Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Evaluating the effects of soil and water conservation measures on soil characteristics, erosion, and sedimentation in the Rimeleh Watershed of Lorestan Province

Azizolah Shahkarami[1], Afsaneh Alinejadian-Bidabadi[2]*, Abbas Maleki [3], Mohammad Feizian[4]

[1] Ph.D. Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran
[2] Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran
[3] Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran
[4] Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran

Extended Abstract

Introduction

Healthy soils contribute to climate change mitigation by sequestering carbon and reducing greenhouse gas emissions. Moreover, water resources are crucial in addressing climate change impacts, especially as they are increasingly affected by shifting weather patterns. Conservation efforts can enhance resilience to the effects of climate change. Water and soil conservation play a significant role in economic stability. Sustainable management of these resources can enhance agricultural productivity, leading to food security and increased income for farmers. Additionally, protecting watersheds can help reduce costs related to erosion control, water purification, and disaster recovery from floods and droughts. Today, the role of soil and water conservation management measures in increasing vegetation cover is of particular importance due to their effects on soil stabilization. Vegetation cover can act as a barrier between the ground surface and raindrops, and by preventing raindrops from directly impacting the soil surface, it prevents soil particles from disintegrating. Evaluating the effectiveness of different water and soil conservation measures on soil properties, erosion, and sedimentation is crucial in soil planning and management. It is considered one of the steps towards achieving sustainable development. Therefore, this study evaluated the effects of water and soil conservation measures on erosion, sedimentation, and soil characteristics in the Rimeleh Watershed of Lorestan Province.

Materials and Methods

The Rimeleh Watershed area is about 7319 ha. The minimum and maximum elevations are 1500 and 2783 masl, respectively, and the average slope of the watershed is about 28 percent, with an average rainfall of 499 mm per year. Its average annual temperature is 11.2 °C. In this study, the normalized difference vegetation index (NDVI) was used to prepare the land use layer using Landsat satellite images and ILWIS software. In addition, the land use of the 1990s was prepared using existing aerial photographs and compared with the current land use map. First, the data were checked for heterogeneity, including the presence of outliers. To test the null hypothesis that the means of the studied variables were equal to zero, a one-way analysis of variance (ANOVA) was used, and to compare the means between treatments, Duncan's test was used at a 5 % significant level. The Erosion Potential Model (EPM) was used to predict erosion before and after the implementation of water and soil conservation measures. To investigate the soil characteristics, bulk density, soil texture, acidity, electrical conductivity, and soil permeability were evaluated at depths of 0-30 and 30-60 cm.

Results and Discussion

Comparing the soil physical and chemical properties in the two areas under conservation measures and the control area showed that the bulk density, soil texture, acidity, and electrical conductivity of surface soil did not significantly increase with water and soil conservation measures. A comparison of permeability data showed that conservation measures had a positive effect. In addition, the amount of total annual erosion and sedimentation under the current conditions have decreased by an average of 6793 m^3 and 5712 tons, respectively, compared to before the implementation of conservation measures. The results of the paired t-test showed that the water and

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

soil conservation measures were able to reduce erosion and sedimentation significantly. In general, no significant effect of measures on soil acidity was found. The results indicate that in both the first and second soil depths, a significant difference in electrical conductivity was evident between the conserved areas and control areas. The study of soil bulk density for both surface and deep depths showed that there was no significant difference. The soil bulk density value in the protected area was lower than in the unprotected areas, which could be due to the higher organic matter content in the protected areas.

Conclusion

The implementation of soil and water conservation measures such as engineering and bioengineering measures (drywall, check dam, Turkinst, gabion and earth dam), terracing, pond construction, and gardening development in the Rimeleh Watershed could significantly increase the physical and chemical properties of the soil. The results also showed that the amount of total sediment output after project implementation has significantly decreased. Finally, it can be concluded that soil and water conservation measures have had a significant positive effect on reducing erosion and sedimentation, but the effect of soil and water conservation measures on improving soil quality is not absolute, and their effectiveness is highly dependent on the different climatic and geological conditions.

Keywords: Management measures, Rimeleh Watershed, Sustainable development, Water and soil management.

Article Type: Research Article

Acknowledgment

The authors are grateful for the support provided by Lorestan University.

Conflicts of interest

The authors of this article declare that they have no conflict of interest regarding the writing and publication of the contents and results of this research.

Data availability statement

All information and results are presented in the article.

Authors' contribution

Azizolah Shahkarami: Design and experiments, software/statistical analyses, writing original draft preparation; editing the article; **Afsaneh Alinejadian-Bidabadi:** Guidance in conducting design and experiments, conceptualization, editing and revision of the manuscript, controlling the results; sending the article and correspondence; **Abbas Maleki and Mohammad Feizian:** Guidance, conceptualization, editing and revision of the article, control of the results.

*Corresponding Author, E-mail: alinezhadian.a@lu.ac.ir, alinejadian@yahoo.com

Citation: Shahkarami, A., Alinejadian-Bidabadi, A., Maleki, A., & Feizian, M. (2025). Evaluating the effects of soil and water conservation measures on soil characteristics, erosion, and sedimentation in the Rimeleh Watershed of Lorestan Province. *Water and Soil Management and Modelling*, *5*(1), 15-28.
doi: 10.22098/mmws.2024.14122.1392

Received: 27 November 2023, Received in revised form: 11 January 2025, Accepted: 14 January 2025, Published online: 21 March 2025
Water and Soil Management and Modeling, Year 2025, Vol. 5, No. 1, pp. 15-28.

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili © Author(s)

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

شاپا الکترونیکی: ۲۵۴۶-۲۷۸۳

ارزیابی اثرات عملیات حفاظت خاک و آب بر ویژگی‌های خاک، فرسایش و رسوب در حوزهٔ آبخیز ریمله استان لرستان

عزیزاله شاه‌کرمی[۱]، افسانه عالی‌نژادیان بیدآبادی*[۲]، عباس ملکی[۳]، محمد فیضیان[۴]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
[۲] دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
[۳] دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
[۴] دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

چکیده

ارزیابی اثربخشی انواع اقدامات حفاظت خاک و آب بر ویژگی‌های خاک، فرسایش و رسوب از اهمیت بالایی در برنامه‌ریزی و مدیریت خاک برخوردار است و از اقدام‌های حرکت به‌سوی توسعهٔ پایدار محسوب می‌شود. بر این اساس این پژوهش با هدف ارزیابی اثرات اقدامات حفاظت خاک و آب از نظر فرسایش و رسوب و ویژگی‌های خاک در حوزهٔ آبخیز ریمله استان لرستان اجرا شد. جهت پیش‌بینی فرسایش قبل و بعد از اجرای اقدامات حفاظت خاک و آب، از مدل EPM استفاده شد. به‌منظور بررسی ویژگی‌های خاک، عوامل جرم مخصوص ظاهری، بافت خاک، اسیدیته، هدایت الکتریکی و نفوذپذیری خاک در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک ارزیابی شد. نتایج مقایسهٔ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو عرصهٔ تحت عملیات حفاظت خاک و آب و منطقهٔ شاهد با یک‌دیگر، نشان داد که با اقدامات حفاظت خاک و آب، مقدار جرم مخصوص ظاهری، تغییر بافت خاک، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک سطحی افزایش معنادار نیافته است. مقایسهٔ داده‌های نفوذپذیری در مناطق شاهد و مناطق حفاظت شده نشان داد که اجرای عملیات حفاظت خاک و آب بر نفوذپذیری خاک اثر مثبتی داشته است. به‌طوری‌که مقدار نفوذپذیری در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک از ۰/۶۹ در منطقهٔ شاهد به ۰/۳۸ در منطقهٔ عملیات اصلاحی کاهش یافته است. هم‌چنین، مقدار فرسایش و رسوب کل سالانه در شرایط کنونی نسبت به قبل از اجرای اقدامات حفاظت خاک و آب به‌ترتیب به‌طور متوسط حدود ۶۷۹۳ مترمکعب و ۵۷۱۲ تن کاهش‌یافته‌اند. نتایج آزمون t زوجی نشان داد که اقدامات حفاظتی خاک و آب انجام شده در حوزهٔ آبخیز ریمله توانسته است اختلاف معناداری را در کاهش فرسایش و رسوب ایجاد کند. با توجه به یافته‌های پژوهش می‌توان بیان کرد که اقدامات حفاظت خاک و آب در کاهش فرسایش و رسوب اثر مثبت معناداری داشته است ولی تأثیر آن بر بالا بردن کیفیت خاک مطلق نیست.

