

## مهار زیستی فرسایش خاک در حوزه آبخیز کیلانبر، استان کرمانشاه

سیدحمیدرضا صادقی<sup>۱</sup>، مهین کله‌هویی<sup>۲</sup>، فائزه کمری‌یکدانگی<sup>۳</sup>، مجید رادکیانپور<sup>۳</sup> و یوسف دادی‌زاده<sup>۳</sup>

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

۲- دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۶

صفحه: تا

### چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** فرسایش خاک، یکی از عمده‌ترین انواع تخریب اراضی است، که جامع بشری را با مشکلات جدی مواجه می‌کند. 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، حال آن‌که تاکنون توجه محدودی به کاربست رویکرد زیستی در مهار فرسایش خاک معطوف شده است. از این‌رو، 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)، و مطابق نظر کارشناسی، ۱۴ واحد کاری در حوزه آبخیز کیلانبر استخراج شد. 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 توقعات 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 فرسایشی، 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 به ترتیب رده چهار و یک با ۳۸۱۹/۳ 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.

**واژه‌های کلیدی:** اقدامات مدیریتی، حفاظت خاک و آب، مدیریت آبخیز، مدیریت فرسایش خاک

### مقدمه

فرسایش آبی<sup>۱</sup> از مهم‌ترین انواع تخریب اراضی در اغلب نقاط ایران است که سبب از بین رفتن خاک‌های حاصلخیز و زمین‌های کشاورزی می‌شود (۱۱). گزارش‌ها نشان می‌دهد حدود ۳۵ میلیون هکتار از اراضی کشور ایران تحت تأثیر فرسایش آبی قرار دارد (۳۰). فرسایش خاک در ایران خسارت‌های زیادی به همراه دارد و تقریباً ۵۶ تا ۱۱۲ میلیارد دلار در سال متغیر است (۱۴). عوامل پرشماری در نوع و میزان فرسایش خاک در یک آبخیز دخیل هستند (۳ و ۹). 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 دهه‌های اخیر و در نتیجه پیشرفت‌های فناوری رخ داده است (۲ و ۱۵). رواناب<sup>۲</sup> و رسوب خروجی آبخیز به ویژگی‌های فیزیوگرافی، الگوی پراکنش کاربری اراضی<sup>۳</sup>، نوع خاک، ویژگی‌های بارش و دخالت‌های انسانی بستگی دارد (۴ و ۲۵). میزان فرسایش خاک شاخصی جامع برای ارزیابی درجه توسعه‌یافتگی و پایداری برنامه‌های مدیریتی سرزمینی کشورهاست (۸). 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 (۸). از این‌رو، یکی از مهم‌ترین روش‌های حفاظت منابع خاک و آب به لحاظ استفاده کم از عملیات خاک‌ورزی، دخالت و دست‌کاری محدود در طبیعت، مقرون‌به‌صرفه بودن و کارایی بهتر نسبت به اقدامات سازه‌ای، استفاده از روش‌های زیستی است (۵ و ۱۲). بر همین اساس، اقدامات زیستی<sup>۴</sup> فرسایش با استفاده از روش‌های زیستی و در تلفیق با رویکردهای مدیریتی همچون تقویت پوشش گیاهی و کاشت گیاهان مناسب و بومی (۱۱)، کشاورزی حفاظتی (۲۷)، ریزموجودات خاکزی مانند سیانوباکتری‌ها و باکتری‌ها (۱۶)، خاک‌پوش‌های زیستی<sup>۵</sup> (۷) 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 Vianna و همکاران (۲۷)، در پژوهشی کارایی روش‌های زیست‌مهندسی در توسعه پوشش گیاهی در دامنه‌های شیب‌دار برزیل را ارزیابی کردند. در این مطالعه، انواع مختلفی از روش‌های زیست‌مهندسی، به‌صورت

1- Water Erosion

2- Runoff

3- Land use

4- Biological measures

5- Biological mulch

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 (۲۰)، در مطالعه‌ای با استفاده از سه مدل  $EPM^1$ ،  $BLM^2$  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 (۱۹)، در پژوهشی الگوی مدیریت زیستی فرسایش خاک در آبخیز گلازچای آذربایجان شرقی را به‌عنوان پژوهش پیشگام باهدف تبیین رویکرد اقدامات زیستی فرسایش معرفی کردند. مطابق مدل  $BLM$ ، به ترتیب حدود ۲۴ و ۷۶ درصد از آبخیز گلازچای در وضعیت فرسایشی کم و متوسط قرار دارد. درنهایت، یوسفی‌مهرن و پیروان (۲۹)، 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 (۱) و با بررسی شرایط منطقه با

استفاده از منحنی‌های آمبروترمیک<sup>۳</sup> و هایترگراف<sup>۴</sup> و نقشه اقلیمی-کشاورزی<sup>۵</sup> آبخیز، راه کارهای 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 این‌که برای ارائه این رویکردها داده‌های اطلاعاتی کمی موردنیاز است، برای آبخیزهای با اطلاعات کم بسیار موردتوجه 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

