Sari Agriculture Sciences and Natural esources University

Journal of Watershed Management Research, Vol. 16, Issue 2, 2025 p: 127-143

OPEN ACCESS

Research paper

Comprehensive Monitoring and Evaluation of Watershed Management Projects in the Langar 1 Watershed, Mazandaran Province

Reza Ahmadi Lemaraski[1], Ataollah Kavian[2], Leila Gholami[3], and Hamid Amirnejad[4]

1- Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resource, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resource, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran,
(Corresponding author: a.kavian@sanru.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resource, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
4- Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received:09 February, 2025 Revised:09 April, 2025 Accepted: 18 May, 2025

Extended Abstract

Background: The increasing loss of water and soil resources has intensified over the past few decades due to human and sometimes climatic factors and has led to many economic and social consequences. In addition to creating economic costs and losses of national capital, this issue has led to an increase in the occurrence of floods, an increase in the rate of sediment production, a decrease in the useful life of dam reservoirs, the loss of vegetation cover, and a decrease in agricultural production, as well as water scarcity. Proper management of Iran's watersheds is one of the most important methods for using water and soil resources, which requires comprehensive and complete information on different administrative and management methods. Watershed management projects are large-scale and long-term projects that can widely affect the entire basin. Since such projects may have undesirable or desirable consequences, it is necessary to have dynamic planning and strategies. In fact, watershed management should follow an adaptive management approach that includes monitoring, evaluation, feedback, and necessary adjustments. The issue of monitoring and evaluation is one of the basic pillars of implementing watershed management projects, which is considered a tool to examine their effectiveness. Since the success of watershed management projects depends on their multifunctional objectives at various technical, social, and political levels, achieving the objectives, monitoring, and evaluation of watershed management projects is a necessary and inevitable task. Currently, most watershed management and development projects lack a monitoring and evaluation program on the performance and plans of the project. Definitely, monitoring and evaluation require quantitative data to show whether or not the work carried out is in line with the project objectives and how much deviation there is from the main objectives. Therefore, monitoring and evaluation at each stage of the project, comparing, selecting or rejecting existing options, making decisions, dividing tasks, making adjustments, and making necessary judgments and decisions show that the existence of a monitoring and evaluation system during project implementation is very necessary and essential. Therefore, evaluating the performance of watershed management measures in terms of economic aspects makes it possible to determine the type and extent of the project's effects and the affecting factors, and provide necessary guidelines for the optimal implementation of these plans to officials and planners in the future. Therefore, it is necessary to study the impact of these projects in reducing damage to natural resources and preventing accidents in the country's watersheds, as well as the economic and livelihood consequences of watershed management measures from the perspective of people living in villages bordering the project and experts. This is to determine the positive performance and the extent of implementing such projects in controlling and improving the conditions of the intended watershed. This research aims to evaluate the effect of watershed management measures before and after a project implementation on the general condition of the Langar 1 watershed, which has been examined throughout the article.

Methods: The effectiveness of watershed projects implemented by considering factors, such as erosion and sedimentation, change of use, peak discharge, flood volume, economic issues of watershed residents, and vegetation changes before and after the implementation of these projects (between 2009 and 2021), was monitored and evaluated using satellite images, field visits, and receiving data from the General Department of Natural Resources of Mazandaran Province, Sari, in the Langar 1 watershed of Mazandaran Province.

Copyright ©2025 Ahmadi Lemaraski et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

Results: The implementation of biological and mechanical operations in the entire basin caused 17.89 and 25.94 percent reductions in erosion and sedimentation rates, a 30 percent increase in the dense vegetation index, a 1178.18 million cubic meter reduction in the flood volume, and an increase in the profit rate at a cost of 1/12 for the watershed dwellers. Therefore, it is suggested to expand the implementation of biological and mechanical operations in accordance with the cultivation pattern and socioeconomic issues at the basin level.
Conclusion: The results of the study show that the watershed management measures carried out in the Langar 1 watershed have significantly ingluenced improving the quantitative and qualitative characteristics of vegetation cover and meeting the project objectives. The implementation of watershed management plans is beneficial, economically justified, increases groundwater, and is effective in reducing erosion and sedimentation, which has resulted in an 18% reduction in the rate of erosion and sedimentation in the entire basin compared to 2009. A comparison of specific erosion and sedimentation before and after the implementation of watershed management operations shows that the rate of specific erosion and sedimentation has decreased as a result of the implementation of various watershed management measures (biological and managerial). Sub-basins that contained barren lands in 2009 turned into sparse and dense vegetation in 2011, and their percentage reached zero, indicating the effect of watershed management measures, which include implementing biological operations (planting seedlings and trees) and mechanical operations in the Langar 1 basin. The peak discharge and flood volume in the Langar 1 basin show that the concentration time has increased during the statistical period, and the other mentioned parameters have had a decreasing trend, which, along with the increase in changes in the NDVI vegetation index in the Langar 1 basin, further demonstrates the positive effect of watershed management measures. In spite to the limitations of this research, such as incomplete basin information, failure to consider the study budget, failure to utilize diverse scientific expertise, and the weakness of the agricultural extension sector to increase agricultural, livestock, and horticultural production, conservation planning and economic management can be carried out based on the needs and production capabilities of each watershed. Therefore, watershed management measures in the basins are suggested to be based on considering economic issues and implementing integrated plans, so that the income of the residents can be increased, in addition to protecting the lands.

Keywords: Biological and mechanical operations, Cost-benefit ratio, Monitoring and evaluation, Social and Economi

How to Cite This Article: Ahmadi Lemaraski. R, Kavian, A., Gholami, L., & Amirnejad, H (2025). Comprehensive Monitoring and Evaluation of Watershed Management Projects in the Langar 1 Watershed, Mazandaran Province. *J Watershed Manage Res,* 16(2), 127-143. DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

مقاله پژوهشی

پایش و ارزیابی جامع پروژه‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز لنگر ۱ استان مازندران

رضا احمدی لمراسکی[۱]، عطاالله کاویان[۲]، لیلا غلامی[۳] و حمید امیرنژاد[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: a.kavian@sanru.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴- استاد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱ تاریخ ویرایش:۱۴۰۴/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸
صفحه: ۱۲۷ تا ۱۴۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: افزایش رو به رشد هدررفت منابع آب و خاک طی چند دهه اخیر بر اثر عوامل انسانی و بعضاً اقلیمی شدت یافته است و تبعات اقتصادی و اجتماعی فراوانی را به‌همراه داشته است. به‌طوری که این مسئله علاوه‌بر ایجاد هزینه‌های اقتصادی و تلفات سرمایه‌های ملّی، منجربه تشدید وقوع سیلاب‌ها، افزایش نرخ تولید رسوب، کاهش عمر مفید مخازن سدها، از بین‌رفتن پوشش گیاهی و کاهش تولیدات کشاورزی و همچنین کم‌آبی شده است. مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز کشور یکی از مهم‌ترین روش‌های استفاده از منابع آب و خاک است که برای این کار نیاز به اطلاعات جامع و کاملی از روش‌های متفاوت اجرایی و مدیریتی است. پروژه‌های مدیریت آبخیز در مقیاس‌های بزرگ و بلندمدت هستند که می‌توانند کل حوضه را به‌صورت گسترده تحت تاثیر قرار دهند. از آن جایی‌که چنین پروژه‌هایی ممکن است عواقب نامطلوبی یا مطلوبی داشته باشند، لازم است که برنامه‌ریزی‌ها و استراتژی‌های پویایی داشته باشند. در واقع، مدیریت حوزه‌های آبخیز باید یک رویکرد مدیریتی تطبیقی را دنبال کند که شامل نظارت، ارزیابی، بازخورد و تطبیقات لازم باشد. مقوله پایش و ارزیابی یکی از ارکان اساسی اجرای پروژهای آبخیزداری است که به عنوان ابزاری برای بررسی میزان اثربخشی آن‌ها به‌شمار می‌رود. از آن‌جایی‌که موفقیت طرح‌های آبخیزداری در گرو اهداف چند منظوره آن در سطوح مختلف فنی، اجتماعی و سیاسی است، رسیدن به اهداف، پایش و ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری کاری ضروری و در عین‌حال اجتناب‌ناپذیر است. در حال حاضر، اغلب پروژه‌های مدیریت و توسعه آبخیز فاقد برنامه پایش و ارزیابی بر عملکرد و برنامه‌های پروژه هستند. آنچه مسلم است، پایش و ارزیابی نیاز به داده‌های کمی دارند تا نشان دهند که کارهای انجام‌گرفته در راستای اهداف پروژه بوده‌اند یا نه و میزان انحراف از اهداف اصلی چقدر است. بنا بر این، پایش و ارزیابی در هر مرحله از پروژه، مقایسه، انتخاب و یا رد گزینه‌های موجود، تصمیم‌گیری، تقسیم وظایف، انجام تعدیل‌ها، قضاوت‌ها و تصمیم‌های لازم نشان می‌دهند که وجود یک سیستم پایش و ارزیابی در طی اجرای پروژه بسیار لازم و ضروری است. از این‌رو، با ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری از نظر جنبه‌های اقتصادی می‌توان ضمن تعیین نوع و میزان اثرات طرح و عوامل موثر بر آن، رهنمودهای لازم را جهت اجرای بهینه این طرح‌ها در آینده به مسئولان و برنامه‌ریزان ارائه نمود. لذا، بررسی در مورد تاثیر این پروژه‌ها در کاهش خسارات وارده به منابع طبیعی و پیشگیری از بروز حوادث در حوزه‌های آبخیز کشور و همچنین پیامدهای اقتصادی و معیشتی اقدامات آبخیزداری از دید مردم ساکن در روستاهای حاشیه طرح و کارشناسان، ضرورت دارد تا مشخص گردد که اجرای این پروژه‌ها تا چه اندازه عملکرد مثبت در کنترل و بهبود شرایط حوزه آبخیز مورد نظر داشته است. هدف از این پژوهش نیز ارزیابی اثر اقدامات آبخیزداری در قبل و بعد از اجرای پروژه بر وضعیت عمومی حوزه آبخیز لنگر ۱ است که در طول مقاله بررسی شده است.

مواد و روش‌ها: اثربخشی پروژه‌های آبخیزداری اجراشده با در نظر گرفتن فاکتورهایی از قبیل فرسایش و رسوب، تغییر کاربری، دبی پیک و حجم سیلاب، مسائل اقتصادی آبخیزنشینان و تغییرات پوشش گیاهی در قبل و بعد از اجرای این پروژه‌ها (بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، بازدیدهای میدانی و دریافت داده‌ها از اداره کل منابع طبیعی استان مازندران ساری، در حوزه آبخیز لنگر ۱ استان مازندران، مورد پایش و ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: اجرای عملیات بیولوژیکی و مکانیکی در کل حوضه باعث کاهش ۱۷/۸۹ و ۲۵/۹۴ درصدی نرخ فرسایش و رسوب، افزایش ۳۰ درصدی شاخص پوشش گیاهی متراکم، کاهش ۱۱۷۸/۱۸ میلیون مترمکعبی حجم سیلاب و افزایش نرخ سود به هزینه ۱/۱۲ آبخیزنشینان شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیشنهاد می‌شود که اجرای عملیات بیولوژیک و مکانیکی با رعایت شیوه الگوی کشت و مسائل اقتصادی و اجتماعی در سطح حوضه گسترش یابد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان می‌دهند که اقدامات آبخیزداری انجام‌گرفته در حوزه آبخیز لنگر۱ تاثیر به‌سزایی در بهبود خصوصیات کمی و کیفی پوشش گیاهی و همچنین تأمین اهداف پروژه داشته‌اند. اجرای طرح‌های آبخیزداری، سودمند، دارای توجیه اقتصادی و سبب افزایش آب‌های زیرزمینی و مؤثر در کاهش فرسایش و ایجاد رسوب می‌شود که باعث کاهش ۱۸ درصدی میزان فرسایش و رسوب در کل حوضه نسبت به سال ۱۳۸۸ شده است. مقایسه فرسایش و رسوب ویژه در زمان قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری نشان می‌دهد که میزان فرسایش و رسوب ویژه در اثر اجرای اقدامات مختلف آبخیزداری (بیولوژیکی و مدیریتی) کاهش یافته است. زیرحوضه‌هایی که درسال ۱۳۸۸ دارای اراضی بایر بودند در سال ۱۴۰۰ تبدیل به پوشش گیاهی تنک و انبوه شدند و درصد آن‌ها به صفر رسید که این نشان‌دهنده تأثیر اقدامات آبخیزداری، شامل اجرای عملیات بیولوژیکی (نهال‌کاری و درخت‌کاری) و عملیات مکانیکی در حوضه لنگر۱ هستند. دبی اوج و حجم سیلاب در حوضه لنگر۱ نشان می‌دهند که زمان تمرکز در دوره آماری افزایش یافته است و سایر پارامترهای ذکرشده روند کاهشی داشته‌اند که در کنار افزایش تغییرات شاخص گیاهی NDVI در حوضه لنگر۱، بیش از پیش اثر مثبت اقدامات آبخیزداری را نشان می‌دهند. در کنار محدودیت‌های مطالعاتی این پژوهش از قبیل ناقص بودن اطلاعات حوضه، در نظر نگرفتن بودجه مطالعاتی، عدم بکارگیری تخصص‌های علمی متنوع و ضعف بخش ترویج کشاورزی به‌منظور افزایش تولیدات کشاورزی و دامی و باغی، می‌توان بر اساس نیازها و توانایی تولیدی هر حوضه آبخیز، برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریت اقتصادی انجام داد. بنا بر این، پیشنهاد می‌شود که اجرای اقدامات آبخیزداری در حوضه‌ها براساس در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و اجرای طرح‌های تلفیقی باشد تا در کنار حفاظت از اراضی، درآمد ساکنین هم افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی: پایش و ارزیابی، عملیات بیولوژیکی و مکانیکی، نرخ سود به هزینه، مسائل اجتماعی و اقتصادی