واژه‌های کلیدی: اقدامات مدیریتی، حوزهٔ آبخیز ریمله، توسعهٔ پایدار، مدیریت خاک و آب

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: alinezhadian.a@lu.ac.ir alinejadian@yahoo.com

استناد: شاه‌کرمی، عزیزاله، عالی‌نژادیان بیدآبادی، افسانه، ملکی، عباس، و فیضیان، محمد (۱۴۰۴). ارزیابی اثرات عملیات حفاظت خاک و آب بر ویژگی‌های خاک، فرسایش و رسوب در حوزهٔ آبخیز ریمله استان لرستان. *مدل‌سازی و مدیریت خاک و آب*، ۵(۱)، ۱۵–۲۸.
doi: 10.22098/mmws.2024.14122.1392

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵، تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۰۱
مدل‌سازی و مدیریت آب‌وخاک، سال ۱۴۰۴، دوره ۵، شماره ۱، صفحه ۱۵ تا ۲۸
ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

۱- مقدمه

ارزیابی تأثیر اقدامات حفاظت خاک و آب منجر به دست یافتن به دیدگاه روشنی در مورد بازدهی چنین اقداماتی در حوزه‌های آبخیز، تعیین راندمان عملیات آبخیزداری به‌منظور اجرای طرح‌های مشابه در آبخیزهای دیگر، بهبود روش‌ها، بازنگری سیاست‌های خرد و کلان، ابداع شیوه‌های نوین و تدوین راه‌کارهای اصولی می‌شود (Jafari Footemi et al., 2017). اقدامات حفاظت خاک و آب با انجام عملیات زیستی، زیست مهندسی و مهندسی نه تنها در صدد حل مشکلات آبخیز است بلکه در راستای توسعهٔ پایدار از طریق بهبود وضعیت اقتصادی و استانداردهای زندگی آبخیزنشینان است (Ghavimipanah et al., 2024).

امروزه نقش عملیات مدیریتی حفاظت خاک و آب در افزایش پوشش‌گیاهی به‌واسطهٔ تأثیر آن‌ها در تثبیت خاک از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. پوشش‌گیاهی می‌تواند به‌صورت یک حائل بین سطح زمین و قطرات باران عمل نماید و با جلوگیری از برخورد مستقیم قطرات باران به سطح خاک از متلاشی شدن ذرات خاک جلوگیری نماید (Jafari Footemi et al., 2017). مدیریت منابع خاک با عملیات حفاظت خاک و آب (عملیات مهندسی، زیست مهندسی و زیستی) انجام می‌شود. در حقیقت نقش بازدارنده و کوتاه‌مدت جلوگیری از فرسایش خاک به عملیات مکانیکی و نقش تثبیت درازمدت آن به عملیات زیست مهندسی و زیستی مرتبط است. به‌طورکلی کاربرد عملیات مدیریتی حفاظت خاک و آب از نظر علمی و اقتصادی به‌ویژه در حل مشکلات اجتماعی و سیاسی نقش اساسی دارد (Lashanizand et al., 2013). مطالعه و تحلیل هر کدام از راه‌کارها و بررسی ابعاد مختلف مربوط به اقدامات حفاظت خاک و آب نیاز به مطالعات گسترده و عمیق دارد. بنابراین، لازم است بررسی شود که اجرای طرح‌های آبخیزداری چه اثراتی داشته و اعتبارات در نظر گرفته شده برای طرح‌های آتی حفاظتی منابع طبیعی به چه صورت هزینه شود که بیش‌ترین بازدهی را در حوزه‌های آبخیز به‌ویژه بر معیشت پایدار ذینفعان به همراه داشته باشد.

در زمینهٔ ارزیابی طرح‌های حفاظت خاک و آب پژوهش‌های بسیاری انجام شده که می‌توان به Liu et al. (2020)، Deng et al. (2021)، Stefanidis et al. (2022)، Karimi et al., (2022) و Karimi Sangchini and Alvandi (2023) اشاره کرد. Beiranvand (2009) تحلیل خسارت و ارزیابی عملکرد عملیات آبخیزداری در کنترل سیلاب شهر خرم‌آباد را مورد مطالعه قرار داد. دبی اوج سیلاب‌هایی با دورهٔ بازگشت دو، پنج، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ساله با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS مشخص شد. نتایج نشان داد که مدل از کارایی لازم برای شبیه‌سازی برخوردار بوده و به متغیرهای شمارهٔ منحنی و تلفات اولیه حساسیت زیادی داشت. Mousavi and Aghdam (2016) به ارزیابی تأثیر عملیات مکانیکی و زیستی آبخیزداری بر مقدار فرسایش خاک پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد عملیات مکانیکی و زیستی آبخیزداری باعث کاهش رسوب‌دهی در منطقه شده است. Chamanpira and Roughani (2018) ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب حوزهٔ آبخیز دادآباد را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در دوره بازگشت‌های پایین، حوضچه‌های ذخیرهٔ آب از توانایی لازم برای ذخیره‌سازی رواناب و کاهش دبی اوج سیلاب برخوردار است اما با افزایش دورهٔ بازگشت نقش این اقدامات در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج کاهش می‌یابد. Mekonnen and Getahun (2020) طی تحقیقی به ارزیابی اثرات حفاظت آب و خاک در حوزه‌های آبخیز ارتفاعات شمال غربی اتیوپی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد اقدامات حفاظتی باعث، تله اندازی رسوبات و کربن آلی خاک می‌شوند. در ادامه، Mahajan et al. (2021) اثرات اقدامات حفاظت آب و خاک بر ویژگی‌های خاک را ارزیابی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد اقدامات حفاظت از خاک و آب باعث بهبود جذب کربن در خاک شد. در حوضهٔ رودخانهٔ دانجیانگ در کوه‌های Qinling، Li et al. (2021)، عملکرد اقدامات حفاظت از خاک و آب را بر اساس مدل InVEST مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه توانست راهکارهایی برای مدیریت پایدار آب و سیاست‌های حفاظت از محیط زیست ارائه دهد، همچنین نتایج مدل InVEST با پارامترهای محلی امکان استفاده در سایر مناطق فاقد داده‌های آب و هوایی، هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی را داشت. در پژوهش دیگری، Bagherian Kalat et al. (2021) به ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر پوشش‌گیاهی و میزان فرسایش و رسوب حوزهٔ آبخیز کاخک پرداختند. تحلیل اطلاعات نشان داد با گذشت ۲۰ سال از انجام عملیات آبخیزداری در حوزهٔ آبخیز کاخک، وضعیت پوشش‌گیاهی حوزهٔ آبخیز بهبود قابل‌توجهی یافته و فرسایش خاک حدود ۵۰ درصد کاهش یافته است. Koohdarzi Moghaddam et al. (2022) به ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری در کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از کارا بودن پروژه‌های آبخیزداری در کاهش رسوب‌دهی در منطقهٔ مورد مطالعه است. به‌گونه‌ای که مقدار فرسایش در سطح حوزهٔ آبخیز تغییر چشم‌گیری داشته است. در نهایت، Guduru and Jilo (2023)، مقدار فرسایش خاک ناشی از بارندگی برای اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی را با استفاده از روش RUSLE در حوزهٔ آبخیز گیدابو اتیوپی مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که قسمت‌های بالادست حوزه آبخیز به‌دلیل شیب تند منطقه و شکل‌های زمین ناهموار بیشتر در معرض خطر فرسایش خاک قرار داشتند.