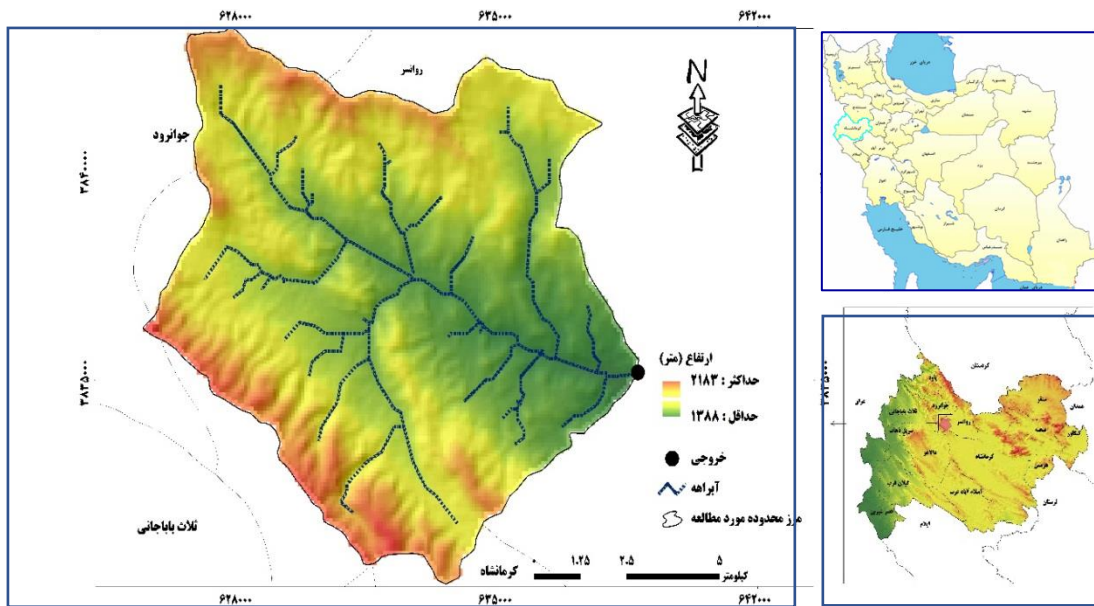
### منطقه مورد مطالعه

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 به ترتیب ۲۱۸۳ و ۱۳۸۸ متر از سطح دریا و متوسط بارش و دما و رطوبت نسبی سالانه به ترتیب 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 قدیمی‌ترین آن‌ها مربوط به دوران دوم (تریاس-ژوراسیک)، و جوان‌ترین آن‌ها مربوط به دوران سوم (رسوبات کواترنری) زمین‌شناسی است. با توجه به نقشه زیستی‌اقلیمی ایران به روش دومارتن و آمبروزه از لحاظ آب‌وهوایی جزء اقلیم نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب سرد است (۲۲). 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<sup>۶</sup> قرار دارد. شکل (۱) موقعیت آبخیز مطالعاتی را در سطح استان کرمانشاه و کشور نشان می‌دهد.

1- Erosion Potential Method (EPM)  
4- Hythergraph Diagram

2- Bureau of Land Management (BLM)  
5- Agro-climatic Map

3- Ombrothermic Diagram  
6- Entisols



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

مدیر آبخیز و با لحاظ میانی مختلف، ۱۴ واحد کاری با قابلیت انجام اقدامات مدیریتی زیست‌مهندسی در حوزه آبخیز کیلانبر استخراج شد (۱۷). 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 به‌صورت جزئی (۰-۲۰)، کم (۲۰-۴۰)، متوسط (۴۰-۶۰)، زیاد (۶۰-۸۰) و خیلی زیاد (۸۰-۱۰۰) طبقه‌بندی شد (۲۳).

**روش کار**  
به‌منظور 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<sup>۱</sup> (GIS)، نقشه اولیه شامل ۳۸ واحد کاری تهیه شد (۱۷). برای بهبود عملکرد و تصمیم‌گیری واحدهای با مساحت زیر ۳۰۰ هکتار ادغام و نهایتاً بر اساس نظر کارشناسی و فنی

جدول ۱- متغیرهای مورد استفاده در مدل BLM برای ارزیابی صحرایی وضعیت فرسایش خاک (۱۳)

