	
12-14	لاشبرگ سطحی بسیار کم و یا وجود ندارد. There is very little or no surface litter.	
0-2	سطح زمین به صورت توده سنگی، بیرون‌زدگی سنگی و یا به شکل سنگ‌فرش به صورت یکنواخت پوشیده شده است. The earth's surface is uniformly covered with stone masses, outcrops, or pavements.	وضعیت سنگ و سنگریزه Rock status
3-5	پوشش سنگی در تمام سطح پوشیده شده است ولی مناطقی نیز بدون پوشش سنگی مشاهده می‌شود. The stone covers the entire surface, but there are also areas without stone cover.	
6-8	پوشش سنگی به صورت پراکنده مشاهده می‌شود. The stone cover is observed dispersedly.	
9-11	پراکندگی پوشش سنگی زیاد است، به طوری که آثار فرسایش نیز مشاهده می‌شود (روی دشت‌سرها). The stone cover is highly extended, so erosion effects are also observed on the piedmont.	
12-14	به دلیل فرسایش زیاد پوشش سنگی از بین رفته است (این وضعیت بیش‌تر روی دشت‌سرها و دشت دیده می‌شود). As a result of high erosion, the stone cover has been lost particularly on the plains and piedmonts.	

ادامه جدول ۱- متغیرهای مورد استفاده در مدل BLM برای ارزیابی صحرایی وضعیت فرسایش خاک (Nyssen *et al.*, 2007)

Table 1. Continued. Variables used in BLM model for field assessment of soil erosion status (Nyssen *et al.*, 2007)

0-3	آثار قابل‌ملاحظه‌ای از خالی‌شدن زیر سنگ‌ها و یا عریان‌شدن ریشه گیاهان مشاهده نمی‌شود. There is no noticeable effect of emptying under stones or exposing the roots of plants.	وضعیت مجسمه‌های فرسایشی Erosion pedestals status
4-6	پدیده خالی‌شدن و حمل خاک در زیر سنگ‌ها و نیز عریان‌شدن ریشه گیاهان به میزان کم وجود دارد. There is a phenomenon of emptying and transporting the soil under the stones, as well as exposing the roots of plants to a limited extent.	
7-9	خالی‌شدن خاک اطراف سنگ‌ها و آثار عریان‌شدن ریشه گیاهان روی دامنه و یا در داخل آبراهه‌ها مشاهده می‌شود. The emptying of the soil around the stones, as well as the effect of the bare roots of the plants, can be seen on the slopes or inside the stream.	
10-12	حمل خاک اطراف سنگ‌ها و هم‌چنین عریان‌شدن ریشه گیاهان در نتیجه پدیده فرسایش نسبتاً زیاد است. As a result of the erosion, the carrying of soil around the stones and exposure of plant roots is relatively high.	
13-14	خاک اطراف سنگ‌ها و نیز ریشه اغلب گیاهان در نتیجه فرسایش عریان‌شده و این پدیده در بیش‌تر منطقه دیده می‌شود. As a result of erosion, the soil around the stones as well as the roots of most of the plants are exposed, which is seen in most of the region.	
0-3	فرسایش شیاری وجود ندارد و یا مراحل ابتدایی تشکیل شیار دیده می‌شود. There was no rill erosion or the initial stages of rill formation.	وضعیت فرسایش شیاری Rill erosion
4-6	فرسایش شیاری وجود دارد، عمق شیارها حدود ۱/۵ سانتی‌متر و فاصله شیارها بیش‌تر از سه متر است. There is rill erosion, the depth of the rill is approximately 1.5 cm, and the distance between the rills is >3 m.	
7-9	عمق شیارها ۱/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر با فاصله حدود سه متر، دامنه لخت و بدون پوشش گیاهی است. The depth of the rill ranges from 1.5 to 15 cm at a distance of about 3 m, the area is bare and free of vegetation.	
10-12	عمق شیارها ۱/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر ولی فاصله شیارها بین ۱/۵ تا سه متر و دامنه لخت و عاری از پوشش گیاهی است. The depth of the rill ranges from 1.5 to 15 cm; however, the distance between the rills ranges from 1.5 to 3 m, and the area is bare and free of vegetation.	
13-14	عمق شیارها ۷/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر با فاصله کم‌تر ۱/۵ متر و دامنه لخت و عاری از پوشش گیاهی است. The depth of the rill ranges from 7.5 to 15 cm with distance <1.5 m and the area are bare and free of vegetation.	
0-3	آبراهه‌ای در سطح زمین دیده می‌شود. Stream channels can be seen on the surface.	وضعیت الگوی جریان Flow pattern status
4-6	مواد برجای‌مانده در کف آبراهه تا حدودی مشهود هستند. The remaining materials on the bottom of the stream are somewhat visible.	
7-9	مواد برجای‌مانده در کف آبراهه به ترتیب اندازه ته‌نشین شده‌اند. The remaining materials are deposited on the bottom of the stream in order of size.	
10-12	در کف آبراهه ذرات سیلت، شن و مواد کوه‌رقتی دیده می‌شود. At the bottom of the stream, silt, sand, and colluvial can be seen.	
13-15	تراکم آبراهه در سطح زمین زیاد است و اراضی بدون کشت در محل ته‌نشست مواد کوه‌رقتی به چشم می‌خورد. There is a high density of streams on the surface, and uncultivated lands can be seen in places where colluvial have been deposited.	
0-3	آبگند غیرفعال بوده و پوشش گیاهی، کف آبگند و دیوارهای کنار را تثبیت نموده است. Gully erosion is inactive, and the vegetation is stabilized at the bottom of the gully and the side walls.	وضعیت فرسایش آبگندی Gully erosion status
4-6	تعدادی آبگند فعال وجود دارد و پوشش گیاهی به صورت پراکنده در کف و کنارهای آبگند مشاهده شده است. A number of active gullies are observed, and vegetation are dispersedly seen on the gully bed and sides.	
7-9	فرسایش آبگندی فعال بوده و حدود ۱۰ درصد سطح واحد کاری را فراگرفته است. Gully erosion is active, covering about 10% of the surface of the land unit.	
10-12	فرسایش آبگندی فعال بوده و حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد سطح واحد کاری را فراگرفته است. Gully erosion is active and covers approximately 10-50% of the surface of the land unit.	
13-15	فرسایش آبگندی فعال بوده و بیش‌تر از ۵۰ درصد سطح واحد کاری را می‌پوشاند. Gully erosion is active and accounts for >50% of the surface of the land unit.	