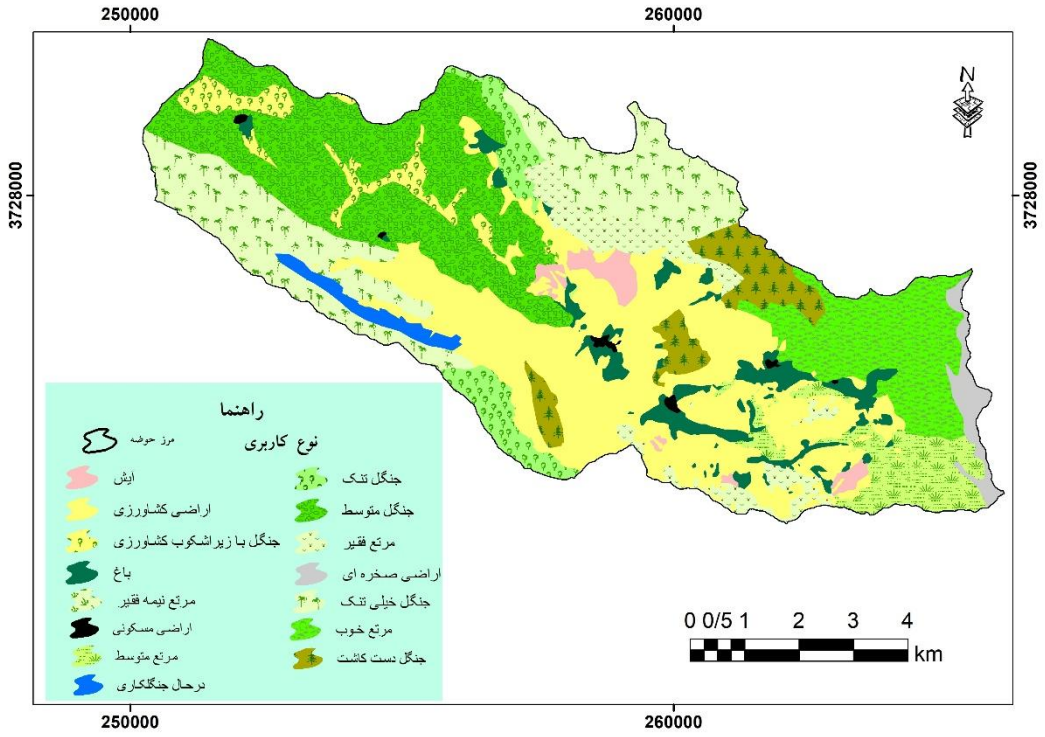
پهنه‌بندی مناطق فرسایشی برای برنامه‌ریزان آبخیزداری و تصمیم‌گیران جهت اولویت‌بندی طرح آبخیزداری مفید بوده است.

در سال‌های اخیر، عملیات مدیریتی اصلاحی حفاظت خاک (زیست‌مهندسی و زیستی) در عرصه‌های منابع طبیعی و کشاورزی حجم قابل‌توجه و گستردگی بسیار زیادی داشته است. این عملیات، با توجه به نقش آن‌ها در حفاظت خاک و آب و احیاء پوشش‌گیاهی، کنترل سیل و نگهداشت رسوب و در ترسیب منابع کربنی اتمسفر و اصلاح گرمایش جهانی مؤثر می‌باشند (Bezu and Tezera, 2019). بنابراین، ضروری است در یک مطالعهٔ جامع، تأثیر عملیات حفاظت خاک و آب بر کیفیت خاک و فرسایش و رسوب ارزیابی شود. استان لرستان از استان‌های سیل‌خیز کشور به شمار می‌رود. پس از سیل‌های ویرانگر متعدد در دهه‌های گذشته در استان لرستان، عملیات زیست مهندسی فراوانی در سطح حوزه‌های آبخیز لرستان به‌منظور حفاظت منابع خاک و آب انجام شده است. با توجه به این‌که تاکنون در استان لرستان برخلاف عملیات اجرایی آبخیزداری، مطالعه‌ای اساسی و جامع در زمینهٔ ارزیابی نقش اثرات اقدامات مدیریتی حفاظت خاک و آب بر خصوصیات فیزیکی خاک و تقلیل فرسایش و رسوب انجام نشده است؛ بنابراین، در این پژوهش به بررسی هم‌زمان اثرات عملیات حفاظت خاک و آب بر بهبود کیفیت خاک و کاهش فرسایش و رسوب خاک در حوزهٔ آبخیز ریمله استان لرستان پرداخته خواهد شد. بدین‌منظور در این پژوهش اثرات عملیات حفاظت خاک و آب در حوزهٔ آبخیز ریمله استان لرستان به‌عنوان مطالعهٔ موردی مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. بنابراین، این پژوهش از جنبهٔ بررسی هم‌زمان تأثیر عملیات حفاظت خاک و آب بر ویژگی‌های کیفیت خاک و فرسایش و رسوب حوزهٔ آبخیز دارای نوآوری است. چرا که با ارزیابی کمی و کیفی اثرات اقدامات حفاظت خاک و آب در کاهش رسوب و نگهداشت آن و بهبود ویژگی‌های خاک، می‌توان به دیدگاه روشنی در مورد بازدهی چنین اقداماتی در حوزه‌های آبخیز دست یافت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقهٔ مورد مطالعه

حوزهٔ آبخیز ریمله، از نظر موقعیت جغرافیایی بین مختصات ″۳۷ ′۳۶ °۳۳ تا ″ ۲۰ ′۴۱ °۳۳ عرض شمالی و ″ ۱۸ ′۱۸ °۴۸ تا ″ ۳۸ ′۲۸ °۴۸ طول شرقی قرار گرفته و مساحت آن حدود ۷۳۱۹ هکتار است. حداقل و حداکثر ارتفاع حوزهٔ آبخیز به‌ترتیب ۱۵۰۰ و ۲۷۸۳ متر از سطح دریا و شیب متوسط حوزهٔ آبخیز حدود ۲۸ درصد و دارای متوسط بارندگی ۴۹۹ میلی‌متر در سال است. میانگین دمای سالانهٔ آن ۱۱/۲ درجهٔ سلسیوس است. طرح مدیریت پایدار آبخیزداری ریمله توسط ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان لرستان در سال ۱۳۷۱ آغاز شد و در قالب برنامه‌های متنوع شامل حفاظت و نگهداری جنگل‌ها، جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ و بادام و انجیر کوهی، حفاظت و اصلاح مراتع و کاشت گونه‌های چندساله و خوش‌خوراک، اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی آبخیزداری (خشکه‌چین، چکدم، تورکینست، گابیون و سد خاکی)، تراس‌بندی، ساخت استخر و توسعهٔ باغ‌کاری در طول یک دورهٔ پنج ساله از سال ۱۳۷۱ به بعد اجرا شد (Karimi Sangchini et al., 2023). در شکل ۱ توزیع عملیات اجرایی حفاظت خاک و آب در سطح حوزهٔ آبخیز ریمله ارائه شده است.



شکل ۱- توزیع عملیات اجرایی حفاظت خاک و آب در سطح حوزهٔ آبخیز ریمله

Figure 1- Distribution of water and soil conservation measures across the Rimeleh Watershed

۲-۲- روش‌شناسی پژوهش

۲-۲-۱- فرسایش و رسوب

در این پژوهش برای پیش‌بینی فرسایش قبل از اجرای اقدامات حفاظت خاک و آب و بعد از اجرای آن‌ها، از مدل EPM[1] استفاده شد (Phan et al., 2011). به‌منظور بررسی و مقایس Z فرسایش و رسوب در حوزهٔ آبخیز ریمله، ابتدا نقشهٔ کاربری فعلی حوزهٔ آبخیز ریمله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و گوگل ارث تهیه و به‌وسیلهٔ بازدید میدانی صحت‌سنجی شد (شکل ۲). برای تهیهٔ لایهٔ کاربری اراضی از طریق تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (سال ۲۰۲۲) و با استفاده از شاخص پوشش‌گیاهی NDVI استفاده شد. سپس با استفاده از امکانات نرم‌افزار ILWIS کاربری اراضی منطقه تهیه شد. هم‌چنین، کاربری اراضی دههٔ ۱۳۷۰ با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۳۷۲ و با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ تهیه و با نقشهٔ کاربری اراضی فعلی مقایسه شد (شکل ۳). رابطهٔ کلی برای فرسایش و رسوب ویژه، فرسایش کل، رسوب انتقالی و مقدار رسوب انتقالی در زیر آورده شده است.

$$W_{sp} = T.H.Z^{\frac{3}{2}} \quad (۱)$$

$$X = W_{sp}.A \quad (۲)$$

$$S_x = R_u.X \quad (۳)$$

$$R_u = \frac{4(P.D)^{\frac{1}{2}}}{L+10} \quad (۴)$$

در رابطه‌های بالا، W_{sp} فرسایش ویژهٔ سالانه (مترمکعب در کیلومترمربع در سال)، H متوسط مقدار بارندگی سالانه (میلی‌متر)، Z ضریب شدت فرسایش، T ضریب درجهٔ حرارت، X میزان فرسایش کل برحسب تن، A مساحت حوزهٔ آبخیز (کیلومترمربع)، Sx مقدار رسوب انتقالی (تن)، Ru نرخ انتقالی رسوب، L طول آبخیز (کیلومتر)، P طول محیط آبخیز (کیلومتر) و D اختلاف ارتفاع (تفاضل ارتفاع متوسط حوزهٔ آبخیز به ارتفاع نقطهٔ خروجی) حوزهٔ آبخیز (کیلومتر) است (Ghahari et al. 2021).