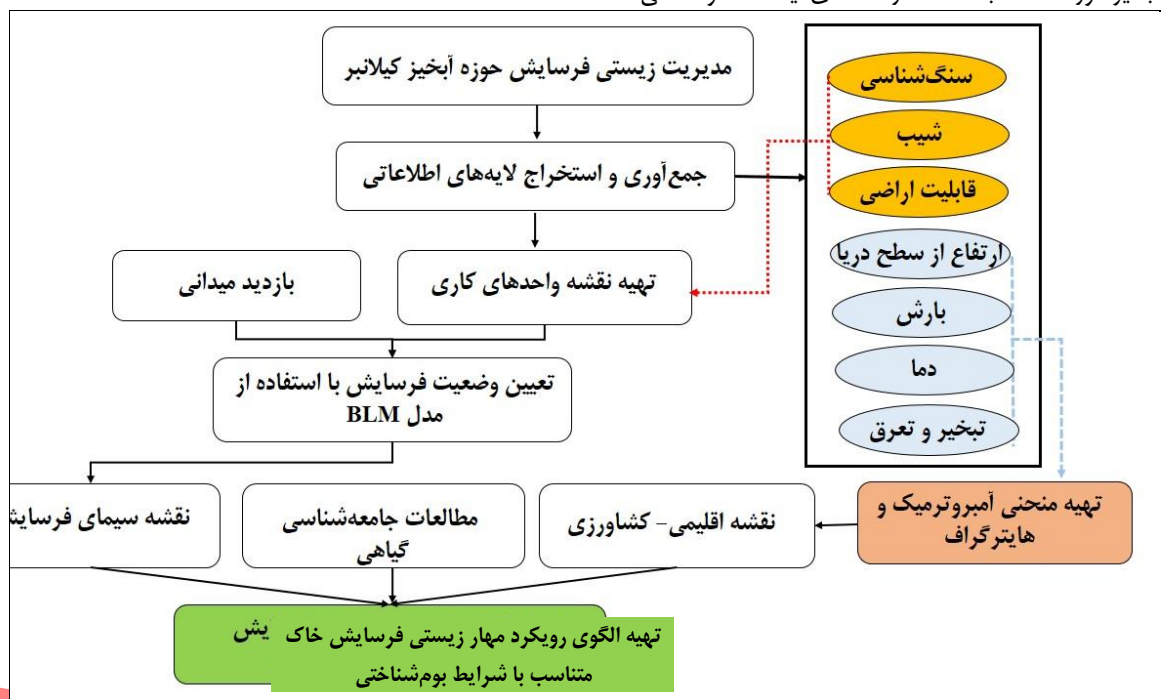
امتیاز کمی	تشریح وضعیت سطح خاک	معیار
۳ تا ۴	فرسایش قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود.	وضعیت حرکت خاک
۵ تا ۶	فرسایش و حمل مواد بسیار جزئی وجود دارد.	
۸ تا ۹	پس از هر بارندگی آثار تجمع خاک در پشت موانع دیده می‌شود.	
۱۱ تا ۱۲	لکه‌های سفید یا خاکستری در سطح زمین مشاهده شده و آثار فرسایش بادی و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای دیده می‌شود.	
۱۴ تا ۱۵	لاشبرگ، به عبارت دیگر تشکیل هموس قابل ملاحظه است.	وضعیت بقایای گیاهی
۱ تا ۲	مقداری از لاشبرگ تخریب شده و یا حمل شده است.	
۳ تا ۴	مقدار بیش‌تری از بقایای گیاهی حمل و در داخل آبراهه‌ها در کنار موانع برج‌گذاشته شده است.	
۵ تا ۶	اغلب لاشبرگ‌ها به‌وسیله جریان آب حمل و در مسیر خود در کنار موانع به‌جا گذاشته شده است.	
۷ تا ۸	لاشبرگ سطحی بسیار کم و یا وجود ندارد.	
۹ تا ۱۰	سطح زمین به‌صورت توده سنگی، بیرون‌زدگی سنگی و یا به شکل سنگ‌فرش به‌صورت پکنواخت پوشیده شده است.	وضعیت سنگ و سنگریزه
۱۱ تا ۱۲	پوشش سنگی در تمام سطح پوشیده شده است ولی مناطقی نیز بدون پوشش سنگی مشاهده می‌شود.	
۱۳ تا ۱۴	پوشش سنگی به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شود.	
۱۵ تا ۱۶	پراکندگی پوشش سنگی زیاد است، به طوری که آثار فرسایش نیز مشاهده می‌شود (روی دشت‌سرها).	
۱۷ تا ۱۸	به دلیل فرسایش زیاد پوشش سنگی از بین رفته است (این وضعیت بیش‌تر روی دشت‌سرها و دشت دیده می‌شود).	
۱۹ تا ۲۰	آثار قابل ملاحظه‌ای از خالی شدن زیر سنگ‌ها و یا عریان شدن ریشه گیاهان مشاهده نمی‌شود.	وضعیت مجسمه‌های فرسایشی <sup>۲</sup>
۲۱ تا ۲۲	پدیده خالی شدن و حمل خاک در زیر سنگ‌ها و نیز عریان شدن ریشه گیاهان به میزان کم وجود دارد.	
۲۳ تا ۲۴	خالی شدن خاک اطراف سنگ‌ها و آثار عریان شدن ریشه گیاهان روی دامنه و یا در داخل آبراهه‌ها مشاهده می‌شود.	
۲۵ تا ۲۶	حمل خاک اطراف سنگ‌ها و هم‌چنین عریان شدن ریشه گیاهان در نتیجه پدیده فرسایش نسبتاً زیاد است.	
۲۷ تا ۲۸	خاک اطراف سنگ‌ها و نیز ریشه اغلب گیاهان در نتیجه فرسایش عریان شده و این پدیده در بیش‌تر منطقه دیده می‌شود.	
۲۹ تا ۳۰	فرسایش شیبی وجود ندارد و یا مراحل ابتدایی تشکیل شیار دیده می‌شود.	وضعیت فرسایش شیبی
۳۱ تا ۳۲	فرسایش شیبی وجود دارد، عمق شیارها حدود ۱/۵ سانتی‌متر و فاصله شیارها بیش‌تر از سه متر است.	
۳۳ تا ۳۴	عمق شیارها ۱/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر با فاصله حدود سه متر، دامنه لخت و بدون پوشش گیاهی است.	

۱۲ تا ۱۰	عمق شیارها ۱/۵ تا ۱۵ سانتی متر ولی فاصله شیارها بین ۱/۵ تا سه متر و دامنه لخت و عاری از پوشش گیاهی است.
۱۴ تا ۱۳	عمق شیارها ۷/۵ تا ۱۵ سانتی متر با فاصله کم تر ۱/۵ متر و دامنه لخت و عاری از پوشش گیاهی است.
صفر تا ۳	آبراهه‌ای در سطح زمین دیده می‌شود.
۶ تا ۴	مواد برجای مانده در کف آبراهه تا حدودی مشهود هستند.
۹ تا ۷	مواد برجای مانده در کف آبراهه به ترتیب اندازه ته نشین شده‌اند.
۱۲ تا ۱۰	در کف آبراهه ذرات سیلت، شن و مواد کوه‌رفتی دیده می‌شود.
۱۵ تا ۱۳	تراکم آبراهه در سطح زمین زیاد است و اراضی بدون کشت در محل ته‌نشست مواد کوه‌رفتی به چشم می‌خورد.
صفر تا ۳	آبکند غیرفعال بوده و پوشش گیاهی، کف آبکند و دیوارهای کنار را تثبیت نموده است.
۶ تا ۴	تعدادی آبکند فعال وجود دارد و پوشش گیاهی به صورت پراکنده در کف و کناره‌های آبکند مشاهده شده است.
۹ تا ۷	فرسایش آبکندی فعال بوده و حدود ۱۰ درصد سطح واحد کاری را فراگرفته است.
۱۲ تا ۱۰	فرسایش آبکندی فعال بوده و حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد سطح واحد کاری را فراگرفته است.
۱۵ تا ۱۳	فرسایش آبکندی فعال بوده و بیش تر از ۵۰ درصد سطح واحد کاری را می‌پوشاند.

وضعیت الگوی جریان

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، 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.

پس از تعیین وضعیت فرسایشی، نقشه سیمای فرسایشی در واحدهای کاری تهیه شد (۱۵). سپس نمودارهای آمبروترمیک و هایترگراف با استفاده از داده‌های ۳۰ ساله (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹) 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 (۶ و ۲۰). نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز مورد مطالعه، با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی

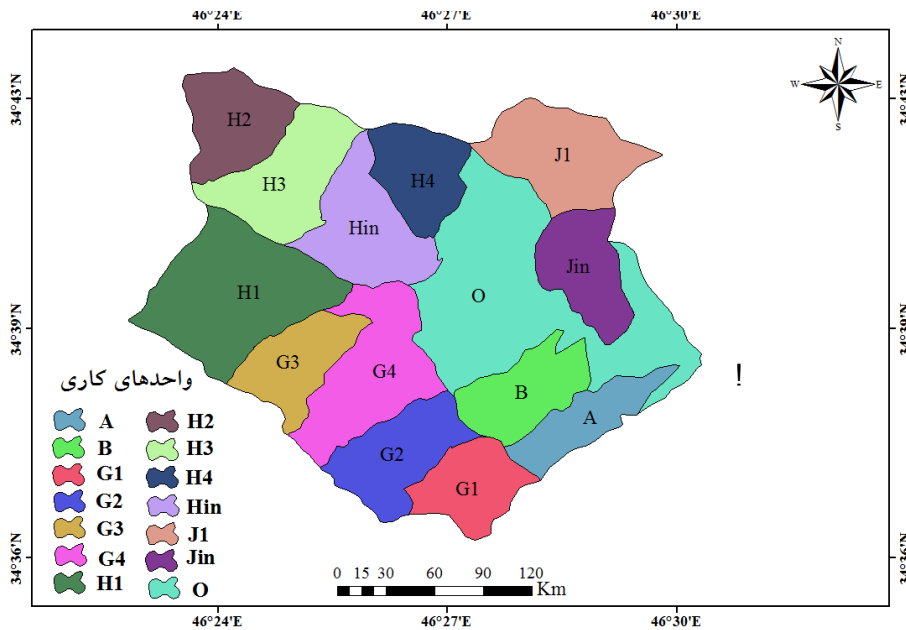


شکل ۲- نمایی از نمودار جریانی جزئیات و مراحل پژوهش حاضر  
Figure 2- Flowchart and steps for the current study

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.

## 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



شکل ۳- موقعیت عمومی واحدهای کاری حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه  
Figure 3- Overall Location in the Kilanbar Watershed work units, Kermanshah Province

جدول ۲- مساحت واحدهای کاری (هکتار) حوزه آبخیز کیلانبر، استان کرمانشاه  
Table 2- Area of work units (ha) in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province

ردیف	واحد کاری	مساحت	ردیف	واحد کاری	مساحت	ردیف	واحد کاری	مساحت	ردیف	واحد کاری	مساحت
۱	A	۴۳۶/۵	۲	B	۵۵۶/۳	۳	G1	۴۹۱/۸	۴	G2	۶۳۸/۴
۵	G3	۵۲۷/۲	۶	G4	۹۱۰/۲	۷	H1	۱۲۶۹	۸	H2	۵۷۷
۹	H3	۷۴۰/۱	۱۰	H4	۵۱۷/۶	۱۱	H-IN	۷۴۰/۸	۱۲	J1	۸۰۱/۱
۱۳	J-IN	۵۵۰/۷	۱۴	O	۲۰۴۱/۲						

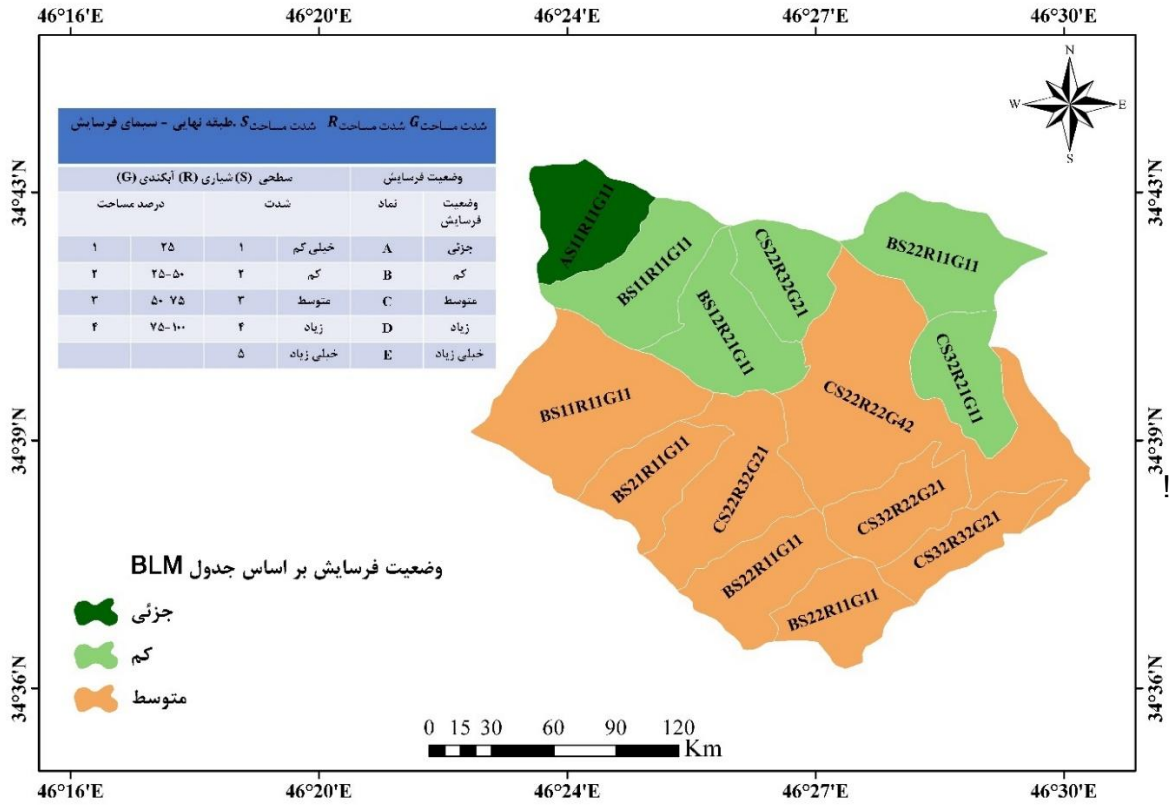
مطابق نقشه سیمای فرسایش، در هر واحد کاری نوع، شدت و ابکندی به شرح ارائه شده در شکل ۴ مشخص شده است. بر

جدول ۳- امتیازدهی فرسایش خاک در هر واحد کاری حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه  
Table 3- Scoring of soil erosion in each working unit in the Kilanbar Watershed, Kermanshah Province