شکل ۲- نمایی از نمودار جریان‌ی جزئیات و مراحل پژوهش حاضر.

Figure 2. Flowchart and steps for the current study.

نتایج و بحث

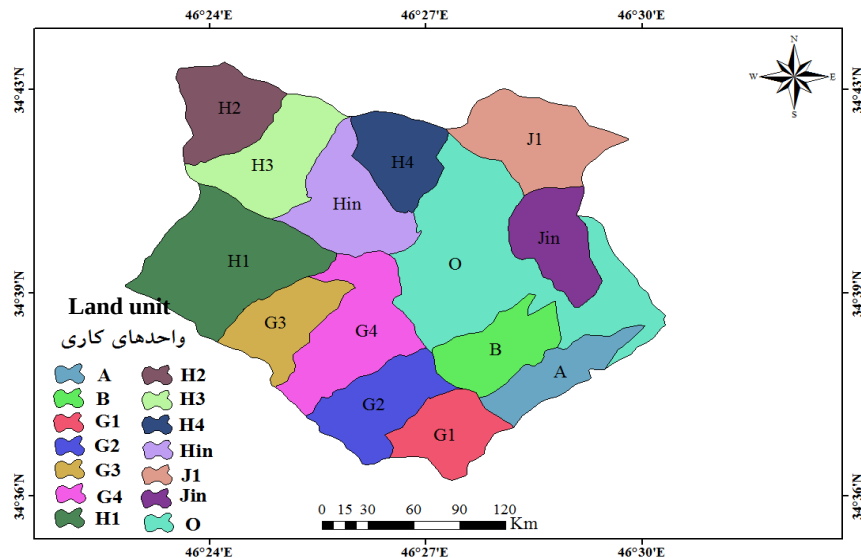
موقعیت عمومی و مشخصات واحدهای کاری حوزه آبخیز مطالعاتی در شکل ۳ و جدول ۲ ارائه شده است. ارزیابی جدول BLM به شکل ارائه شده در جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که یک واحد کاری در وضعیت فرسایشی جزئی، هشت واحد کاری در وضعیت کم و پنج واحد کاری دیگر در شرایط فرسایشی متوسط قرار گرفته است، علاوه بر آن، وضعیت کلی فرسایش خاک در آبخیز مطالعاتی با امتیاز ۳۴، در طبقه کم قرار گرفته است. مطابق نقشه سیمای فرسایش، در هر واحد کاری نوع، شدت و مساحت انواع غالب فرسایش‌های سطحی، شیباری و آبکندی به شرح ارائه شده در شکل ۴ مشخص شده است. بر این اساس، عمده منطقه مورد مطالعه در وضعیت فرسایشی متوسط و کم قرار گرفته است. شکل ۵ نیز، سیمای ظاهری حوزه آبخیز مطالعاتی را نشان می‌دهد. مطابق نمودار آمبروترمیک ارائه شده در شکل ۶، ماه‌های خرداد تا شهریور جزو ماه‌های خشک سال منطقه مورد مطالعه هستند. مطابق هایترگراف نمایش داده شده در شکل ۷ نیز، تغییرات بارشی نسبت به دما در مهر تا فروردین بیش‌تر بوده و متقابلاً تغییرات دما در قبال بارش هم در خرداد تا شهریور بیش‌تر بوده است. بر همین اساس، نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز کیلانبر در شکل ۸ ارائه شده است. بر اساس نقشه اقلیمی-کشاورزی در پنج رده قرار گرفته که به ترتیب رده چهار و یک با ۴۸۱۹/۳ و ۳۶۴/۸۳ هکتار دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مساحت در قسمت مرتفع آبخیز است. در نهایت پهنه‌بندی گونه‌های مرتعی مناسب در آبخیز مطالعاتی نشان داد که در منطقه، گونه‌های گون^۱، یولاف وحشی^۲، خارزردک^۳، بومادران^۴، علف پشمکی^۵، جو وحشی^۶ بخش غالب منطقه را تشکیل داده است. جدول ۴ اسامی و مشخصات برخی

گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط آبخیز مطالعاتی نشان داده است.

