








Nature-based Management of Soil Erosion in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran

Seyed Hamidreza Sadeghi^{*1}, Negin Rashidi², Fatemeh Abdolbaghi³,
Sahar Mousavian⁴, Marjan Bahlekeh⁵, Mahin Kalehhouie⁶,
Mostafa Zabihi Silabi⁷

1. Corresponding Author, Professor, Dept. of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: sadeghi@modares.ac.ir
2. M.Sc. Student of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: neginr867@gmail.com
3. M.Sc. Student of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: fatemehabdolbaghi77@gmail.com
4. M.Sc. Student of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: s_mousavian@modares.ac.ir
5. Ph.D. Student of Watershed Management Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: marjan.bahlekeh@modares.ac.ir
6. Ph.D. Graduate of Watershed Management Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: mahin6936@gmail.com
7. Ph.D. Student of Watershed Management Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: mostafazabihi1373@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 06.21.2024
Revised: 08.05.2024
Accepted: 10.05.2024

Keywords:
Adapted Plant Species,
Agro-climatic Zoning,
Biological Management,
Watershed Management

ABSTRACT

Background and Objectives: Soil erosion and its consequences, exacerbated by the intensification of human exploitation of nature, has had a detrimental impact on ecosystems. It is also, considered one of the main vulnerable factors of resource stability and sustainable development. Soil erosion poses a threat to approximately 36% of agricultural lands and 60% of all soils in Iran. The use of biological methods has shown significant results and impacts in the initial stages of erosion. The increasing erosion rate underscores the necessity of utilizing biological methods in conjunction with bioengineering methods, engineering, and other structural measures. However, the use of nature-based to management soil erosion has yet to be widely accepted due to the lack of a suitable implementation model by project implementation agencies. This study was therefore conducted to address the urgent need for the nature-based management of erosion in the Shazand Watershed, located in the Markazi Province, due to the high prevalence of manageable distributed erosion.

Materials and Methods: To determine the initial land units, the elevation, slope, and geologic maps of the Shazand Watershed were combined. Then the soil erosion status was completed based on the scoring table of the seven factors of the BLM model, in land units based on field visits and expert opinions, and then the erosion feature map was prepared. In the next step, in order to ensure the results of the erosion feature map, the leaf area index map was prepared using the MSI sensor data of the Sentinel-2 satellite. Then, the Ambrothermic diagram, hythergraph, and climate-biological map were prepared for the entire watershed. In the following, livestock density in different agro-climatic class was investigated, and

suitable species were ultimately presented from the list of dominant species in the region.

Results: The assessment of the BLM model revealed that among the 15 land units, one land unit (12%) was in the state of partial erosion, nine land units (58%) were in the state of low erosion, four land units (25%) were in the state of moderate erosion, and a land unit (3%) had the highest erosion rate. The soil erosion situation within the watershed was in the lowest class, with a score of 36.53. The erosion map analysis and the obtained leaf surface indices confirmed the accuracy of field measurements against remote sensing data. The Ambrothermic diagram further showed that the months from May to October are dry, while June to August are the driest months of the year in the study area. According to the agroclimatic studies, zones 5 and 2 have the highest livestock density, with 36% and 19%, respectively. Finally, *Agropyron desertorum*, *Secale montanum*, *Bromus tomentellu*, *Onobrychis sativa*, *Artemisia siberi*, and *Amygduluse orientalis* were selected to be used for reclamation purposes in different zones. These results hold the potential to be a game-changer in environmental soil erosion management at early stages using various types of endemic species.

Conclusion: The findings of this study are of significant importance, emphasizing the pressing need for effective watershed erosion management. By harnessing the restoration capabilities of the ecosystem, we can create opportunities and the necessary conditions for rejuvenating various parts of the watershed. This approach, when combined with appropriate and straightforward solutions, can make a substantial contribution to the mitigation of soil erosion in the Shazand Watershed and beyond.

Cite this article: Sadeghi, Seyed Hamidreza, Rashidi, Negin, Abdolbaghi, Fatemeh, Mousavian, Sahar, Bahlekeh, Marjan, Kalehhouie, Mahin, Zabihi Silabi, Mostafa. 2025. Nature-based Management of Soil Erosion in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*, 31 (4), 1-34.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2025.22558.3737

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک در حوزه آبخیز شازند، استان مرکزی

سیدحمیدرضا صادقی*^۱، نگین رشیدی^۲، فاطمه عبدالباقی^۳، سحر موسویان^۴،
مرجان بهلکه^۵، مهین کله‌هوئی^۶، مصطفی ذبیحی سیلابی^۷

۱. نویسنده مسئول، استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: sadeghi@modares.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: neginr867@gmail.com
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: fatemehabdolbaghi77@gmail.com
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: s_mousavian@modares.ac.ir
۵. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: marjan.bahlekeh@modares.ac.ir
۶. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: mahin6936@gmail.com
۷. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. رایانامه: mostafazabihi1373@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت، اثرات منفی خود را بر بوم‌سازگان وارد کرده است. هم‌چنین از عوامل اصلی تهدیدکننده پایداری منابع و توسعه پایدار به‌شمار می‌رود. به‌طوری‌که حدود ۳۶ درصد از زمین‌های کشاورزی و ۶۰ درصد از کل خاک‌های ایران در معرض خطر فرسایش قرار دارند. استفاده از روش‌های زیستی بیش‌تر در مراحل ابتدایی فرسایش به‌مراتب نتیجه و اثر بیش‌تری خواهد داشت. ضرورت کاربرد روش‌های زیستی با روش‌های زیست‌مهندسی، مهندسی و سایر اقدامات سازه‌ای آبخیزداری با افزایش میزان فرسایش نمود بیش‌تری خواهد داشت. باوجوداین، استقبال لازم از مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک به سبب عدم الگوی اجرایی مناسب توسط کارشناسان اجرایی صورت نگرفته است. ازاین‌رو، پژوهش حاضر باهدف مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک در حوزه آبخیز شازند واقع در استان مرکزی به سبب غلبه فرسایش توزیعی و قابل مدیریت انجام شد.
تاریخ دریافت: ۰۳/۰۴/۰۱ تاریخ ویرایش: ۰۳/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۰۳/۰۷/۱۴	
واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی اقلیمی-کشاورزی، گونه‌های گیاهی سازگار، مدیریت آبخیز، مدیریت زیستی	مواد و روش‌ها: به همین منظور نخست واحدهای کاری از تلفیق لایه‌های ارتفاع، شیب و زمین‌شناسی حوزه آبخیز شازند تعیین شد. سپس وضعیت فرسایش خاک بر اساس جدول امتیازدهی عوامل هفت‌گانه مدل BLM، در واحدهای کاری بر اساس بازدید میدانی و نظرات کارشناسی تکمیل و سپس نقشه سیمای فرسایشی تهیه شد. در مرحله بعد به‌منظور اطمینان از نتایج نقشه سیمای فرسایشی نقشه شاخص سطح برگ با استفاده از داده‌های سنجنده MSI

ماهواره Sentinel-2 تهیه شد. سپس منحنی آمبروترمیک و هایترگراف و نقشه اقلیمی-کشاورزی برای آبخیز مورد مطالعه به دست آمد. در ادامه تراکم دام در رده‌های اقلیمی-کشاورزی مختلف بررسی و در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده گونه‌های گیاهی مناسب از مجموعه فهرست گونه‌های غالب منطقه ارائه شد.

یافته‌ها: با توجه به ارزیابی جدول BLM از بین ۱۵ واحدکاری، یک واحدکاری (۱۲ درصد) در وضعیت فرسایشی جزئی، نه واحدکاری (۵۸ درصد) در وضعیت فرسایشی کم، چهار واحدکاری (۲۵ درصد) در وضعیت فرسایشی متوسط و یک واحدکاری (سه درصد) در وضعیت فرسایشی زیاد قرار دارد. وضعیت کلی فرسایش خاک در آبخیز مطالعاتی با امتیاز ۳۶/۵۳ در طبقه کم قرار گرفته است. همچنین بررسی نقشه‌های سیمای فرسایش و شاخص سطح برگ به دست آمده بیانگر تطابق اندازه‌گیری‌های میدانی با داده‌های سنجش‌ازدور داشت. براساس نمودار آمبروترمیک، ماه‌های اردیبهشت تا مهر خشک بوده و در این بین خرداد، تیر و مرداد خشک‌ترین ماه سال در منطقه مورد مطالعه بوده است. بر طبق نتایج این پژوهش رده‌های اقلیمی-کشاورزی پنج و دو به ترتیب با ۳۶ و ۱۹ درصد بیش‌ترین تراکم دام را به خود اختصاص داده است. در نهایت گونه‌ها شامل علف گندمی بیابانی، چاودار کوهی، علف پشمکی، اسپرس، درمنه دشتی و بادام‌کوهی انتخاب و پهنه‌بندی استفاده از آن‌ها ارائه شد. این نتایج دارای پتانسیل تغییر بازی در مدیریت فرسایش خاک در مراحل ابتدایی با بهره‌گیری از انواع مختلف گونه‌های بومی را دارد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه با تأکید بر نیاز ضروری به مدیریت مؤثر فرسایش حوضه از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است. با بهره‌گیری از قابلیت‌های بازیابی بوم‌سازگان می‌توان فرصت و شرایط لازم برای احیای بخش‌های مختلف حوضه را ایجاد کرد. این رویکرد، هنگامی که با راه‌حل‌های مناسب و ساده ترکیب شود، می‌تواند سهم قابل‌توجهی در کاهش فرسایش خاک در حوزه آبخیز شازند و فراتر از آن را داشته باشد.

استناد: صادقی، سیدحمیدرضا، رشیدی، نگین، عبدالباقی، فاطمه، موسویان، سحر، بهلکه، مرجان، کله‌هویی، مهین، ذبیحی سیلابی، مصطفی (۱۴۰۳). مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک در حوزه آبخیز شازند، استان مرکزی. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۳۱ (۴)، ۱-۳۴.

DOI: 10.22069/jwsc.2025.22558.3737



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

فرسایش خاک می‌تواند ناشی از توسعه‌یافتگی غیراصولی و عوامل مؤثر در آن مانند افزایش فزاینده جمعیت، جنگل‌زدایی^۱ و عدم توجه به ظرفیت خاک باشد و هم‌چنین ناشی از عقب‌افتادگی در بهره‌برداری و مدیریت صحیح منابع نظیر چرای بی‌رویه دام، کشت غیراصولی و سستی، تخریب پوشش گیاهی باشد، به همین دلیل فرسایش خاک به‌عنوان یک مشکل جهانی، یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده منابع طبیعی، کشاورزی و تخریب زمین است (۱). میزان متوسط فرسایش خاک در سراسر جهان بین ۱۲ تا ۱۵ تن در هکتار در سال برآورد شده است و بنابراین پیش‌بینی می‌شود بیش از یک‌چهارم از خاک‌های جهان طی ۴۵ سال آینده حاصلخیزی خود را از دست بدهند (۲). برآوردها نشان می‌دهد که متوسط فرسایش در ایران نیز ۳۰ تا ۳۵ تن در هکتار در سال است. فرسایش خاک در ایران از عوامل اصلی تهدیدکننده پایداری منابع و توسعه پایدار به شمار می‌رود، به‌طوری‌که حدود ۳۶ درصد از زمین‌های کشاورزی و ۶۰ درصد از کل خاک‌های ایران در معرض خطر فرسایش قرار دارند (۳). در این راستا فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت، اثرات منفی خود را بر بوم‌سازگان وارد کرده است (۴). علاوه بر این‌ها وقوع سیل، آلودگی محیط‌زیست و مسدود شدن راه‌ها نیز از دیگر پیامدهای فرسایش خاک است (۵).

حفاظت خاک و طبعاً حفظ طولانی‌مدت خدمات متنوع و مهم آن تا حد زیادی منوط به مدیریت صحیح منابع خاک است که تحت‌تأثیر میزان فرسایش خاک و تغییرات مواد آلی خاک قرار می‌گیرد. در نتیجه مدیریت صحیح می‌تواند آسیب‌های وارده به خاک را کاهش داده و از طرفی این آسیب‌ها را جبران کند.

1- Deforestation

هدف از اقدامات حفاظت خاک، اطمینان از این مسأله است که نحوه استفاده از زمین به‌گونه‌ای باشد که یک بهره‌برداری متعادل و پایدار صورت بگیرد، به‌طوری‌که هیچ‌گونه تخریب تدریجی در خاک صورت نگیرد (۶). در این راستا مهار و مدیریت فرسایش خاک به‌ویژه در مراحل اولیه آن در مدیریت منابع طبیعی اهمیت زیادی دارد (۷). با توجه به هزینه‌های بالای مهار فرسایش خاک، انتخاب دقیق فناوری‌های عملی و کارا پیش‌نیاز مدیریت پایدار زمین^۲ است (۸)؛ بنابراین ارائه راهکارهای مدیریتی مستقیم و غیرمستقیم متعددی به‌منظور کاهش میزان و اثرات سوء آن از اولین مراحل شروع فرسایش ضرورت دارد (۹). در هر حال باید توجه داشت که استفاده از روش‌های زیستی بیش‌تر در مراحل ابتدایی فرسایش (پاشمانی^۳، سطحی^۴ و بین‌شیاری^۵) به‌مراتب نتیجه و اثر بیش‌تری خواهد داشت و هر چه فرسایش توسعه و شدت بیش‌تری پیدا کند همراهی روش‌های زیستی با روش‌های زیست‌مهندسی و مهندسی^۶ و سایر اقدامات سازه‌ای آبخیزداری از ضرورت بیش‌تری برخوردار خواهد بود. از جمله روش‌های مدیریت محیط‌زیستی^۷ استفاده از پوشش گیاهی به‌عنوان یک سپر حفاظتی از خاک است که باعث استحکام خاک شده و حجم رواناب را کاهش داده و از تخریب خاک تا حد زیادی می‌کاهد (۱۰). پوشش گیاهی به‌واسطه داشتن نقش حفاظتی در مقابل برخورد قطرات باران، ربایش و هم‌چنین حفظ و افزایش کربن آلی موجود در خاک سبب حفظ و یا پایداری خاکدانه‌های مقاوم می‌شود که نتیجه آن حفاظت خاک است (۱۱). علاوه بر آن پوشش گیاهی می‌تواند در نگهداری خاک

2- Sustainable Land Management

3- Splash Erosion

4- Surface Erosion

5- Interrill Erosion

6- Mechanical/ Engineering Measures

7- Environmental Management

هدررفت خاک به ترتیب و به‌طور متوسط ۲۷ و ۳۷ درصد کاهش داشته است. همچنین بر طبق این پژوهش عملیات حفاظت خاک و آب اجرا شده در سطح آبخیز، تولید رسوب را حدود ۷۴ درصد کاهش داده است (۱۸). دو و همکاران (۲۰۲۱) نیز در پژوهشی به مقایسه تولید کشاورزی با و بدون شیوه‌های مدیریت حفاظتی در نقاط مختلف چین، ایالات متحده آمریکا، اروپا و آفریقا پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که در شیوه‌های مختلف مدیریت حفاظتی، رواناب سطحی و فرسایش به ترتیب ۶۷ و ۸۰ درصد نسبت به شاهد روند کاهشی داشتند (۱۹). یوسفی‌موبرهان و پیروان (۲۰۲۲) نیز 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 کاربست BLM^۱ 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 (۲۰). اخیراً اناجی و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی تأثیر شیوه‌های آبخیزداری بر پوشش گیاهی، تغییرات کاربری اراضی و فرسایش خاک در آبخیز رودخانه اطلس مراکش پرداختند. این پژوهش باهدف تجزیه و تحلیل تعاملات بین گیاهان، خاک، زمین‌شناسی، هواشناسی انجام شد. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که مناطقی با پوشش گیاهی متراکم‌تر میزان فرسایش خاک کم‌تری را تجربه می‌کنند. این مطالعه روابط بین تغییرات کاربری زمین، پوشش گیاهی و پویایی فرسایش خاک را نشان داده است و دیدگاه‌های ارزشمندی را برای شیوه‌های مدیریت پایدار زمین در مناطق کوهستانی مراکش ارائه داده است (۲۱).