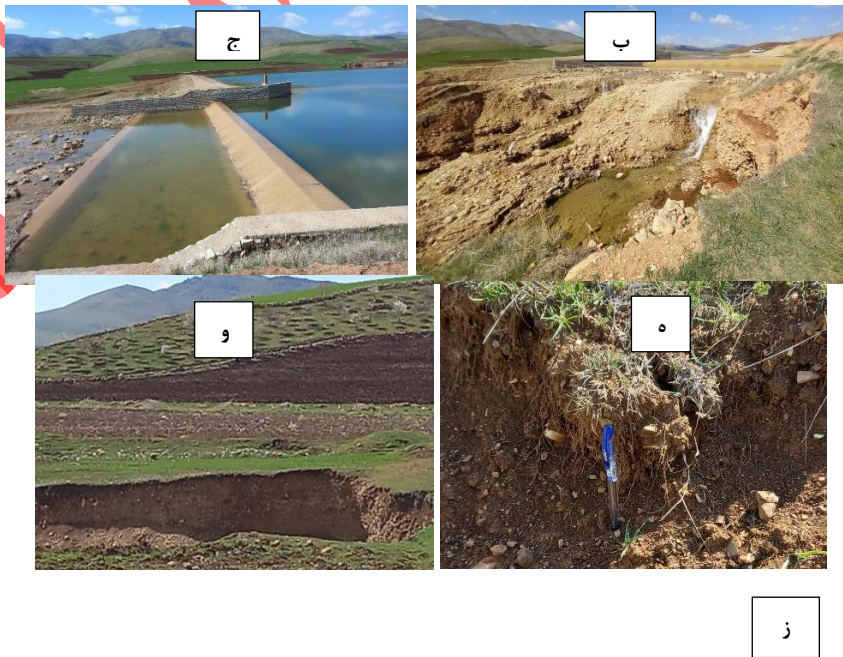
ردیف	واحد کاری	حرکت خاک	بقایای گیاهی	وضعیت سنگ و سنگریزه	مجسمه های فرسایشی	فرسایش شیبی	شکل آبراهه	فرسایش ابکندی	جمع امتیازات	وضعیت فرسایشی
۱	A	۷	۸	۷	۶	۷	۸	۴	۴۷	متوسط
۲	B	۸	۷	۷	۷	۶	۸	۵	۴۸	متوسط
۳	G1	۵	۳	۵	۳	۱	۳	۱	۲۱	کم
۴	G2	۵	۳	۴	۳	۲	۳	۱	۲۱	کم
۵	G3	۵	۴	۵	۳	۲	۳	۱	۲۳	کم
۶	G4	۶	۸	۷	۶	۷	۹	۵	۴۸	متوسط
۷	H1	۴	۳	۴	۳	۳	۳	۱	۲۱	کم
۸	H2	۴	۳	۳	۲	۲	۳	۱	۱۸	جزئی
۹	H3	۳	۴	۳	۳	۳	۴	۲	۲۲	کم
۱۰	H4	۴	۶	۵	۵	۳	۵	۳	۳۱	کم
۱۱	H-IN	۴	۷	۷	۶	۵	۷	۴	۴۰	کم
۱۲	J1	۴	۵	۶	۴	۴	۵	۱	۲۹	کم
۱۳	J-IN	۸	۷	۷	۷	۶	۷	۴	۴۶	متوسط
۱۴	O	۹	۹	۹	۹	۸	۹	۷	۶۰	متوسط

و مساحت انواع غالب فرسایش های سطحی، شیبی و 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.



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



الف

د

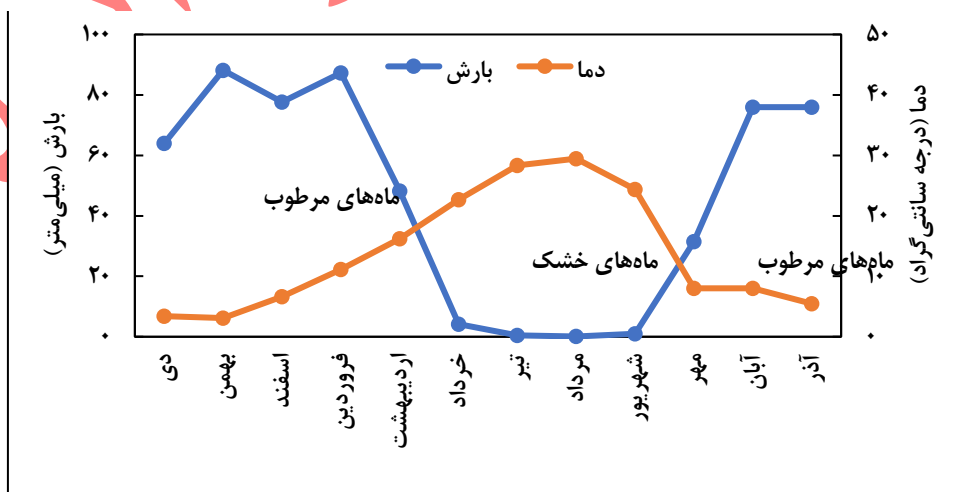
ز



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 آبکندی، ج- سرریز بند آبیگر، د- تغییر کاربری، ه- معدن کاوی، و- برداشت خاک منطقه، ز- الگو کشت نامناسب)  
 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)

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<sup>۱</sup>، یولاف وحشی<sup>۲</sup>، خارزردک<sup>۳</sup>، بومادران<sup>۴</sup>، علف پشمکی<sup>۵</sup>، جو وحشی<sup>۶</sup> بخش غالب منطقه را تشکیل داده است. جدول ۴ اسامی و مشخصات برخی گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط آبخیز مطالعاتی نشان داده است.