بر همین اساس و با توجه به کاربری‌های مختلف منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های وضعیت فرسایش خاک و اقلیمی-کشاورزی، منحنی آمبروترمیک و هایترگراف، گونه‌های مناسب و متناسب مرتعی از لحاظ فرم رویشی و سایر ویژگی‌های گیاه‌شناسی بر اساس شرایط بارشی، دمایی، ارتفاعی و مراحل رشد با در نظر گرفتن اصل ایفای نقش مؤثر در حفاظت خاک انتخاب شده است. خلاصه پیشنهادهای صورت گرفته در جدول ۴ ارائه شده است. استفاده از پوشش گیاهی در اقدامات زیستی فرسایش در بوم‌سازگان مرتعی از منظر مانع بودن تاج پوشش در برخورد مستقیم قطرات باران بر سطح خاک، افزایش نفوذ آب در خاک، تثبیت خاکدانه‌ها از طریق ریشه‌ها، افزایش ظرفیت چرا و تولید دامی و افزایش کارایی و بازده آن با گذشت زمان حائز اهمیت است (Zakerinejad and Maerker, 2015). روش‌های متکی به اقدامات زیستی، فرسایش را در همان مراحل اولیه با شدت ضعیف تا متوسط به‌خوبی مدیریت می‌کند و از گسترش آن به شکل‌های توسعه‌یافته و پیچیده، جلوگیری می‌کند. بدین منظور در ۷۳۲۸/۹ هکتار (حدود ۶۷ درصد) از مساحت منطقه مورد مطالعه، می‌توان با بهره‌گیری از ابزار اقدامات زیستی در دو کاربری مرتع و کشاورزی نسبت به مهار فرسایش خاک با هزینه بسیار کم‌تر نسبت به سایر شیوه‌های زیست‌مهندسی و مهندسی و با تکیه بر اصول و شرایط حاکم بر بوم‌سازگان، اقدام کرد. در همین راستا، صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 2021) و سوفو و همکاران (Sofa et al., 2022) انجام روش‌های زیستی به‌جای سایر روش‌های پرهزینه حفاظت خاک و آب پیشنهاد داده‌اند. در

توسعه سطح پوشش گیاهی در سطح ۶۷ درصد از مساحت آبخیز مورد مطالعه، علاوه بر مهیار فرسایش خاک و پیشگیری از گسترش آن در مراحل ابتدایی، مستند بر نتایج پژوهش‌های پیشین (Sadeghi, 20015; Sadeghi *et al.*, 2020;) (Sadeghi *et al.*, 2021) منجر به ترسیب کربن، تثبیت نیتروژن و افزایش حاصلخیزی خاک خواهد شد.

اراضی کشاورزی حوزه آبخیز مورد بحث، می‌توان اقدامات زیستی فرسایش را از طریق ترویج و توسعه کشاورزی حفاظتی (بدون عملیات خاک‌ورزی) با شیوه‌های استفاده از بقایای گیاهی، کاه‌وکش و روش‌های شخم اصولی با ایجاد حداقل شیار ممکن در سطح خاک، برای مهیار فرسایش خاک آبخیز استفاده نمود (Wulanningtyas *et al.*, 2021). حفاظت و



شکل ۳- موقعیت عمومی واحدهای کاری حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه

Figure 3. Overall Location in the Kilanbar Watershed land units, Kermanshah Province.

جدول ۲- مساحت واحدهای کاری (هکتار) حوزه آبخیز کیلانبر، استان کرمانشاه

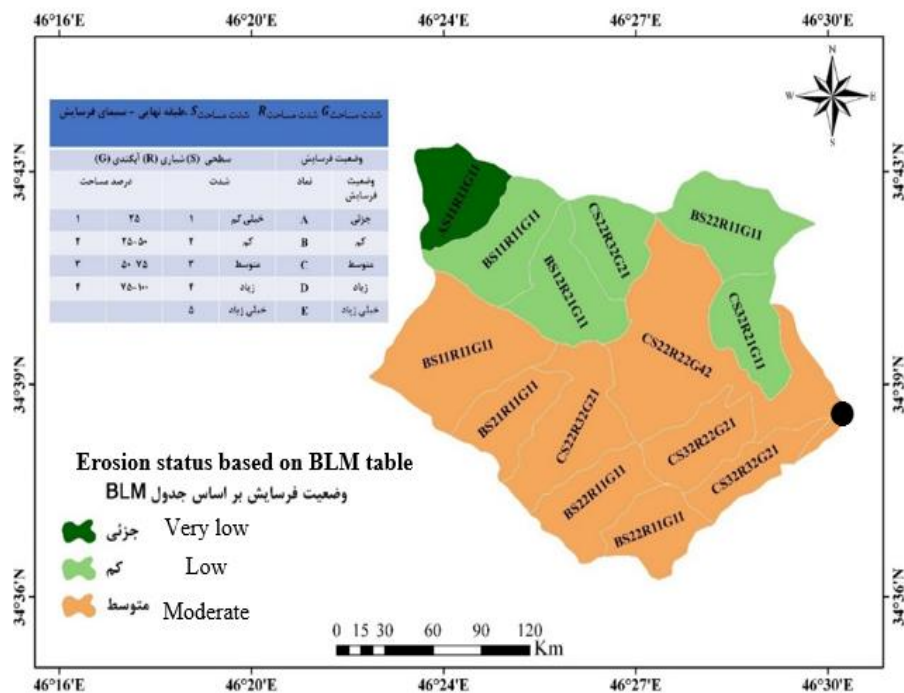
Table 2. Area of land units (ha) in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province

مساحت Area	واحد کاری Land unit	ردیف No	مساحت Area	واحد کاری Land unit	ردیف No	مساحت Area	واحد کاری Land unit	ردیف No	مساحت Area	واحد کاری Land unit	ردیف No
638.4	G2	4	491.8	G1	3	556.3	B	2	436.5	A	1
577	H2	8	1269	H1	7	910.2	G4	6	527.2	G3	5
801.1	J1	12	740.8	H-IN	11	517.6	H4	10	740.1	H3	9
						2041.2	O	14	550.7	J-IN	13