در محل‌های معین و به دام‌اندازی رسوب و پیشگیری از حرکت آن در سطح زمین نقش مهمی داشته باشد (۱۲ و ۱۳). بنابراین در دهه‌های اخیر بهره‌گیری از پوشش گیاهی، به‌عنوان یکی از روش‌های زیستی، بسیار مورد توجه قرار گرفته است که از مزایای این روش می‌توان به افزایش پایداری شیب‌ها باگذشت زمان و تجدید حیات طبیعی اشاره نمود (۱۴)؛ اگرچه بررسی میزان، نوع، فرآیند و حتی توزیع زمانی و مکانی فرسایش برای مدیریت موفق زیستی خاک ضرورت دارد (۱۵).

در این زمینه مطالعات متعددی وجود دارد که اثر برنامه‌های مدیریتی، حفاظتی و تغییرات آن بر فرسایش را تصدیق می‌کند. از جمله این پژوهش‌ها مقدمی‌راد و همکاران (۲۰۱۸) به ارزیابی اثر تراکم پوشش گیاهی بر رواناب و فرسایش بین‌شبیاری در ترانشه خاک‌برداری جاده جنگلی کوه‌میان-آزادشهر پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که اثر پوشش گیاهی ترانشه به‌طور مثبت معنی‌دار است (۱۶). سوری‌نژاد (۲۰۱۹) نیز به برآورد رسوب ویژه و تعیین کانون‌های فرسایش‌پذیر حوزه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش تجربی EPM پرداخت. بر اساس نتایج حدود ۱۳ درصد از مساحت آبخیز دارای طبقه فرسایشی شدید بوده است. در سایر حوزه آبخیزهای فرعی نیز رسوب سالانه نسبتاً کم و میانگین وزنی آورد سالانه رسوب کل آبخیز حدود ۴/۶۳ تن در هکتار بوده است (۱۷). هم‌چنین یاکوب و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی تأثیر کاربری‌های مختلف زمین و اقدامات حفاظت خاک و آب بر تولید رواناب و رسوب در مقیاس حوزه آبخیز و کرت در ارتفاعات اتیوپی پرداختند. نتایج ایشان تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در هر دو مقیاس کرت و حوزه آبخیز را نشان داد، به‌طوری‌که با انجام عملیات حفاظت خاک و آب در سطح کرت، رواناب و

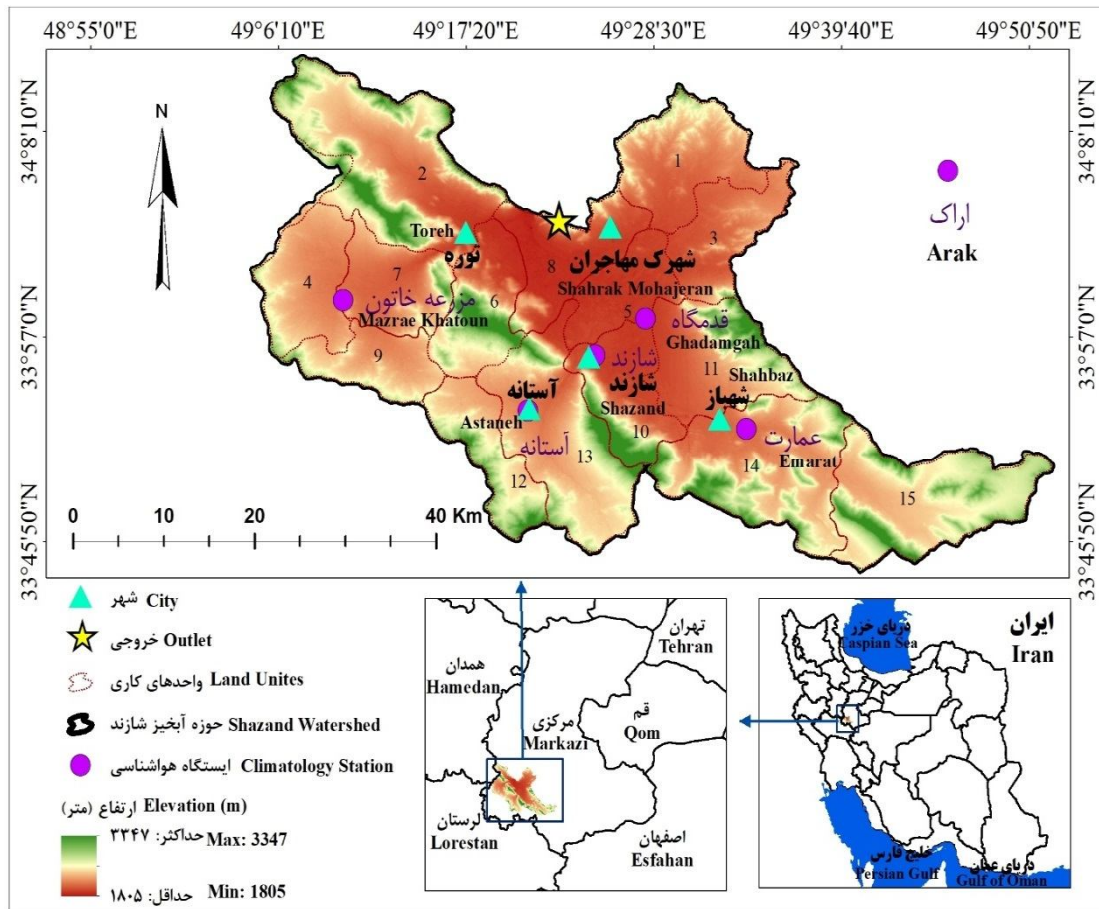
1- Bureau of Land Management

مرکزی، به‌عنوان یکی از حوزه آبخیز فرعی دریاچه نمک انجام شده است. رودخانه خروجی آبخیز با دبی متوسط $3/86$ مترمکعب بر ثانیه، در پایین‌دست پس از ادغام با سرشاخه‌های اصلی رودخانه قره‌چای در استان همدان، در نهایت به سد الغدیر ساوه منتهی می‌شود (۲۵). مقدار متوسط بارندگی و دمای سالانه حوزه آبخیز شازند طی دوره زمانی (۱۳۷۶-۱۳۹۵) به ترتیب 420 میلی‌متر و 12 درجه سانتی‌گراد است. شکل ۱ نمایی از موقعیت منطقه مورد مطالعه و واحدهای کاری حوزه آبخیز شازند در استان و کشور را نشان می‌دهد. در رویکرد مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک، نخست آمار، اطلاعات و پیشینه مطالعاتی و پژوهشی جمع‌آوری شد. سپس نقشه واحدهای کاری از لایه‌های اطلاعاتی شامل شیب و زمین‌شناسی و ارتفاع (برگرفته از اطلاعات اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی) استخراج شد. قابل‌ذکر است در این پژوهش از نقشه رقومی ارتفاع 30 متری استفاده شده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مذکور با ترکیب لایه‌ها نقشه اولیه واحدهای کاری منطقه به‌دست آمد. اصلاحات لازم در نقشه واحدهای کاری از طریق ادغام واحدهای با مساحت کم‌تر از 300 هکتار در نزدیک‌ترین واحدکاری انجام و نهایتاً 15 واحدکاری باقابلیت انجام اقدامات مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک حوزه آبخیز استخراج شد. در ادامه به‌منظور تعیین وضعیت فرسایشی در هر واحدکاری با بازدید صحرایی و تهیه عکس با استفاده از روش BLM (۲۶) بر اساس نظرات کارشناسی هشت نفر در حوزه تخصصی از جمله اساتید و کارمند اداره منابع طبیعی و دانشجویان رشته تخصصی، طی بازدید میدانی چندروزه و با بررسی عوامل ۷گانه مدل BLM مندرج در جدول ۱ در هر یک از واحدهای کاری تکمیل و میانگین گرفته شد.

با توجه به پیشینه پژوهشی فرسایش خاک به علت از بین رفتن پوشش گیاهی، تغییر کاربری اراضی، کشت روی اراضی شیب‌دار و عدم مدیریت صحیح اراضی و کاهش میزان بارندگی به‌شدت در حال افزایش است، بااین‌حال مطالعات کمی در زمینه مدیریت محیط‌زیستی فرسایش خاک در کشور صورت گرفته است. در این ارتباط صادقی و همکاران (۲۰۲۱ الف) با ارائه الگوی مدیریت زیستی فرسایش خاک در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان غربی نشان دادند که به ترتیب 24 و 76 درصد از منطقه در وضعیت فرسایش کم و متوسط قرار دارد و برای مدیریت زیستی منطقه گونه‌های مرتعی مناسب را پیشنهاد نمودند (۲۲). در همین سال در پژوهش دیگری از صادقی و همکاران (۲۰۲۱ ب)، در حوزه آبخیز گاوشان استان کرمانشاه نشان دادند که بیش از نیمی از حوزه آبخیز قابلیت انجام اقدامات زیستی با استفاده از گونه‌های بومی برای مهار فرسایش غالب منطقه را دارد (۲۳). حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی یکی از حوضه‌های مهم و صنعتی کشور است که میزان فرسایش کل و ویژه آبخیز در این منطقه مطابق برآوردها با مدل IntEro به‌ترتیب برابر $410637/30$ مترمکعب در سال و $236/09$ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال برآورد شده است (۲۴). به همین تقدیر پژوهش حاضر باهدف بهره‌گیری از رویکرد مدیریت محیط‌زیست-محور به‌عنوان راهکار مناسب زیستی برای مهار فرسایش در حوزه آبخیز شازند برنامه‌ریزی شده است. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش به‌عنوان رویکردی مدیریتی در مهار فرآیند فرسایش‌های ابتدایی با استفاده از پوشش گیاهی بومی قابلیت استفاده دارد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: پژوهش حاضر در حوزه آبخیز شازند با مساحت 1740 کیلومترمربع واقع در استان



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و واحدهای کاری حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی و ایران.

Figure 1. Geographical location and land units of the Shazand Watershed in Markazi Province and Iran.

واحدهای کاری تعیین شد. در مرحله بعد به منظور اطمینان از نتایج نقشه سیمای فرسایشی نقشه شاخص سطح برگ^۳ (نسبت وسعت سطح برگ‌ها به سطح تاج پوشش) از داده‌های سنجنده MSI ماهواره Sentinel-2 تهیه شد (۲۹). تصاویر از سایت سازمان فضایی اتحادیه اروپا با مبنای WGS84 دریافت شد. هم‌چنین از باندهای ۲ (آبی)، ۳ (سبز)، ۴ (قرمز) و ۸ (مادون قرمز نزدیک) با اندازه تفکیک ۱۰ متری و از باندهای ۵، ۶، ۷، ۸a (باندهای لبه قرمز) و ۱۱، ۱۲ (SWIR) با اندازه تفکیک ۲۰ متری استفاده شد.

دلیل استفاده از روش BLM توجه کافی آن به نوع و شدت انواع فرسایش خاک و بنابراین امکان تهیه نقشه سیمای فرسایشی برای شناسایی مناطق باقابلیت کاربست مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک بوده است (۲۷). سپس برحسب مجموع امتیازات، وضعیت فرسایشی هر واحدکاری به صورت جزئی (۰-۲۰)، کم (۲۱-۴۰)، متوسط (۴۱-۶۰)، زیاد (۶۱-۸۰) و خیلی زیاد (۸۱-۱۰۰) طبقه‌بندی شد (۲۸). پس از تکمیل جدول BLM، وضعیت فرسایشی با لحاظ نوع، شدت و مساحت انواع فرسایش (سطحی، شیاری^۱ و آب‌کندی^۲) در

3- Leaf Area Index

1- Rill Erosion
2- Gully Erosion

جدول ۱- متغیرهای مورد استفاده در مدل BLM برای ارزیابی صحرایی وضعیت فرسایش خاک (۳۰).

Table 1. Variables used in BLM model for field assessment of soil erosion status (30).