مقدمه

افزایش رو به رشد هدررفت منابع آب و خاک طی چند دهه اخیر بر اثر عوامل انسانی و بعضاً اقلیمی شدت یافته است و تبعات اقتصادی و اجتماعی فراوانی را به‌همراه داشته است. به‌طوری‌که این مسئله علاوه بر ایجاد هزینه‌های اقتصادی و تلفات سرمایه‌های ملّی، منجر به تشدید وقوع سیلاب‌ها،

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

افزایش نرخ تولید رسوب، کاهش عمر مفید مخازن سدها، از بین‌رفتن پوشش گیاهی و کاهش تولیدات کشاورزی و همچنین کم‌آبی شده است. مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز کشور یکی از مهم‌ترین روش‌های استفاده از منابع آب و خاک است که برای این کار نیاز به اطلاعات جامع و کاملی از روش‌های متفاوت اجرایی و مدیریتی است (Shafiei *et al*., 2018). پروژه‌های مدیریت آبخیز در مقیاس‌های بزرگ و بلندمدت هستند که می‌توانند کل حوضه را به‌صورت گسترده تحت تاثیر قرار دهند (Johnson *et al*., 2013). از آن‌جایی‌که چنین پروژه‌هایی ممکن است عواقب نامطلوبی یا مطلوبی داشته باشند، لازم است که برنامه‌ریزی‌ها و استراتژی‌های پویایی داشته باشند. در واقع، مدیریت حوزه‌های آبخیز باید یک رویکرد مدیریتی تطبیقی را دنبال کند که شامل نظارت، ارزیابی، بازخورد و تطبیقات لازم باشد (Jafari *et al*., 2021). آبخیزداری به‌عنوان عملیاتی است که ضمن توجه به مسائل اقتصادی و اجتماعی منطقه، طبق برنامه‌های طرح‌ریزی شده منجر به استفاده صحیح از اراضی حوزه آبخیز می‌گردد و شامل مهار فرسایش خاک، تنظیم جریان‌های سیلابی و رسوب‌گذاری و اصلاح پوشش گیاهی منطقه است (Plaster, 2013). خالدیان و بیات (Khaledian & Bayat, 2017) با بررسی نقش پروژه‌های آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب حوزه آبخیز چهل‌گزی سنندج به این نتیجه رسیدند که رسوب‌دهی ویژه حوضه از ۷/۲ به ۵/۲ تن در هکتار کاهش یافت. همچنین، از سطح کلاس‌های با رسوب‌دهی بالا کاسته شد و سطح کلاس‌های با رسوب‌دهی پایین افزایش پیدا کرد. تحلیل آماری نشان داد که بین رسوب‌دهی قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری اختلاف معنی‌دار وجود داشت. عبقری و همکاران (Abqari *et al*., 2015) در حوزه آبخیز سقزچی چای استان اردبیل به این نتیجه رسیدند که فرسایش و رسوب در منطقه اجرای عملیات آبخیزداری کاهش و در سایر مناطق فاقد عملیات آبخیزداری افزایش داشتند که نشان‌دهنده تأثیر مثبت عملیات آبخیزداری در افزایش پوشش گیاهی و حفاظت خاک بود. بابور و همکاران (Babur *et al*., 2020) با ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی بر میزان فرسایش خاک در حوزه آبخیز ترانس باندری هند و پاکستان به این نتیجه رسیدند که با کاهش ۱۷ درصدی سطح اراضی جنگلی در سال ۲۰۰۷، میزان رسوب افزایش یافت. همچنین، طبق شبیه‌سازی سناریوهای تغییر کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰، میزان رسوب پیش‌بینی‌شده عمدتاً با پوشش جنگلی مرتبط است و انتظار می‌رود که با افزایش پوشش جنگلی، رسوب کاهش یابد. دیگایف و همکاران (Degife *et al*., 2021) با بررسی پیامدهای زیست‌محیطی فرسایش و رسوب خاک در حوزه آبخیز دریاچه هاواسا واقع در بخش مرکزی- جنوبی اتیوپی به این نتیجه رسیدند که نرخ فرسایش سالانه حوضه ۳۷ تن بر هکتار در بود که در مجموع سالانه ۲۲۶۶۹۰/۳ تن رسوب سالانه توسط بندهای رسوب‌گیر دریافت می‌شد. بیشترین سهم رسوب بین شیب‌های پنج تا ۳۰ درصد بود. اراضی کشاورزی و بایر بیش‌ترین سهم فرسایش خاک را داشتند. نتایج گوا و همکاران (Qiankun *et al*., 2022) به‌منظور بررسی اثر بارش‌های شدید بر میزان تغییرات دبی سیلاب و رسوب در حوزه آبخیز کوهستانی هنگدوم چین نشان دادند که عملیات آبخیزداری باعث کاهش حجم و دبی سیلاب و رسوب بین سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۶۵ گردید. در این زمینه، ژائو و همکاران (Zhao *et al*., 2019) در حوزه آبخیز رودخانه زرد چین به نتیجه مشابه‌ای با آن‌ها دست یافتند. حاجی بیگلو و همکاران (Hajibigloo *et al*., 2022) با بررسی تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۸۷ در حوزه آبخیز گرگانرود در ارتباط با سیلاب بیان کردند که اراضی زراعی و مناطق مسکونی- صنعتی به‌طور مداوم در طول سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۱۷ گسترش یافتند اما مساحت جنگل‌ها، مراتع و اراضی بایر کاهش یافتند. آنها پیش‌بینی کردند که تا سال ۲۰۳۵، مساحت اراضی زراعی ۲۰۳۹۷ هکتار افزایش و مساحت جنگل حدود ۱۶۹۶۶ هکتار کاهش یابد. الگوی مکانی و زمانی وقوع سیلاب و خسارات آن، به‌خوبی با الگوی تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه مطابقت داشت. بنا بر این، شناخت حوزه آبخیز و مسائل مربوط به آن و همچنین اولویت‌بندی آبخیزداری متناسب با پتانسیل‌های موجود در کشور یکی از ضروریات انکارناپذیر است تا بتوان با استفاده صحیح از این روش به احیای منابع آب و خاک پرداخت و از همه مهم‌تر در جهت رشد اقتصادی و معیشتی و کاهش خسارات وارده حاصل از بلایای طبیعی به آبخیزنشینان گام موثری برداشت (Baqaei., 2006). از آن جایی که موفقیت طرح‌های آبخیزداری در گرو اهداف چندمنظوره آن در سطوح مختلف فنی، اجتماعی و سیاسی است، رسیدن به اهداف، پایش و ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری کاری ضروری و در عین حال اجتناب‌ناپذیر است. در حال حاضر، اغلب پروژه‌های مدیریت و توسعه آبخیز فاقد برنامه پایش و ارزیابی بر عملکرد و برنامه‌های پروژه هستند. آنچه مسلم است، پایش و ارزیابی نیاز به داده‌های کمی دارند تا نشان دهند که کارهای انجام‌گرفته در راستای اهداف پروژه بوده‌اند یا نه و میزان انحراف از اهداف اصلی چقدر است. بنا بر این، پایش و ارزیابی در هر مرحله از پروژه، مقایسه، انتخاب و یا رد گزینه‌های موجود، تصمیم‌گیری، تقسیم وظایف، انجام تعدیل‌ها، قضاوت‌ها و تصمیم‌های لازم نشان می‌دهد که وجود یک سیستم پایش و ارزیابی در طی اجرای پروژه بسیار لازم و ضروری است.

طی سال‌های گذشته، پروژه‌های متعددی در حوزه‌های آبخیز و نقاط مختلف کشور توسط وزارت جهاد کشاورزی به اجرا درآمدند که هدف اساسی آن‌ها ایجاد تغییرات مثبت و زمینه‌های مناسب برای توسعه اقتصادی اجتماعی این نواحی بود (Bagherian *et al*., 2009). در واقع، طرح‌های آبخیزداری که سازنده‌ترین راهکارها برای مقابله با مشکلاتی از قبیل سیلاب، خشک‌سالی، فرسایش، پرشدن مخازن سدها و کاهش حاصل‌خیزی خاک مورد نظر هستند (López-Moreno *et al*., 2009)، اهداف اقتصادی و اجتماعی که از عناصر کلیدی فرآیند توسعه هستند، نیز دارند. به همین منظور، حفاظت، احیاء و اصلاح آبخیزها برای دستیابی کامل به اهداف توسعه اهمیت حیاتی دارند. لذا، بسیاری از کشورها جهت ارتقاء توسعه در نواحی روستایی و بهبود کیفیت اشتغال و زندگی، منابع زیادی را در زمینه آبخیزداری صرف می‌کنند (Azizpoor *et al*.,

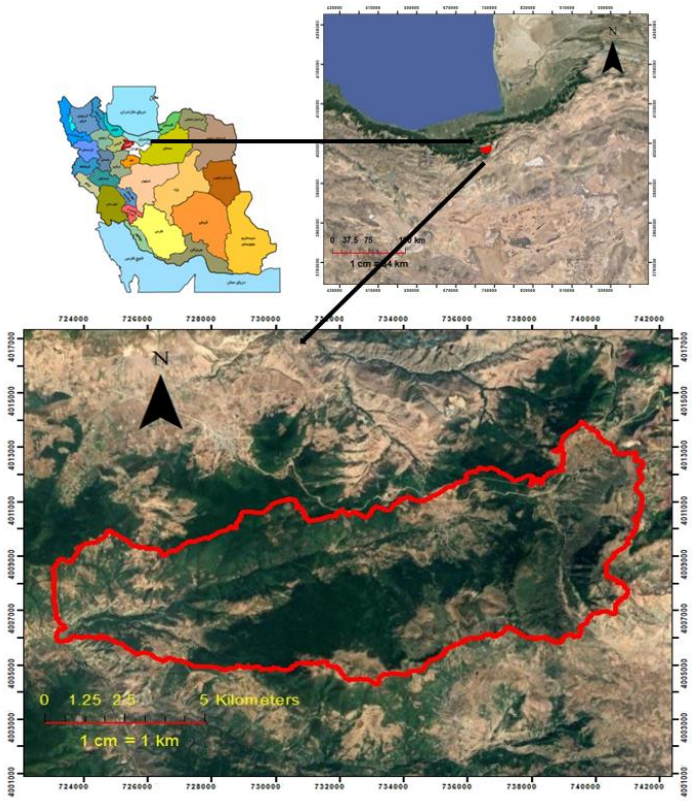
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