۲-۲-۲- ویژگی‌های کیفیت خاک

به‌منظور جمع‌آوری داده‌های خاک از نمونه‌برداری صحرایی و اندازه گیری پارامترهای خاک از مطالعات آزمایشگاهی استفاده شد. به این منظور، ۲۸ نمونهٔ خاک به‌صورت تصادفی در هر منطقه تحت عملیات حفاظت خاک و آب و بدون عملیات حفاظت خاک و آب (منطقهٔ شاهد) جداگانه در دو عمق متفاوت برداشت شد. نمونه‌های خاک از هر منطقه و از هر عمق خاک از سطح صفر تا عمق ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد. برای برداشت نمونه ابتدا لاشبرگ سطح خاک جمع‌آوری شد، سپس به کمک بیل از سطح تا عمق ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری صورت گرفت (Lotfollahi et

[1] Erosion Potential Model

al., 2020). در مجموع تعداد ۱۱۲ نمونه خاک از منطقهٔ حفاظت شده و غیرحفاظت شده به‌منظور انجام آزمایش‌های تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه منتقل شد. بخشی از نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه خاک‌شناسی و قبل از کوبیده شدن، جهت تعیین پایداری خاکدانه‌ها و نیز میانگین وزنی قطر ذرات خاک در نظر گرفته شد. به‌منظور تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک (BD[1]) از سیلندرهای با حجم مشخص اندازه‌گیری نفوذ آب از روش استوانهٔ مضاعف در سطح خاک استفاده شد (Ward et al, 2016). بافت خاک از روش هیدرومتری، اسیدیته (pH) خاک در گل اشباع و با استفاده از دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی (EC) با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی در عصارهٔ اشباع اندازه‌گیری شد (McCleskey et al., 2012; Ranji et al., 2019; Cosoli et al., 2020).

۳-۲-۲- تحلیل داده‌ها

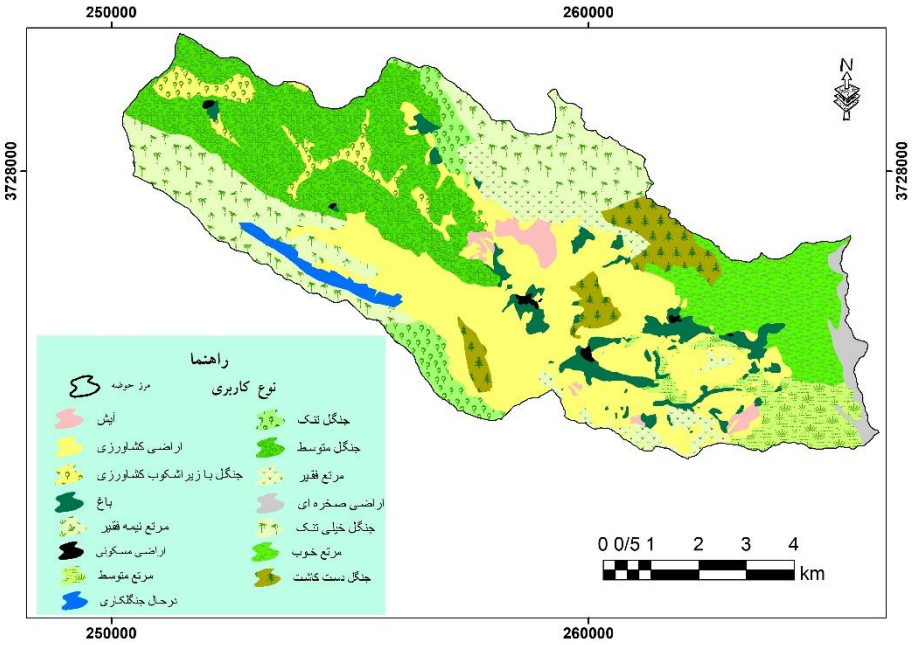
ابتدا داده‌ها از نظر عدم وجود ناهمگنی مانند مقادیر پرت کنترل شدند. جهت آزمودن فرضیهٔ صفر برابر بودن میانگین‌های متغیرهای مورد مطالعه تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA[2]) و نیز برای مقایسهٔ میانگین‌ها بین تیمارها، از آزمون دانکن در سطح معنادار پنج درصد استفاده شد. به‌منظور بررسی معناداری اختلاف بین فرسایش و رسوب با فرض ادامهٔ کاربری سال ۱۳۷۰ و با کاربری فعلی از آزمون تفاوت آماری t زوجی استفاده شد. جهت تحلیل نتایج از نرم‌افزار آماری SPSS16 استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- فرسایش و رسوب

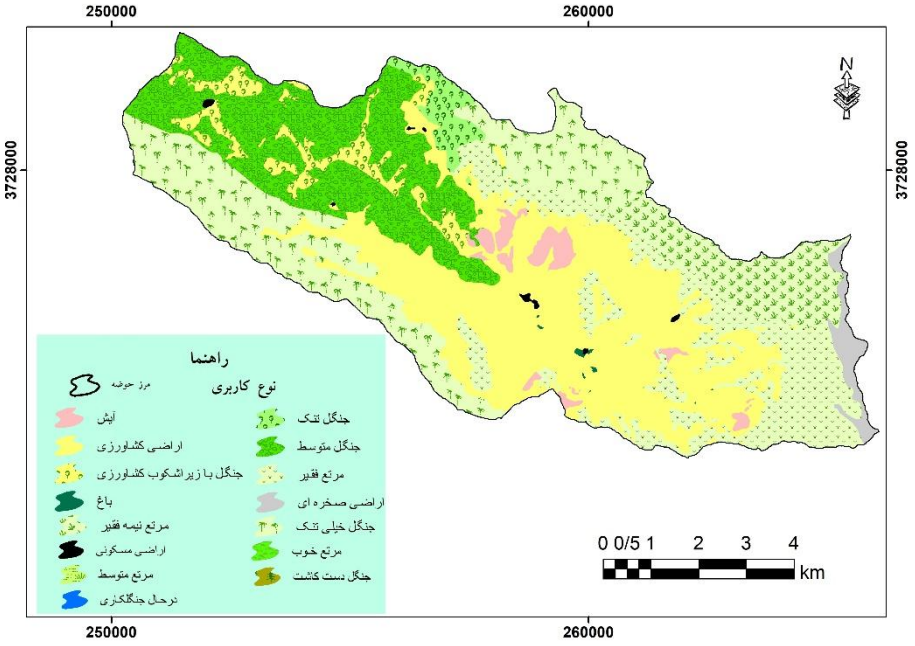
مقدار فرسایش و رسوب سالانه با استفاده از روش EPM برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۸ با دو فرض انجام عملیات حفاظتی و بدون انجام عملیات حفاظتی برآورد شد (جدول ۱). در شکل‌های ۲ و ۳ نقشهٔ کاربری اراضی تهیه شده در شرایط فعلی آبخیز ریمله و در دههٔ ۱۳۷۰ نمایش داده شده است. ضریب Xa برای سال ۱۳۷۰ و فعلی به‌ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۵۸ محاسبه شد (شکل ۴). نتایج ارزیابی نشان داد که مقدار فرسایش و رسوب کل سالانه در شرایط کنونی نسبت به قبل از اجرای طرح‌های حفاظتی منابع طبیعی به‌طور متوسط به‌ترتیب حدود ۶۷۹۳ مترمکعب و حدود ۵۷۱۲ تن کاهش یافته‌اند. یعنی در شرایط کنونی به‌طور متوسط حدود ۵۷۱۲ تن کاهش مقدار رسوب خروجی نسبت به قبل از اجرای اقدامات حفاظت خاک و آب وجود دارد. نتایج جدول ۱ نشان داد که در طی ۲۵ سال گذشته اقدامات آبخیزداری انجام شده در حوزهٔ آبخیز ریمله توانسته است اختلاف معناداری را در کاهش فرسایش و رسوب رخ داده ایجاد کنند. یافته‌های این قسمت از پژوهش با نتایج پژوهش Phan et al. (2011)، Nour et al. (2013) و Karimi Ghafari and Gorji (2021) , Sangchini et al. (2022) در کاهش فرسایش با اجرای اقدامات آبخیزداری در مقایسه با وضع موجود هم‌خوانی دارد.