امتیاز کمی Quantitative Score	تشریح وضعیت سطح خاک Description of the Condition of the Soil Surface	متغیر Variable
0-3	فرسایش فراوانی دیده نمی شود. No noticeable erosion is seen.	
4-5	فرسایش و حمل مواد بسیار جزئی وجود دارد. There is very low material erosion and transport.	
6-8	فرسایش و حمل مواد موجب تشکیل برجستگی های کوچک به ارتفاع چند سانتی متر می شود. Erosion and transport of materials causes the formation of small ridges with a height of several centimeters.	وضعیت حرکت خاک
9-11	پس از هر بارندگی آثار تجمع خاک در پشت موانع دیده می شود. After each rain, traces of soil accumulation can be seen behind the barriers.	Soil Movement Status
12-14	لکه های سفید یا خاکستری در سطح زمین مشاهده شده و آثار فرسایش بادی و تشکیل تپه های ماسه ای دیده می شود. White or gray spots are observed on the surface of the earth, and the effects of wind erosion and the formation of sand dunes are seen.	
0-3	لاشبرگ، به عبارت دیگر تشکیل هوموس فراوان است. Humus, in other words, the formation of humus is significant.	
4-6	مقداری از لاشبرگ تخریب شده و یا حمل شده است. Some of the humus has been destroyed or transported.	
7-8	مقدار بیش تری از بقایای گیاهی حمل و در داخل آبراهها در کنار موانع برجا گذاشته شده است. Most of the plant remains are transported and left inside the waterways next to the obstacles.	بقایای گیاهی
9-11	اغلب لاشبرگها به وسیله جریان آب حمل و در مسیر خود در کنار موانع به جا گذاشته شده است. Most of the humuses is carried by the water flow and left on its way next to the obstacles.	Plant Remnants
12-14	لاشبرگ سطحی بسیار کم و یا وجود ندارد. There is very little or no surface humus.	
0-2	سطح زمین به صورت توده سنگی، بیرون زدگی سنگی و یا به شکل سنگ فرس به صورت یکنواخت پوشیده شده است. The surface of the earth is uniformly covered in the form of stone masses, stone protrusions, or in the form of cobblestones.	
3-5	پوشش سنگی در تمام سطح پوشیده شده است ولی مناطقی نیز بدون پوشش سنگی مشاهده می شود. Stone cover is covered on the entire surface, but there are also areas without stone cover.	وضعیت سنگ و
6-8	پوشش سنگی به صورت پراکنده مشاهده می شود. Stone cover is seen scattered	سنگریزه
9-11	پراکندگی پوشش سنگی زیاد است، به طوری که آثار فرسایش نیز مشاهده می شود (روی دشت سرها). The dispersion of stone cover is high, so that the effects of erosion are also observed (on the plains).	Rock Status
12-14	به دلیل فرسایش زیاد پوشش سنگی از بین رفته است (این وضعیت بیش تر روی دشتها دیده می شود). Due to high erosion, the stone cover has been lost (this situation is mostly seen on the plains).	

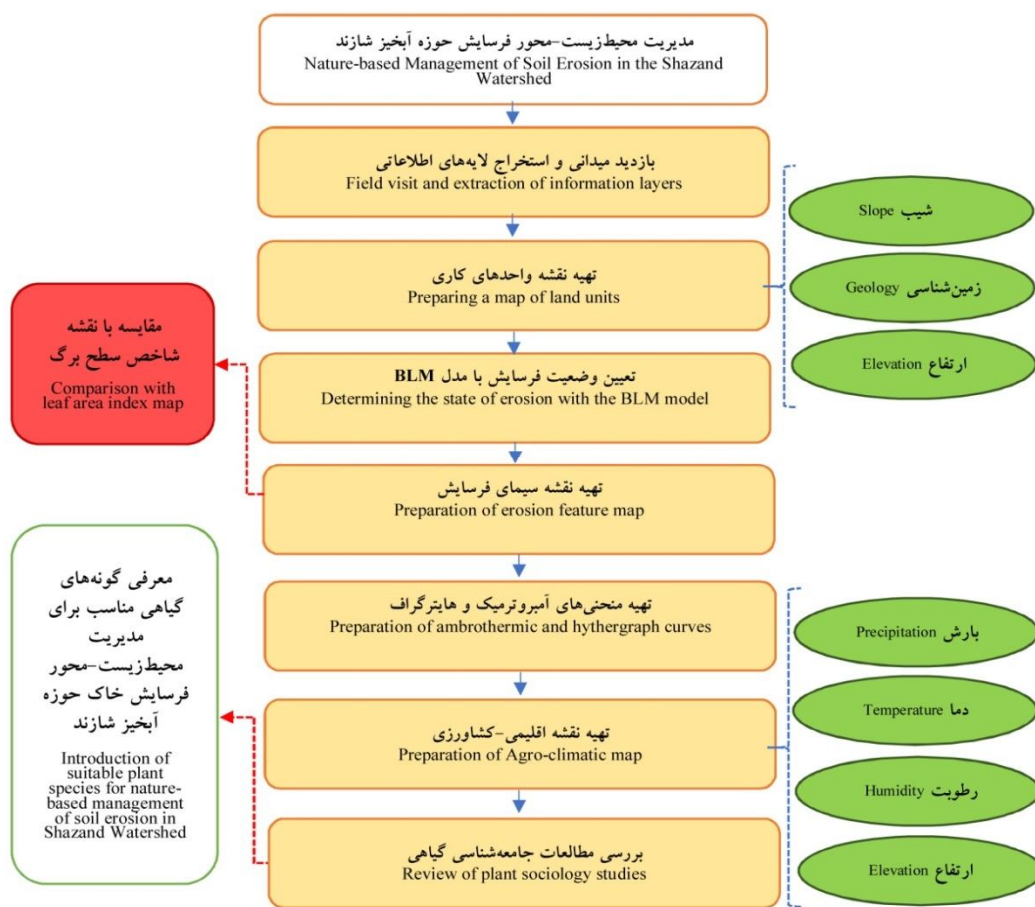
ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

امتیاز کمی Quantitative Score	تشریح وضعیت سطح خاک Description of the Condition of the Soil Surface	متغیر Variable
0-3	آثار قابل ملاحظه‌ای از خالی شدن زیر سنگ‌ها و یا عریان شدن ریشه گیاهان مشاهده نمی‌شود. There are no noticeable effects of emptying under the stones or exposing the roots of plants.	
4-6	پدیده خالی شدن و حمل خاک در زیر سنگ‌ها و نیز عریان شدن ریشه گیاهان به میزان کم وجود دارد. There is the phenomenon of emptying and transporting the soil under the stones, as well as exposing the roots of plants to a small extent.	
7-9	خالی شدن خاک اطراف سنگ‌ها و آثار عریان شدن ریشه گیاهان روی دامنه و یا در داخل آبراه‌ها مشاهده می‌شود. The emptying of the soil around the stones and the effects of the bare roots of the plants can be seen on the slope or inside the waterways.	مجسمه‌های فرسایشی Pedestals Erosion
10-12	حمل خاک اطراف سنگ‌ها و همچنین عریان شدن ریشه گیاهان در نتیجه پدیده فرسایش نسبتاً زیاد است. The carrying of soil around the stones and the exposure of plant roots as a result of the phenomenon of erosion is relatively high.	
13-14	خاک اطراف سنگ‌ها و نیز ریشه اغلب گیاهان در نتیجه فرسایش عریان شده و این پدیده در بیش تر منطقه دیده می‌شود. The soil around the stones as well as the roots of most of the plants are exposed as a result of erosion and this phenomenon is seen in most of the region.	
0-3	فرسایش شیاری وجود ندارد و یا مراحل ابتدایی تشکیل شیاری دیده می‌شود. There is no rill erosion or the initial stages of furrow formation are seen.	
4-6	فرسایش شیاری وجود دارد، عمق شیاری حدود ۱/۵ سانتی‌متر و فاصله شیاریها بیش تر از سه متر است. There is rill erosion, the depth of the rilles is about 1.5 cm and the distance between the rilles is more than three meters.	
7-9	عمق شیاریها ۱/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر بافاصله حدود سه متر، دامنه لخت و بدون پوشش گیاهی است. The depth of the rilles is 1.5 to 15 cm with a distance of about three meters, the area is bare and without vegetation.	فرسایش شیاری Rill Erosion
10-12	عمق شیاریها ۱/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر ولی فاصله شیاریها بین ۱/۵ تا سه متر و دامنه لخت و عاری از پوشش گیاهی است. The depth of the rilles is 1.5 to 15 cm, but the distance between the rilles is between 1.5 and 3 meters and the area is bare and devoid of vegetation.	
13-14	عمق شیاریها ۱/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر بافاصله کم‌تر ۱/۵ متر و دامنه لخت و عاری از پوشش گیاهی است. The depth of the rilles is 7.5 to 15 cm with a shorter distance of 1.5 meters and the slope is bare and free of vegetation.	
0-3	آبراه‌ای در سطح زمین دیده می‌شود. A waterway can be seen on the ground.	
4-6	مواد برجای مانده در کف آبراه تا حدودی مشهود هستند. The remaining materials on the bottom of the waterway are visible to some extent.	
8-9	مواد برجای مانده در کف آبراه به ترتیب اندازه ته نشین شده‌اند. The remaining materials are deposited on the bottom of the waterway in order of size.	شکل آبراهه Ravine Form
10-12	در کف آبراه ذرات سیلت، شن و مواد کوهرفتی دیده می‌شود. On the bottom of the waterway, particles of silt, sand, and mountain materials can be seen.	
13-15	تراکم آبراهه در سطح زمین زیاد است و اراضی بدون کشت در محل ته‌نشست مواد کوهرفتی به چشم می‌خورد. The density of waterways on the surface of the earth is high, and uncultivated lands can be seen in the place of sedimentation of mountain materials.	

نشان می‌دهد. نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز مورد مطالعه نیز با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی از جمله درجه حرارت متوسط، کمینه و بیشینه، مجموع بارش سالانه، رطوبت نسبی و ارتفاع تهیه و تلفیق آن‌ها در محیط GIS صورت گرفت.

در ادامه برای تعیین دوره خشکی و تحلیل تغییرات دما و بارندگی به منظور تعیین گیاهان مناسب با ویژگی‌های منطقه منحنی‌های آمبروترمیک و هایترگراف برای آبخیز مورد مطالعه در دوره زمانی (۱۳۷۶-۱۳۹۵) استخراج شد (۳۱). شکل ۲ نمودار جریانی و جزئیات مراحل انجام پژوهش حاضر را



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

Figure 2. A view of the flowchart of the details and stages of the current research.

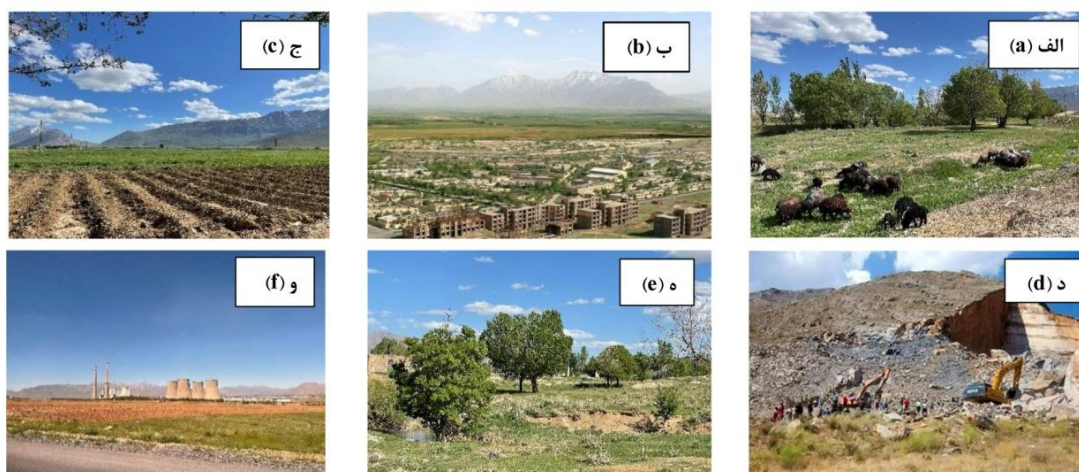
ماشین بردار پشتیبان^۱ (۳۳) صورت گرفت. در همین راستا از متغیرهای کمکی میانگین NDVI^۲ برای فصول مختلف (۳۴)، محصول مناطق شهری ماهواره لندست و مدل رقومی زمین^۳ (۳۵) به ترتیب برای

در ادامه با توجه به هدف پژوهش و به منظور تعیین وسعت کاربری‌های مختلف، نقشه کاربری اراضی تهیه شد. برای تولید نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۱ از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سال ۱۴۰۱ استفاده شد. متعاقباً اصلاحات هندسی و رادیومتریک مربوطه به منظور ارتقای کیفیت پردازش تصویر (۳۲) انجام و طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از روش

- 1- Support Vector Machine
- 2- Normalized Difference Vegetation Index
- 3- Digital Surface Model

آمبروترمیک، هایترگراف، نقشه اقلیمی کشاورزی و اطلاعات تراکم دام در منطقه مورد پژوهش، گونه‌های مناسب انتخاب شد. گونه‌های انتخابی برای احیا و اصلاح کاربری غالب منطقه و در واحدهای کاری با شدت فرسایش زیر متوسط و با غلبه فرسایش سطحی و حداکثر مراحل مقدماتی فرسایش شیباری پیشنهاد شد. هم‌چنین نمایی از وضعیت عمومی پوشش گیاهی و انواع فرسایش خاک حوزه آبخیز شازند در شکل ۳ ارائه شده است.

کمک به جداسازی اراضی آبی و دیم، مناطق شهری و اراضی جنگلی از اراضی زراعی و باغی استفاده شد. سپس تراکم دام در رده‌های اقلیمی-کشاورزی مختلف با توجه به آمار اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی بررسی شد. در ادامه با توجه به هدف پژوهش به مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی منطقه با استفاده از گزارش‌های مرتبط، طرح‌های منابع طبیعی، جستجو در مقالات علمی و کتاب‌های مرتبط پرداخته شد. در نهایت طبق نتایج به‌دست‌آمده از نقشه وضعیت فرسایشی، نقشه شاخص سطح برگ، منحنی



شکل ۳- نمایی از وضعیت عمومی پوشش گیاهی و انواع فرسایش خاک حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی. میزان تراکم دام در منطقه (الف)، توسعه شهر جدید مهاجران (ب)، نحوه شخم زمین‌های کشاورزی (ج)، معدن‌کاری در منطقه (د)، فرسایش حاشیه رودخانه‌ای (ه) و توسعه صنایع در منطقه (و).