2021). در واقع، حوزه‌های آبخیز در ارتباط مستقیم با منابع طبیعی و بهره‌برداری از ذخایر حوزه‌های آبخیز قرار دارند و تحولات این منابع اثرات مشخصی در زندگی اجتماعی و اقتصادی روستائیان دارند (Soltaninezhad *et al*., 2022). دانوسو و همکاران (Donoso & Sarmiento, 2021) به‌منظور بررسی عوامل مهاجرت روستاییان در حوزه آبخیز رودخانه پایوت جنوب اکوادور، تغییرات مناظر کوهستانی نواحی روستایی را در ارتباط با شرایط حاک بر اقتصاد جهانی مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند که با افزایش هزینه خانوار، آسیب‌پذیری به اراضی نواحی روستایی هم افزایش یافت و با درنظر گرفتن برنامه‌های توسعه پایدار می‌توان مانع جنگل‌زدایی، فرسایش خاک و عدم فرهنگ‌سازی شد. برنامه¬های اصلی اصلاحی آبخیزداری که حفظ و حراست آب وخاک، جنگل و مرتع هستند، می‌توانند تأثیرات مستقیم و غیر مستقیمی بر کیفیت زندگی در حوزه‌های آبخیز داشته باشند. چنانچه این طرح‌ها به‌نوعی در افزایش میزان اشتغال و درآمد آبخیزنشینان موثر باشند، بدیهی است که مردم از مشارکت در اجرای این‌گونه طرح‌ها استقبال خواهند نمود. لیبای و همکاران (Bai *et al*., 2022) با بررسی اثر اقدامات حفاظتی خاک بر تنوع زراعی محصولات و معیشت ساکنین در حوزه آبخیز دریاچه روپا نپال بیان داشتند که استفاده از محصولات زراعی در زندگی روزمره مردم محلی ضروری بودند. بنا بر این، یک استراتژی هم برای افزایش آگاهی در انتخاب نوع محصول و هم برای اقدامات حفاظتی در مزرعه نیاز است که می‌تواند تنوع محصول بالاتری ایجاد کند و به معیشت ساکنین در برابر تغییرات آب و هوایی در مناطق کوهستانی کمک کند. همچنین، باردویج و همکاران (Bhardwaj *et al*., 2021) با ارزیابی اثر برنامه‌های مدیریتی آبخیزداری بر ساکنین حوزه آبخیز سیوالیک و هاریانای هند با استفاده از روش پرسش‌نامه‌ای به این نتیجه رسیدند که این برنامه‌ها باعث بهبود شرایط اجتماعی–اقتصادی، کشاورزی و دامداری و محیطی شدند. افزایش فرصت‌های شغلی، دستمزد کارگران و درآمد سرانه، فقر را کاهش داد و سطح زندگی جامعه محلی را بهبود بخشید. سطح رضایت کلی پاسخ‌دهندگان از عملکرد شیوه‌های مدیریتی حدود ۵۶ درصد بود. این مقدار پایین از سطح رضایت نشان می‌دهد که مدیران حوضه باید دانش مردم محلی را در مورد مشکلات موجود، نیازها و موانع آن‌ها در اعمال شیوه‌های مدیریتی در نظر بگیرند. از این‌رو، با ارزیابی عملکرد اقدامات آبخیزداری از نظر جنبه‌های اقتصادی می‌توان ضمن تعیین نوع و میزان اثرات طرح و عوامل موثر بر آن، رهنمودهای لازم را جهت اجرای بهینه این طرح‌ها در آینده به مسئولان و برنامه‌ریزان ارائه نمود. لذا، بررسی در مورد تاثیر این پروژه‌ها در کاهش خسارات وارده به منابع طبیعی و پیشگیری از بروز حوادث در حوزه‌های آبخیز کشور و همچنین پیامدهای اقتصادی و معیشتی اقدامات آبخیزداری از دید مردم ساکن در روستاهای حاشیه طرح و کارشناسان، ضرورت دارد تا مشخص گردد که اجرای این پروژه‌ها تا چه اندازه عملکرد مثبت در کنترل و بهبود شرایط حوزه آبخیز مورد نظر داشته است. در این پژوهش، با توجه به عملیات‌های اجرایی بیولوژیکی و مکانیکی انجام‌شده حوزه آبخیز لنگر ۱ در سال ۱۳۸۸، به ارزیابی عملکرد و اثرگذاری آن‌ها بر میزان فرسایش و رسوب، دبی و حجم سیلاب، پوشش گیاهی، تغییر کاربری و مسائل اقتصادی و اجتماعی حوضه در سال ۱۴۰۰ پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز لنگر۱ با مساحت ۹۷۰۶/۱۲ هکتار در جنوب‌شرقی استان مازندران قرار دارد. حوضه مورد مطالعه دارای مختصات "۵۱ '۲۱ °۵۳ تا "۱۱ '۴۱ °۵۳ طول شرقی و "۱۹ '۹ °۳۶ تا "۲۷ '۱۴ °۳۶ عرض شمالی است. کمترین و بیشترین ارتفاع حوضه ۸۸۰ و ۲۸۰۰ متر از سطح دریا هستند. رودخانه دائمی لنگر۱ که در این حوضه قراردارد یکی از سرچشمه‌های رودخانه تجن است که در نهایت به سد شهید رجایی می‌ریزد. میانگین حداکثر درجه حرارت در این حوضه مربوط به ماه مرداد (۲۹/۰۱) و کمترین آن مربوط به ماه بهمن (۴/۶۱-) هستند. میانگین درجه حرارت سالیانه نیز ۱۱/۲۹ درجه سانتی‌گراد است، و تغییرات آمار درجه حرارت نشان‌دهنده زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً گرم هستند. میزان بارندگی سالیانه در محدوده حوضه با توجه به آمارهای استخراج‌شده ۶۱۹ میلی‌متر است. در این حوضه، به مساحت ۹۹/۶ هکتار نهال‌کاری و تبدیل اراضی کشاورزی به باغی به‌صورت پراکنده و ۸۵ سازه در بستر رودخانه از نوع گابیون، سنگی ملاتی و گابیون با پوشش ملاتی اجرا شده است (شکل ۱).

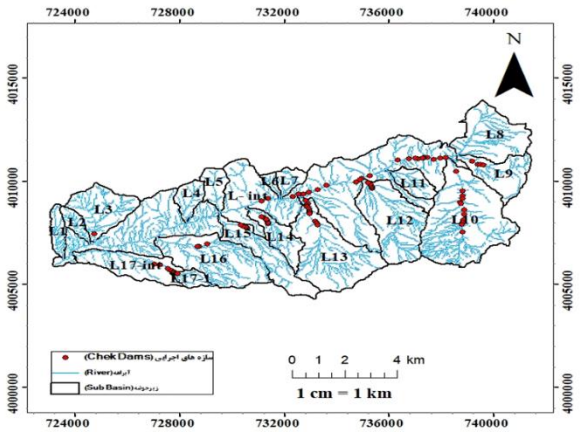
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز لنگر۱ در ایران و استان مازندران
Figure 1. Location of Langar 1 watershed in Iran and Mazandaran province

تعیین واحدهای هیدرولوژیک

جهت انجام پژوهش حاضر، پس از مشخص شدن محدوده حوضه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه‌شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه پایه حوضه توسط نرم‌افزار GIS تهیه گردید. سپس، با استفاده از عکس‌های هوایی و با توجه به وضعیت آبراهه‌ها، مناطق مسکونی و نقشه‌های زمین‌شناسی و خاک‌شناسی و شیب، زیرحوضه‌بندی صورت گرفت که به این ترتیب حوضه مورد مطالعه به ۱۷ زیرحوضه و یک واحد هیدرولوژیکی غیر مستقل و ۴ حوضه تلفیقی تقسیم گردید (شکل ۲).



شکل ۲- زیرحوضه‌ها و بندهای اصلاحی حوزه آبخیز لنگر ۱
Figure 2. Sub-basins and chek dams of the Langar 1 watershed

پارامترهای مورد پایش و ارزیابی

در پژوهش حاضر، پارامترهای فرسایش و رسوب، تغییر کاربری، تغییرات دبی‌پیک و حجم سیلاب، وضعیت پوشش گیاهی و ارزیابی نسبت سود به هزینه سالیانه ساکنین حوضه پایش و ارزیابی گردیدند.

۱- فرسایش و رسوب

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

به‌منظور ارزیابی میزان فرسایش و رسوب حوضه، ابتدا تغییرات کاربری از سال ۱۳۸۸ الی ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند، و سپس با استفاده از مدل MPSIAC و بررسی عوامل نه‌گانه آن (جدول ۱)، مقادیر فرسایش و رسوب در هر زیرحوضه و در هر کاربری مورد ارزیابی قرار گرفتند (Amini *et al*., 2022). سپس، با استفاده از رابطه ۱ مقدار رسوب برآورد گردید.

$$Qs = ۰/۱۸۶e^{۰/۰۳۶*R}$$ رابطه (۱)

جدول ۱- عوامل نه‌گانه روش MPSIAC جهت برآورد فرسایش و رسوب در حوضه لنگر ۱

Table 1. Nine factors of the MPSIAC method to estimate erosion and sedimentation in the Langar Basin1

ردیف Range	عامل Parameter	دامنه امتیاز Score range	فرمول Formula	توضیحات Description
1	زمین‌شناسی سطحی (geology)	0-10	–	حساسیت‌پذیری سنگ‌ها stone sensitive point
2	خاک (Soil)	0-10	Y2=16/6K	K: عامل فرسایش پذیری خاک در روش جهانی فرسایش خاک K: erodibility factor in USLE
3	آب و هوا (Climate)	0-10	Y3=0/2P	P: بارندگی 6 ساعته با دوره بازگشت 2 ساله (mm) P: precipitation intensity with 2 year interval return
4	رواناب (Runoff)	0-10	Y4=0/2(0/03R+50QSP)	R: ارتفاع متوسط رواناب سالانه (mm) R: annual runoff depth (mm) Q_{SP}: دبی پیک ویژه به مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع Qsp:annual specific discharge
5	پستی و بلندی (Topogarphy)	0-20	Y5=0/33S	S: درصد شیب متوسط حوضه S: average watershed slope (percent)
6	پوشش زمین (Land Vegetation cover)	0-20	Y6=0/2Pb	Pb: درصد اراضی لخت و فاقد پوشش Pb: bare soil (percent)
7	نحوه استفاده از اراضی (Land use)	0-20	Y7=20-0/2Pc	Pc: درصد تاج پوشش Pc: canopy cover (percent)
8	وضعیت فعلی فرسایش (Surface Erosion)	0-25	Y8=0/25SSF	SSF: مجموع امتیاز عوامل روش BLM SSF: points summation in BLM model
9	فرسایش خندقی (Gully Erosion)	0-25	Y9=1/67SSFg	SSFg: نمره نهایی فرسایش خندقی در روش BLM SSFg: point of Gully erosion in BLM model

که در آن، Qs تولید رسوب سالانه در واحد سطح (متر مکعب در کیلومتر مربع در سال)، E عدد ثابت نپرین و R ضریب نهایی (مجموع اعداد فاکتورهای نه‌گانه) هستند.

به‌منظور کلاس‌بندی کردن تولید رسوب سالانه و فرسایش خاک در روش MPSIAC از جدول۲ استفاده شد.