[1] Bulk density
[2] Analysis of variance



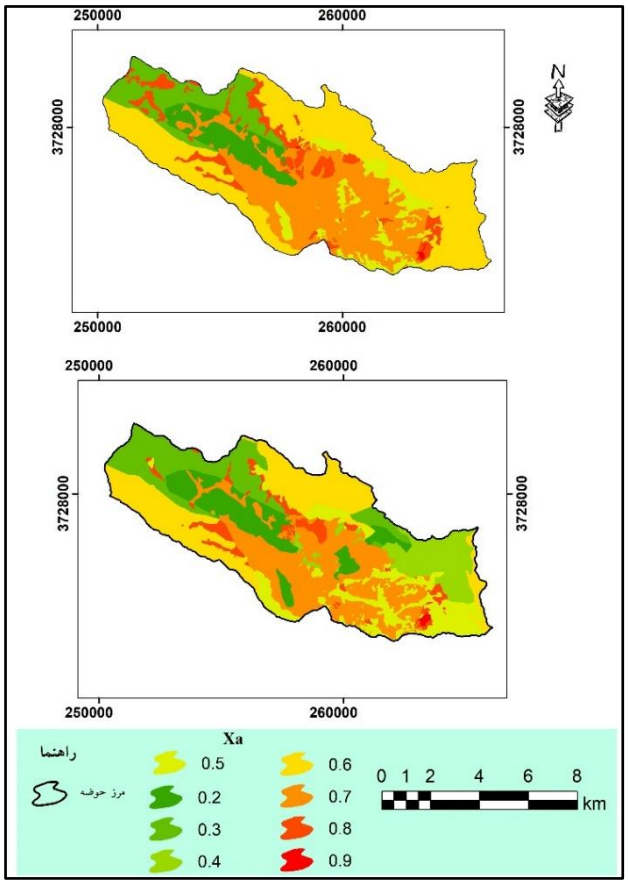
شکل ۲- نقشهٔ کاربری اراضی تهیه شده در شرایط فعلی حوزهٔ آبخیز ریمله

Figure 2- Land use map of the Rimeleh Watershed under current conditions



شکل ۳- نقشهٔ کاربری اراضی تهیه شده در دههٔ ۱۳۷۰ حوزهٔ آبخیز ریمله

Figure 3- Land use map of the Rimeleh Watershed from the 1990s



شکل ٤- نقشهٔ شاخص Xa برای مدل EPM تهیه شده برای کاربری‌های دههٔ ۱۳۷۰ و فعلی حوزهٔ آبخیز ریمله

Figure 4- Xa index map for the EPM model prepared for land uses in the 1990s and current conditions of the Rimeleh Watershed.

جدول ۱- نتایج بررسی اختلاف مقدار رسوب فرسایش سالانهٔ محاسبه شده با کاربری ۱۳۷۰ و فعلی و با آزمون t زوجی برای حوزهٔ آبخیز ریمله

Table 1- Study results on the difference in annual erosion rates and sediment calculations based on the 1990s and current land uses, using a paired t-test for the Rimeleh Watershed.

ردیف	سال	فرسایش کل سالانه برای کاربری 1370 (مترمکعب)	فرسایش کل سالانه برای کاربری فعلی (مترمکعب)	رسوب کل سالانه برای کاربری 1370 (تن)	رسوب کل سالانه برای کاربری فعلی (تن)
1	1375	100789.60	94089.93	84759.15	79125.08
2	1376	129141.30	120557.06	108601.60	101382.65
3	1377	84457.55	78843.53	71024.71	66303.59
4	1378	48391.02	45174.39	40694.51	37989.48
5	1379	87599.14	81776.29	73666.64	68769.90
6	1380	96025.45	89642.49	80752.76	75385.00
7	1381	86711.52	80947.67	72920.20	68073.08
8	1382	100152.10	93494.80	84223.04	78624.61
9	1383	132106.40	123325.05	111095.1	103710.40
10	1384	95612.72	89257.19	80405.67	75060.98
11	1385	110874.50	103504.51	93240.10	87042.29
12	1386	101767.20	95002.57	85581.29	79892.57
13	1387	69776.43	65138.28	58678.60	54778.15
14	1388	103310.40	96443.24	86879.09	81104.10
15	1389	91716.90	85620.33	77129.48	72002.56
16	1390	60815.91	56773.38	51143.23	47743.66
17	1391	84696.46	79066.55	71225.63	66491.15
18	1392	93845.88	87607.80	78919.85	73673.92
19	1393	80410.62	75065.60	67621.44	63126.54
20	1394	125440.20	117102.03	105489.20	98477.14
21	1395	122568.40	114421.08	103074.10	96222.60
22	1396	75503.48	70484.64	63494.77	59274.18
23	1397	198856.20	185637.92	167228.40	156112.51
24	1398	172008.80	160575.08	144651.10	135035.87
متوسط متغیرها		102190.80	95397.98	85937.48	80225.08
درجهٔ معناداری		0.00		0.00	

۲-۳- ویژگی‌های کیفیت خاک

در جدول ۲ مطالعهٔ بافت خاک در حوزهٔ آبخیز ریمله نشان می‌دهد که تفاوتی در این منطقه از نظر بافت خاک وجود ندارد. بافت خاک در منطقه لومی–رسی است. نتایج این مطالعه حاکی از کاهش یا افزایش معناداری بین مناطق حفاظت شده و مناطق غیر حفاظت شده از نظر رس، سیلت و شن نیست. این امر تأیید می‌کند که بافت خاک از خصوصیات ذاتی خاک است که نمی‌تواند تحت تأثیر شیوه‌های حفاظت خاک و آب به‌عنوان روش‌های مدیریت خاک باشد. این نتایج با یافته‌های Tiki et al. (2015) و Tanto and Laekemariam (2019) که بیان کردند تفاوت معناداری در توزیع ذرات خاک به‌دلیل شیوه‌های مدیریت حفاظت خاک و آب وجود ندارد، هم‌خوانی دارد.

جدول۲- اختلاف معناداری بین ذرات سیلت، ماسه و رس در منطقهٔ شاهد و حفاظت شده

Table 2- Significant differences in silt, sand, and clay particles content between the control and protected areas.

		عمق (سانتی‌متر)	درصد سیلت	درصد ماسه	درصد رس	بافت خاک
آبخیز ریمله	حفاظت‌شده	0-30	41.35±2.11a	24.20±0.86a	34.44±2.08a	Clay loam
	حفاظت نشده		43.43±3.27a	21.54±1.23a	35.03±4.12a	Clay loam
	حفاظت شده	30-60	43.03±3.06a	25.61±2.08a	31.37±3.65a	Clay loam
	حفاظت نشده		37.70±4.21a	22.05±2.11a	40.24±5.38a	Clay loam

در اثر عملیات حفاظت خاک و آب در حوزهٔ آبخیز ریمله، مقدار pH در عمق سطحی صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از ۷/۴ در منطقهٔ شاهد به ۷/۳ در منطقهٔ عملیات اصلاحی کاهش یافته است. مطابق با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، مقدار pH در مناطق حفاظت شده نسبت به منطقهٔ شاهد کاهش یافته است. هم‌چنین، در مقایسهٔ عمق اول و دوم منطقهٔ مورد مطالعه، مقدار اسیدیتهٔ عمق اول کم‌تر از عمق دوم است. به‌طورکلی می‌توان گفت در پژوهش حاضر هیچ تأثیر معناداری از اثر عملیات حفاظتی خاک و آب بر اسیدیتهٔ خاک یافت نشد. این نتایج با یافته‌های Binkley et al. (2003) مطابقت دارد. در این رابطه Hosseinzadeh et al. (2008) بیان کردند که تغییرات اسیدیتهٔ خاک به اقدامات حفاظتی وابسته نیست و ممکن است بیش‌تر به مواد مادری، مقدار کربن خاک و به افزایش مقدار آب‌شویی و کاهش درصد آهک خاک آن منطقه وابسته باشد.

نتایج بیان‌گر این است که در هر دو عمق اول و دوم خاک تفاوت معناداری در EC خاک بین مناطق عملیات اصلاحی و شاهد مشهود است. مقدار EC در عمق سطحی صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از ۰/۲۷ در منطقهٔ شاهد به ۰/۳۵ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر در منطقهٔ عملیات اصلاحی و در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری مقدار EC از ۰/۲۵ در منطقهٔ حفاظت نشده (شاهد) به ۰/۲۹ در منطقهٔ حفاظت شده افزایش معنادار یافته است. بنابراین می‌توان بیان کرد اقدامات اصلاحی حفاظت آب و خاک باعث افزایش EC خاک شده‌اند. مهم‌ترین اثری که هدایت الکتریکی روی حاصل‌خیزی دارد آن است که هدایت الکتریکی شاخصی از مقدار دسترسی به مواد مغذی در خاک است. هرچقدر که EC بالاتر باشد، ذرات با بار منفی در خاک بیشتر است، بنابراین کاتیون‌ها نیز در خاک بیشتر می‌شوند. سطوح پایین هدایت الکتریکی نشانه کمبود مواد مغذی است، از سوی دیگر، سطوح بالای آن نیز بیان‌گر وجود عناصر بسیار در خاک است. در خاک‌های شنی که مواد آلی کمی دارند، معمولاً مقدار هدایت الکتریکی کم است، در نقطه مقابل، در خاک‌هایی که محتوای رسی زیادی دارند مقدار هدایت الکتریکی بالا می‌رود.