Figure 3. A view of the general condition of vegetation and types of soil erosion in the Shazand Watershed of Markazi Province, Iran.

The density of livestock in the region (a), the development of the new city of Mohajeran (b), the direction of plowing in agricultural land (c), mining in the region (d), river bank erosion (e), and the development of industries in the region (f).

به‌دست‌آمده بر طبق روش کار و ارائه‌شده در جدول ۲ انجام شد. هم‌چنین ارزیابی جدول BLM در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج و بحث

پژوهش حاضر باهدف ارائه رویکرد الگوی مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک انجام پذیرفت. تمامی مراحل پژوهش در واحدهای کاری

جدول ۲- مساحت واحدهای کاری (کیلومترمربع) حوزه آبخیز شازند، استان مرکزی.

Table 2. Area of land units (Km²) of the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran.

مساحت Area	واحد کاری Land Unit	مساحت Area	واحد کاری Land Unit	مساحت Area	واحد کاری Land Unit	مساحت Area	واحد کاری Land Unit	مساحت Area	واحد کاری Land Unit
81.55	5	110.46	4	94.50	3	90.08	2	213.94	1
88.00	10	163.36	9	185.36	8	123.44	7	67.74	6
94.69	15	85.14	14	66.91	13	76.65	12	172.73	11

چهار واحد کاری با مساحت ۴۳۶/۷۸ کیلومترمربع (۲۵ درصد) در وضعیت فرسایشی متوسط و یک واحد کاری با مساحت ۶۷/۷۴ کیلومترمربع (سه درصد) در وضعیت فرسایشی زیاد قرار دارد.

مطابق جدول BLM از میان ۱۵ واحد کاری موجود در منطقه مطالعاتی، یک واحد کاری با مساحت ۲۱۳/۹۴ کیلومترمربع (۱۲ درصد) در وضعیت فرسایشی جزئی، نه واحد کاری با مساحت ۹۹۶/۰۹ کیلومترمربع (۵۸ درصد) در وضعیت فرسایشی کم،

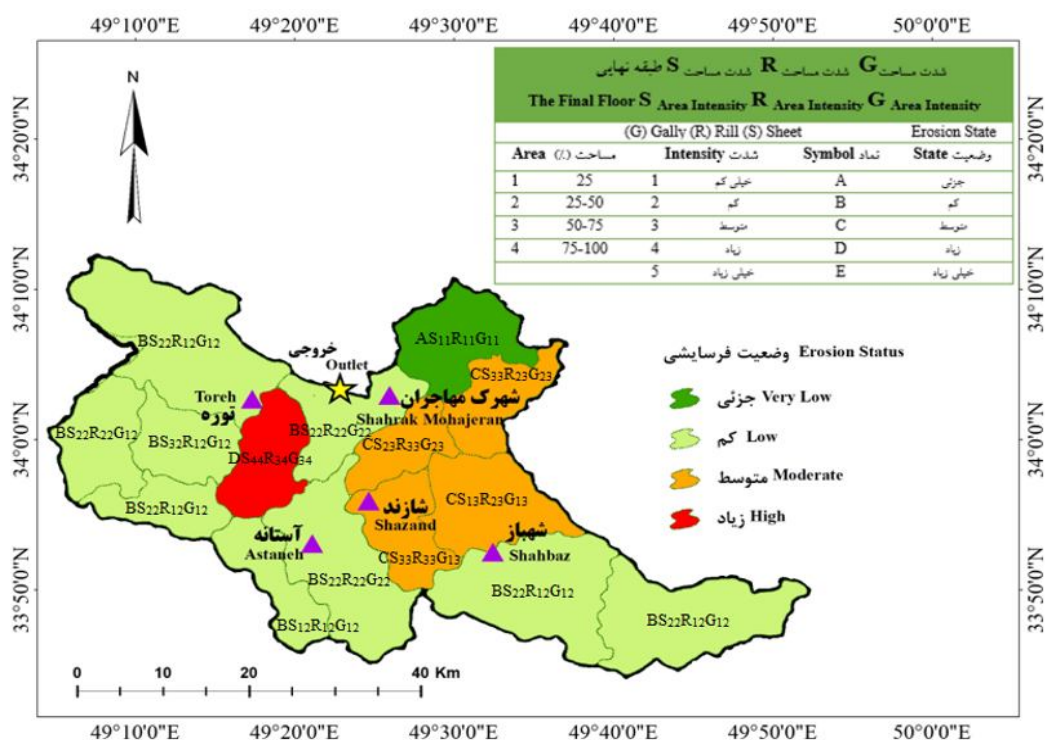
جدول ۳- امتیازدهی فرسایش خاک در هر واحد کاری حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی.

Table 3. Soil erosion scoring in land units of the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran.

واحد کاری Land-Unit	وضعیت حرکت خاک Soil Movement Status	بقایای گیاهی Plant Remnants	وضعیت سنگ و سنگریزه Rock Status	مجسمه فرسایشی Pedestals Erosion	فرسایش شیبی Rill Erosion	شکل آبراهه Ravine Form	فرسایش آبکندی Gully Erosion	جمع امتیازات Total Scores	وضعیت فرسایشی Erosion Status
۱	۴	۳	۴	۱	۲	۳	۲	۱۹	جزئی Very low
۲	۶	۴	۵	۲	۳	۴	۳	۲۷	کم Low
۳	۱۲	۸	۷	۶	۵	۸	۴	۵۰	متوسط Moderate
۴	۵	۴	۴	۴	۵	۵	۳	۲۰	کم Low
۵	۸	۴	۸	۶	۸	۶	۵	۴۵	متوسط Moderate
۶	۱۲	۱۰	۱۰	۷	۹	۱۱	۸	۶۷	زیاد High
۷	۸	۶	۹	۴	۳	۷	۲	۳۹	کم Low
۸	۴	۴	۷	۲	۴	۵	۴	۳۰	کم Low
۹	۵	۴	۵	۳	۳	۴	۳	۲۷	کم Low
۱۰	۷	۶	۱۱	۶	۷	۹	۲	۴۸	متوسط Moderate
۱۱	۱۰	۶	۱۰	۶	۵	۳	۲	۴۲	متوسط Moderate
۱۲	۱۱	۷	۴	۲	۳	۳	۲	۳۲	کم Low
۱۳	۹	۷	۴	۳	۲	۴	۴	۳۳	کم Low
۱۴	۸	۵	۵	۲	۳	۵	۳	۳۱	کم Low
۱۵	۷	۵	۴	۱	۳	۵	۳	۲۸	کم Low

اثر توسعه شهرنشینی و صنعتی پرداخته‌اند. در همین ارتباط داودی‌راد و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود باهدف بررسی تخریب زمین در حوزه آبخیز شازند دریافتند که این آبخیز به دلیل دست‌کاری و تغییرات نابجای کاربری اراضی و دخالت‌های انسانی در وضعیت شدید تخریب زمین قرار دارد (۴۳). هم‌چنین نتایج پژوهش سوناندر و همکاران (۲۰۱۴) و جعفری و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیانگر بالا بودن مقادیر فرسایش در زیرآبخیزهایی با کاربری انسان‌ساز بوده است (۴۴ و ۴۵). نتایج پژوهش صلواتی و زیتی (۲۰۰۹) و پرواری و همکاران (۲۰۱۱) بر مبنای آسیب‌پذیری زمین بیانگر آن بود که عوامل انسانی و جمعیتی در تسریع روند تخریب نقش مهمی در مقایسه با عوامل اقلیمی و خاکی داشته‌اند (۴۶ و ۴۷). هم‌چنین مطابق نقشه سیمای فرسایش، در هر واحد کاری نوع، شدت و مساحت انواع غالب فرسایش‌های سطحی، شیاری و آب‌کندی در شکل ۴ مشخص شده است.

در این راستا صادقی (۲۰۰۵) نیز با استفاده از جدول ارزیابی BLM نقشه وضعیت فرسایشی واحدهای کاری حوزه آبخیز برهموم در استان مرکزی را تهیه و بر انجام روش‌های زیستی مدیریت فرسایش خاک تأکید داشته است (۳۶). وضعیت کلی فرسایش خاک در آبخیز مطالعاتی با امتیاز ۳۶/۵۳ در طبقه کم قرارگرفته است که نشان می‌دهد اغلب (۷۰ درصد) مساحت آبخیز مطالعاتی از نظر فرسایشی در مراحل ابتدایی فرسایش قرار داشته و می‌توان با لحاظ روش‌های زیستی وضعیت فرسایشی آن را بهبود بخشید بدون آن‌که نیازی به انجام اقدامات مکانیکی باشد. این نتایج با پژوهش‌های صادقی و همکاران (۳۷ و ۳۸) مبنی بر مدیریت فرسایش در مراحل ابتدایی تطابق دارد. با توجه به توسعه شهرنشینی و صنایع در مناطق شرقی حوزه آبخیز شازند، وضعیت فرسایش در این مناطق متوسط ارزیابی شده است. در راستای تأیید نتایج مطالعات متعددی (به‌عنوان مثال ۳۹، ۴۰، ۴۱ و ۴۲) به تغییرپذیری شرایط محیطی در

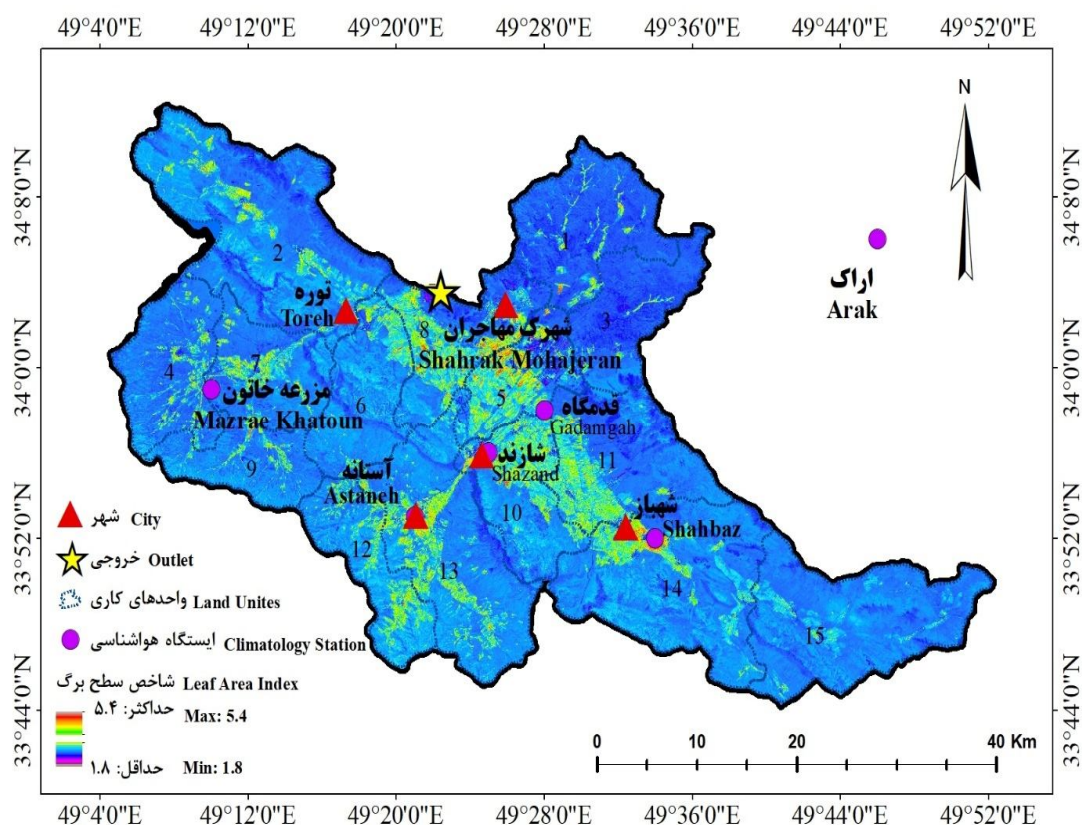


شکل ۴- نقشه سیمای فرسایش حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی.

Figure 4. Erosion landscape map of the Shazand Watershed in Markazi Province, Iran.

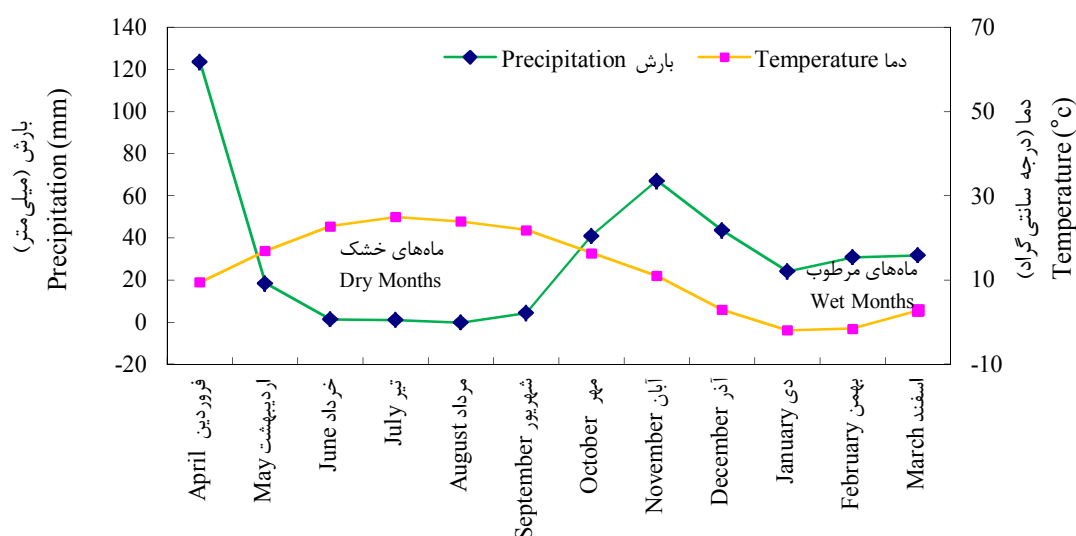
و شیاری و آبکندی در واحدهای کاری ۳، ۵، ۶، ۱۰ و ۱۱ و میزان شاخص سطح برگ نیز در واحدهای کاری مزبور در کمترین حد ممکن بوده است. بررسی نقشه‌های سیمای فرسایش و شاخص سطح برگ بیانگر تطابق اندازه‌گیری‌های میدانی با داده‌های سنجش‌ازدور است. نمودار آمبروترمیک و هایترگراف به‌منظور تعیین دوره مرطوب و خشک سال و تغییرات دمایی و بارشی و برای آگاهی از شرایط اقلیمی گونه‌های غالب نیز به ترتیب در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است.