جدول ۲- تعین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش MPSIAC

Table 2. Determining the amount of annual sediment production and the soil erosion class in the MPSIAC method

کلاس رسوبدهی و فرسایش Deposition and erosion class	شدت رسوبدهی Deposition intensity	تولید رسوب سالانه مترمکعب در کیلومتر مربع Annual sediment production (m^3/km^2)	نمرات نشان‌دهنده شدت رسوبدهی Deposition rate
V	خیلی زیاد (very much)	681	>100
IV	زیاد (much)	277- 681	75- 100
III	متوسط (average)	113- 277	50- 75
II	کم (little)	46- 113	25- 50
I	خیلی کم یا جزئی (very little)	<46	0- 25

بعد از محاسبه رسوب ویژه، با در نظر گرفتن درصد تحویل رسوب حوزه[1] با استفاده از رابطه (۲) به‌دست آمد.

$$\%SDR=\frac{\text{رسوب ویژه}}{\text{فرسایش ویژه}}\times ۱۰۰$$ رابطه (۲)

۲- تغییر کاربری

امروزه، تغییر کاربری اراضی یکی از نگرانی‌های مهم برای توسعه استراتژی‌های مدیریت پایدار است (Turner *et al*., 2007). از طرف دیگر، سیمای سرزمین با توصیف کمی از ترکیب فضایی و پیکربندی کاربری اراضی می‌تواند پدیده‌های مختلف محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهد به‌طوری که بدون بررسی تغییرات سیمای سرزمین در طول زمان نمی‌توان به درک درستی از چرایی کاهش کیفیت محیط زیست پرداخت (Wu & Hobbs, 2002). جنگل‌ها در کره‌زمین در طول چنددهه گذشته به‌شدت در حال کاهش هستند و این تغییرات در پوشش جنگلی تأثیرات مختلفی در ارایه خدمات اکوسیستم از جمله، تنوع‌زیستی، تغییر آب و هوا و رفاه انسان داشته‌اند (Kamyab & Salman Mahini, 2014)، به‌گونه‌ای که درک پویایی کاهش جنگل‌ها برای برنامه‌ریزی و حفاظت از اکوسیستم و تنوع‌زیستی بسیار مهم است. مقدار فرسایش خاک تحت تاثیر عوامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، شدت باران و رواناب، فرسایش‌پذیری خاک و پوشش زمین است (Wang *et al*., 2013). پوشش گیاهی مهم‌ترین نقش را در کنترل فرسایش دارد (Vrieling *et al*., 2006). رابطه بین کاهش میزان فرسایش و افزایش پوشش گیاهی یک رابطه نمایی است (Gyssels *et al*., 2005). پوشش گیاهی و بقایای آن خاک را از ضربه قطرات باران محافظت می‌کنند، و منجر به کاهش حرکت رواناب سطحی و افزایش نفوذپذیری جریان سطحی خواهند شد (Taghavi Gorji *et al*., 2021). با پیشرفت

[1] Sediment Delivery Ration (SDR)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

جوامع بشری، بهره‌برداری روزافزون انسان از زمین منجر به تخریب پوشش طبیعی آن شده، در نتیجه خاک زیادتری را در معرض فرسایش قرار می‌دهد (Zand, 2019). در واقع، خاک وقتی که پوشش گیاهی خود را از دست می‌دهد در معرض تاثیر مستقیم عوامل اقلیمی قرار می‌گیرد و به‌دلیل از بین رفتن مواد آلی خود، ساختمان ناپایداری پیدا می‌کند و ذرات آن در اثر کمترین نیرویی جابجا می‌شوند (Roghani, 2012). امروزه با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و ابزارهایی مانند GIS می‌توان تحلیل و ارزیابی جامع‌تری از مقادیر تغییرات مساحت اراضی و کاربری آن داشت. در این مطالعه، ابتدا نقشه انواع کاربری اراضی موجود در حوضه (سال ۱۴۰۰) با استفاده از تصاویر سامانه گوگل‌ارث در محیط GIS رسم و سپس مساحت هر یک از آن‌ها با مساحت کاربری مربوطه در سال ۱۳۸۸ مقایسه شد.

۳- تغییرات دبی پیک و حجم سیلاب

برای پیشگیری از خسارت سیل باید احتمال وقوع و بزرگی سیلاب‌های مهم را برآورد نمود و با به‌کارگیری روش‌های مناسب و تأسیسات خاص، اثرات سیلاب را کنترل کرد. مثلاً می‌توان به‌وسیله برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای و یا محاسبه دبی پیک، اقدامات مدیریتی، زیست‌محیطی و عمرانی را به‌عمل آورد یا می‌توان از اقدامات احتیاطی و اصلاح مسیر رودخانه‌ها، احداث مخازن، خاکریزها و سیل بندها بهره برد. در تمامی این موارد، پیش‌بینی ارتفاع آب در محل‌های بحرانی و مشخص از مسیر رودخانه بسیار مهم است و باید تأثیر سدهای مخزنی روی کاهش دبی سیلاب‌ها تعیین شود. یکی از روش‌های معمول برای محاسبه حجم و دبی حداکثر هیدروگراف‌های سیلاب، استفاده از روش SCS است. در این روش (رابطه‌های ۳ و ۴)، فرض بر این است که اگر بارانی با شدت I و در مدت D ساعت ببارد، هیدروگراف سیل به‌وجود خواهد آمد (Kavian, 2015).

رابطه (۳) $Q=(۲/۰۸۳\ A\times R)\ /\ Tp$

رابطه (۴) $Tp=۰/۶Tc+\sqrt{Tc}$

که در آن، Q دبی حداکثر لحظه‌ای به متر مکعب بر ثانیه، A سطح حوضه به کیلومتر مربع، Tp زمان از شروع شاخه صعودی هیدروگراف تا رسیدن به اوج بر حسب ساعت، Tc زمان تمرکز حوضه (ساعت) و R ارتفاع رواناب محاسبه‌شده به سانتی‌متر هستند. در این روش، برای محاسبه ارتفاع رواناب (R) از روش شماره منحنی استفاده می‌شود.

٤- بررسی وضعیت پوشش گیاهی

داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای که از قابلیت‌های خوب مکانی و زمانی برخوردار هستند، می‌توانند به‌عنوان ابزار مناسبی در پایش مکانی_زمانی خشک‌سالی خصوصاً از نوع کشاورزی و منابع طبیعی نقش ایفا نمایند (Wang *et al.*, 2013). در این میان، شاخص NDVI[1] نه‌تنها قابلیت تهیه نقشه حضور پوشش گیاهی بر پایه پیکسل را دارد، بلکه توانایی تعیین تراکم پوشش گیاهی در یک پیکسل را نیز دارا است (Faramarzi *et al.*, 2018). شاخص NDVI تکنیکی است که پوشش گیاهی سبز را از سایر سطوح جدا می‌کند. پوشش گیاهی سبز سالم به‌دلیل وجود کلروفیل در عملیات فتوسنتز نور قرمز[2] را جذب کرده، آن را در طول موج مادون قرمز[3] منعکس می‌کند. دلیل این امر جذب نور اتفاق افتاده بر اثر ساختار داخلی برگ است. بنا بر این، پوشش گیاهی متراکم و همین‌طور مناطق بدون پوشش یا با پوشش کم به‌خوبی در تصاویر نمایان می‌شوند. این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Safarianzengir *et al.*, 2022).

رابطه (۵) $NDVI=((NIR-Red))/((NIR+Red))$

مقدار شاخص NDVI همیشه بین ۱- و ۱+ خواهد بود، و مقادیر بین ۰ و ۱- نشان‌دهنده گیاهان مرده یا اجسام غیرآلی مانند سنگ‌ها، جاده‌ها و خانه‌ها هستند. مقادیر شاخص NDVI برای گیاهان زنده بین ۰ تا ۱ هستند که ۱ سالم‌ترین و صفر کمترین مقدار سلامت است. محدوده تغییرات معمول برای پوشش گیاهی ۰/۲ تا ۰/۸ است. بعد از تهیه نقشه تغییرات پوشش گیاهی و محاسبه شاخص NDVI، هر یک از نقاط محاسبه‌شده به‌منظور بررسی دقیق‌تر با تصاویر گوگل‌ارث مطابقت داده شد.

۵- ارزیابی نسبت سود به هزینه[1]سالیانه ساکنین حوضه در سال‌های پایش

در این پژوهش، سعی شد تا درآمدهای حاصل از مشاغل باغداری، کشاورزی و دامداری در سال ۱۴۰۰ با توجه به عملیات آبخیزداری که طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ در حوضه انجام شده بود با استفاده از روش نسبت سود به هزینه، مورد بررسی قرار گیرند. تجزیه و تحلیل سود به هزینه مهم‌ترین روش برای مقایسه هزینه‌ها، منافع و تعیین راندمان و ارزش فعالیت تولیدی است (Tapsuwan *et al.*, 2022). این شاخص برای تعیین نسبت ارزش فعلی کلیه منافع و ارزش فعلی هزینه‌ها به‌کار می‌رود. یک فعالیت تولیدی از نظر اقتصادی زمانی قابل قبول یا مناسب است که ارزش محاسبه‌شده بزرگ‌تر یا معادل حداقل ($B/C \geq ۱$) باشد (Yeganeh *et al.*, 2016).

نتایج و بحث

برای پروژه‌های حفاظت آب و خاک حوزه آبخیز، چهار مقوله برای پایش وجود دارند که شامل پایش اجرای پروژه، پایش تاثیرات زیست‌محیطی، پایش مسائل اجتماعی و اقتصادی و پایش پایداری پروژه هستند (Jayakody *et al.*, 2019). در این بخش، نتایج به‌دست‌آمده حاصل بازدیدهای میدانی و تحلیل اطلاعات و مقایسه آن‌ها با وضع موجود هستند.

۱- فرسایش و رسوب

با تلفیق نه‌لایه به‌دست‌آمده در مراحل قبل و با استفاده از جدول (۳)، نقشه کلاس‌های رسوب‌دهی در حوضه مشخص شد. سپس با استفاده از لایه R و رابطه (۱)، میزان رسوب ویژه برحسب متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال تعیین شد (جدول ۴).

[1] Normalized Difference Vegetation Index
[2] Red Light
[3] Near-infrared (NIR)

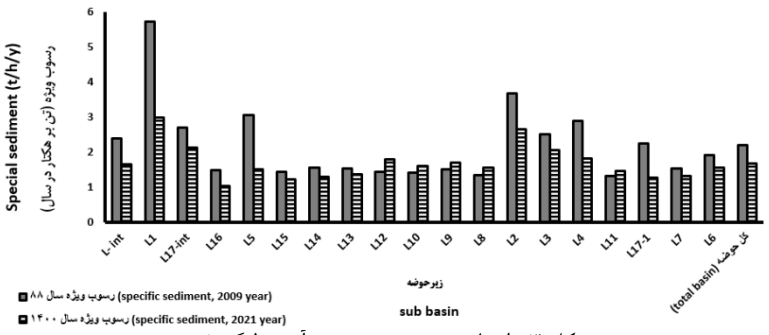
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

جدول ۳- تعیین کلاس رسوب‌دهی در زیرحوضه‌های لنگر۱

Table 3. Determining the sedimentation class in Langar 1 sub-basins

کلاس رسوب‌دهی Deposition class		رسوب ویژه (تن بر هکتار در سال) Specific sediment rate (m3/ha/yr)		R		مساحت (هکتار) Area (h)	زیرحوضه Sub-basin
سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009		
II	III	1.65	2.39	59.53	49.46	2936.90	L- int
III	IV	2.99	5.75	83.99	66.04	117.97	L1
III	III	2.14	2.70	62.98	56.75	398.86	L17-int
II	II	1.04	1.49	46.47	36.6	717.82	L16
II	III	1.50	3.06	66.53	46.92	152.85	L5
II	II	1.22	1.44	45.47	41	425.52	L15
II	II	1.30	1.55	47.65	42.8	241.78	L14
II	II	1.37	1.53	47.4	44.27	875.54	L13
II	II	1.80	1.43	45.35	51.94	705.16	L12
II	II	1.61	1.41	45.12	48.89	1180.98	L10
III	II	1.71	1.52	47.05	50.46	349.97	L9
II	II	1.55	1.34	43.37	47.78	557.61	L8
III	III	2.66	3.69	71.7	62.81	95.83	L2
III	III	2.05	2.52	61.15	55.52	415.33	L3
III	III	1.82	2.90	64.93	52.23	149.63	L4
II	II	1.46	1.32	43.3	46.14	161.35	L11
II	III	1.26	2.25	58.01	42.07	92.10	L17-1
II	II	1.32	1.53	47.35	43.2	104.61	L7
II	III	1.56	1.91	53.41	47.9	44.20	L6
II	III	1.62	2.19	54.78	49.09	9706.12	کل حوضه Total basin

The final factor (the sum of the nine factor numbers of the mpsiac model): R R: ضریب نهایی (مجموع اعداد فاکتورهای نه‌گانه مدل MPSIAC)