در مناطق مورد بررسی همهٔ مقادیر جرم مخصوص ظاهری خاک از ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب کم‌تر بود. مطالعهٔ جرم مخصوص ظاهری خاک برای هر دو عمق سطحی و عمقی نشان داد که تفاوت معناداری در مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک نیست. نتایج نشان داد که مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک در منطقهٔ حفاظت شده نسبت به مناطق غیرحفاظت شده پایین‌تر است که می‌تواند به‌دلیل حجم بالاتر مواد آلی در مناطق حفاظت شده باشد. چراکه ذخیرهٔ کربن آلی، عناصر قابل‌دسترس خاک و پایداری خاک در مناطق حفاظت شده نسبت به مناطقی که حفاظت نشده هستند، بیش‌تر است. نتایج مشابهی توسط Mahmoudi et al. (2015)، Hailu (2017) و Ghanbari and Khajoei-Nejad (2018) گزارش شده است که کم‌ترین میانگین مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک را در اراضی حفاظت شدهٔ مرتع نسبت به اراضی تحت چرا به‌دست آمده است. مقدار نفوذپذیری، در عمق ۳۰ تا۶۰ سانتی‌متری از ۰/۶۹ در منطقهٔ شاهد به ۰/۳۸ در منطقهٔ عملیات اصلاحی کاهش یافته است. هم‌چنین، در عمق صفر تا۳۰ سانتی‌متری مقدار نفوذپذیری از ۰/۵۱ در منطقهٔ حفاظت نشده به ۰/۴۶ در منطقهٔ حفاظت شده کاهش یافته است. کاهش نفوذپذیری خاک از مناطق حفاظت شده به مناطق غیرحفاظت شده ممکن است به‌دلیل تخریب ساختمان خاک و تراکم در افق سطحی خاک باشد (Jiménez et al., 2006). بنابراین احتمالاً با انجام اقدامات حفاظتی، ساختمان خاک دستخوش تغییراتی شده

که این امر باعث کاهش نفوذپذیری خاک در منطقه دارای عملیات حفاظت آب و خاک نسبت به منطقه شاهد شده است.

جدول ۳- مقایسهٔ خصوصیات خاک در منطقهٔ شاهد و حفاظت شده در دو عمق متفاوت

Table 3 - Comparison of soil properties between the control and protected areas at two different depths.

		عمق (سانتی‌متر)	نفوذپذیری	جرم مخصوص ظاهری (BD)	pH	هدایت الکتریکی (EC)
آبخیز ریمله	حفاظت‌شده	0-30	0.46±0.02a	1.38±0.00a	7.3±0.02a	0.35±0.02a
	حفاظت نشده		0.51±0.01a	1.41±0.03a	7.4±0.03b	0.27±0.04b
	حفاظت‌شده	30-60	0.38±0.02a	1.40±0.05a	7.5±0.26a	0.29±0.02a
	حفاظت نشده		0.69±0.03b	1.46±0.04a	7.4±0.04a	0.25±0.00b

٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ارزیابی اثرات اقدامات حفاظت خاک و آب اجرا شده در حوزهٔ آبخیز ریمله استان لرستان از نظر فرسایش و رسوب و ویژگی‌های کیفیت خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌طورکلی، مطالعهٔ اثر انواع اقدامات حفاظت خاک و آب بر خصوصیات خاک از اهمیت بالایی در برنامه‌ریزی و مدیریت خاک برخوردار است. زیرا سبب بهبود حاصل‌خیزی خاک، بهبود پوشش‌گیاهی، کاهش آسیب‌های ناشی از سیلاب، افزایش سطح زیرکشت و تقویت اشتغال و از اقدام‌های حرکت به‌سوی توسعهٔ پایدار محسوب می‌شود. به‌دلیل تخریب و فرسایش شدید اراضی در کشور ایران نسبت به نقاط دیگر جهان و برای حفظ و حراست این اراضی از تخریب بیش‌تر، توجه به کیفیت خاک و وضعیت فرسایش و رسوب و انجام پژوهش‌های بیش‌تری در این خصوص ضروری است. با بررسی سازه‌های مکانیکی احداثی در آبخیز ریمله نتیجه‌گیری شد که این سازه‌ها، بعد از ۲۵ سال کارایی بالایی از خود نشان داده‌اند و نقش خود را در رسوب‌گیری، تأخیر سیلاب، بهبود کیفیت خاک و ذخیرهٔ آب به‌منظور نفوذ و استفاده در بخش کشاورزی به‌خوبی ایفا کرده‌اند. با توجه به این‌که حوزهٔ آبخیز ریمله یکی از زیرحوزه‌های آبخیز رودخانهٔ خرم‌آباد است و این شهر در پایین‌دست آن واقع شده است، اقدامات حفاظتی منابع طبیعی اجرایی می‌توانند نقش بسیار زیادی در کاهش سیلاب ورودی به آن داشته باشند.

نتایج پژوهش نشان داد، اجرای اقدامات حفاظتی خاک و آب مانند اقدامات مهندسی و زیست مهندسی (خشکه‌چین، چکدم، تورکینست، گابیون و سد خاکی)، تراس‌بندی، ساخت استخر و توسعهٔ باغ‌کاری در منطقهٔ ریمله توانایی افزایش کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک را در حد قابل‌توجه داشته است. نتایج ارزیابی متغیر فرسایش و رسوب در حوزهٔ آبخیز ریمله نیز نشان داد که مقدار رسوب خروجی کل قبل از اجرای طرح‌ها و شرایط کنونی به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است. فعالیت‌های حفاظتی آبخیزداری در کنترل فرسایش و به تبع آن رسوب نقش بسیار فراوانی دارد. هدررفت خاک و مواد مغذی خاک، کاهش حاصل‌خیزی خاک، کاهش بروز سیلاب، بیابان‌زایی و سلامت مردم از جمله مواردی است که اثر غیرمستقیمی بر اقتصاد ذینفعان خواهند داشت. با جمع‌بندی نتایج ارزیابی اثربخشی طرح‌های آبخیزداری از نظر متغیر فرسایش و رسوب می‌توان بیان کرد که ترکیبی از این اقدامات در کنار یک‌دیگر نتایج مطلوبی را به مدیران و بهره‌برداران ارائه می‌دهد. در نهایت، می‌توان گفت، اقدامات حفاظت خاک و آب اثر مثبت معناداری را در کاهش فرسایش و رسوب داشته‌اند، اما تأثیر اقدامات حفاظت خاک و آب بر بالا بردن کیفیت خاک مطلق نیست و به‌صورتی تأثیرگذاری آن‌ها کاملاً به شرایط مختلف آب و هوایی، زمین‌شناسی هر منطقه وابسته است.

با توجه به نتایج پژوهش، یعنی ارزیابی اثربخشی اقدامات حفاظت خاک و آب اجرا شده در حوزهٔ آبخیز ریمله مشخص شد که از جنبه‌های مختلف تغییرات کاربری اراضی، پوشش‌گیاهی، فرسایش و رسوب، ویژگی‌های خاک و غیره این اقدامات اثرات مثبتی را بر معیشت پایدار اهالی ساکنین حوزهٔ آبخیز ریمله داشته‌اند. در نتیجه پیشنهاد می‌شود که این حوزهٔ آبخیز به‌عنوان یک حوزهٔ آبخیز الگویی در سطح استان و کشور مدنظر قرار داده شود و اقدامات حفاظتی اداره‌های کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌ها به‌صورت یکپارچه و با لحاظ معیشت پایدار ساکنان حوزه‌های آبخیز (همانند حوزهٔ آبخیز ریمله) انجام شود و از بخشی‌نگری و پراکنده‌کاری اجتناب شود.

سپاسگزاری

این مقاله با حمایت مالی دانشگاه لرستان انجام شده است. نویسندگان از همکاری آن دانشگاه کمال تشکر و سپاسگزاری را دارند.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش وجود ندارند.

دسترسی به داده‌ها

تمامی اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان

عزیزاله شاه‌کرمی: انجام طرح و آزمایش‌ها، انجام و بررسی تجزیهٔ نرم‌افزاری/آماری، نگارش نسخهٔ اولیهٔ مقاله، ویرایش مقاله؛ **افسانه عالی‌نژادیان بیدآبادی:** راهنمایی انجام طرح و آزمایش‌ها، مفهوم‌سازی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج، ارسال مقاله و مکاتبات؛ **عباس ملکی و محمد فیضیان**: راهنمایی، مفهوم‌سازی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج مشاوره، بازبینی متن مقاله، راهنمایی و ویرایش.