بر این اساس، عمده منطقه مورد مطالعه با مساحت ۹۹۶/۰۹ کیلومترمربع در وضعیت فرسایشی کم قرار گرفته است. در ادامه به‌منظور مقایسه اندازه‌گیری میدانی و داده‌های سنجش‌ازدور از نقشه شاخص سطح برگ ارائه شده در شکل ۵ استفاده شده است. شاخص سطح برگ در محدوده‌های بین ۱/۸ تا ۵/۴ مترمربع بر مترمربع به ترتیب برای مناطق با پوشش گیاهی کم و پوشش زیاد متغیر بوده است. با توجه به مقایسه ارزیابی وضعیت فرسایش با مدل BLM و نقشه سیمای فرسایشی، عمده فرسایش‌های آبراه‌های



شکل ۵- نقشه شاخص سطح برگ حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی.

Figure 5. Leaf area index map of the Shazand Watershed of Markazi Province, Iran.

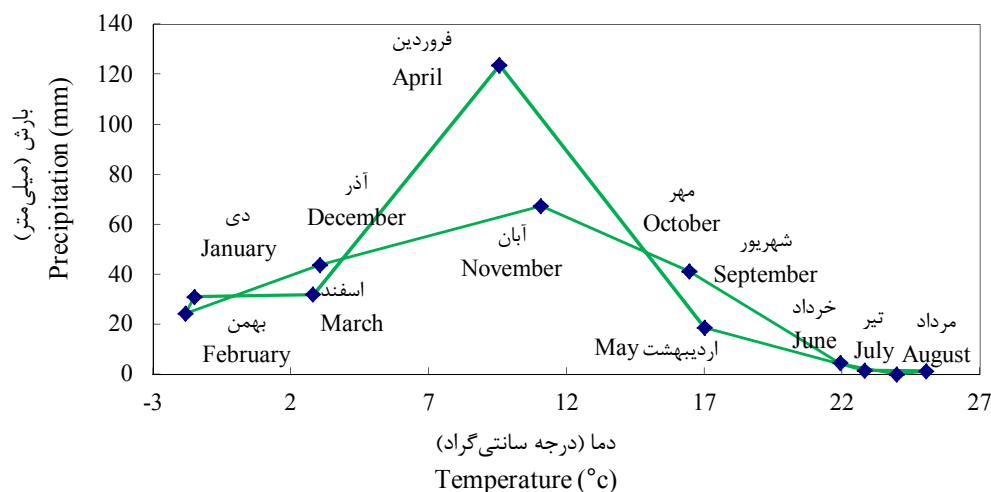


شکل ۶- منحنی آمبروترمیک حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی.

Figure 6. Ambrothermic diagram of the Shazand Watershed of Markazi Province, Iran.

هم‌چنین کشیدگی منحنی هایترگراف در راستای محور طولی حاکی از دامنه تغییرات دمایی زیاد و تغییرات یکنواخت‌تر بارش در منطقه طی سال است.

مطابق نمودار آمبروترمیک، ماه‌های اردیبهشت تا مهر خشک بوده و در این بین خرداد، تیر و مرداد خشک‌ترین ماه سال در منطقه مورد مطالعه بوده است.

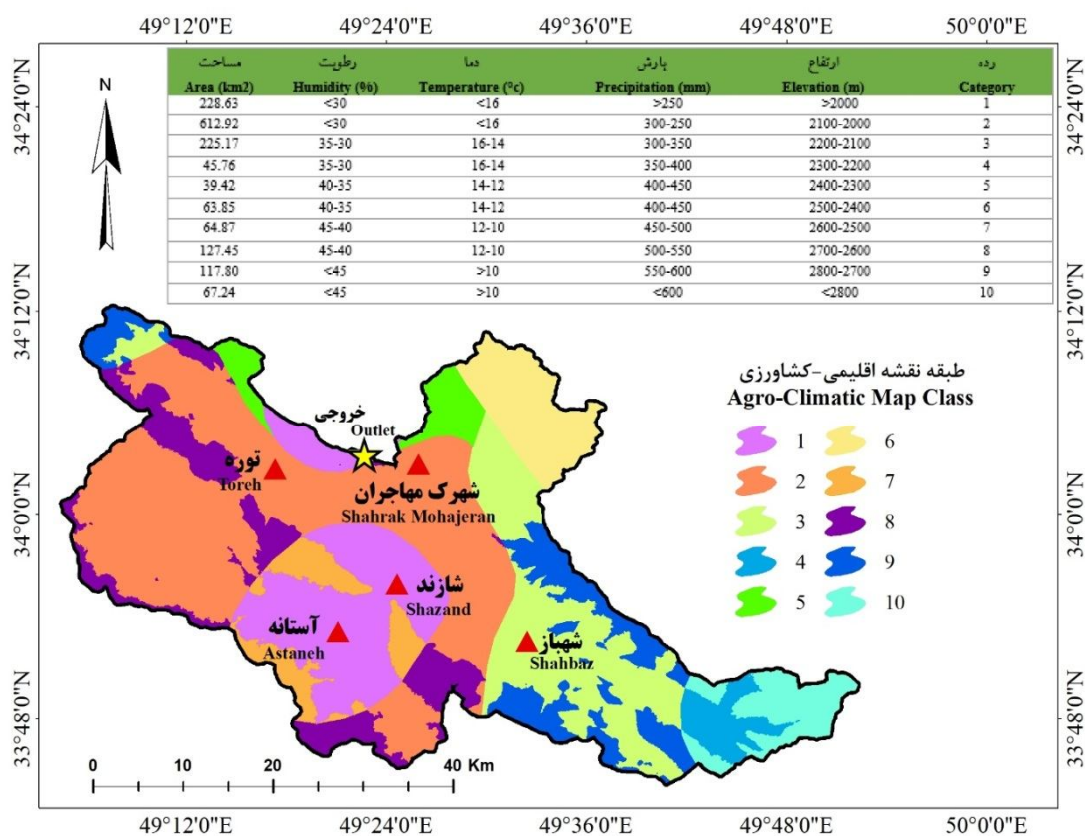


شکل ۷- منحنی هایترگراف حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی.

Figure 7. Hythergraph diagram of the Shazand Watershed of Markazi Province, Iran.

همکاران (۲۰۱۸) نیز بارندگی سالانه و دما به‌عنوان مؤثرترین عوامل روی پوشش گیاهی محسوب می‌شوند و همبستگی مثبت و معنی‌داری را با پوشش گیاهی نشان داده‌اند (۴۸).

نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز مطالعاتی از نظر شرایط دمایی، بارش، تبخیر و تعرق، رطوبت نسبی و ارتفاع به ۱۰ طبقه به‌صورت ارائه شده در شکل ۸ تقسیم‌بندی شد. طبق پژوهش سوری و



شکل ۸- نقشه اقلیمی-کشاورزی حوزه آبخیز شازند در استان مرکزی.

Figure 8. Agro-climatic map of the Shazand Watershed of Markazi Province, Iran.

در کاهش فرسایش را بیان داشتند (۴۹، ۵۰ و ۵۱). با توجه به نتایج این پژوهش رده‌های اقلیمی-کشاورزی ۵ و ۲ به ترتیب با ۳۶ و ۱۹ درصد بیش‌ترین تراکم دام را به خود اختصاص داده‌اند. رده‌های اقلیمی-کشاورزی ۲ و ۶ با ۲ درصد و رده اقلیمی-کشاورزی ۸ با سه درصد کم‌ترین تراکم دام را داشته‌اند. مسلماً در انتخاب گونه‌های گیاهی نوع دام و مراحل زیستی گیاه نیز مؤثر است که مطالعات جامع‌تر در این خصوص در جهت مدیریت بهتر آبخیزهای کشور ضروری است.

در این راستا با توجه به وسعت کاربری‌های مختلف ارائه‌شده در جدول ۴ و شکل ۹، قسمت عمده منطقه را کاربری مرتع با مساحت ۸۴۲/۱۴ کیلومترمربع تشکیل داده است. هم‌چنین آمار تعداد و تراکم دام اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شازند ارائه‌شده در جدول ۵ نشان می‌دهد که تراکم دام تأثیر به‌سزایی در فرسایش منطقه داشته است که باید در برنامه‌های مدیریتی حوزه آبخیز موردپژوهش لحاظ شود. هم‌چنین جلیلی و همکاران (۲۰۰۷)، یاکوب و همکاران (۲۰۲۰) و دو همکاران (۲۰۲۱) موفقیت اثر اقدامات حفاظت خاک و شیوه‌های مدیریت حفاظتی

جدول ۴- وسعت کاربری/پوشش‌های مختلف (کیلومتر مربع) در رده‌های اقلیمی-زیستی حوزه آبخیز شازند استان مرکزی.

Table 4. The area of different land-uses/covers (Km²) in agro-climatic classes of the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran.

رده اقلیمی-کشاورزی Agro-climatic class										کاربری/پوشش Land-use/ cover
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
16.15	0.59	0.10	0.01	16.16	3.46	22.30	74.52	184.54	44.24	کشاورزی دیم Rainfed agriculture
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	جنگل Forest
0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.93	0.23	20.10	117.37	45.88	کشاورزی آبی Agriculture
0.00	0.01	0.15	0.23	1.64	0.41	0.28	17.19	47.30	26.70	باغ Arboretum
39.37	74.84	86.73	46.78	83.86	43.81	22.26	127.34	215.37	101.73	مرتع Rangeland
0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.20	0.19	6.98	26.24	9.70	مسکونی Residential area
13.78	52.17	57.13	24.83	0.39	3.24	0.77	15.59	22.32	18.56	صخره Rock
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	1.57	0.89	آب Water

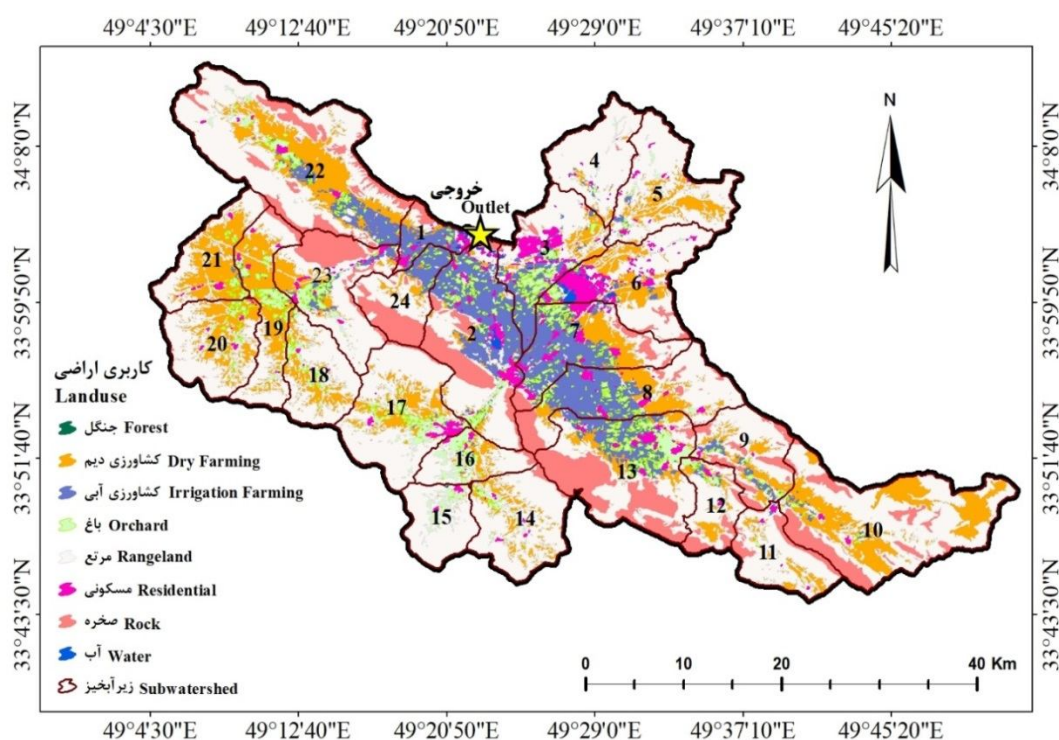
حوزه آبریز پاسنگ واقع در شرق مینودشت استان گلستان نشان دادند که با ایجاد قرق و بازگشت پوشش گیاهی، وضعیت فرسایش منطقه بهبود می‌یابد مطابقت دارد (۵۲). هم‌چنین با توجه به این که در حوزه آبخیز شازند ارزیابی شاخص سلامت و شاخص پایداری در مقیاس زیرآبخیزهای مورد اشاره در شکل ۹ انجام شده است، در ادامه نتایج این پژوهش با برخی مطالعات انجام گرفته مرتبط در این حوضه بررسی شده است.

هم‌چنین در شیب‌های بیش از ۱۵ درصد با کاربری غالب مرتع تمهیداتی هم‌چون جلوگیری از چرای زودرس و چرای بی‌رویه و هم‌چنین استفاده از طرح‌های قرق در راستای بهبود و اصلاح ماده آلی خاک و جلوگیری از فرسایش خاک پیشنهاد می‌شود. ایجاد طرح‌های قرق می‌تواند باعث افزایش پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش مقدار کربن و نیتروژن خاک و به تبع آن افزایش کیفیت خاک و کاهش فرسایش شود که با یافته‌های کیانی و همکاران (۲۰۰۷) در

جدول ۵- تعداد و تراکم دام در رده‌های اقلیمی-زیستی مختلف حوزه آبخیز شازند استان مرکزی.

Table 5. Number and density of livestock in agro-climatic class of the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran.