شکل ۳- ارزیابی رسوب ویژه حوزه آبخیز لنگر ۱

Figure 3. Special sediment assessment of the Langar 1 watershed

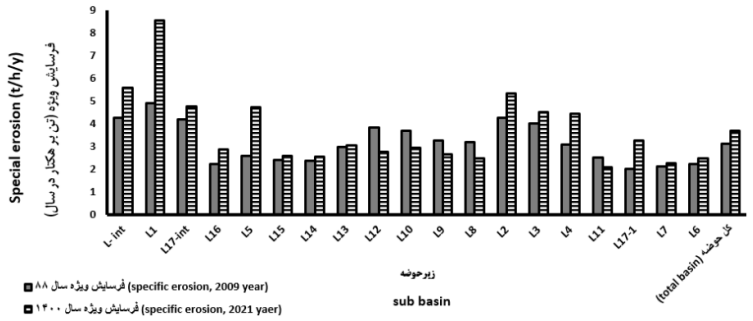
جدول ۴- بررسی میزان تغییرات فرسایش و رسوب ویژه نسبت به مطالعات قبل

Table 4. Comparison of the amount of changes in erosion and specific sediment compared to previous studies

درصد تغییرات نسبت به مطالعات گذشته	فرسایش ویژه (تن بر هکتار در سال) Specific erosion (t/h/y)		درصد تغییرات نسبت به مطالعات گذشته	رسوب ویژه (تن بر هکتار در سال) Specific sediment (t/h/y)		نسبت تحویل رسوب (درصد)	زیرحوضه
Changes compared to previous studies (%)	سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	Changes compared to previous studies (%)	سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	Sediment Delivery Ratio (%)	Sub-basin
-23.60	4.28	5.60	-30.97	1.65	2.39	38.48	L- int
-42.63	4.92	8.57	-48.04	2.99	5.75	60.72	L1
-12.40	4.19	4.78	-20.79	2.14	2.70	51.08	L17-int
-23.07	2.21	2.87	-30.12	1.04	1.49	47.00	L16
-45.83	2.57	4.74	-50.88	1.50	3.06	58.53	L5
-6.59	2.40	2.57	-15.61	1.22	1.44	50.62	L15
-7.66	2.36	2.56	-16.09	1.30	1.55	54.84	L14
-1.93	2.99	3.05	-10.68	1.37	1.53	45.69	L13
38.88	3.82	2.75	26.29	1.80	1.43	47.12	L12
25.72	3.68	2.93	14.40	1.61	1.41	43.79	L10
24.22	3.28	2.64	12.64	1.71	1.52	52.04	L9
28.83	3.18	2.47	16.11	1.55	1.34	48.71	L8
-20.40	4.25	5.34	-27.96	2.66	3.69	62.54	L2
-10.46	4.03	4.50	-18.79	2.05	2.52	50.79	L3
-30.55	3.10	4.46	-37.19	1.82	2.90	58.71	L4
21.56	2.52	2.07	10.72	1.46	1.32	58.08	L11
-38.22	2.01	3.25	-43.87	1.26	2.25	62.89	L17-1
-5.38	2.13	2.25	-14.05	1.32	1.53	61.77	L7
-10.07	2.23	2.48	-18.28	1.56	1.91	69.80	L6
-17.96	3.02	3.68	-25.94	1.62	2.19	53.85	کل حوضه (Total basin)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]



شکل ۴- فرسایش ویژه حوزه آبخیز لنگر ۱
Figure 4. Specific erosion of the Langar1 watershed

در این پژوهش، ارزیابی اولیه برای بررسی‌های بخش فرسایش و رسوب حوزه آبخیز لنگر ۱ ابتدا با جمع‌آوری داده‌ها از اداره کل منابع طبیعی استان مازندران- ساری و بازدیدهای میدانی از هر زیرحوضه و عکس‌برداری و یادداشت وضعیت‌های فرسایشی طبق پارامترهای پنج تا نه مدل MPSIAC انجام شد. سپس، با استفاده از تجزیه و تحلیل پارامترها در محیط GIS، Google Earth و Excel، مقادیر فرسایش و رسوب محاسبه شدند (به‌دلیل این که محاسبات آن در سال ۱۳۸۸ توسط شرکت مشاور با مدل MPSIAC بود، در پژوهش حاضر هم (در سال ۱۴۰۰) برای مقایسه کامل‌تر، از آن مدل استفاده شد). بیش‌ترین اثر در میزان کاهش فرسایش و رسوب، مربوط به زیرحوضه 5L به‌ترتیب با مقادیر ۴۵/۷۸ و ۵۰/۸۸ درصد بود. در حالی که در زیرحوضه 12L میزان فرسایش و رسوب نسبت به بررسی‌های اولیه (در سال ۱۳۸۸) به‌ترتیب ۳۸/۹۱ و ۲۵/۱۲ درصد افزایش داشت. در حالت کلی، میزان فرسایش و رسوب ویژه در بررسی‌های اولیه کل حوضه ۳/۶۸ و ۲/۱۹ تن بر هکتار در سال ۱۳۸۸ بود در حالی‌که در پژوهش حاضر به‌میزان ۳/۰۲ و ۱/۶۲ تن بر هکتار در سال ۱۴۰۰ بود (شکل‌های ۳ و ۴). علت تغییرات مثبت کاهش میزان فرسایش و رسوب ویژه نسبت به مطالعات گذشته (۵۰/۸۸- درصد)، تغییر کاربری اراضی است.

مساحت زیرحوضه 5L، ۱۵۲/۸۴ هکتار است که ۱۴۶/۳۲ هکتار آن را جنگل تشکیل می‌دهد و نسبت به بررسی‌های گذشته، ۱۴/۶۶ درصد افزایش سطح جنگل‌ها را داشته است. این عامل باعث کاهش برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک و سبب کاهش فرسایش خاک می‌شود. از طرفی، وجود ریشه‌های درختان سبب چسبندگی و مقاومت خاکدانه‌ها و باعث کاهش فرسایش خاک می‌شود. علت تغییرات منفی و افزایش میزان رسوب ویژه در زیرحوضه 12L، تغییر کاربری اراضی و در نتیجه آن کاهش سطح جنگل‌ها و افزایش سطح مناطق مسکونی است (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵- تغییرات کاربری اراضی در زیرحوضه L12
Table 5. Land use changes in the L12 sub-basin

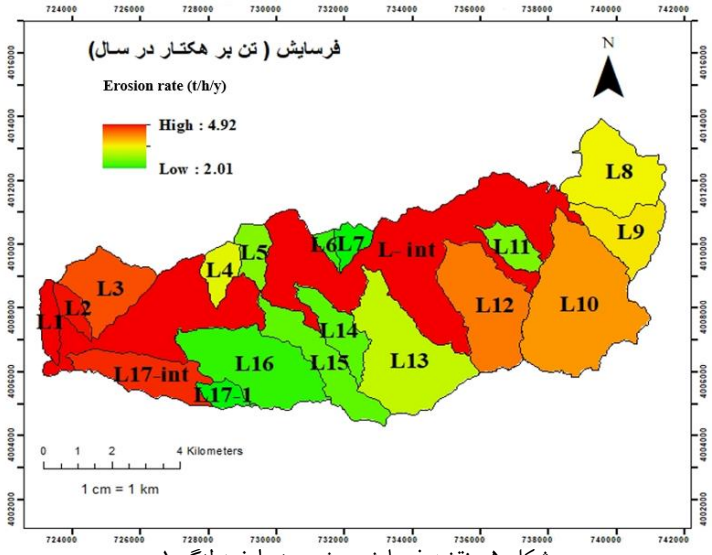
زیرحوضه Sub-basin	مساحت (هکتار) Area (h)	کاربری Land use	مساحت (هکتار) Area (h) سال 1388 Year 2009	مساحت (هکتار) Area (h) سال 1400 Year 2021	درصد تغییرات نسبت به مطالعات گذشته Changes compared to previous studies (%)
L12	705.15	جنگل Forest	365.67	326.30	-10.77
		مرتع Range land	184.16	199.79	8.48
		اراضی زراعی Agricalture	151.15	164.58	8.88
		مناطق مسکونی Residential areas	4.16	14.47	247.72

جدول ۶- تغییر کاربری اراضی و حساسیت سازند زیرحوضه L12
Table 6. Land use change and sensitivity of the L12 sub-basin formation

زیرحوضه Sub-basin	مساحت (هکتار) Area (h)	حساسیت به فرسایش سازند Sensitivity to formation erosion	نفوذپذیری سازند Formation permeability	مساحت (هکتار) Area (h)	کاربری Land use	مساحت (هکتار) Area (h)
L12	705.16	زیاد High	ناتراوا Impermeable	264.91	مناطق مسکونی Residential areas	6.84
					جنگل Forest	120.2
					زراعی Agricultural	137.86
		خیلی کم Very little	تراوا Permeable	262.30	مرتع Range land	186.33
					جنگل Forest	75.94
				143.61	مرتع Range land	13.45
					جنگل Forest	130.15
		کم Little	متوسط Average	17.32	مناطق مسکونی Residential areas	4.46

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2018) با بررسی اثر تخریب جنگل در موقعیت‌های مختلف شیب روی کیفیت و تحول خاک در غرب استان کردستان به این نتیجه رسیدند که تخریب جنگل در منطقه مریوان منجربه کاهش کیفیت خاک از طریق کاهش معنی‌دار کربن آلی، تنفس میکروبی، ازت کل، ظرفیت تبادل کاتیونی، تخلخل، نفوذپذیری و رطوبت قابل استفاده و افزایش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری، اسیدیته، شن ریز، فرسایش‌پذیری و سیلت شد. هم‌چنین، تخریب جنگل و تغییر کاربری اراضی به‌دلیل کشت و کار منجربه کاهش مقدار ماده آلی و تخریب ساختمان خاک گردید. علاوه بر این، نتایج نشان دادند که موقعیت‌های مختلف شیب بر مقدار جرم مخصوص ظاهری، شن، سلیت، رس، نفوذپذیری و فرسایش‌پذیری خاک موثر بودند و اختلاف معنی‌داری داشتند. این نتایج نشان می‌دهند که مدیریت کنونی اراضی مورد بررسی کیفیت خاک را تحت تاثیر قرار داده، باعث تخریب اراضی می‌گردد. بنا بر این، حفاظت خاک مناطق شیب‌دار با جلوگیری و کاهش جنگل‌تراشی و استفاده از اراضی مطابق با قابلیت‌شان جهت حفظ کیفیت خاک و اراضی ضروری است. بنا بر این، اجرا شدن پروژه‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز لنگر ۱ در سال ۱۳۸۸ باعث کاهش ۱۷/۸۹ درصدی فرسایش و ۲۵/۹۴ درصدی رسوب ویژه تا سال ۱۴۰۰ شد. علاوه بر این، مؤذنی و همکاران (Moazeni-Noghondar *et al*., 2022) با بررسی اثر عملیات آبخیزداری بر میزان فرسایش و رسوب حوضه نخاب بشرویه به این نتیجه رسیدند که فرسایش حوضه از ۱۰/۱۸ به ۹/۸ تن بر هکتار در سال و رسوب ویژه نیز از ۳/۶ به ۲/۹ تن بر هکتار درسال کاهش یافت. خسروی و همکاران (Khosravi *et al*., 2012) با ارزیابی هفت مدل تجربی در برآورد مقادیر فرسایش و رسوب مشاهده‌ای در حوزه آبخیز بابلرود به این نتیجه رسیدند که مدل MPSIAC با ضریب همبستگی ۰/۸۶ نسبت به سایر مدل‌ها با اختلاف نسبی هشت درصدی به مقادیر مشاهده‌ای، مناسب‌ترین مدل برای تخمین مقادیر فرسایش و رسوب در آن حوضه بود. شکل ۵ نقشه فرسایش ویژه حوزه آبخیز لنگر ۱ را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نقشه فرسایش ویژه حوزه ابخیز لنگر ۱

Figure 5. The specific erosion map of the Langar 1 watershed

۲- تغییر کاربری

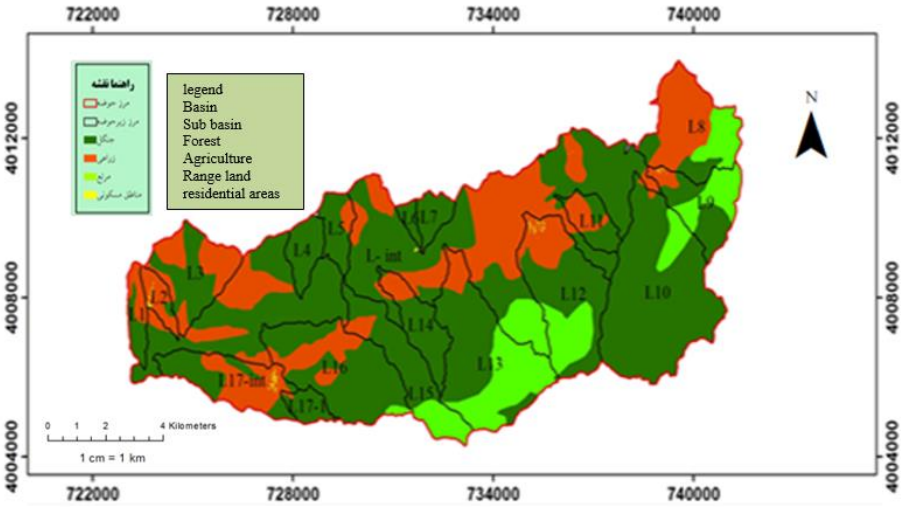
به‌منظور ارزیابی تغییرات کاربری اراضی از نرم‌افزارهای گوگل‌ارث و GIS و مشاهدات میدانی استفاده شد که مقادیر این تغییرات در جدول ۷ و شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده‌اند.