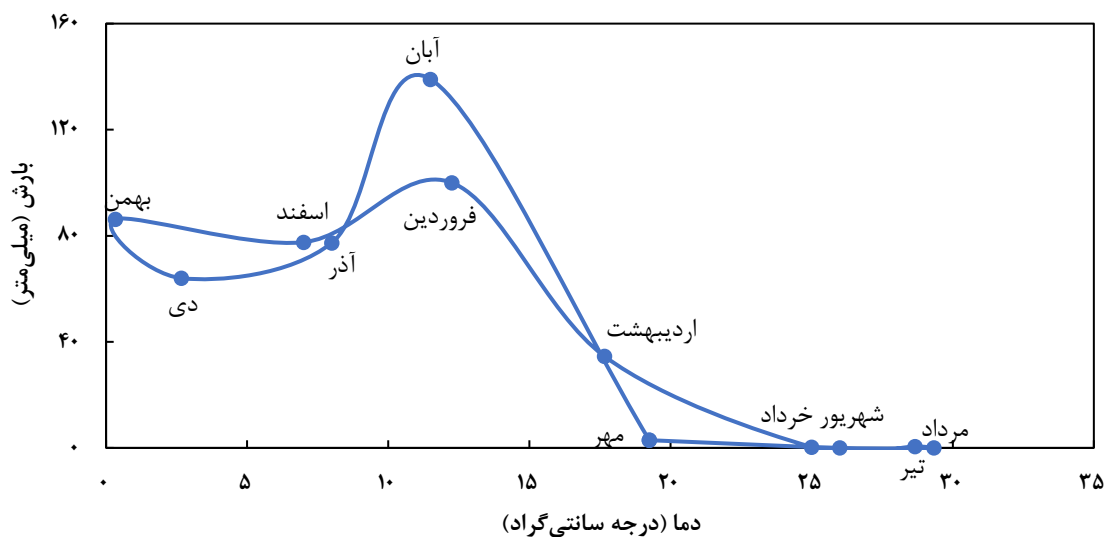
مطابق نمودار آمبروترمیک ارائه‌شده در شکل ۶، ماه‌های خرداد تا شهریور جزو ماه‌های خشک سال منطقه مورد مطالعه هستند. مطابق هایترگراف نمایش داده‌شده در شکل ۷ نیز، تغییرات بارشی نسبت به دما در مهر تا فروردین بیش‌تر بوده و متقابلاً تغییرات دما در قبال بارش هم در خرداد تا شهریور بیش‌تر بوده است. بر همین اساس، نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز کیلانبر در شکل ۸ ارائه‌شده است. بر اساس نقشه اقلیمی-کشاورزی در پنج رده قرارگرفته که به ترتیب رده چهار و یک با ۴۸۱۹/۳ و



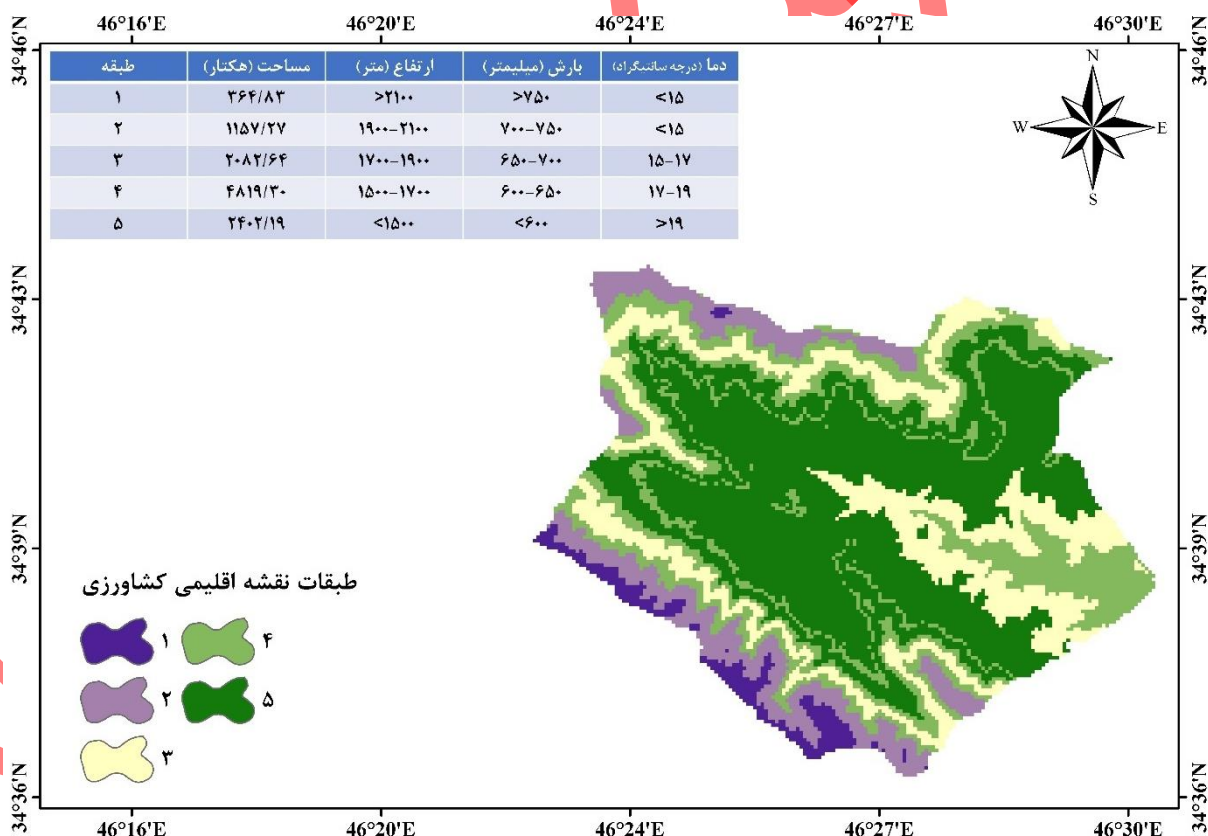
شکل ۶- منحنی آمبروترمیک حوزه آبخیز کیلانبر در استان کرمانشاه

1- *Asteragalus ascendes* 2- *Avena fatua* 3- *Picnomon sp.* 4- *Achillea millefolium* 5- *Bromus tomentellus*  
 6- *Hordum blubosum*

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

کشاورزی، منحنی آمبروترمیک و هایترگراف، گونه‌های مناسب و متناسب مرتعی از لحاظ فرم رویشی و سایر

بر همین اساس و با توجه به کاربری‌های مختلف منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های وضعیت فرسایش خاک و اقلیمی-



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 (۳۰). 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 (۱۸)، Sofo و همکاران (۲۴) انجام روش‌های زیستی به‌جای سایر روش‌های پرهزینه حفاظت خاک و آب پیشنهاد داده‌اند. در 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 مهار فرسایش خاک آبخیز استفاده نمود (۲۸). حفاظت و توسعه سطح پوشش گیاهی در سطح ۶۷ درصد از مساحت آبخیز مورد مطالعه، علاوه بر مهار فرسایش خاک و پیشگیری از گسترش آن در مراحل ابتدایی، مستند بر نتایج پژوهش‌های پیشین (۱۷، ۱۸) منجر به ترسیب کربن، تثبیت نیتروژن و افزایش حاصلخیزی خاک خواهد شد.