رده اقلیمی-کشاورزی Agro-climatic category										
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
150	260	600	170	160	1570	150	250	4050	620	تعداد دام Number of animals
0.04	0.03	0.07	0.04	0.02	0.36	0.07	0.02	0.19	0.06	تراکم دام Livestock density



شکل ۹- نقشه کاربری اراضی و زیرآبخیزهای حوزه آبخیز شازند، استان مرکزی.

Figure 9. Landuse map and Subwatersheds of the Shazand Watershed of Markazi Province, Iran.

خود اختصاص دهند (۵۴). از لحاظ ارزیابی شاخص پایداری طبق پژوهش میرچولی و همکاران (۲۰۲۲) زیرآبخیز ۲۴ به دلیل وجود کمترین میزان باسواد و بیشترین میزان فرسایش خاک و عدم مدیریت محیط زیستی در شرایط بحرانی و ناپایدار قرار دارد که بر اساس این پژوهش نیز این موقعیت مکانی دارای وضعیت فرسایشی زیاد است (۵۵). در همین راستا اجرای عملیات زیستی محدود و پراکنده مستند از گزارش دریافتی از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی باعث کاهش فرسایش و رسوب و در نهایت آسیب پذیری آبخیز شده است. هم چنین با توجه به نتایج این پژوهش نیز اقدامات مدیریت محیط زیستی در جهت کاهش فرسایش و افزایش خدمات متوقع از آبخیز دارای اهمیت است. با توجه به پژوهش صادقی و همکاران (۲۰۱۹) زیرآبخیزهای ۷ و ۸ دارای وضعیت نامناسبی از لحاظ عوامل اقلیمی، معیارهای تراکم جمعیت، دخالت های انسانی و نیز

بر طبق پژوهش صادقی و همکاران (۲۰۱۹) در خصوص ارزیابی شاخص سلامت آبخیز شازند، معیارهای میزان فرسایش با سهم مشارکت (۳۰ درصد) و معیار NDVI با سهم مشارکت (۴۲ درصد) بیشترین تأثیر را در سلامت حوزه آبخیز شازند داشته است (۵۳). هم چنین حزباوی و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که زیرآبخیزهای واقع در شرق و مرکز آبخیز به ویژه زیرآبخیزهای ۲، ۱۴ و ۱۶ دارای شرایط نسبتاً ناسالم هستند ولی زیرآبخیزهای مذکور از جمله مناطقی هستند که طی زمان از لحاظ شاخص پایایی روند بهبودی داشته اند، با بررسی نتایج مشخص شد که این امر ناشی از بهبود در مقدار پایایی آبخیز از لحاظ وضعیت فرسایش و تا حدودی پوشش گیاهی در این مناطق بوده است. از طرفی بهبود آبخیز مطالعاتی از لحاظ سلامت پوشش گیاهی و فرسایش در سال ۱۳۸۷ باعث شد که غالب زیرآبخیزها به ویژه ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۱ وضعیت مناسب تری به

سلامت تا حدودی بهبود یافته است ولی اثرات نامطلوب و پیامدهای تغییرات دوره‌های گذشته همچنان ادامه داشته و طبعاً ضرورت اتخاذ منسجم مدیریت پایدار و راهبردی را مورد تأیید است (۵۷). در ادامه با توجه به هدف پژوهش به مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی منطقه پرداخته شد که مشخصات گونه‌های غالب حوزه آبخیز شازند در جدول ۶ ارائه شده است. به‌طور کلی در ۱۲۱۰/۰۳ کیلومتر مربع (۷۰ درصد) منطقه مورد مطالعه، می‌توان با بهره‌گیری از اقدامات مدیریت محیط‌زیست-محور نسبت به مهار فرسایش خاک اقدام کرد.

استفاده از کاربری کشاورزی در زمین‌های با شیب بالای ۲۵ درصد در اغلب سال‌های مطالعاتی بوده است (۵۶) که وضعیت زیرآبخیزهای مذکور با واحدهای کاری ۵، ۱۰ و ۱۱ با وضعیت فرسایشی متوسط و دارای فرسایش‌های شیار و آبکندی هم‌خوانی دارد. در این راستا پژوهش حزباوی و همکاران (۲۰۱۷) بیانگر آن بوده است که تغییر کاربری به وجود آمده شامل کاهش اراضی مرتعی و افزایش اراضی کشاورزی و مسکونی موجب تغییرات قابل‌توجه در میزان بار رسوبی و نیز نوع الگوی جریان شده است و با اجرای برنامه‌ها و عملیات اصلاحی و احیایی پراکنده در سطح آبخیز وضعیت

جدول ۶- مشخصات گونه‌های غالب حوزه آبخیز شازند، استان مرکزی.

Table 6. Characteristics of dominant species of the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran.

ویژگی‌های فیزیکی و زیستی منطقه Physical and biological characteristics of the area	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name
مراعات استپی و نیمه‌استپی Steppe and semi-steppe pastures	اقلیم Climate	
2000-2700	ارتفاع (متر) Elevation (m)	
-20-40	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	
>200	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
شکل زیستی دسته‌ای، دائمی و بسیار مقاوم به خشکی و سرما، رشد رویشی اواسط اسفند تا نیمه دوم فروردین، شروع گلدهی اواخر اردیبهشت تا اواسط خرداد، بذردهی اواسط خرداد تا اواسط تیر و ریزش بذر اواخر خرداد تا اواسط تیر است.	دوره زیستی Biological cycle	علف گندمی بیابانی <i>Agropyron desertorum</i>
The biological form is batch, permanent and very resistant to drought and cold, vegetative growth is from mid-March to the second half of April, flowering starts from late May to mid-June, seeding is from mid-June to mid-July, and seed shedding is from late June to mid-July.		
عمق ریشه به بیش از دو متر می‌رسد و باعث تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش می‌شود، همچنین تحمل به خشک‌سالی از صفات مطلوب گیاه است (۵۸).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	
The depth of the root reaches more than two meters and it stabilizes the soil and prevents erosion, and tolerance to drought is one of the desirable traits of the plant (58).		

ادامه جدول ۶-

Continue Table 6.

ویژگی‌های فیزیکی و زیستی منطقه Physical and biological characteristics of the area	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name
خشک و نیمه‌خشک Dry and semi-dry 2700-1850 -30-40 300-400 درختچه با ارتفاع حدود هفت متر و زمان کاشت در پاییز قبل از سرمای زمستان A shrub with a height of about 7 m and planting time in autumn before the cold of winter شاخه‌های انبوه و گسترده، ریشه‌های انبوه و گسترده مؤثر در حفاظت خاک (۵۹). Massive and wide branches, massive and wide roots effective in soil conservation (59).	اقلیم Climate ارتفاع (متر) Elevation (m) دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C) بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm) دوره زیستی Biological cycle نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	بادام کوهی <i>Amygduluse orintalis</i>
خشک و نیمه‌خشک Dry and semi-dry 600-1700 10-19 100-250 دارای انشعابات پرشمار و متراکم و بوته‌ای شکل با ارتفاع ۳۰-۵۰ سانتی‌متر، ساقه زیرزمینی ضخیم و جزو گیاهان مقاوم به خشکی است. It has numerous and dense branches and is bush-shaped with a height of 30-50 cm, a thick underground stem, and it is one of the drought-resistant plants. از سطح تاج پوشش مطلوب و مؤثر در کاهش رواناب، ممانعت از فرسایش سطحی خاک و توان بالایی در ترسیب کربن اتمسفری برخوردار است (۶۰). It has a favorable and effective canopy surface in reducing runoff, preventing surface soil erosion, and has a high capacity in atmospheric carbon sequestration (60).	اقلیم Climate ارتفاع (متر) Elevation (m) دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C) بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm) دوره زیستی Biological cycle نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	درمنه دشتی <i>Artemisia siberi</i>

ادامه جدول ۶-

Continue Table 6.

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-dry 3500-2000 9-13 223-362	اقلیم Climate ارتفاع (متر) Elevation (m) دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C) بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
گیاهی بوته‌ای با ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر، رشد اولیه از اواسط فروردین تا اواسط اردیبهشت A bushy plant with a height of 10 to 15 cm, initial growth from mid-April to mid-May سامانه ریشه‌ای بسیار پیچیده با عمق نفوذ شش تا هشت متر در خاک، قابلیت حفظ خاک تا ۱۵ برابر سطح تاج پوشش، ظرفیت نگهداری بالای آب به علت کرک‌های موجود در سطح برگ‌ها و ممانعت از بروز سیلاب است (۶۱). It has a very complex root system with a penetration depth of six to eight meters in the soil, the ability to maintain soil up to 15 times the canopy surface, high water retention capacity due to the hairs on the surface of the leaves and prevention of flooding (61).	دوره زیستی Biological cycle نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	<i>Astragalus gossypinus</i> گون کتیرا
استپی، نیمه‌استپی، جنگل‌های خشک و کوه‌های مرتفع Steppe, semi-steppe, dry forests and high mountains 1100-4000 10-15 150-500	اقلیم Climate ارتفاع (متر) Elevation (m) دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C) بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm) دوره زیستی Biological cycle	
به‌صورت بوته‌ای کوتاه و بالشتکی In the form of a short bush and pillow ترسیب مقادیر بالای کربن، فرم بالشتکی گیاه پوشش مناسب برای حفاظت خاک ایجاد می‌کند (۶۲). The deposition of high amounts of carbon, the cushion form of the plant creates a suitable cover for soil conservation (62).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	<i>Astragalus adscendes</i> گون گزی

ادامه جدول ۶-

Continue Table 6.

ویژگی‌های فیزیکی و زیستی منطقه Physical and biological characteristics of the area	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name
سرد و خشک Cold and dry	اقلیم Climate	
1200-3400	ارتفاع (متر) Elevation (m)	
-22-40	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	
200-300	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
بلافاصله بعد از رسیدن بذور گیاه از اواسط خرداد شروع به بذرافشانی می‌کند. فواصل زمانی مراحل ظهور اندام‌های زاینده در این گیاه کوتاه و بذور آن پس از رسیدن به سرعت پخش می‌شوند. Immediately after the seeds of the plant ripen, it starts sowing from the middle of June. The time intervals for the appearance of the reproductive organs in this plant are short and its seeds are spread quickly after ripening.	دوره زیستی Biological cycle	علف پشمکی <i>Bromus tomentellus</i>
گیاهی پایا، مقاوم به سرما و خشکی و به زمستان‌های خیلی سرد نیز سازگاری دارد. دارای ریشه‌ای قوی و متراکم و جز گیاهان خوش‌خوراک است. در برابر چرای شدید دام مقاوم است (۶۴). A stable plant, resistant to cold and drought and adapts to very cold winters. It has a strong and dense root and is one of the edible plants. It is resistant to heavy livestock grazing (64).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	
گرم و خشک Warm and dry	اقلیم Climate	
600-1700	ارتفاع (متر) Elevation (m)	
18-29	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	
400-500	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
گیاهی یک‌ساله، به ارتفاع ۴۰-۱۰ سانتی‌متر، برگچه‌ها به طول هفت تا ۱۲ میلی‌متر و عرض ۱۰ میلی‌متر، تخم‌مرغی تا گوه‌ای شکل راست. دم‌گل‌آذین از دم‌برگ‌ها بلندتر، اغلب با دو تا پنج گل، میوه‌ها عدسی شکل، بدون خار، حلقه‌های میوه سه تا هفت تایی است. An annual plant, 10-40 cm high, leaves 7-12 mm long and 10 mm wide, ovate to wedge-shaped. Petioles are longer than petioles, often with 2 to 5 flowers, fruits are lenticular, without spines, fruit rings are three to seven.	دوره زیستی Biological cycle	یونجه دایره‌ای <i>Medicago orbicularis</i>
مقاومت زیاد نسبت به سرما، یخبندان و خشکی، با تولید بذر فراوان، مقاومت غلاف بذرها در مقابل شرایط اقلیمی نامساعد و سختی بذر موجب زادآوری طبیعی و ایجاد یک سامانه حفاظتی تحت شرایط دائم چراگاهی می‌شود. بسیار خوش‌خوراک است. از طریق تثبیت زیستی ازت با استفاده از ریزوبیوم‌ها روی ریشه موجب اصلاح و بهبود خاک می‌شود. میزان تولید علوفه این گیاه ۲۲۱۱-۹۰۰ کیلوگرم بر هکتار است (۶۶). High resistance to cold, frost and drought, with abundant seed production, the resistance of the seed pods against adverse climatic conditions and the hardness of the seed causes natural reproduction and the creation of a protective system under permanent pasture conditions. It is very tasty. Through the biological fixation of nitrogen using rhizobiums on the root, it improves and improves the soil. The fodder production rate of this plant is 900-2212 kg/ha (66).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	

ادامه جدول ۶-

Continue Table 6.