جدول ۷- تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز لنگر ۱ بین سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۴۰۰

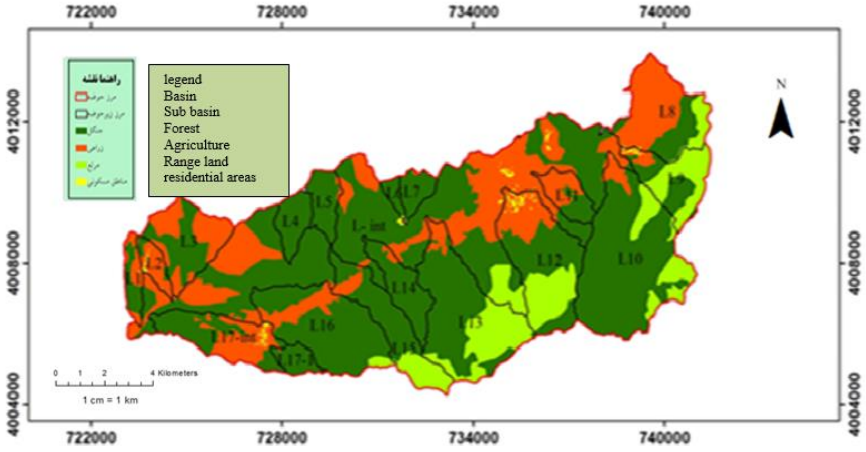
Table 7. Land use changes in Langar 1 watershed between 2009 and 2021

نوع کاربری Land use	مساحت کاربری اراضی سال 1388 (هکتار) Land use area (h)		تغییر مساحت کاربری نسبت به سال ۱۳۸۸ (هکتار) Change in the area of land use compared to 2009 (h)	مساحت کاربری اراضی (درصد) Land use area (%)	
	سال 1388 Year 2009	سال 1400 Year 2021		سال 1388 Year 2009	سال 1400 Year 2021
جنگل Forest	6045	6039	-6	62/27	62/21
اراضی زراعی Agriculture	2469	2438	-31	25/44	25/12
مرتع Range land	1178	1180	2	12/14	12/16
مناطق مسکونی Residential areas	15	50	35	0/15	0/52

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]



شکل ۶- کاربری اراضی در حوزه آبخیز لنگر ۱ برای سال ۱۳۸۸
Figure 6. Land use in the Langar 1 watershed for 2009



شکل ۷- کاربری اراضی در حوزه آبخیز لنگر ۱ برای سال ۱۴۰۰
Figure 7. Land use in the Langar 1 watershed for 2021

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، مساحت‌های اراضی جنگلی و زراعی به‌ترتیب ۶ و ۳۱ هکتار کاهش و اراضی مسکونی ۴۵ هکتار افزایش پیدا کردند. در واقع، بسیاری از عوامل تخریب منابع طبیعی و پوشش گیاهی بر اثر توسعه بی‌رویه و دخل و تصرف غیرمجاز ناشی از توسعه شهری و روستایی بودند. به‌دلیل کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی، رواناب ناشی از بارش در برخی موارد تا بیش از ۳۰ برابر افزایش‌یافت و دربخشی از مناطق که دارای شیب تند و از نظر زمین‌شناسی دارای خاک فرسایش‌پذیر بودند، گل و لای زیادی جابه‌جا شد و خسارت و تلفات بسیاری به بار آورد (Habibi *et al*., 2018). بنا بر این، علت تغییرات منفی و افزایش میزان رسوب ویژه در زیرحوضه‌ها، تغییر کاربری اراضی و در نتیجه آن کاهش سطح جنگل‌ها و افزایش سطح مناطق مسکونی است. به‌منظور درک بهتر از نقش تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری بر میزان فرسایش و رسوب ویژه خاک، عجمی و همکاران (Ajami *et al*., 2012) به نتایجی رسیدند که در آن نسبت به مطالعات گذشته، میانگین درصد سیلت خاک از ۵۷/۶ درصد در لایه سطحی جنگل به ۶۸/۴ درصد در کاربری زراعی افزایش یافت. مجموع درصد سیلت و شن خیلی ریز نیز در اغلب نقاط ناحیه مورد کشت در مقایسه با کاربری جنگل طبیعی افزایش پیدا کرد. هم‌چنین، ماده آلی خاک از ۳/۵ درصد در لایه سطحی جنگل به یک درصد در منطقه زراعی مجاور کاهش داشت. به‌علاوه، جنگل‌تراشی و عملیات زراعی در منطقه موجب شد تا میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نیز از ۱/۴۹ میلی‌متر در خاک جنگل به ۰/۸۸ میلی‌متر در ناحیه مورد کشت کاهش یابد. مطالعات میکرومورفولوژیکی مقاطع نازک خاک نشان دادند که در اکثر موارد ساختمان مطلوب دانه‌ای و اسفنجی بر اثر تخریب پوشش طبیعی منطقه به انواع توده‌ای و متراکم تبدیل شد. به‌دلیل وقوع چنین تغییراتی، ضریب فرسایش‌پذیری خاک افزایش یافت. جهان‌تیغ و جهان‌تیغ (Jahantigh & Jahantigh, 2020) با بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و فرسایش در مناطق خشک به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری اراضی به ایجاد محدودیت‌هایی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منجر

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

شد که چنین تغییراتی تخریب خاکدانه‌ها و افزایش فرسایش‌پذیری خاک را در اراضی مرتعی تبدیل شده به کشاورزی به‌همراه داشتند.

۳- تغییرات دبی اوج و حجم سیلاب

در جدول ۸، تغییرات زمان تمرکز، CN، دبی اوج و حجم سیلاب زیرحوضه‌ها در دو مقطع زمانی ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰ تفکیک شده‌اند.

جدول ۸- درصد تغییرات دبی پیک و حجم سیلاب در دو مقطع زمانی ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰

Table 8. Percentages of changes in the peak discharge and flood volume in two periods of 2009 and 2021

تغییرات حجم سیلابی (میلیون مترمکعب) Flood volume changes (mil m^3)	حجم سیلابی (میلیون مترمکعب) Flood volume (mil m^3)		تغییرات دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه) Peak flow changes (m^3/s)	دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه) Peak flow (m^3/s)		شماره منحنی Curve number		زمان تمرکز (دقیقه) Concentration time (min)		زیرحوضه Sub-basin
	سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009		سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	
-138.2	987.5	1125.8	-4.4	31.3	35.7	75.7	79.4	0.49	0.44	L1
-8.9	1011.9	1020.8	-0.3	32.1	32.4	79.5	79.8	0.37	0.37	L2
-82	3143.7	3225.8	-2.6	99.7	102.3	76.9	77.7	0.58	0.57	L3
-96.2	1104.4	1200.6	-3.1	35	38.1	70.6	73	0.51	0.48	L4
-89.3	1018.7	1108.1	-2.8	32.3	35.1	71.1	73.4	0.56	0.53	L5
-30.6	323.3	353.9	-1	10.3	11.2	70.5	73	0.44	0.42	L6
-65.8	626.7	692.5	-2.1	19.9	22	70.3	73	0.58	0.54	L7
-80	2294.1	2374.1	-2.5	72.7	75.3	73.9	74.8	0.74	0.74	L8
-113.6	1002.4	1116.1	-3.6	31.8	35.4	67.1	69.6	0.96	0.9	L9
-183.6	2353.9	2537.6	-5.8	74.6	80.5	62.6	64.3	1.35	1.29	L10
-25.8	1002	1027.8	-0.8	31.8	32.6	74.9	75.6	0.49	0.49	L11
-101.4	3235.7	3337.1	-3.2	102.6	105.8	76.3	77.1	0.83	0.81	L12
-77.9	4249.3	4327.2	-2.5	134.7	137.2	74.7	75.2	0.9	0.89	L13
-75.8	1430.6	1506.4	-2.4	45.4	47.8	72.1	73.6	0.77	0.74	L14
-96.3	2235.1	2331.4	-3.1	70.9	73.9	74.1	75.3	1.02	0.99	L15
-116.7	3850.7	3967.5	-3.7	122.1	125.8	73.1	73.9	1.04	1.01	L16
-97.1	706.4	803.5	-3.1	22.4	25.5	69.4	73.1	0.56	0.51	L17-1
-112.1	2494.7	2606.8	-3.6	79.1	82.7	75.8	77	0.84	0.81	L17-int
-197.2	6435.8	6633.1	-6.3	204.1	210.3	73.6	74.4	2.78	2.72	L-int
-1178.1	17832.6	19010.7	-3	65.9	68.9	72.8	74.4	3.44	3.3	کل حوضه (Total basin)

CN: شماره منحنی

Curve number: CN

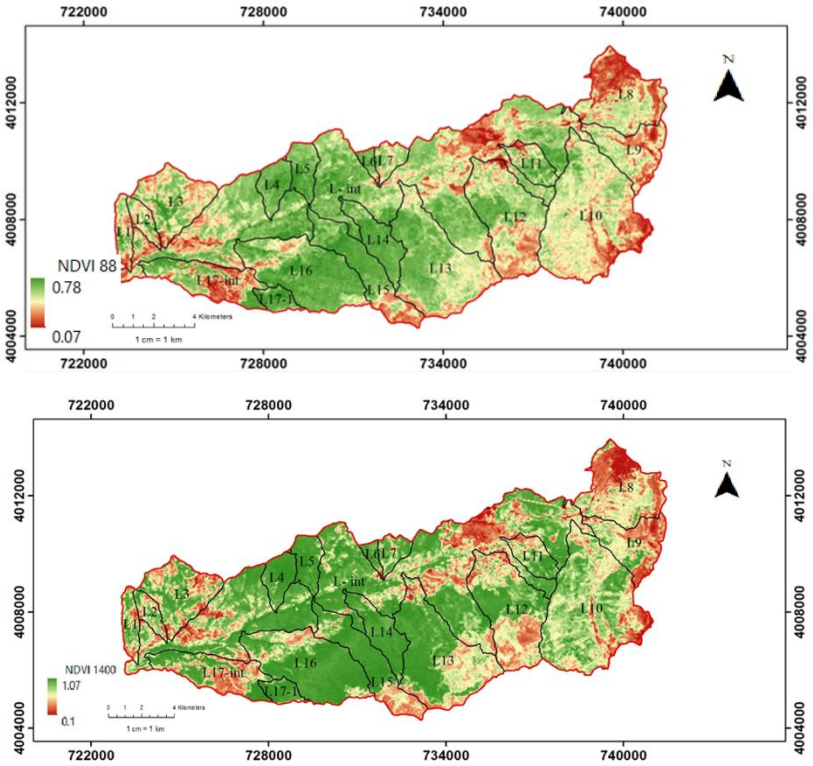
بررسی جدول ۸ نشان می‌دهد که در دو مقطع زمانی CN به‌دلیل عملیات بیولوژیک و نهال‌کاری در حوضه، احداث سازه‌ها و رعایت اصول حفاظتی کشت گیاهان کاهش، زمان تمرکز افزایش و دبی اوج و حجم سیلاب در اثر اجرای پروژه‌های آبخیزداری کاهش یافته‌اند، به‌طوری‌که منجر به کاهش ۱۱۷۸/۱۸ میلیون مترمکعبی حجم سیلاب حوضه شده است. هم‌چنین، با بازدیدهای میدانی مشخص گردید که سازه‌های احداثی باعث رسوب‌گذاری پشت بندها شدند که شیب طولی آبراهه را کاهش و زمان تمرکز را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، زیرحوضه‌های Lint و L10 بیش‌ترین کاهش حجم سیلاب را به میزان ۱۹۷/۲۵ و ۱۸۳/۶۷ میلیون مترمکعب داشته‌اند که یکی از مهم‌ترین دلایل آن وجود تعداد بندهای اصلاحی (به‌ترتیب ۲۳ و ۱۲ عدد) در مسیر بستر رودخانه است. آقا رضی (Agha-Razi, 2019) با بررسی ارزیابی تاثیر اقدامات مدیریتی آبخیزداری در تغییر برخی از ویژگی‌های سیلاب حوزه آبخیز هفتان به این نتیجه رسیدند که اثر عملیات آبخیزداری بر کاهش دبی اوج از ۲۱ تا ۸۳ درصد و بر کاهش حجم سیلاب از ۱۱ تا ۷۹ درصد بود که بیانگر اثر بیش‌تر عملیات آبخیزداری روی کاهش دبی اوج نسبت به کاهش حجم سیلاب است. هم‌چنین، کردی (Kordi, 2015) با ارزیابی عملکرد سازه‌های آبخیزداری در حوضه کندر در کاهش دبی اوج و کنترل سیلاب به این نتیجه رسید که عملیات آبخیزداری باعث کاهش ۵۰ درصدی دبی اوج لحظه‌ای و کاهش سرعت و قدرت تخریب سیلاب شد. تثبیت و ته‌نشست ۱۱۰۰۰۰ مترمکعب بار رسوبی رودخانه، افت دبی اوج سیل از ۵۰ به ۲۶ مترمکعب بر ثانیه و کاهش خسارات وارده به اراضی کشاورزی و باغی حاشیه رودخانه از مهم‌ترین کارکردهای سازه‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز کندر بودند.