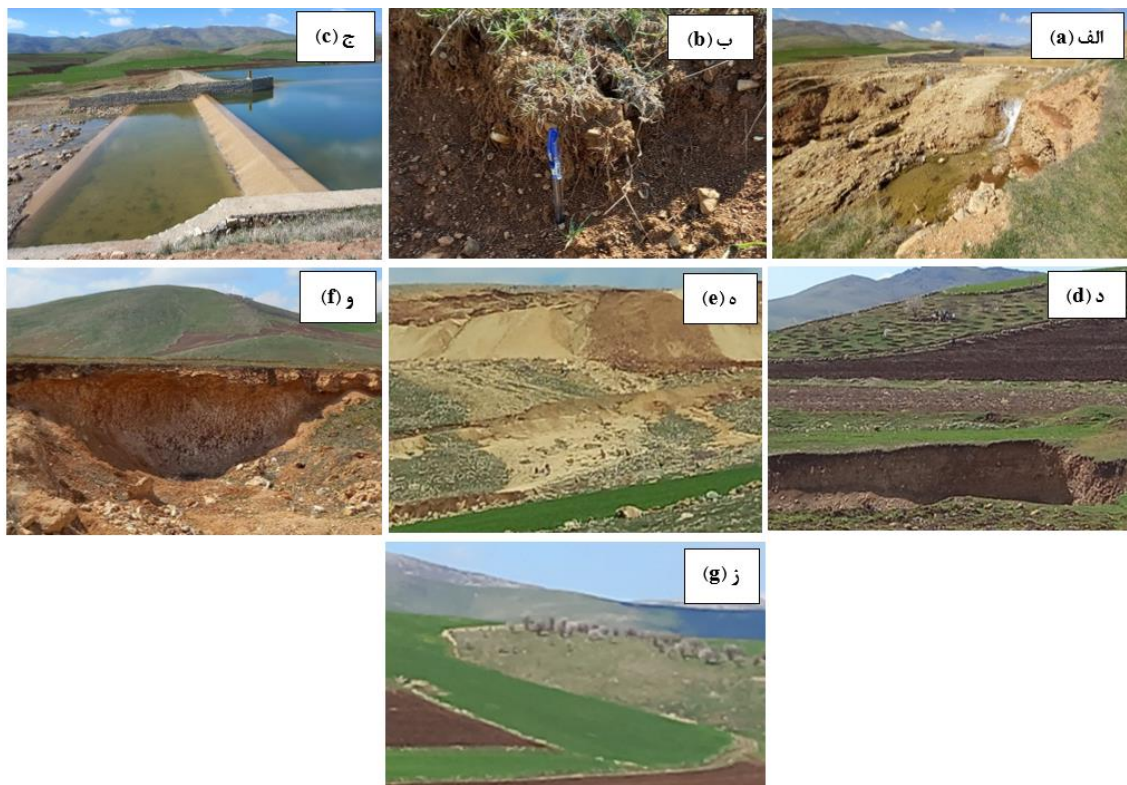
جدول ۳- امتیازدهی فرسایش خاک در هر واحد کاری حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه

Table 3. Scoring of soil erosion in each land unit in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province

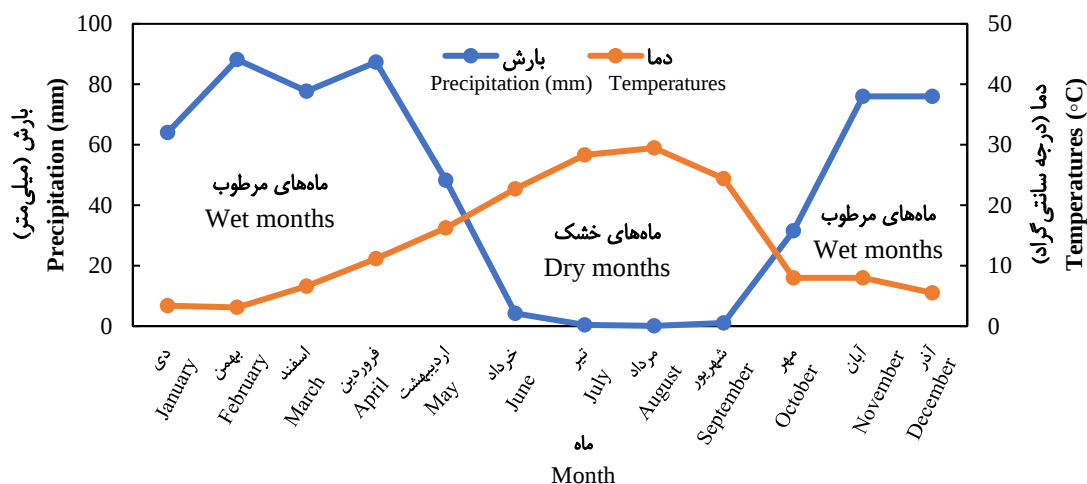
ردیف No.	واحد کاری Land unit	حرکت خاک Soil movement	بقایای گیاهی Plant residue	وضعیت سنگ و سنگریزه Rock Status	مجموعه‌های فرسایشی Pedestals erosion	فرسایش شیب Rill erosion	شکل آبراهه Flow pattern status	فرسایش آبکنده Gully erosion	جمع امتیازات Total Points	وضعیت فرسایشی Erosion Status
1	A	7	8	7	6	7	8	4	47	متوسط Moderate
2	B	8	7	7	7	6	8	5	48	متوسط Moderate
3	G1	5	3	5	3	1	3	1	21	کم Low
4	G2	5	3	4	3	2	3	1	21	کم Low
5	G3	5	4	5	3	2	3	1	23	کم Low
6	G4	6	8	7	6	7	9	5	48	متوسط Moderate
7	H1	4	3	4	3	3	3	1	21	کم Low
8	H2	4	3	3	2	2	3	1	18	چیزی Very low
9	H3	3	4	3	3	3	4	2	22	کم Low
10	H4	4	6	5	5	3	5	3	31	کم Low
11	H-IN	4	7	7	6	5	7	4	40	کم Low
12	J1	4	5	6	4	4	5	1	29	کم Low
13	J-IN	8	7	7	7	6	7	4	46	متوسط Moderate
14	O	9	9	9	9	8	9	7	60	متوسط Moderate