ویژگی‌های فیزیکی و زیستی منطقه Physical and biological characteristics of the area	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name
سرد و خشک Cold and dry 300-2300 18-27 >300	اقلیم Climate ارتفاع (متر) Elevation (m) دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C) بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
چندساله با ریشه طویل تا حدود سه متر، چوبی و مستقیم، ارتفاع این گیاه تا حدود یک متر می‌رسد. Perennial with long roots up to 3 m, wooden and straight, the height of this plant reaches about 1 m.	دوره زیستی Biological cycle	اسپرس <i>Onobrychis sativa</i>
خوش‌خوراک، دارای مواد معدنی به‌ویژه کلسیم فراوان است به همین جهت دام‌ها با رغبت از آن تغذیه می‌کنند. هم‌چنین به علت داشتن ریشه‌های عمیق و قدرت استقرار بالا، جهت جلوگیری از فرسایش آبی و بادی خاک در شیب‌های تند قابل‌استفاده است (۶۵). It is palatable, it has a lot of minerals, especially calcium, so animals eat it with pleasure. Also, due to having deep roots and high establishment power, it can be used to prevent water and wind erosion of soil in steep slopes (65).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	
کوهستانی سرد Cold mountain 1000-2400 5 300-400	اقلیم Climate ارتفاع (متر) Elevation (m) دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C) بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	
فرم زیستی دسته‌ای پرپشت، در اواخر اسفند زمانی که درجه حرارت از مقادیر زیر صفر به بالای صفر افزایش می‌یابد شروع به رشد می‌نماید و با افزایش درجه حرارت به رشد گیاه افزوده می‌شود. The biological form, thick bunch, starts to grow in late March when the temperature increases from below zero to above zero, and the growth of the plant increases with the increase in temperature.	دوره زیستی Biological cycle	چاودار کوهی <i>Secale montanum</i>
گونه‌ای پر محصول، تولید بذر آن زیاد، جوانه‌زنی آن نیز سریع است و در صورت کاشت با یونجه و اسپرس تنوع خوبی برای چرا به مراتع می‌دهد (۶۳). A high-yielding species, its seed production is high, its germination is also fast, and if planted with <i>Medicago sativa</i> and <i>Onobrychis sativa</i> , it provides a good variety for grazing pastures (63).	نقش حفاظتی در کاهش فرسایش Conservation role in reducing erosion	

خاک در حوزه آبخیز شازند برنامه‌ریزی شد. وضعیت کلی فرسایش خاک در آبخیز مطالعاتی با امتیاز ۳۶/۵۳ در طبقه کم قرار گرفته است که نشان می‌دهد اغلب (۷۰ درصد) مساحت آبخیز مطالعاتی از نظر فرسایشی در مراحل ابتدایی فرسایش قرار داشته و می‌توان با لحاظ روش‌های زیستی وضعیت فرسایشی آن را بهبود بخشید. علاوه بر موارد مطرح شده 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 باید با اقدامات حفاظتی و ترویجی مناسب به این اصول توجه داشت. نتایج حاصل از بازدیدها و بررسی‌های به عمل آمده در منطقه مورد مطالعه دلالت بر این موضوع داشته که عدم مدیریت صحیح کاربری‌ها و عدم رعایت حریم یا سپرهای بوم‌شناسی به ویژه رودخانه‌ها منجر به پیشرفت وضعیت فرسایشی آبخیز در برخی نقاط شده است. از این رو، باید با بهره‌گیری از فرایند بازیابی^۱ بوم‌سازگان به منظور 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. لازم به ذکر است پژوهش حاضر باهدف آشنایی و افزایش اطلاعات در زمینه اقدامات روش‌های زیستی انجام شد. با توجه به دستاوردهای این پژوهش و اهمیت مشکلات ناشی از فرسایش خاک، توصیه‌های کلی شامل تشخیص و ارزیابی کارایی گونه‌های گیاهی استقرار یافته و طبیعتاً بررسی پیامدهای مثبت و منفی حاصل از کاشت و احیا آن‌ها ضروری است. هم‌چنین جمع‌آوری اطلاعات در مورد گونه‌های گیاهی مناسب برای کاهش و مهار سایر شکل‌های مختلف فرسایشی،

پس از مشخص شدن میزان مساحت قابل اجرای اقدامات مدیریتی زیستی برای مهار فرسایش، در نهایت طبق نتایج به دست آمده از نقشه وضعیت فرسایشی، نقشه شاخص سطح برگ، منحنی آمبروترمیک، هایترگراف، نقشه اقلیمی-کشاورزی و بررسی تراکم دام در رده‌های مختلف اقلیمی-کشاورزی، گونه‌های مناسب از بین گونه‌های غالب منطقه به شرح مندرج در جدول ۷ انتخاب شد. از همین رو انتظار می‌رود با انجام اقدامات مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک از جمله کاشت گونه‌های متناسب با شرایط منطقه در ۷۰ درصد از آبخیز مطالعاتی که در مرحله فرسایشی ابتدایی قرار دارد، با انجام اقدامات مدیریتی میزان فرسایش را بهبود بخشید. هم‌چنین با توجه به گونه‌های پیشنهادی علف گندمی بیابانی در غالب رده‌های اقلیمی-کشاورزی برای مدیریت فرسایش مناسب انتخاب شده است. هم‌چنین گیاه علف پشمکی و اسپرس در رده‌های اقلیمی-کشاورزی مشابه از امکان کشت به صورت هم‌زمان برخوردار هستند. در این راستا بادام‌کوهی با توجه به ویژگی‌های فیزیکی گیاه، در سه رده اقلیمی-کشاورزی می‌تواند عملکرد مؤثری داشته باشد، با در نظر داشتن تثبیت نیمه عمیق تا عمیق بادام‌کوهی یکی از گونه‌های مناسب در جهت اهداف این پژوهش به شمار می‌رود. به طور کلی استفاده از پوشش گیاهی در اقدامات زیستی فرسایش در بوم‌سازگان مختلف از منظر مانع بودن تاج پوشش در برخورد مستقیم قطرات باران بر سطح خاک، افزایش نفوذ آب در خاک، تثبیت خاکدانه‌ها از طریق ریشه‌ها و افزایش کارایی و بازده آن باگذشت زمان دارای اهمیت است (۶۷، ۶۸ و ۶۹).

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر با هدف معرفی گونه‌های گیاهی مناسب برای کاهش و مهار بیش‌تر فرسایش ابتدایی

معروض انواع فرسایش و تبیین راهبرد زیست‌مهندسی لازم است در دستور کار قرار گیرد.

بررسی ویژگی‌های بوم‌شناختی آنان به‌منظور پیشگیری و کاهش فرسایش، تعیین و شناسایی مناطق در

جدول ۷- گونه‌های گیاهی پیشنهادی برای مدیریت محیط‌زیست-محور فرسایش خاک حوزه آبخیز شازند، استان مرکزی.

Table 7. Suggested plant species for nature-based management of soil erosion in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran.

ویژگی‌های گونه انتخابی	نام علمی	نام فارسی	تصویر گونه
Characteristics of the selected species	Scientific name	Persian name	Species image
تثبیت خاک سطحی			
Surface soil stabilization			
3			
بذرکاری			
Sowing			
کشت توأم با کشت روی خط تراز و با سایر بذور گونه‌ها به‌ویژه گراس‌ها			
Cultivation combined with cultivation on the level line and with other species seeds, especially grasses			
6			
1.5			
دو تا شش بار بهره‌برداری در سال			
2 to 6 times of operation per year			
8 تا 2			
تثبیت خاک سطحی			
Surface soil stabilization			
3			
بذرکاری			
Sowing			
امکان کشت با سایر بذور گونه‌ها به‌ویژه گراس‌ها			
The possibility of cultivation with the seeds of other species, especially grasses			
12			
2.5			
دو تا شش بار بهره‌برداری در سال			
2 to 6 times of operation per year			
4 و 3			



ادامه جدول ۷-

Continue Table 7.

ویژگی‌های گونه انتخابی Characteristics of the selected species	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	تصویر گونه Species image
تثبیت خاک سطحی Surface soil stabilization			
نقش در تثبیت خاک Role in soil stabilization			
مدت زمان لازم برای امکان تثبیت خاک (سال) 3			
تثبیت خاک سطحی Surface soil stabilization			
نقش در تثبیت خاک Role in soil stabilization			
مدت زمان لازم برای امکان تثبیت خاک (سال) 3			
تثبیت خاک سطحی Surface soil stabilization			
نقش در تثبیت خاک Role in soil stabilization			
مدت زمان لازم برای امکان تثبیت خاک (سال) 3			
بذرکاری Sowing			
نوع کشت Cultivation type			
همچنین به صورت مخلوط به روش کپه‌کاری Also in a mixed form using the heaping method			
اقدامات آماده‌سازی در کاشت Preparatory measures in planting			
بذر (کیلوگرم بر هکتار) 8			
Seed (kg/ha)			
عمق مناسب کاشت بذر (سانتی‌متر) 1.5			
Suitable seed planting depth (cm)			
مدت زمان و تعداد دفعات بهره‌برداری و نوع مدیریت 2 تا 6 بار بهره‌برداری در سال 2 to 6 times of operation per year			
Duration and number of times of operation and type of management			
رده اقلیمی-کشاورزی 1، 2 و 3			
Agro-Climatic category			
تثبیت خاک سطحی و نیمه‌عمیق Stabilization of surface and semi-deep soil			
نقش در تثبیت خاک Role in soil stabilization			
مدت زمان لازم برای امکان تثبیت خاک (سال) 2-3			
The time required for soil stabilization (years)			
بذرکاری Sowing			
نوع کشت Cultivation type			
تقویت خاک حاصلخیز سطحی یا حذف علف‌های هرز Strengthening the surface fertile soil or removing weeds			
اقدامات آماده‌سازی در کاشت Preparatory measures in planting			
بذر (کیلوگرم بر هکتار) 15-20			
Seed (kg/ha)			
عمق مناسب کاشت بذر (سانتی‌متر) 3			
Suitable seed planting depth (cm)			
مدت زمان و تعداد دفعات بهره‌برداری و نوع مدیریت یک تا دو بار بهره‌برداری در سال 1 to 2 times of operation per year			
Duration and number of times of operation and type of management			
رده اقلیمی-کشاورزی 1، 2 و 3			
Agro-Climatic category			



علف پشمکی

Bromus tomentellu



اسپرس

Onobrychis sativa

ادامه جدول ۷-

Continue Table 7.

ویژگی‌های گونه انتخابی Characteristics of the selected species	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	تصویر گونه Species image
نقش در تثبیت خاک Role in soil stabilization			
تثبیت نیمه عمیق Semi-deep fixation			
مدت زمان لازم برای امکان تثبیت خاک (سال) The time required for soil stabilization (years)			
1-5			
نوع کشت Cultivation type			
کپه کاری Moun culture			
کشت بذر در درزها و شکاف‌های زیرزمینی Seeding in underground cracks and crevices			
اقدامات آماده‌سازی در کاشت Preparatory measures in planting			
بذر (کیلوگرم بر هکتار) Seed (kg/ha)	<i>Artemisia siberi</i>	درمنه دشتی	
2-3			
عمق مناسب کاشت بذر (سانتی‌متر) Suitable seed planting depth (cm)			
0.5			
مدت زمان و تعداد دفعات بهره‌برداری و نوع مدیریت Duration and number of times of operation and type of management			
بهره‌برداری پس از دو تا شش سال Operation after 2 to 6 years			
رده اقلیمی-کشاورزی Agro-Climatic category			
1 و 2			
نقش در تثبیت خاک Role in soil stabilization			
تثبیت نیمه عمیق تا عمیق Semi-deep to deep fixation			
مدت زمان لازم برای امکان تثبیت خاک (سال) The time required for soil stabilization (years)			
2-10			
نوع کشت Cultivation type			
کپه کاری Moun culture			
بذور باید ۴۸ ساعت قبل از کاشت در آب خیس‌انده و جداسازی بذرهای پوک و نامرغوب The seeds should be soaked in water for 48 hours before planting and separate the poor and poor quality seeds			
اقدامات آماده‌سازی در کاشت Preparatory measures in planting			
بذر (کیلوگرم بر هکتار) Seed (kg/ha)	<i>Amygduluse orientalis</i>	بادام کوهی	
5			
عمق مناسب کاشت بذر (سانتی‌متر) Suitable seed planting depth (cm)			
3-4			
مدت زمان و تعداد دفعات بهره‌برداری و نوع مدیریت Duration and number of times of operation and type of management			
بهره‌برداری پس از پنج تا ۱۰ سال Operation after five to 10 years			
رده اقلیمی-کشاورزی Agro-Climatic category			
2, 3 و 4			

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله حاضر بر خود لازم دانسته از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان شازند (استان مرکزی) در راستای همکاری و مساعدت در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی کنند.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌های این متن مرتبط با پروژه کلاسی درس مدیریت زیستی فرسایش در دانشگاه تربیت مدرس است. دسترسی به داده‌ها و اطلاعات با مکاتبه با نویسنده مسئول قابل دسترسی است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: استاد درس مدیریت زیستی فرسایش، مفهوم‌سازی پژوهش برای دانشجویان،

بازدیدهای میدانی، مسئول مکاتبات در هدایت کار در مراحل انجام پژوهش، اصلاح و نهایی‌سازی مقاله، نویسندگان دوم، سوم و چهارم: بازدیدهای میدانی، تهیه پیش‌نویس مقاله، طرح پژوهش و روش‌شناسی و انجام محاسبات، نویسندگان پنجم، ششم و هفتم: دسترسی به داده‌ها و داده‌برداری، آماده‌سازی داده‌ها، تهیه نقشه‌ها و اطلاعات مکانی، نظارت پژوهش و بازبینی مقاله.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه نویسندگان است.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس برای بازدیدهای میدانی از منطقه صورت گرفته است.

منابع

1. Koirala, P., Thakuri, S., Joshi, S., & Chauhan, R. (2019). Estimation of soil erosion in Nepal using a RUSLE modeling and geospatial tool. *Geosciences*, 9 (4), 147.
2. Quinton, J. N., & Fiener, P. (2024). Soil erosion on arable land: An unresolved global environmental threat. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 48 (1), 136-161.
3. Heydarnejad, S., Ranjbar Fordoei, A., Mousavi, S. H., & Mirzaei, R. (2020). Estimation of soil erosion using SLEMSA model and OWA approach in Lorestan Province (Iran). *Environmental Resources Research*, 8 (1), 11-24.
4. Nezhadafzali, K., Shahrokhi, M. R., & Bayatani, F. (2019). Assessment soil erosion using RUSLE model and identification the most effective factor in Dekhan Watershed basin of southern Kerman. *Natural Environmental Hazards*, 8 (20), 21-38. [In Persian]
5. Mohammadi Ostadkelayeh, A., Toomaj, A., Mehrabi Nia, F., & Bahlake, M. (2022). Investigating the relationship between spatial resilience and individual resilience of areas subject to resettlement plan (Case study of Northeastern Flooded Areas of Golestan Province). *Geography and Environmental Hazards*, 11 (2), 127-142. [In Persian]
6. Tang, Z., Song, W., & Zou, J. (2024). Farmland protection and fertilization intensity: Empirical evidence from preservation policy of Heilongjiang's black soil. *Environmental Management*, 356, 120629.