٤- بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی

نقشه شاخص پوشش گیاهی (NDVI) حوزه آبخیز لنگر ۱ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸، برای سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰ در شکل ۸ آورده شده است. نقشه شاخص پوشش گیاهی بر اساس تراکم پوشش گیاهی به سه کلاس (مناطق بایر کم‌تر از ۰/۲۵، پوشش گیاهی تنک ۰/۴- ۰/۲۵، پوشش گیاهی متراکم ۰/۶- ۰/۴) طبقه‌بندی گردید. تغییرات شاخص پوشش گیاهی سال ۱۳۸۸ در کل حوزه آبخیز لنگر۱ بین ۰/۰۷ تا ۰/۷۸ و برای سال ۱۴۰۰ بین ۰/۱ تا ۱/۰۷ هستند. بررسی شاخص گیاهی NDVI نشان می‌دهد که در بین سال‌های مورد مطالعه، پوشش گیاهی حوضه لنگر ۱ به‌دلیل اجرای پروژه‌های آبخیزداری و بیولوژیکی بهبود یافته است (جدول ۹).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]



شکل ۸- تغییرات شاخص پوشش گیاهی بین سال‌های ۱۳۸۸ (بالا) و ۱۴۰۰ (پایین)
Figure 8. Vegetation index changes between 2009 (top) and 2021 (bottom)

جدول ۹- تغییرات تراکم پوشش گیاهی بر اساس شاخص پوشش گیاهی NDVI در حوضه لنگر۱
Table 9. Vegetation density changes based on the NDVI vegetation index in the Langar 1 basin

مساحت (درصد) Area (%)		درصد تغییرات نسبت به سال	مساحت (هکتار) Area (h)		نوع پوشش گیاهی Land vegetation cover
سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	1388 Changes compared to 2009 (%)	سال 1400 Year 2021	سال 1388 Year 2009	
0	0.08	-99.2	0.06	7.51	بایر Barren
11.95	41.07	-70.9	1159.29	3985.39	پوشش گیاهی تنک Thin vegetation
88.06	58.85	49.63	8544.27	5710.22	پوشش گیاهی متراکم Dense vegetation

با توجه به نتایج جدول (۹)، می‌توان بیان نمود که در سال ۱۳۸۸ مساحت اراضی بایر حدود ۷/۵۱ هکتار بود که این مساحت در سال ۱۴۰۰ به ۰/۶۰ هکتار رسید. انجام عملیات نهال‌کاری و درخت‌کاری که در زمین‌های دیم در منطقه تبدیل به باغ شدند و از سطح اراضی بایر کاسته شد. پوشش گیاهی تنک در سال ۱۳۸۸، ۴۱/۰۷ درصد بود که در سال ۱۴۰۰ به ۱۱/۹۵ درصد رسید در حالی‌که پوشش گیاهی متراکم در منطقه در دوره زمانی مورد نظر از ۵۸/۸۵ به ۸۸/۰۶ درصد تغییر یافت. این نتایج نشان می‌دهندکه در ۱۲ سال اخیر پوشش گیاهی تنک تبدیل به پوشش گیاهی متراکم شده است. با افزایش و گسترش باغ‌ها و نهال‌کاری در منطقه، پوشش گیاهی در منطقه متراکم شده است. زیرحوضه‌هایی که درسال ۱۳۸۸ دارای اراضی بایر بودند در سال ۱۴۰۰ تبدیل به پوشش گیاهی تنک و انبوه شدند و درصد اراضی بایر به صفر رسید و این نشان‌دهنده تاثیر پروژه‌های آبخیزداری شامل اجرای عملیات بیولوژیکی (نهال‌کاری و درخت‌کاری) به مساحت ۹۹/۶ هکتار و مکانیکی در حوضه لنگر۱ است. رن و همکاران (Ren *et al*., 2023) با بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI بین سال‌های ۱۹۹۸ الی ۲۰۲۰ در استان جیلین چین، به این نتیجه رسیدند که دامنه روند تغییرات شاخص NDVI با گذشت زمان بین ۰/۰۳۱- الی ۰/۰۴۶ بود که روند افزایشی داشت. همچنین، عوامل فعالیت انسانی مانند تولید ناخالص داخلی و جمعیت عمدتاً تأثیرات منفی بر NDVI منطقه‌ای داشتند، در حالی‌که تغییر نوع کاربری زمین عمدتاً تأثیرات مثبت داشت. محمدیاری و همکاران (Mohammadyari *et al*., 2019) با بررسی تغییرات پوشش گیاهی حوزه آبخیز کرج از ۱۳۹۶-۱۳۸۵ بیان داشتند که بیش‌ترین افزایش مساحت در اراضی با پوشش گیاهی بسیار خوب صورت گرفت، به‌طوری که ۵۱۰۴ هکتار (چهار درصد) بر وسعت آن افزوده شد. هم‌چنین، بیشترین کاهش مساحت در اراضی با پوشش عالی بود که در بازه زمانی مورد بررسی به‌میزان ۴۰۵۵ هکتار (سه درصد) کاهش داشت.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

۵- ارزیابی نسبت سود به هزینه سالیانه ساکنین حوضه

جدول (۱۰) درآمد اقتصادی مشاغل عمده در حوزه آبخیز لنگر۱ را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- درآمد اقتصادی مشاغل عمده در حوزه آبخیز لنگر ۱ (واحد میلیون ریال)
Table 10. Economic income of major businesses in the Langar 1 watershed (millions of rials)

فعالیت Activity	درآمد ناخالص Gross revenue	هزینه تولید Cost of production	ارزش خالص Net value	تعداد خانوار Number of households	درآمد خالص خانوار Net household income	نسبت سود به هزینه Benefit-cost ratio
کشاورزی و باغداری Agriculture and horticulture	81630	32325.48	49304.52	542	90.96	1.52
دامداری Animal husbandry	96615	51646.33	44968.67		82.96	0.87
کل حوضه Total basin	178245	83971.81	94273.19		137.92	1.12

با توجه به محاسبات تولید زراعی، باغی و دامی، درآمد کل منطقه بالغ بر ۱۷۸۲۴۵ میلیون ریال برآورد شد. بین کل خانوار روستاییان کشاورز، باغدار و دامدار، درآمد ناخالص متوسط برای هر خانوار ۳۲۸/۸۶ میلیون ریال در سال حاصل می‌شود. بر اساس جدول (۱۰)، فعالیت عمده اقتصادی در منطقه، کشاورزی و پس از آن باغداری است. دامداری تنها به‌صورت دام بزرگ و تعداد معدود در منازل روستاییان است. محصولات دامی تنها به مصرف خانوار می‌رسد و منبع درآمد عمده محسوب نمی‌شود. در این حوضه، نسبت سود به هزینه در بخش‌های تولیدی بیش‌تر از یک و معادل دو است که اثر مثبت اجرای عملیات‌های بیولوژیکی و به دنبال آن توسعه اراضی باغی و کشاورزی و تامین منابع آب از جهت اقتصادی را بر افزایش درآمد آبخیزنشنیان حوضه لنگر ۱ نشان می‌دهد و عملیات آبخیزداری را در این حوضه توجیه می‌کند که با نتایج حسنی و ملکی (Hasani & Maleki, 2020) مبنی‌بر بررسی تحلیل اقتصادی و اجتماعی آثار عملیات آبخیزداری بر آبخیزنشینان مطابقت دارد. آنها به این نتیجه رسیدند که از مهم‌ترین اثرات طرح می‌توان به کاهش تمایل به مهاجرت، کنترل سیل، افزایش حجم آب زیرزمینی، تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده به مرتع دست‌کاشت، افزایش محصولات زراعی و باغی، و کاهش هزینه‌های آن اشاره کرد و رقم ۱/۰۶۲ ارزش فعلی خالص، توجیه‌پذیر بودن طرح را از نظر اقتصادی در حوزه آبخیز ابدال زنجان نشان می‌دهد. در صورت به‌کارگیری سیاست‌های مدیریتی و ترویجی در منطقه و تشویق ساکنین به مشارکت در اجرای طرح‌های مرتع‌داری و آبخیزداری که به‌عنوان دو عامل عمده در جلوگیری از تخریب مراتع و اراضی حوضه به‌شمار می‌آیند و نهایتاً منجر به افزایش درآمد ساکنین منطقه و جلوگیری از مهاجرت آنان به خارج حوضه می‌گردد، می‌توان نسبت سود به هزینه کلیه فعالیت‌ها را افزایش داد (Yeganeh *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش نشان می‌دهند که اقدامات آبخیزداری انجام‌گرفته در حوزه آبخیز لنگر ۱ تاثیر به‌سزایی در بهبود خصوصیات کمی و کیفی پوشش گیاهی و هم‌چنین تأمین اهداف پروژه داشته‌اند. اجرای طرح‌های آبخیزداری سودمند، دارای توجیه اقتصادی است و سبب افزایش آب‌های زیرزمینی و مؤثر در کاهش فرسایش و ایجاد رسوب می‌شود که باعث کاهش ۱۸ درصدی میزان فرسایش و رسوب در کل حوضه نسبت به سال ۱۳۸۸ شده است. مقایسه فرسایش و رسوب ویژه در زمان قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری نشان می‌دهد که میزان فرسایش و رسوب ویژه بر اثر اجرای اقدامات مختلف آبخیزداری (بیولوژیکی و مدیریتی) کاهش یافته است. زیرحوضه‌هایی که درسال ۱۳۸۸ دارای اراضی بایر بودند در سال ۱۴۰۰ تبدیل به پوشش گیاهی تنک و انبوه شدند و درصد آنها به صفر رسید که این نشان‌دهنده تاثیر اقدامات آبخیزداری شامل اجرای عملیات بیولوژیکی (نهال‌کاری و درخت‌کاری) و عملیات مکانیکی در حوضه لنگر۱ است. دبی اوج و حجم سیلاب در حوضه لنگر ۱ نشان می‌دهند که زمان تمرکز در دوره آماری افزایش یافته است و سایر پارامترهای ذکرشده روند کاهشی داشته‌اند که در کنار افزایش تغییرات شاخص گیاهی NDVI در حوضه لنگر ۱، بیش از پیش اثر مثبت اقدامات آبخیزداری را نشان می‌دهد. تغییرات اقتصادی و اجتماعی ناشی از اجرای پروژه‌های حاکمیتی در سطح جوامع روستایی به سبب ویژگی‌های خاص این مناطق بسیار کند انجام می‌گیرند. بنا بر این، بعد از گذشت چندین سال از انجام اقدامات آبخیزداری در قالب عملیات بیولوژیکی و مکانیکی در سطح حوزه‌های آبخیز، اثرات هزینه کرد بودجه‌های اختصاص یافته از سوی دولت در طی سالیان متمادی بر جوامع روستایی حوضه‌ها تا حدود زیادی نامشخص و تاثیر آن بر بهبود شرایط اجتماعی و اقتصادی ساکنین نامعلوم هستند. امری که شناخت آن با گذشت این بازه زمانی در حال حاضر می‌تواند بسیار راهگشا و مفید باشد و برخی محققان در بررسی‌های خود به این نکته تأکید نموده‌اند (Madadi & Maleki, 2018). با وجود محدودیت‌های مطالعاتی این پژوهش از قبیل ناقص بودن اطلاعات حوضه، در نظر نگرفتن بودجه مطالعاتی، عدم بکارگیری تخصص‌های علمی متنوع و ضعف بخش ترویج کشاورزی به‌منظور افزایش تولیدات کشاورزی و دامی و باغی، می‌توان بر اساس نیازها و توانایی تولیدی هر حوضه آبخیز، برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریت اقتصادی انجام داد. بنا بر این، پیشنهاد می‌شود که اجرای اقدامات آبخیزداری در حوضه‌ها بر اساس در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و اجرای طرح‌های تلفیقی باشد تا در کنار حفاظت از اراضی، درآمد ساکنین هم افزایش یابد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