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

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

نام فارسی	نام علمی	ویژگی‌های فیزیکی و زیستی منطقه
	اقلیم سرد و نیمه‌خشک	۲۵۰۰-۹۰۰
	ارتفاع (متر)	۲۲-۱۰
	دما (درجه سانتی‌گراد)	۳۵۰
	بارش (میلی‌متر)	گیاهی چندساله به‌صورت بوته‌ای و نیمه‌بوته‌ای، در دشت و نواحی کوهستان رشد می‌کند. گل‌دهی اواخر اردیبهشت تا پایان تیر است.
بومادران	<i>Achillea millefolium L.</i>	فنولوژی نقش حفاظتی در کاهش فرسایش
	اقلیم خشک سرد	۱۸۰۰-۱۶۰۰
	ارتفاع (متر)	۳۰-۴
	دما (درجه سانتی‌گراد)	>۲۰۰
	بارش (میلی‌متر)	مراحل رویشی و گل‌دهی گیاه در فصل بهار است.
	فنولوژی نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	در ارتفاع و اقلیم‌های مختلف رشد کرده، با ایجاد پوشش در سطح زمین باعث حفظ خاک می‌شود. هم‌چنین از گونه‌های با ارزش دارویی بالاست (۲۱).
پولک	<i>Stachys inflata benth</i>	اقلیم سرد نیمه‌خشک
	ارتفاع (متر)	۲۶۰۰-۸۰۰
	دما (درجه سانتی‌گراد)	-۳۸-۲۰
	بارش (میلی‌متر)	>۴۰۰
	فنولوژی نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	مراحل رشد از اوایل پاییز تا اواخر پاییز وجود سامانه ریشه‌ای افشان و انبوه به پایداری ساختمان خاک و کاهش هدررفت خاک کمک می‌کند (۱۵).
چمن گندمی	<i>Agropyron tauri</i>	اقلیم خشک و نیمه‌خشک
	ارتفاع (متر)	۱۷۰۰-۶۰۰
	دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۹-۱۰
	بارش (میلی‌متر)	>۱۰۰
	فنولوژی نقش حفاظتی در کاهش فرسایش	دارای انشعابات پرشمار و متراکم و بوته‌ای شکل با ارتفاع ۵۰-۳۰ سانتی‌متر، ساقه زیرزمینی ضخیم و جزو گیاهان مقاوم به خشکی است.
	اقلیم استپی، نیمه‌استپی، جنگل‌های خشک و کوه‌های مرتفع	بر خوردار از سطح تاج پوشش مطلوب و مؤثر در کاهش رواناب، ممانعت از فرسایش سطحی خاک و توان بالایی در ترسیب کربن اتمسفری است (۱۱).
درمنه دشتی	<i>Artemisia siberi</i>	اقلیم ارتفاع (متر)
	ارتفاع (متر)	۴۰۰۰-۱۱۰۰
گون	<i>Astragalus ascendes</i>	

۱۵-۱۰	دما (درجه سانتی گراد)
۵۰۰-۱۵۰	بارش (میلی متر)
به صورت بوته‌ای کوتاه و بالشتکی	فنولوژی
ترسیب مقادیر بالای کربن، فرم بالشتکی گیاه پوشش مناسب برای حفاظت خاک ایجاد می‌کند (۲۶)	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش

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 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 ذیحی سیلابی 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 همکاری در بازدید صحرائی از آبخیز و در اختیار گذاشتن داده‌های موردنیاز کمال تشکر و قدردانی را دارند.

از آنجاکه اقدامات زیستی، فرسایش را در مراحل اولیه و میانی مهار می‌کند، تنها ۳۳ درصد از سطح حوزه آبخیز کیلانبر با توجه به وجود شکل‌های توسعه‌یافته فرسایش شیبی 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 متجر به پیشرفت وضعیت فرسایشی آبخیز در برخی نقاط شده است. از این رو، می‌بایست با بهره‌گیری از فرایند بازیابی 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

### منابع

1. Akhtari, R., B. Saghafian, S. Noroozpour, B. Ghermezcheshmeh, and J. M. V. Samani. 2022. Coupled GA-hydrological modeling for the optimal spatial distribution of biological soil and water conservation measures. *Acta Geophysica*, 70(4): 1815–1828.
2. Esmali, A., and Abdollahi, Kh. 2011. *Watershed Management & Soil Conservation*. University of Mohaghegh Ardabili. 612 p. (In Persian)
3. Garcia-Ruiz, G.M, T. Lasanta, P. Ruiz-Flano, L. Ortigosa, S. White, C. Gonzalez, and C. Marti. 1996. Land-use changes and sustainable development in mountain areas: A case study in the Spanish Pyrenees. *Landscape Ecology*, 11(5): 267-277
4. Ghanbari, M., M.K. Souri, R. Omidbaigi, and 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)
5. Ghasemi Aryan, Y., H. Arzani, E. Filekesh, and R. Yari. 2013. Estimating the production of *Artemisia siberi* through the measurement of plant's dimensions (Case study: southwest Sabzevar). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 20(1): 1-10. (In Persian).
6. Gholami, L., N. Karimi, and A. Kavian. 2017. Soil bioengineering methods used in water management and stabilization of steep slopes. *Ecologyhydrology*, 4(1): 149-162. (In Persian)
7. Hanifehpur, M., N. Mashhadi, and H. Khosravi. 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)