شکل ۴- نقشه سیمای فرسایش حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه
Figure 4. Erosion map of the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province

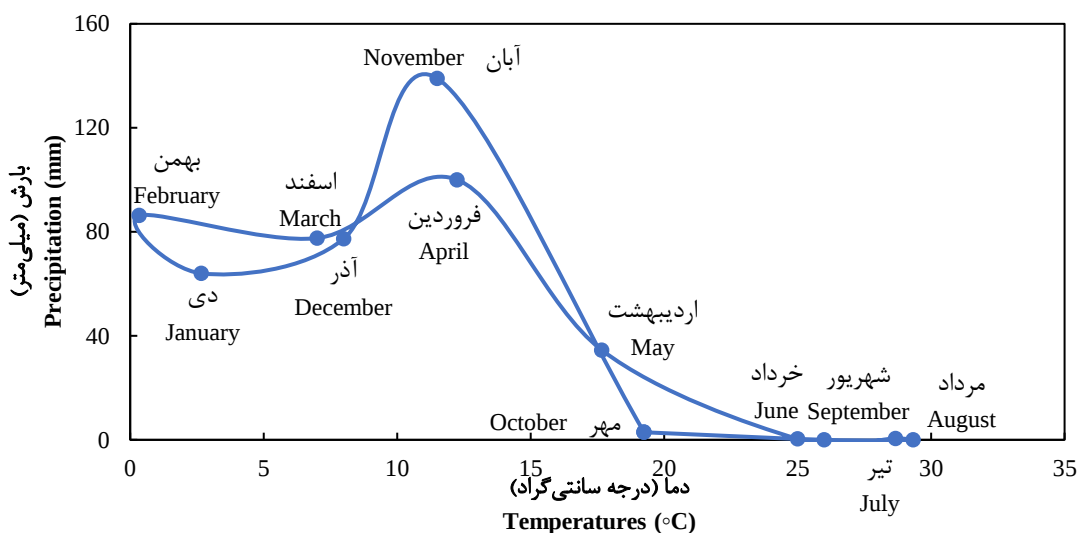


شکل ۵- نمایی از وضعیت عمومی پوشش گیاهی و انواع فرسایش خاک حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه.
(الف- تخریب در سطح زمین، ب- فرسایش آب‌بندی، ج- سرریز بند آبگیر، د- تغییر کاربری، ه- معدن‌کاوی و- برداشت خاک منطقه، ز- الگوی نامناسب کشت)
Figure 5. A view of the general state of vegetation and soil erosion types in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province, Iran
(a- land degradation, b- Gully erosion, c- constructed check dam, d- land use change, e- mining, f- soil harvesting in the area, g- improper cultivation pattern)



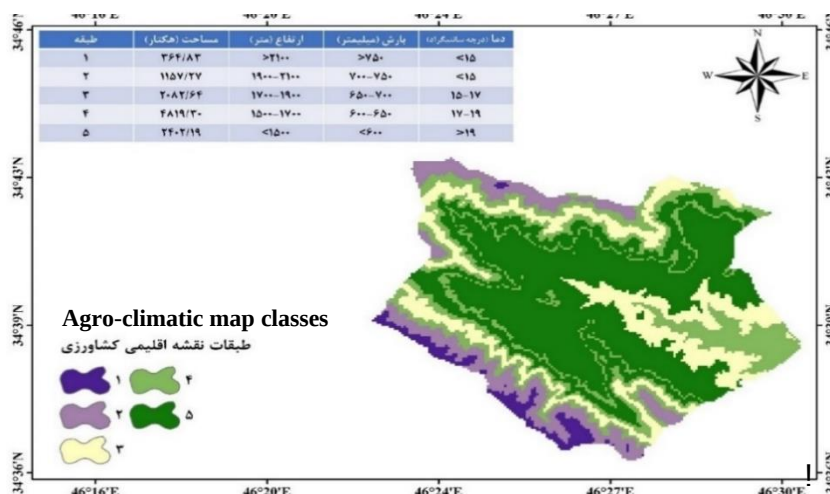
شکل ۶- منحنی آمبروترمیک حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه

Figure 6. Ombrothermic diagram of the Kilanbar Watershed in Kermanshah Province, Iran



شکل ۷- هایترگراف حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه

Figure 7. Hythergraph of the Kilanbar Watershed in Kermanshah Province, Iran



شکل ۸- نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه.

Figure 8. Agro-climatic map in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province, Iran.