References

Agha-Razi, H. (2019). Effects of Watershed Management Practices on Some of Flood Characteristics Change in Haftan Watershed. *Journal of Watershed Management Research*, *10*(19), 106-116. [In Persian]

Ajami, M., Khormali, F., & Ayoubi, S. (2012). Role of deforestation and land use change on soil erodibility of loess in eastern Golestan province. *Watershed Management Research*, 25(1), 37-44. [In Persian]

Amini, A., Karami Moghadam, M., Sedri, M. H., & Kazemi, S. (2022). Determining the Erosion and Sedimentation Using MPSIAC Model and GIS System in Khorkhoreh Watershed, Kurdistan, Iran. *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*, *14*(4), 87-102.

Azizpoor, F., Haghi, Y., Bayat, M., & Karaminasab, S. (2021). Evaluation of the effects of watershed projects on the socioeconomic and system of rural areas (Case study: Kordian section-Jahrom city). *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*, *9*(1), 19-44.

Babur, M., Shrestha, S., Bhatta, B., Datta, A., & Ullah, H. (2020). Integrated assessment of extreme climate and landuse change impact on sediment yield in a mountainous transboundary watershed of India and Pakistan. *Journal of Mountain Science*, *17*(3), 624-640.

Bagherian, R., Samah, B., Samah, A. A., & Ahmad, S. (2009). Factors influencing local people's participation in watershed management programs in Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 6*(5), 532-538.

Bai, Y.-l., Fu, C., Thapa, B., Rana, R. B., & Zhang, L.-x. (2022). Effects of conservation measures on crop diversity and their implications for climate-resilient livelihoods: the case of Rupa Lake Watershed in Nepal. *Journal of Mountain Science*, *19*(4), 945-957.

Bhardwaj, P., Sharma, T., & Singh, O. (2021). Impact evaluation of watershed management programmes in Siwalik Himalayas of Haryana, India. *Environment, Development and Sustainability*, *23*, 5251-5276.

Degife, A., Worku, H., & Gizaw, S. (2021). Environmental implications of soil erosion and sediment yield in Lake Hawassa watershed, south-central Ethiopia. *Environmental Systems Research*, *10*, 1-24.

Donoso, M. E., & Sarmiento, F. O. (2021). Changing mountain farmscapes: vulnerability and migration drivers in the Paute River watershed, Southern Ecuador. *Journal of Mountain Science*, *18*(7).

Faramarzi, M., Heidarizadi, Z., Mohamadi, A., & Heydari, M. (2018). Detection of vegetation changes in relation to normalized difference vegetation index (NDVI) in semi-arid rangeland in western Iran.

Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., & Li, Y. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in Physical Geography*, *29*(2), 189-217.

Habibi, N., Masnavi, M., & Malekmohamadi, B. (2018). Ecological Landscape Design of Urban Rivers with emphasis on Run-Off Water Control (Case study: Ziyarat Gorgan river). *Journal of Environmental Studies*, *43*(4), 609-629.

Hajibigloo, M., Sheikh, V., Memarian, H., & Komaki, C. B. (2022). A comprehensive assessment and modeling of land use changes in a flood-prone watershed, Northeast of Iran. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *50*(6), 1101-1118.

Hasani, H., & Maleki, M. (2020). Socio-economic evaluation of watershed plans on the watershed residents (Case study: Hasanabdal basin-zanjan province). *Journal of Watershed Management Research*, *11*(21), 143-153. [In Persian]

Jafari, A., Sarai Tabrizi, M., & Babazadeh, H. (2021). Effects of watershed management practices in reducing the erosion and sedimentation (Case Study: Alikandi Boukan Watershed). *Applied Soil Research*, *8*(4), 57-68.

Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2020). Investigating of land use change effect on some soil physical-chemistry characteristics and Erosion in arid areas (case study: Hirmand of sistan). *Environmental Erosion Research Journal*, *9*(4), 92-118.

Jayakody, A., Wanigasundara, W., & Gunawardene, E. (2019). 9: Monitoring and Evaluation of Soil Conservation and Watershed Development Projects in Sri Lanka. In *Monitoring and Evaluation of Soil Conservation and Watershed Development Projects* (pp. 163-178). CRC Press.

Johnson, J. N., Govindaradjane, S., & Sundararajan, T. (2013). Impact of watershed management on the groundwater and irrigation potential: A case study. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, *2*(8), 42-45.

Kamyab, H. R., & Salman Mahini, A.-R. (2014). Tempo-spatial patterns of landscape changes and urban development (Case study: Gorgan). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, *5*(2), 15-24.

Kavian, A., Mohammadi, M.A., & Azmudeh, A. . (2015). The effects of construction of corrective dams on the hydrological characteristics of the Mohammad Abad Sari watershed. *Applied Research Journal of Geographical Sciences*, *14*(35), 213-230. https://doi.org/http://jgs.khu.ac.ir/article-1-2186-fa.html

Khaledian, H., & Bayat, R. (2017). The Role of Watershed management projects in reducing erosion and sediment of watersheds. *Environment and Water Engineering*, *3*(3), 200-213.

khosravi, k., Safari, A., Habibnejad, R. M., & Mahmoudi, N. (2012). Evaluation of soil erosion and sediment yield estimation various empirical model by observation values case study: babolroud watershed, mazandaran province. *Environmental Erosion Research*, 1(4), 33-53.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]

Kordi, A., Fathi, M., Shahbazi, A., & Bayat, A. (2015). *Performance evaluation of watershed structures in reducing peak flow and flood control* 11th National Conference of Iran Watershed Science and Engineering, https://civilica.com/doc/510816/

López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., García-Ruiz, J. M., Portela, M. M., & Almeida, A. (2009). Dam effects on droughts magnitude and duration in a transboundary basin: The Lower River Tagus, Spain and Portugal. *Water Resources Research*, *45*(2), W02405.

Madadi, E., & Maleki, M. (2018). Socio-economic impact assessment of the implemented natural resource projects from the stakeholder's perspectives (Case Study: Watershed Andabil-Khalkhal City), *Rangeland*, 12 (3), 267-280. [In persian]

Moazeni-Noghondar, S., Alikhani, F., & Hatami Yazd, A. (2022). Assessment of the effect of watershed management operations on runoff and soil erosion (Case study: Nakhab Boshrouyeh basin). *Journal of Range and Watershed Managment*, *75*(2), 299-317. https://doi.org/10.22059/jrwm.2022.335726.1632

Mohammadyari, F., Mirsanjari, M. M., & Zarandian, A. (2019). Monitoring of vegetation changes in Karaj watershed using NDVI index and gradient analysis. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, *9*(4), 55-72.

Moradi, S., Nabiollahi, K., & Hissaini, S. M. T. (2018). Assessing the effect of forest degradation in different slope positions on soil quality and evolution in west of Kurdistan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, *25*(2), 131-149. https://doi.org/10.22069/jwsc.2018.14263.2900

Plaster, E. (2013). *Soil science and management*. Cengage learning.

Qiankun, G., Aijuan, W., Wei, Q., Zhijie, S., Jiaguo, G., Dandan, W., & Lin, D. (2022). Changes in the characteristics of flood discharge and sediment yield in a typical watershed in the Hengduan Mountain Region, Southwest China, under extreme precipitation events. *Ecological Indicators*, *145*, 109600.

Ren, Y., Zhang, F., Zhao, C., & Cheng, Z. (2023). Attribution of climate change and human activities to vegetation NDVI in Jilin Province, China during 1998–2020. *Ecological Indicators*, *153*, 110415. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110415

Roghani, M. (2012). Surveing the Mecanical Implementation Roles in Runoff Controling on the Watershed (Case Study in Hydarie Catchment). *Irrigation and Water Engineering*, *2*(3), 11-23.

Safarianzengir, V., Fatahi, A., Sobhani, B., & Doumari, S. A. (2022). Temporal and spatial analysis and monitoring of drought (meteorology) and its impacts on environment changes in Iran. *Atmospheric Science Letters*, *23*(5), e1080. [In persian]

Shafiei, K., Porhemmat, J., Sedghi, H., & Hosseni, M. (2018). Investigation the effect of land use changes on the quantity of water resources using remote sensing data and SWAT model (Case study: Maroon basin-southwest of Iran). *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, *7*(3), 71-87. [In persian]

Soltaninezhad, M., Mehrabi, A. A., & Ahmadi, H. (2022). Economic and Effectiveness Evaluation of Watershed Management Measures by Quantitative and Qualitative Methods in Manojan, Kerman. *Watershed Management Research Journal*, *35*(2), 60-70. [In persian]

Taghavi Gorji, M. M., Vafakhah, M., and Gholami, S. (2021). Land use Optimization in order to Reduce Flood (Case study: Kasilian Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, *12*(24), 45-53. http://dx.doi.org/10.52547/jwmr.12.24.45 [In Persian]

Tapsuwan, S., Peña-Arancibia, J. L., Lazarow, N., Albisetti, M., Zheng, H., Rojas, R., Torres-Alferez, V., Chiew, F. H., Hopkins, R., & Penton, D. J. (2022). A benefit cost analysis of strategic and operational management options for water management in hyper-arid southern Peru. *Agricultural Water Management*, *265*, 107518.

Turner, B. L., Lambin, E. F., & Reenberg, A. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(52), 20666-20671.

Vrieling, A., Sterk, G., & Vigiak, O. (2006). Spatial evaluation of soil erosion risk in the West Usambara Mountains, Tanzania. *Land Degradation and Development*, *17*(3), 301-319.

Wang, L., Huang, J., Du, Y., Hu, Y., & Han, P. (2013). Dynamic assessment of soil erosion risk using Landsat TM and HJ satellite data in Danjiangkou Reservoir area, China. *Remote Sensing*, *5*(8), 3826-3848.

Wu, J., & Hobbs, R. (2002). Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*, *17*, 355-365.

Yeganeh, H., Azarnivand, H., Saleh, I., Arzani, H., & Amirnejad, H. (2016). Estimating the economic value of soil conservation function (case study: Taham watershed, Zanjan province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *23*(1). [In Persian]

Zand, M. (2019). Evaluation of the Effectiveness of Reclamation Operations and Watershed Management in order to Carbon Sequestration, Case Study: Three Basin, Rimele, Flood Spreading Romeshkan and Abkandari Kohdasht. *Watershed Engineering and Management*, *11*(1), 166-179. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.116324.1380

Zhao, Y., Cao, W., Hu, C., Wang, Y., Wang, Z., Zhang, X., Zhu, B., Cheng, C., Yin, X., & Liu, B. (2019). Analysis of changes in characteristics of flood and sediment yield in typical basins of the Yellow River under extreme rainfall events. *Catena*, *177*, 31-40.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1216]