8. Hosseini, S.A., M. Raeini, F. Sharifi, and M. Gholami. 2018. Evaluation of bio mulch erodibility on steep lands using rainfall simulation. *Watershed Engineering and Management*, 10 (1): 108-120. (In Persian)
9. Javandoost, H., M. Ong, M. Hasanalizadeh, and R. Sekoti. 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)
10. Karimzadeh, J., H. Monirifar, A. Abdi Ghazijahani, and A. Razban Haghighi. 2013. Grouping of *Agropyron tauri* populations based on morphological traits. *Rangeland and Desert Research*, 19 (4): 693-702. (In Persian)
11. Maerker, M., C. Sommer, R. Zakerinejad, E. Cama. 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.
12. Nyssen, J., J. Poesen, D. Gebremichael, K. Vancampenhout, M. D'aes, G. Yihdego, and N. Haregeweyn. 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.
13. Refahi, H.Q. 2015. *Water erosion and its control*. Tehran University Press, 4th edition, 671 p.
14. Saboohi, R., and H. Barani. 2016. Climatic Characteristics of the Natural Habitats of *Astragalus gossypinus* Fisher in Isfahan Province. *Applied Ecology*, 5 (16): 13-29. (In Persian)
15. Sadeghi, S.H.R., R. Mostafazadeh, and A. Sadeddin. 2015. Sediment response and sediment metric loops to type and spatial distribution of land use. *Watershed Engineering and Management*, 7(1): 15-26.
16. 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
17. Sadeghi, S.H.R., H. Kheirfam, and B. Zarei Darki, 2020. Controlling runoff generation and soil loss from field experimental plots through inoculating cyanobacteria. *Journal of Hydrology*, 124814.
18. Sadeghi, S.H.R., A. Jafarpour, M. Farajollahi, D. Khatibi Rudbarsara, M. M. Sefidcheghayi, M. Zabihi, and H. Azarniya. 2021. Biological Management of Soil Erosion (Case Study: Gavinshan Watershed, Kermanshah Province). *Water and Soil*, 35(4): 551-566.
19. Sadeghi, S.H.R., A. Jafarpour, M. Zabihi Silaby, M. Mulla Shahi, M. Naghdi, and E. Farzadfar. 2021. Soil erosion biomangement model in watersheds (Applied Study: Glazchay Oshnavieh, West Azarbaijan). *Iran Soil and Water Research*, 52(4): 997-1010.
20. Saduq, S.H., M.M. Hosseinzadeh, and F. Azadi. 2015. Determining the erosion in Kahman drainage basin using EPM, BLM and Fargas models. *Hydrogeomorphology*, 2(2): 137-154.
21. Salehi, M., and R. Kalvandi. 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).
22. 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).
23. Shojaei S, Noura M, Habibi-mood S. 2019. Estimation of sedimentation and erosion using MPSIAC, FSM and direct measurement methods in Gabric watershed, South-eastern of Iran. *Environmental Erosion Research*. 8 (4): 82-100. (In Persian).
24. Sofo, 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.
25. Talebikhiavi, H., M. Zabihi and R. Mostafazadeh. 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.
26. Vahabi, M.R., M. Basiri, M.R. Moghadam, and A.A. Masoumi. 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)
27. Vianna, V.F., M.P. Fleury, G.B. Menezes, A.T. Coelho, C. Bueno, J. Lins da Silva, and M.P. Luz. 2020. Bioengineering Techniques Adopted for Controlling Riverbanks' Superficial Erosion of the Simplicio Hydroelectric Power Plant, Brazil. *Sustainability*, 12(19), 7886.
28. Wulanningtyas, H.S., Y. Gong, P. Li, N. Sakagami, J. Nishiwaki, and M. Komatsuzaki. 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.
29. Yousefi Mobarhan, E., and H. Peyrowan. 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.
30. Zakerinejad, R., and M. Maerker. 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.

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

Seyed Hamidreza Sadeghi<sup>1</sup>, Mahin Kalehoe<sup>2</sup>, Faezeh Kamari Yekdangi<sup>3</sup>, Majid Radkianpour<sup>4</sup> and Yousef Dadizadeh<sup>5</sup>

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

Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University

M.Sc. Student, Department of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University

Recived: 11 August, 2022 Accepted: 25 February, 2023

### Extended Abstract

**Introduction and Objective:** Soil erosion is one of the most important types of land destruction, which poses serious problems for humanity. Evaluating the state and spatial extent of land erosion has become an important requirement in developing countries. Biological management is recommended as an appropriate and effective means of controlling soil erosion in the early stages of all types of soil erosion as a required approach. Nevertheless, less attention has been given to biological measures in the control of soil erosion. Therefore, current research has been conducted to apply the biological management in the Kilanbar Watershed in Kermanshah Province, Iran.

**Materials and Methods:** After preparing and combining layers of elevation, direction and steepness of slope in the geographic information system (GIS) software, and according to expert opinion, 14 work units were extracted in Kilanbar watershed. The state of soil erosion was completed based on the scoring of the BLM sheet in each work unit based on the visual and expert opinions, and a map of the erosion pattern was prepared in the work units. Then ambrotropic and hyterograph were drawn using 30-year precipitation and temperature data of Ravansar synoptic station, in order to determine the period of drought and wet condition and to determine suitable plants with the characteristics of the region. The climatic-agricultural map was also prepared and integrated in GIS using the meteorological station data of temperature, precipitation and evaporation and transpiration, and finally, plant species were selected according to ecological expectations for watershed biological measures.

**Results:** According to the results of the BLM sheet, one work unit is in partial erosion condition, 8 work units are in low condition and 5 other work units are in medium erosion condition. According to the map of the erosion pattern, the majority of the studied area, about 70% of the watershed, is in a low and medium erosion state, which naturally confirmed the high ability to use the appropriate method of biological measures to control soil erosion. According to ambrothermic and hyterograph, June to September were dry months, and precipitation changes were greater than temperature in October to May. According to the climatic-agricultural map, the region is divided into 5 class, which respectively, class 4 and 1 with 4819.3 and 364.83 ha have the largest and smallest area. Finally, the zoning of suitable pasture species in the watershed showed that in the region, pasture species of *Asteragalus ascendes*, *Avena fatua*, *Picnomon sp.*, *Achillea millefolium*, *Bromus tomentellus*, and *Hordum blubosum* formed the dominant part of the region. Based on this, the selection of plant species appropriate to the conditions of the study watershed, conservation and promotion measures in agriculture, preservation of the ecological privacy of the river and prevention of land use change for the study area were done.

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