منابع

باقریان کلات، علی، لشکری پور، غلامرضا، و غفوری، محمد (۱۴۰۰). ارزیابی تاثیر اقدامات آبخیزداری بر پوشش گیاهی و میزان فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز کاخک. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۳(۷)، ۵۱-۶۳. doi: 10.30495/jest.2022.27360.3642

بیرانوند، امیر (۱۳۸۷). تحلیل خسارت و ارزیابی عملکرد عملیات آبخیزداری در کنترل سیلاب در حوزه آبخیز خرم‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی.

جعفری فوتمی، عیسی، نیک نهاد قرماخر، حمید، اکبرلو، موسی، و بهره‌مند، عبدالرضا (۱۳۹۶). مطالعه اثرات عملیات بیومکانیکی حفاظت خاک و آب بر برخی خصوصیات خاک (مطالعه موردی: ارتفاعات بالادست حوزه آبخیز گرگان‌رود). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۸(۱۵)، ۲۳۴-۲۲۵. doi:10.29252/jwmr.8.15.225

چمن پیرا، رضا، و روغنی، محمد (۱۳۹۷). ارزیابی تاثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب حوضه دادآباد. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۰(۳)، ۳۵۰-۳۶۰. doi.org/10.22092/ijwmse.2018.117334

حسین‌زاده، گلریز، جلیلوند، حمید، و تمرتاش، رضا (۱۳۸۶). تغییرات پوشش گیاهی و برخی از خصوصیات شیمیایی خاک در مراتع با شدتهای مختلف چرایی. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۴(۴) ، ۵۱۲-۵۰۰.

غفاری, حیدر، و گرجی، منوچهر (۱۴۰۰). ارزیابی اثر فرسایش خاک بر عملکرد گندم دیم با استفاده از مدل SWAT. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۱(۳)، ۶۶-۵۳. doi:10.22098/mmws.2021.9267.1029

قنبری، جلال، و خواجویی‌نژاد، غلامرضا (۱۳۹۷). اثر کاربرد کمپوست و ترکیب کمپوست و بیوچار بر جرم مخصوص ظاهری خاک بستر کاشت و میزان ظهور و رشد اولیه گیاهچه اکوتیپ‌های زعفران. *زراعت و فناوری زعفران*، ۶(۱)، ۱۷-۳۳. doi.org/10.22048/jsat.2017.57414.1178

قهاری، غلامرضا، شادفر، صمد، و حسینی مرندی، حمید (۱۳۹۹). گزارش فنی: بررسی کارایی مدل EPM از طریق رسوب‌سنجی مخازن بندهای کوچک. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۲(۴)، ۱۱۳۳-۱۱۴۵. doi.org/10.22092/ijwmse.2019.123145.1538

قویمی‌پناه، محمدحسین، غلامی، لیلا، کاویان، عطاالله، و صادقی، سیدحمیدرضا (۱۴۰۳). ارزیابی تاثیر اقدامات حفاظت خاک و آب بر تغییرات رسوب‌دهی حوزه آبخیز کن، استان تهران. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۴(۳)، ۴۲-۵۶. doi: 10.22125/iwe.2023.403278.1726

کریمی سنگچینی، ابراهیم، آرامی، سید عبدالحسین، و یوسفی مبرهن، ابراهیم (۱۴۰۰). کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در ارزیابی اثرات طرح‌های آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز ریمله شهرستان خرم‌آباد. *کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی*، ۱۲(۴)، ۷۸-۸۶. https://dorl.net/dor/20.1001.1.26763508.1400.12.4.6.3

کریمی سنگچینی، ابراهیم، صالح پورجم، امین، و بهادری، مهشید (۱۴۰۱). ارزیابی نگرش آبخیزنشینان به طرح‌های مدیریتی آبخیزدر آبخیز ریمله. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۵(۴)، ۳۴-۴۶. doi:10.22092/wmrj.2022.358184.1460

کریمی سنگچینی، ابراهیم، و الوندی، احسان (۱۴۰۱). آثار اجتماعی-اقتصادی طرح‌های آبخیزداری اجرا شده از دیدگاه کارشناسان در آبخیز ریمله، استان لرستان. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۶(۱)، ۴۹-۳۴. doi:10.22092/wmrj.2022.358255.1464

کریمی، زینب، سعدالدین، امیر، و شیخ، واحدبردی (۱۴۰۱). اثرات اقدامات آبخیزداری بر خدمات چهارگانه آبخیز چهل‌چای استان- گلستان. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۴)، ۱۸-۳۶. doi:10.22098/mmws.2022.10523.1087

کوهدرزی مقدم، مینا، تقی‌پور، سید مهدی و عرفانی پورقاسمی، وجیهه (۱۴۰۱). اثربخشی اقدامات آبخیزداری در کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب (مطالعه موردی: حوزهٔ آبخیز دهلکوه). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۴)، ۱۷-۱. doi:10.22098/mmws.2022.10282.1080

لشنی‌زند، مهران، ویسکرمی، ایرج، رفیعی، باقر، و چمن پیرا، غلامرضا (۱۳۹۲). بررسی عملکرد عملیات سازه‌ای مکانیکی آبخیزداری در ترسیب کربن به‌منظور اصلاح تغییرات اقلیمی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری، ۹۱ صفحه.

لطف‌الهی، لیلا، دلاور، محمدامیر و جمشیدی، محمد (۱۳۹۹). معرفی روش‌های مختلف نمونه‌برداری در مطالعات نقشه‌برداری رقومی خاک. *تحقیقات کاربردی خاک*، ۸(۳)، ۲۰۲-۲۱۹.

محمودی، اصغر، جلالی، آرمان، ولیزاده، مصطفی و اسکندری، ایرج (۱۳۹۴). بررسی اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی حفاظتی بر جرم مخصوص ظاهری خاک. *ماشین‌های کشاورزی*، ۵(۲)، ۳۶۸-۳۸۰. doi.org/10.22067/jam.v5i2.28533

نور، فاطمه، نصری، مسعود، یگانه، حسن، مقیمی‌نژاد، فیروزه، قاسمی آریان، یاسر، و بنی نعمه، جمال (۱۳۹۲). برآورد تلفات اقتصادی فرسایش خاک مراتع با استفاده از روش جایگزینی مواد غذایی (NRCM). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۰(۳)، ۵۲۲-۵۳۰. doi.org/10.22092/ijrdr.2013.5793

References

Bagherian Kalat, A., Lashkaripour, G. R., & Ghafoori, M. (2021). Evaluating the impacts of implemented watershed management project on vegetal cover and sediment yield in Kakhk Watershed Project. *Journal of Environmental Science and Technology*, *23*(7), 51-63. doi:10.30495/jest.2022.27360.3642 . [In Persian]

Beiranvand, A. (2009). Damage Analysis & Evaluation of watershed management treatments on flood control in Khorram Abad Watershed. M.Sc. Thesis, Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Persian]

Bezu, A., & Tezera, K. (2019). Impacts of soil and water conservation on crop yield, soil properties, water resources, and carbon sequestration: A review. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, *10*(5), 103-113. doi.org/10.5897/JSSEM2018.0723.

Binkley, D., Singer, F., Kaye, M., & Rochelle, R. (2003). Influence of grazing on soil properties in rockymountain national park. *Journal of Forest Ecology and Management*, *185*(3), 239-247. doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00162-2.

Chamanpira, R., & Roughani, M. (2018). Evaluation the effects of watershed management operations in flood mitigation of Dadabad Watershed. *Watershed Engineering and Managemen*, *10*(3), 350-360. doi.org/10.22092/ijwmse.2018.117334. [In Persian]

Cosoli, G., Mobili, A., Tittarelli, F., Revel, G.M., & Chiariotti, P. (2020). Electrical resistivity and electrical impedance measurement in mortar and concrete elements: A systematic review. *Applied Sciences*, *10*(24), 9152. doi.org/10.3390/app10249152

Deng, C., Zhang, G., Liu, Y., Nie, X., Li, Z., Liu, J., & Zhu, D. (2021). Advantages and disadvantages of terracing: A comprehensive review. *International Soil and Water Conservation Research*, *9*(3), 344-359. doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.03.002

Ghafari, H., & Gorgi, M. (2021). Evaluation of soil erosion effects on rainfed wheat (Triticum aestivum) yield using SWAT model. Water and Soil Management and Moddeling, 1(3), 53-66. doi: 10.22098/mmws.2021.9267.1029. [In Persian]

Ghahari, G.H., Shadfar, S., & Hosseini Marandi, H. (2021). Technical Note: Evaluation of EPM empirical model using sediment survey of small reservoirs in Fars Province. *Watershed Engineering and Management. 12*(4), 1133-1145. doi.org/10.22092/ijwmse.2019.123145.1538 [In Persian]

Ghanbari, J., & Khajoei-Nejad, G, (2018).The effect of compost and combination of compost and biochar application in soil bulk density of planting bed, seedling emergence rate and early growth of saffron ecotypes. *Saffron Agronomy and Technology*, *6*(1), 17-33. doi.org/10.22048/jsat.2017.57414.1178. [In Persian].