جدول ۴- مشخصات گونه‌های گیاهی غالب در حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه

Table 4. Characteristics of dominant plant species in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province, Iran

ویژگی‌های فیزیکی و زیستی منطقه Physical and biological characteristics of the area	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name
سرد و نیمه‌خشک Cold and semi-arid	اقلیم Climate	
900-2500	ارتفاع (متر) Height (m)	
10-22	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	
350	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
گیاهی چندساله به‌صورت بوته‌ای و نیمه‌بوته‌ای، در دشت و نواحی کوهستان رشد می‌کند. گل‌دهی اواخر اردیبهشت تا پایان تیر است. It is a perennial plant that grows in the form of a bush and a semi-bush in the plains and mountain areas. Flowering occurs from late May to the end of July.	فنولوژی Phenology	یومادران <i>Achillea millefolium L.</i>
برای رشد به اقلیم خاصی نیاز ندارد و مقدار بالایی از عناصر اصلی شامل ازت، فسفر و پتاسیم در گیاه وجود دارد که حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد (Karimzadeh et al., 2013). It does not require a specific climate for growth, and the plant contains a high amount of nitrogen, phosphorus and potassium, which increases soil fertility (Karimzadeh et al., 2013).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	
خشک سرد Cold arid	اقلیم Climate	
1600-1800	ارتفاع (متر) Height (m)	
4-30	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	
>200	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
مراحل رویشی و گل‌دهی گیاه در فصل بهار است. The vegetative and flowering stages of the plant are in spring.	فنولوژی Phenology	پولک <i>Stachys inflata benth</i>
در ارتفاع و اقلیم‌های مختلف رشد کرده، با ایجاد پوشش در سطح زمین باعث حفظ خاک می‌شود همچنین از گونه‌های با ارزش دارویی بالاست (Salehi and Kalvandi, 2020). It grows at different altitudes and climates and protects the soil by creating a cover on the ground. It is also a species with high medicinal value (Salehi and Kalvandi, 2020).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	
سرد نیمه‌خشک Cold and semi-arid	اقلیم Climate	
800-2600	ارتفاع (متر) Height (m)	
-20-38	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	
>400	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
مراحل رشد از اوایل پاییز تا اواخر پاییز Growth stages from early autumn to late autumn	فنولوژی Phenology	چمن گندمی <i>Agropyron tauri</i>
وجود سامانه ریشه‌ای افشان و انبوه به پایداری ساختمان خاک و کاهش هدررفت خاک کمک می‌کند (Sadeghi et al., 2015). The spreading and massive root system helps to stabilize the soil structure and reduce soil loss (Sadeghi et al., 2015).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	
خشک و نیمه‌خشک Arid and semi-arid	اقلیم Climate	
600-1700	ارتفاع (متر) Height (m)	
10-19	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	
>100	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
دارای انشعابات پرشمار و متراکم و بوته‌ای شکل با ارتفاع ۵۰-۳۰ سانتی‌متر، ساقه زیرزمینی ضخیم و جزو گیاهان مقاوم به خشکی است. It has numerous and dense branches with a height of 30-50 cm, a thick underground stem, and is drought-resistant.	فنولوژی Phenology	درمنه دشتی <i>Artemisia siberi</i>
برخوردار از سطح تاج پوشش مطلوب و مؤثر در کاهش رواناب، ممانعت از فرسایش سطحی خاک و توان بالایی در ترسیب کربن اتمسفری است (Maerker et al., 2017). It has a favorable canopy surface, effectively reduces runoff, prevents soil surface erosion and has high atmospheric carbon sequestration capacity (Maerker et al., 2017).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	
استپی، نیمه‌استپی، جنگل‌های خشک و کوه‌های مرتفع Steppes, semi-steppes, arid forests and high mountains	اقلیم Climate	
1100-4000	ارتفاع (متر) Height (m)	
10-15	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	
150-500	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
به‌صورت بوته‌ای کوتاه و بالش‌شکل In the shape of a short bush and pillow	فنولوژی Phenology	گون <i>Astragalus ascendes</i>
ترسیب مقادیر بالای کربن، فرم بالش‌شکل گیاه پوشش مناسب برای حفاظت خاک ایجاد می‌کند (Vahabi et al., 2007). As a result of the deposition of a large amount of carbon, the cushion form of the plant provides a suitable cover for soil conservation (Vahabi et al., 2007).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	

بخش‌هایی از آبخیز که از وضعیت فرسایشی ضعیف و متوسطی برخوردار بوده، می‌توان از طریق مدیریت کاربری‌ها، استفاده از پوشش گیاهی بومی آبخیز در سطح مراتع و کشاورزی بدون خاک‌ورزی در سطح اراضی کشاورزی، فرسایش خاک را به‌خوبی تحت مدیریت قرار داد. از این‌رو پژوهش حاضر باهدف ارائه الگوی اقدامات زیستی فرسایش در حوزه آبخیز کیلانیر انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که در ۶۷ درصد از مساحت کل آبخیز، می‌توان فرسایش خاک در دو کاربری عمده مرتع و کشاورزی را از طریق روش‌های مبتنی بر اقدامات زیستی مهار کرد. شایان‌ذکر است استفاده از الگوی اقدامات زیستی فرسایش نیازمند بررسی‌های جامع و همه‌جانبه‌ای است که می‌بایست با در نظر گرفتن بخش‌های مختلف بوم‌سازگان آن را موردتوجه قرارداد. با این تفاسیر، رویکرد پیشنهادی در پژوهش حاضر را می‌توان در سایر حوزه‌های آبخیز کشور با وضعیت فرسایشی خفیف تا متوسط و با رعایت اصل جامع‌نگری و شرایط حاکم بر آبخیز موردنظر، به کار گرفت.

