نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of Watershed Management

سال یازدهم- شماره ۴۳- زمستان ۱۴۰۲

Vol. 11, No. 43, Winter 2024

اثربخشی عملیات آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب حوزه آبخیز نکارود در استان مازندران

مینا نعمتی[1*]، آیلین فرجی[2] و اسماعیل مختارپور[3]

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۱۲/۱۸

DOI: 10.22034/WMJI.2022339.1052

چکیده

فرسایش خاک، باروری اراضی بالادست را تقلیل و از طریق رسوب‌گذاری در اراضی پایین‌دست، به آن‌ها خسارت وارد می‌کند. به‌منظور ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر فرسایش و کاهش رسوب‌دهی، پیمایش صحرایی بررسی عملکرد هر سازه، در حوزه آبخیز نکارود صورت گرفت. عملیات آبخیزداری انجام‌شده شامل دیوار ساحلی، سرشاخه‌گیر، سنگی- ملاتی و عملیات بیولوژیکی می‌باشد. هم‌چنین با در نظر گرفتن عوامل اثرگذار بر فرسایش و رسوب (زمین‌ساخت، دبی اوج ویژه و اراضی بدون پوشش) تجزیه‌وتحلیل با مدل EPM و هم‌چنین نرم‌افزارهای GIS و SPSS انجام شد. نتایج نشان دادند که سه عامل زمین‌ساخت (r=0.8) سیلاب (r=0.47) و کاربری اراضی (r=037) دارای بیش‌ترین تأثیرگذاری بر روی فرسایش و رسوب منطقه بوده‌اند. هم‌چنین عامل زمین‌ساخت و پس از آن سیلاب دارای اثربخشی زیادتری هستند. بنا بر نتایج همبستگی، این سه عامل با فرسایش همبستگی معناداری داشتند بدین‌صورت که زمین‌ساخت منطقه با فرسایش دارای همبستگی معنی‌دار (r=0.8) و به‌عنوان عامل اصلی تعیین می‌شود. هم‌چنین اراضی دیم تحت عملیات بیولوژیکی اثرگذاری بیش‌تری در کاهش فرسایش و رسوب منطقه داشته است. هم‌چنین مقایسه قبل و بعد از عملیات آبخیزداری در کاربری‌های مختلف نشان داد که فرسایش و رسوب در زراعت دیم کاهش بیش‌تری داشته است. به‌طورکلی، تغییرات کاربری زمین به‌طور قابل‌توجهی بر فرسایش خاک تأثیر می‌گذارد. بنابراین، انجام اقدامات لازم در جهت کاهش فرسایش و رسوب و حفظ خاک منطقه بسیار حائز اهمیت است. هم‌چنین به‌منظور مدیریت منابع آب‌وخاک و اثرگذاری بیش‌تر عملیات آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب و افزایش لایه‌ی پوششی زمین از تلفیق برنامه‌های بیولوژیک و سازه‌ای و علاج بخشی عملیات سازه‌ای اجراشده در حوضه اقدام گردد.