7. Sadeghi, S. H. R., Kheirfam, H., & Zarei Darki, B. (2020). Controlling runoff generation and soil loss from field experimental plots through inoculating cyanobacteria. *Hydrology*, 585, 124814. 59.
8. Sadeghi, S. H. R., Hazbavi, Z., Kiani-Harchegani, M., Younesi, H., Sadeghi, P., Angulo-Jaramillo, R., & Lassabatere, L. (2021c). The hydrologic behavior of Loess and Marl soils in response to biochar and polyacrylamide mulching under laboratorial rainfall simulation conditions. *Hydrology*. 592, 125620.
9. Sadeghi, S. H. R., Ghavimi Panah, M. H., & Younesi, H. (2017). Feasibility of reducing soil loss using biochar produced from dairy factory waste. *Soil Water Conservation*, 24 (4), 211-226. [In Persian]
10. Hamza, O., Esaker, M., Abogdera, A., & Elliott, D. (2024). Bio-protection of cementitious materials below ground: The significance of natural soil environments. *Developments in the Built Environment*, 17, 100331.
11. Firoozi, A., Akbari, H., Lotfalian, M., & Moghaddami Rad, M. (2016). The effect of vegetation on soil erosion. Fourth National Conference of Student Scientific Associations in Agriculture, Natural Resources and Environment, Karaj. [In Persian]
12. Hamza, O., Esaker, M., Abogdera, A., & Elliott, D. (2024). Bio-protection of cementitious materials below ground: The significance of natural soil environments. *Developments in the Built Environment*, 17, 100331.
13. Rouhani, H., Fathabadi, A., Bahlekeh, M., & Seyedian, S. M. (2019). Analysis of projected impacts of climate change on hydrological behavior of catchments based on signature indices in the Arazkoose Watershed. *Water and Soil Science*, 29 (4), 97-108. [In Persian]
14. Caplan, J. S., Salisbury, A. B., McKenzie, E. R., Behbahani, A., & Eisenman, S. W. (2024). Spatial, temporal, and biological factors influencing plant responses to deicing salt in roadside bioinfiltration basins. *Environmental Management*, 359, 120761.
15. Sarai Tabrizi, M., & Mohammadian Khorasani, Sh. (2022). Effects field evaluation of the effect of watershed management operations and water resources sustainable management on reducing erosion and sediment from floods. *Applied Soil Research*, 10 (3), 104-116. [In Persian]
16. Moghaddamirad, M., Moayeri, M., Abdi, A., & Ghorbani Vaghei, H. (2018). Effect of vegetation cover density on runoff and soil loss of interill erosion in forest road outslope (Case study: Koohmian Forest-Azadshahr). *Soil and Water Conservation Research (Agricultural Sciences and Natural Resources)*, 25 (2), 219-223. [In Persian]
17. Sourinejad, A. (2019). Evaluation of sedimentation intensity and erosion of Lake Urmia watershed. 14th National Conference on Watershed Management Science and Engineering, Iran, Urmia. [In Persian]
18. Yaekob, T., Tamene, L., Gebrehiwot, S. G., Demissie, S. S., Adimassu, Z., Woldearegay, K., & Solomon, D. (2020). Assessing the impacts of different land uses and soil and water conservation interventions on runoff and sediment yield at different scales in the central highlands of Ethiopia. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1-15.
19. Du, X., Jian, J., Du, C., & Stewart, R. D. (2021). Conservation management decreases surface runoff and soil erosion. *Soil and Water Conservation Research*, 10 (2), 188-196.
20. 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.
21. Ennaji, N., Ouakhir, H., Abahrour, M., & Spalevic, V. (2024). Impact of watershed management practices on vegetation, land use changes, and soil erosion in River Basins of the

- Atlas, Morocco. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52 (1), 13567-13567.
22. Sadeghi, S. H. R., Jafarpoor, A., Zabihi Silabi, M., Molashahi, S., Naghdi, M., Sharifi Moghani, M., Ghysoori, Z., & Farzadfar, E. (2021a). Biologic Management Framework of Soil Erosion in the Watershed (Applied study: Oshnavieh Galazchai, West Azerbaijan, Iran). *Soil and Water Research*, 52 (4), 1-15. [In Persian]
23. Sadeghi, S. H. R., Jafarpoor, A., Farajolahi, M., Khatibi Roodbarsara, D., Moradi Sefidcheghayi, M., Zabihi Silabi, M., Khosravi, M., Kolani, E., Mohammedi, B., Adibi, M. J., & Azarniya, H. (2021b). Biological management of soil erosion (Case study: Gavoshan Watershed, Kermanshah Province, Iran). *Journal of Water and Soil*, 35 (4), 551-566. [In Persian]
24. Kalehhouei, M., Zabihi Seilabi, M., Sadeghi, P. S., Khaledi Darvishan, A. K., Spalovich, V., & Sadeghi, S. H. R. (2020). Application of the IntEro model for soil erosion estimation in the Shazand Watershed, Markazi Province, Iran. 15th National conference on Watershed Management Sciences and Engineering of IRAN. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. [In Persian]
25. Davudirad, A. A., Sadeghi, S. H. R., & Sadoddin, A. (2016). The Impact of Development Plans on Hydrological Changes in the Shazand Watershed, Iran. *Land Degradation and Development*, 27 (4), 1236-1244.
26. Esmali, A., & Abdollahi, Kh. (2011). Watershed Management & Soil Conservation. University of Mohagheh Ardabili 612 p. [In Persian]
27. Nojavan, M., Mohammadi, A. A., & Gholami, V. (2012). Determining the severity of erosion using Fargas and BLM models, Case: Bandara catchment area. *Geography and Development*, 29, 119-130. [In Persian]
28. 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]
29. Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weis, M., & Baret, F. (2004). Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories. Sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121, 19-35.
30. Refahi, H. Q. 2015. Water erosion and its control. Tehran University Press, 4th edition, 671 p. [In Persian]
31. Salehi, B., Valizadeh-Kamran, Kh., & Ghavidel Rahimi, Y. (2008). The simulation of Tabriz temperature in atmospheric carbon dioxide doubling condition using Goddard institute on space studies general circulation model (GISS GCM). *Geographical Research Quarterly*, 62, 55-66. [In Persian]
32. Hu, Y., Liu, L., Liu, L., Peng, D., Jiao, Q., & Zhang, H. (2014). A landsat-5 atmospheric correction based on MODIS atmosphere products and 6S model. *Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7 (5), 1609-1615.
33. Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20, 273-297.
34. Tucker, C. J., Slayback, D. A., Pinzon, J. E., Los, S. O., Myneni, R. B., & Taylor, M. G. (2001). Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. *Biometeorology*, 45 (4), 184-19.
35. Tadono, T., Ishida, H., Oda, F., Naito, S., Minakawa, K., & Iwamoto, H. (2014). Precise global DEM generation by ALOS PRISM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2 (4), 71.
36. Sadeghi, S. H. R. (2005). A semi-detailed technique for soil erosion mapping based on BLM and satellite image applications. *Agricultural Sciences and Technology (JAST)*, 7 (3-4), 133-142.

37. Sadeghi, S. H. R., Jafarpoor, A., Zabihi Silabi, M., Molashahi, S., Naghdi, M., Sharifi Moghani, M., Ghysoori, Z., & Farzadfar, E. (2021a). Biologic Management Framework of Soil Erosion in the Watershed (Applied study: Oshnavieh Galazchai, West Azerbaijan, Iran). *Soil and Water Research*, 52 (4), 1-15. [In Persian]
38. Sadeghi, S. H. R., Hazbavi, Z., Kiani-Harchegani, M., Younesi, H., Sadeghi, P. S., Angulo-Jaramillo, R., & Lassabatere, L. (2021c.) The hydrologic behavior of Loess and Marl soils in response to biochar and polyacrylamide mulching under laboratorial rainfall simulation conditions. *Hydrology*. 592, 125620.
39. Newson, M. (1997). Land, water and development: Sustainable management of river basin systems. Second Edition, ISBN 0-203-44352-7 Master e-book ISBN, London and New York, 460.
40. Foushee, A. (2010). Identifying ecological indicators of climate change and land use impacts to a coastal watershed. University of Vermont, Project, 60.
41. Phillips, I. D., Davies, J. M., Bowman, M. F., & Chivers, D. P. (2016). Macroinvertebrate communities in a Northern Great Plains River are strongly shaped by naturally occurring suspended sediments: implications for ecosystem health assessment. *Freshwater Science*, 35, 1354-1364.
42. Hazbavi, Z., Keesstra, S. D., Nunes, J. P., Jantiene, B., Gholamalifard, M., & Sadeghi, S. H. R. (2018). Health comparative comprehensive assessment of watersheds with different climates. *Ecological Indicators*, 93, 781-790.
43. Davudirad, A. A., Sadeghi, S. H. R., & Sadoddin, A. (2016). The Impact of Development Plans on Hydrological Changes in the Shazand Watershed, Iran. *Land Degradation and Development*, 27 (4), 1236-1244.
44. Sunandar, A. D., Suhendang, E., Hendrayanto, I., & Jaya, N. S. (2014). Land use optimization in Asahan Watershed with linear programming and SWAT model. *Basic and Applied Research*, 18 (1), 63-78.
45. Jafari, A., Keivan-behjoui, F., & Mostafazadeh, R. (2017). Comparing the conditions of different Ecosystem Health components in Iiril watershed, Ardabil Province. *Desert Ecosystem Engineering*, 6 (16), 81-92. [In Persian]
46. Salvati, L., & Zitti, M. (2009). Substitutability and weighting of ecological and economic indicators: Exploring the importance of various components of a synthetic index. *Ecological Economics*, 68, 1093-1099.
47. Parvari, S. H., Pahlavanravi, A., Moghadamnia, A. R., Dehvari, A., & Parvari, D. (2011). Application of methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification in Dry Bed of Hamoun Wetland (Iran). *Natural Resources and Marine Sciences*, 1 (1), 65-80.
48. Souri, M., Bayat, M., & Khodaqoli, M. (2018). Estimation of long-term fodder production of Fars steppe pastures based on climatic parameters. *Natural Resources of Iran*, 72 (4), 1009-995. [In Persian]
49. Jalili, Kh., Sadeghi, S. H. R., & Nikkami, D. (2007). Land use optimization of watershed for soil erosion minimization using linear programming (Case Study of Brimvand Watershed, Kermanshah Province). *JWSS*, 10 (4), 15-27. [In Persian]
50. Yaekob, T., Tamene, L., Gebrehiwot, S. G., Demissie, S. S., Adimassu, Z., Woldearegay, K., & Solomon, D. (2020). Assessing the impacts of different land uses and soil and water conservation interventions on runoff and sediment yield at different scales in the central highlands of Ethiopia. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1-15.
51. Du, X., Jian, J., Du, C., & Stewart, R. D. (2021). Conservation management decreases surface runoff and soil erosion. *Soil and Water Conservation Research*, 10 (2), 188-196.

52. Kiani, F., Jalalian, A., Pashaei, A., & Khademi, H. (2007). Effect of deforestation, grazing exclusion and rangeland degradation on soil quality indices in loess-derived landforms of Golestan Province. *Journal of Water and Soil Science*, 11 (41), 453-464. [In Persian]
53. Sadeghi, S. H. R., Hazbavi, Z., & Gholamalifard, M. (2019). Interactive impacts of climatic, hydrologic and anthropogenic activities on watershed health. *Science of the Total Environment*, 648, 880-893.
54. Hazbavi, Z., & Sadeghi, S. H. R. (2017). Watershed Health Characterization Using Reliability-Resilience-Vulnerability Conceptual Framework Based on Hydrological Responses. *Land Degradation and Development*, 28, 1528-1537.
55. Mircholi, F., Sadeghi, S. H. R., & Khaledi Darvishan, A. (2022). Spatiotemporal dynamic of environmental indices of watershed sustainability in connection with land-use change. *Ecosystem Health and Sustainability*, 8 (1), 2024454.
56. Sadeghi, S. H. R., Hazbavi, Z., & Gholamalifard, M. (2019). Interactive impacts of climatic, hydrologic and anthropogenic activities on watershed health. *Science of the Total Environment*, 648, 880-893.
57. Hazbavi, Z., & Sadeghi, S. H. R. (2017). Watershed Health Characterization Using Reliability-Resilience-Vulnerability Conceptual Framework Based on Hydrological Responses. *Land Degradation and Development*, 28, 1528-1537.
58. Seyedmohammadi, S. A., Jafari, A. A., Seyedmohammadi, N., Khayat, M., & Motagh, M. (2011). Study of relationship between forage yield and morphological characteristics of *Agropyron desertorum* genotypes. *Crop Physiology*, 2 (8), 71-81. [In Persian]
59. Tavakoli, M., & Pirozi, F. (2011). Preliminary study of the causes of drought and decay of Arjan (*Amygduluse orientalis*) shrubs in Lorestan Province. Central Zagros National Forest Conference, Capabilities and bottlenecks. 8p. [In Persian]
60. 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.
61. Maassoumi, A. (2016). Role of *Astragalus* in equilibrium ecosystem. *Iran Nature*, 1 (1), 41-47. [In Persian]
62. 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. *Natural Research*, 59 (4), 1013-1029. [In Persian]
63. Rahnama, S., Ardestani, E. G., Ebrahimi, A., & Nikookhah, F. 2023. Seed priming with plant growth-promoting bacteria (PGPB) improves growth and water stress tolerance of *Secale montanum*. *Heliyon*, 9 (4).
64. Mirzaei Mossivand, A. (2023). The impact of livestock grazing intensity on the quantity and quality of *Bromus Tomentellus boiss* aerial organs (Case study: Northeast of Delfan County). *Plant Ecosystem Conservation*, 10 (21), 57-67. [In Persian]
65. Delshadi, S., Ebrahimi, M., & Shirmohammadi, E. (2017). Influence of plant-growth-promoting bacteria on germination, growth and nutrients' uptake of *Onobrychis sativa* L. under drought stress. *Plant Interactions*, 12 (1), 200-208.
66. Rabiei, M. (2018). Identification of pasture plants. Payam Noor University, 4, 136. [In Persian]
67. 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.

68. Zhang, J., Qiu, H., Tang, B., Yang, D., Liu, Y., Liu, Z., Le., B., Zhou, W., & Zhu, Y. (2022). Accelerating effect of vegetation on the instability of rainfall-induced shallow landslides. *Remote Sensing*, 14 (22), 5743.
69. Wei, S., Zhang, K., Liu, C., Cen, Y., & Xia, J. (2024). Effects of different vegetation components on soil erosion and response to rainfall intensity under simulated rainfall. *Catena*, 235, 107652.