تشکر و قدردانی

گروه نویسندگان از آقایان مهندس مصطفی ذبیحی‌سیلابی و مصیب فرج‌الهی به دلیل یاری‌ها و راهنمایی‌های بی‌چشم‌داشت ایشان بسیار سپاسگزارند و همچنین از آقای مهندس میلاد سلطانی، آقای مهندس وحید جوانمردی و آقای مهندس سجاد پیروزی برای همیاری در بازدید صحرایی از حوزه آبخیز و در اختیار گذاشتن داده‌های موردنیاز کمال تشکر و قدردانی را دارند.

از آنجا که اقدامات زیستی، فرسایش را در مراحل اولیه و میانی مهار می‌کند، تنها ۳۳ درصد از سطح حوزه آبخیز کیلانیر با توجه به وجود شکل‌های توسعه‌یافته فرسایش شیب‌اری و آب‌کندی در کاربری‌های مختلف می‌توان فرسایش را با روش‌های زیست‌مهندسی و مهندسی مهار کرد. علاوه بر موارد مطرح‌شده، مدیریت کاربری اراضی مراتع و اراضی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه با رویکرد حفاظتی، پیشگیری از تخریب خاک، جلوگیری از تغییر کاربری مراتع به اراضی کشاورزی و حفظ حریم بوم‌شناسی از مباحث بسیار مهم در مهار و مدیریت فرسایش خاک آبخیز بوده که می‌بایست با اقدامات حفاظتی و ترویجی مناسب به این اصول توجه داشت. نتایج حاصل از بازدیدها و بررسی‌های به‌عمل‌آمده در منطقه مورد مطالعه دلالت بر این موضوع داشته که عدم مدیریت صحیح کاربری‌ها و عدم رعایت حریم یا سپرهای بوم‌شناسی به‌ویژه رودخانه‌ها منجر به پیشرفت وضعیت فرسایشی آبخیز در برخی نقاط شده است. از این‌رو، می‌بایست با بهره‌گیری از فرایند بازیابی^۱ بوم‌سازگان به‌منظور ایجاد فرصت و فراهم نمودن شرایط لازم برای احیای بخش‌های مختلف آن با راهکارهای مناسب و ساده، وضعیت فرسایشی آبخیز مورد مطالعه را مدیریت کرد.

نتیجه‌گیری کلی

اقدامات زیستی فرسایش یک رویکرد مبتنی بر شرایط حاکم بر بوم‌سازگان و راه‌کاری مؤثر، کم‌هزینه و از همه مهم‌تر سازگار با محیط‌زیست است که قابلیت کاربست در دست‌یابی به مدیریت پایدار منابع خاک و آب در اغلب بوم‌سازگان را دارد. در همین راستا به‌منظور به‌کارگیری روش‌های اقدامات زیستی در

References

- Akhtari, R., Saghaian, B., Noroozpour, S., Ghermezcheshmeh, B., & Samani, J. M. V. (2022). Coupled GA-hydrological modeling for the optimal spatial distribution of biological soil and water conservation measures. *Acta Geophysica*, 70(4), 1815-1828.
- Esmali, A., & Abdollahi, Kh. 2011. Watershed Management & Soil Conservation. University of Mohaghegh Ardabili. 612 p (In Persian).
- Garcia-Ruiz, J. M., Lasanta, T., Ruiz-Flano, P., Ortigosa, L., White, S., González, C., & Martí, C. (1996). Land-use changes and sustainable development in mountain areas: a case study in the Spanish Pyrenees. *Landscape Ecology*, 11, 267-277.
- Ghanbari, M., M.K. Souri, R. Omidbaigi, & H. Hadavand Mirzaei. (2014). Evaluation of some ecological factors, morphological traits and essential oil productivity of *Achillea millefolium* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(5), 692-701 (In Persian).
- Ghasemi Aryan, Y., Arzani, H., Filekesh, E., & Yari. R. (2013). Estimating the production of *Artemisia siberi* through the measurement of plant's dimensions (Case study: southwest Sabzevar). *Iraninn Journal of Rangeland and Desert Research*, 20(1), 1-10 (In Persian).
- Gholami, L., Karimi, N., & Kavian, A. (2017). Soil bioengineering methods used in water management and stabilization of steep slopes. *Ecohydrology*, 4(1), 149-162. (In Persian)
- Hanifepur, M., Mashhadi, N., & Khosravi. H. (2013). The Effect of intensity and duration of drought on wind conditions and wind erosion in agricultural areas (Case study: Damghan area). *Environmental Erosion Research*, 3 (10), 65-77 (In Persian).
- Hosseini, S.A., Raeini, M., Sharifi, F., & Gholami. M. (2018). Evaluation of bio mulch erodibility on steep lands using rainfall simulation. *Watershed Engineering and Management*, 10 (1), 108-120. (In Persian)
- Javandoost, H., Ong, M., Hasanlizada, M., & Sekoti. R. (2014). Estimation of erosion factor using geostatistical algorithms to estimate erosion in WATEM/SEDEM model in Rouzah Chai basin. The 15th conference of civil engineering students across the country, Urmia University, 11 (In Persian).
- Karimzadeh, J., Monirifar, H., Abdi Ghazijahani, A., & Razban Haghighi. A. (2013). Grouping of *Agropyron tauri* populations based on morphological traits. *Rangeland and Desert Research*, 19(4), 693-702 (In Persian).
- Katebikord, A., Sadeghi, S. H., & Singh, V. P. (2023). "Research Paper" Effects of Different Methods for Calculation of Topographic Factor on Precision of Storm-Wise Soil Loss Estimation. *Journal of Watershed Management Research*, 14(28), 1-13 (In Persian).