Ghavimipanah, M, H., Gholami, L., Kavian, A., & Sadeghi H. (2024). Impact assessment of soil and water conservation practices on sediment yield changes in Kan Watershed, Tehran Province. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, *14*(3), 42-56. doi:10.22125/iwe.2023.403278.1726. [In Persian]

Guduru, J.U., & Jilo, N.B. (2023). Assessment of rainfall-induced soil erosion rate and severity analysis for prioritization of conservation measures using RUSLE and Multi-Criteria evaluations technique at Gidabo watershed, Rift Valley Basin, Ethiopia. Ecohydrology & Hydrobiology, 23(1), 30-47. doi.org/10.1016/j.ecohyd.2022.09.002

Hailu, W. (2017). Impact of physical soil and water conservation structure on selected soil physicochemical properties in Gondar Zuriya Woreda. *Resources and Environment*, *7*(2), 40-48. doi:10.5923/j.re.20170702.02.

Hosseinzadeh, G., Jalilvand, H., & Tamartash, R. (2008). Vegetation cover changes and some chemical soil properties in pastures with different grazing intensities. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14(4), 500-512. [In Persian]

Jafari Footemi, I., Niknahad Gharamakher, H., Akbalou, M., & Bahremanh, A. (2017). Investigation on the effects of biomechanical water and soil conservation practices on some soil properties (case study: Upstream mountains of Gorganroud catchment). *Journal Water Management Resources*, 8(15), 225-234. doi:10.29252/jwmr.8.15.225. [In Persian]

Jiménez, C., Tejedor, M., Morillas, G., & Neris, J. (2006). Infiltration rates in andisols: effect of changes in vegetation cover (Tenerife, Spain). *Journal of Soil and Water Conservation*, *61*(3), 153–158.

Karimi Sangchini, E., & Alvanid, E. (2023). Socio-economic effects of implemented projects of watershed management from the expert's perspective in Rimeleh Watershed, Lorestan Province. *Watershed Management Research*, *36*(1), 34-49. doi: 10.22092/wmrj.2022.358255.1464. [In Persian]

Karimi Sangchini, E., Arami, S. A., Yousefi Mobarhan, E. (2022). The use of geographic information system and remote sensing in evaluating the effects of watershed management projects implemented in the Rimleh Watershed of Khorramabad City. *Journal of GIS & RS Application in Planning*, *12*(4), 78-86. doi:20.1001.1.26763508.1400.12.4.6.3. [In Persian]

Karimi Sangchini, E., Salehpour Jam, A., & Bahadori, M. (2023). Evaluation of the Stakeholders attitude towards watershed

management projects in Rimeleh Watershed. *Watershed Management Research*, *35*(4), 34-46. doi:10.22092/wmrj.2022.358184.1460. [In Persian]

Karimi, Z., Sadoddin, A., & Sheikh, V. (2022). Effects of watershed management practices on the quadric services of Chehel-Chai Watershed, Golestan Province. *Water and Soil Management and Moddeling*, *2*(4), 18-36. doi:10.22098/mmws.2022.10523.1087. [In Persian]

Koohdarzi Moghaddam, M., Taghipour, S. M., & Erfani Pourghasemi, V. (2022). Effectiveness of watershed management measures on soil erosion and sediment yield reduction (Case study: Doholkooh Watershed, South Khorasan Province). *Water and Soil Management and Moddeling, 2*(4), 1-17. doi:10.22098/mmws.2022.10282.1080. [In Persian]

Lashanizand, M., Vayskarami, I., Rafiei, B., & Chamanpira, Gh. R. (2013). Investigating the performance of watershed mechanical structural operations in carbon sequestration for the purpose of climate change mitigation. Final report of research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 91 pages. [In Persian]

Li, M., Liang, D., Xia, J., Song, J., Cheng, D., Wu, J., Cao, Y., Sun, H., & Li, Q. (2021). Evaluation of water conservation function of Danjiang River Basin in Qinling Mountains, China based on InVEST model. *Journal of Environmental Management, 286*, 112212. doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112212

Liu, B.W., Wang, M.H. Chen, T.L., Tseng, P.C., Sun, Y., Chiang, A., & Chiang, P.C. (2020). Establishment and implementation of green infrastructure practice for healthy watershed management: Challenges and perspectives. *Water-Energy Nexus*, *3*: 186-197, doi:10.1016/j.wen.2020.05.003.

Lotfollahi, L., Delavar, M. A., & Jamshidi, M. (2020). Introduction of different sampling methods in digital soil mapping studies. *Applied Soil Reaesrch*, *8*(3), 202-219. [In Persian]

Mahajan, G.R., Das, B., Manivannan, S., Manjunath, B.L., Verma, R.R., Desai, S., Kulkarni, R. M., Latare, A. M., Sale, R., Murgaonkar, D., Patel, K.P., Morajkar, Sh., Desai, A., Barnes, N., & Mulla, H. (2021). Soil and water conservation measures improve soil carbon sequestration and soil quality under cashews. *International Journal of Sediment Research*, *36*(2), 190-206. doi.org/10.1016/j.ijsrc.2020.07.009

Mahmoudi, A., Jalali, A., Valizadeh, M., Skandari, I. (2015). The effects of forward speed and depth of conservation tillage on soil bulk density. *Journal of Agriculture Machinery*, *5*(2), 368-380. doi.org/10.22067/jam.v5i2.28533. [In Persian]

McCleskey, R.B., Nordstrom, D.K., Ryan, J.N., & Ball, J.W. (2012). A new method of calculating electrical conductivity with applications to natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *77*, 369–382. doi.org/10.1016/j.gca.2011.10.031

Mekonnen, M., & Getahun, M. (2020). Soil conservation practices contribution in trapping sediment and soil organic carbon, Minizr watershed, northwest highlands of Ethiopia. *Journal of Soils and Sediments*, *20*(11), 2484–2494. doi: 10.1007/s11368-020-02611-5

Mousavi, B., & Aghdam, S.H. (2016). Atriplex plants and its role in the regeneration of pastures. *Printing. Bulletin* No. 69 of the Nation's Forests and Grasslands. Tehran, 132 pp. [In Persian]

Nour, F., Nasri, M., Yeganeh, H., Moghiminejad, F., Ghasemi Aryan, Y., & Bani name, J. (2013). Estimation of economic losses of soil erosion of rangelands using Nutrient Replacement Cost Method (NRCM). *Iranian Journal of Range and Deserat Reasearch, 20*(3), 522-530. doi.org/10.22092/ijrdr.2013.5793. [In Persian]

Phan, D.B., Wu, C.C., & Hsieh, S.C. (2011). Land use change effects on discharge and sediment yeild of Song Cau Catchment in northern Vietnam. *Journal of Environmental Science and Engineering*, *5*, 92-101.

Ranji Roodposhti, H., Hafizi, M.K., Soleymani Kermani, M.R., & Ghorbani Nik, M.R. (2019). Electrical resistivity method for water content and compaction evaluation, a laboratory test on construction material. *Journal of Applied Geophysics*, *168*, 49-58. doi: 10.1016/j.jappgeo.2019.05.015

Stefanidis, S., Alexandridis, V., & Ghosal, K. (2022). Assessment of water-induced soil erosion as a threat to natura 2000 protected areas in crete Island, Greece. *Sustainability*, *14*(5), 2738. doi:10.3390/su14052738

Tanto, T., & Laekemariam, F. (2019). Impacts of soil and water conservation practices on soil property and wheat productivity in Southern Ethiopia. *Environmental Systems Research*, *8*(1), -9. doi:10.1186/s40068-019-0142-4

Tiki, L., Tadesse, M., & Yimer, F. (2015). Effects of integrating different soil and water conservation measures into hillside area closure on selected soil properties in Hawassa Zuria District. Ethiopia. *Soil Science and Environmental Management*, *6*(10), 268–274. doi.org/10.5897/JSSEM15.0513

Ward, A.D., Trimble, S.W., Burckhard, S.R., & Lyon, J.G. (2016). *Environmental Hydrology*, (3rd ed.). CRC Press. doi.org/10.1201/b19120.