- Maerker, M., Sommer, C., Zakerinejad, R., Cama, E. (2017). An integrated assessment of soil erosion dynamics with special emphasis on gully erosion: Case studies from South Africa and Iran. *EGU General Assembly Conference Abstracts*.
- Nyssen, J., Poesen, J., Gebremichael, D., Vancampenhout, K., D'aes, M., Yihdego, G., & Haregeweyn, N. (2007). Interdisciplinary on-site evaluation of stone bunds to control soil erosion on cropland in Northern Ethiopia. *Soil and Tillage Research*, 94(1), 151-163.
- Rajaei, H., Esmaeili, K., Abbasi, A. A., & Ziaei, A. N. (2019). Investigation of Characterized Sediments in the Field of Floodwater Spreading and Artificial Recharge (Case Study: Jajarm Aquifer). *Journal of Watershed Management Research*, 10(19), 132-141 (In Persian).
- Refahi, H.Q. (2015). Water erosion and its control. Tehran University Press, 4th edition, 671 p.
- Saboohi, R., & Barani, H. (2016). Climatic Characteristics of the Natural Habitats of *Astragalus gossypinus* Fisher in Isfahan Province. *Applied Ecology*, 5(16), 13-29 (In Persian).
- Sadeghi, S. H. R., Mostafazadeh, R., & Sadeddin, A. (2015). Sediment response and sediment metric loops to type and spatial distribution of land use. *Watershed Engineering and Management*, 7(1), 15-26.
- Sadeghi, S. H. R. (2005). A Semi-Detailed Technique for Soil Erosion Mapping Based on BLM and Satellite Image Applications, *Journal of Agricultural Sciences and Technology (JAST)*, 7(3-4), 133-142.
- Sadeghi, S. H. R., Kheirfam, H., & Zarei Darki, B. (2020). Controlling runoff generation and soil loss from field experimental plots through inoculating cyanobacteria. *Journal of Hydrology*, 124814.
- Sadeghi, S. H. R., Jafarpour, A., Farajollahi, M., Khatibi Rudbarsara, D., Sefidcheghayi, M. M., Zabihi, M., & Azarniya, H. (2021). Biological Management of Soil Erosion (Case Study: Gavinshan Watershed, Kermanshah Province). *Water and Soil*, 35(4), 551-566.
- Sadeghi, S. H. R., Jafarpour, A., Zabihi Silaby, M., Mulla Shahi, M., Naghdi, M., & Farzadfar, E. (2021). Soil erosion biomanagement model in watersheds (Applied Study: Glazchay Oshnavieh, West Azarbaijan). *Iran Soil and Water Research*, 52(4), 997-1010.
- Saduq, S.H., Hosseinzadeh, M.M., & Azadi, F. (2015). Determining the erosion in Kahman drainage basin using EPM, BLM and Fargas models. *Hydrogeomorphology*, 2(2), 137-154.
- Salehi, M., & Kalvandi, R. (2020). Evaluation of Morphological and Phytochemical Characteristics Changes in Different Populations of *Stachys inflata* Benth, in Hamedan Province. *Journal of Horticultural Science*, 34(2), 247-260. (In Persian).
- Shahoei, S. V., Fahiminezhad, E., Fatehi, Z. (2021). Impact of Global Climate Change on Climate Data in Ravansar Sanjabi Basin, Kermanshah Province. *Journal of Environment and Water Engineering*, 6(1):45-57. (In Persian).
- Shojaei, S., Noura, M., Habibi-mood, S. (2019). Estimation of sedimentation and erosion using MPSIAC, FSM & direct measurement methods in Gabric watershed, South-eastern of Iran. *Environmental Erosion Research*, 8 (4): 82-100. (In Persian).
- Sofa, A., Zanella, A., & Ponge, J. F. (2022). Soil quality and fertility in sustainable agriculture, with a contribution to the biological classification of agricultural soils. *Soil Use and Management*, 38(2): 1085-1112.
- Talebikhiavi, H., Zabihi M., & Mostafazadeh, R. (2017). Effects of Land-use Management Scenarios on Soil Erosion Rate using GIS and USLE Model in Yamchi Dam Watershed, Ardabil. *Journal of Water and Soil Science*, 21(2): 221-234.
- Vahabi, M.R., Basiri, M., Moghadam, M.R., & Masoumi, A.A. (2007). Determination of the most effective habitat indices for evaluation of *Tragacanth* sites in Isfahan province. *Journal of the Iranian Natural Research*. 59 (4): 1013-1029. (In Persian)
- Vianna, V.F., Fleury, M.P., Menezes, G.B., Coelho, A.T., Bueno, C., Lins da Silva, J., & Luz, M.P. (2020). Bioengineering Techniques Adopted for Controlling Riverbanks' Superficial Erosion of the Simplicio Hydroelectric Power Plant, Brazil. *Sustainability*, 12(19), 7886.
- Wulanningtyas, H. S., Gong, Y., Li, P., Sakagami, N., Nishiwaki, J., & Komatsuzaki, M. (2021). A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. *Soil and Tillage Research*, 205, 104749.
- Yousefi Mobarhan, E., & Peyrowan, H. (2022). Investigating the sustainability and interactive effects of physical-chemical properties of erosion-sensitive marl and rangeland vegetation in arid and semiarid areas (Case Study: Shahrood Town). *Geography and Environmental Sustainability*, 12(1): 57-74.
- Zakerinejad, R., & Maerker, M. (2015). An integrated assessment of soil erosion dynamics with special emphasis on gully erosion in the Mazayjan basin, southwestern Iran. *Natural Hazards*, 79 (1): 25-50.