واژه‌های کلیدی: *بیولوژیکی، سرشاخه‌گیر، جنگل، مکانیکی، زراعت دیم*

مقدمه

حوزه‌های آبخیز خدمات متعددی ازجمله چرخه هیدرولوژیکی، تأمین، تنظیم آب‌وهوا و فرسایش خاک را ارائه می‌دهند [۱۸ و ۲۷]. فرسایش خاک یک تهدید زیست‌محیطی جهانی است که منجر به کاهش ارائه و تنظیم خدمات اکوسیستم می‌شود [۱۰، ۱۱ و ۲۱]. درواقع فرسایش خاک فرآیندی است که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جداشده و به کمک یک عامل انتقال‌دهنده، به مکانی دیگر حمل می‌گردند که در انواع فرسایش آبی، بادی و یخچالی طبقه‌بندی می‌شود آمار و ارقام به‌دست‌آمده از میزان فرسایش و رسوب در کشور و نیز برآوردهایی که از طرف سازمان‌های داخلی و بین‌المللی کشور صورت گرفته است، نشان‌دهنده تشدید فرسایش خاک در چند دهه اخیر می‌باشد [۱۲ و ۲۸]. هم‌چنین انتقال رسوب به جریان‌های آب در بسیاری از مناطق جهان در حال افزایش است زیرا حوزه‌های آبریز به‌تدریج از طریق فعالیت‌های انسانی دستخوش تغییر می‌گردند [۵ و ۱۵]. این افزایش رسوب منجر به اصلاح ساختار و ترکیب شیمیایی بستر رودخانه [۱۷]، آلودگی آبزیان [۷ و ۱۳]، تغییرات زیستگاه [۱۳، ۲۷ و ۳۰] و گل‌ولای شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که هرساله حدود ۲ درصد از حجم ذخیره‌سازی طراحی‌شده مخازن به دلیل رسوب‌گذاری از بین می‌رود [۹]. امروزه برای همه متخصصان علوم منابع طبیعی مشخص‌شده است که وضعیت منابع آبی، خاکی و گیاهی در ایران در وضعیت بحرانی به سرمی‌برد. عوامل گوناگونی باعث ایجاد چنین وضعیتی شده است که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: مدیریت نامناسب در بهره‌برداری، شرایط اقلیمی، اکولوژیکی و وضعیت اقتصادی -اجتماعی [۵] به‌طورکلی هدف از اجرای پروژه‌های آبخیزداری شامل کنترل فرسایش خاک و کاهش رواناب است. موفقیت اقدامات آبخیزداری

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی گرایش سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری- کارشناس آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران- ساری Email: m.nemati.k@gmail.com
۲- دانش آموخته دکتری علوم مرتع- دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- معاون معاونت فنی آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران- ساری

به دو عامل متناسب بودن سازه‌ای حفاظت خاک و آب با ویژگی‌ها و خصوصیات حاکم بر آبخیزها و تأثیر آن‌ها در استقرار پوشش گیاهی بستگی دارد پروژه‌هایی موفق هستند که ساده بوده و برای مردم قابل‌فهم باشند [۲۶]. عملیات حفاظت خاک و آبخیزداری گزینه‌ای اجتناب‌ناپذیر برای کنترل فرسایش و کاهش رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز است. آبخیزداری به معنی مدیریت حوزه‌های آبخیز، علمی است که برنامه‌ریزی، اجرای مدیریت پروژه‌ها و طرح‌های حفظ، احیاء و توسعه و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی تجدیدشونده موجود در حوزه‌های آبخیز را در برمی‌گیرد [۱۰]. ازآنجاکه هدف از اقدامات آبخیزداری کاهش میزان رسوب وارده به مخزن می‌باشد و اینکه این اقدامات با صرف هزینه‌های هنگفتی به اجرا در می‌آید. لذا ضروری است عملکرد و نتایج حاصل از اقدامات آبخیزداری ازنظر کنترل رسوب‌دهی و فرسایش در حوضه، موردبررسی و ارزیابی قرار گیرد تا بتوان بر اساس نتایج آن‌ها، مناسب‌ترین روش‌های عملیات آبخیزداری، استخراج و برای حفظ، احیاء و اصلاح سایر آبخیزهای مشابه توصیه نمود [۲۶]. هارگوین [۱۳] با ارزیابی مدیریت جامع حوزه آبخیز یکی از حوزه‌های آبخیز کشور اتیوپی نتیجه گرفتند که در اثر اجرای پروژه‌های بیولوژیکی، میزان رواناب و فرسایش خاک در این حوضه به ترتیب ۲۸ و ۸۹ درصد کاهش‌یافته است. در مطالعه‌ای دیگر که توسط غفاری [۱۰] در حوزه آبخیز کن استان کرمان بر فرسایش و رسوب انجام شد دریافتند که متوسط بار معلق از ٤٧٨٩٢ تن در طول دوره آماری قبل از اجرای طرح به ٢٢٣٦٥ تن در سال در طول دوره آماری هشت‌ساله بعد از اجرای طرح و فرسایش از ٦٦٧٥٨ به ٥٠٥٤٩ تن رسیده است. در مطالعه‌ای دیگر اثربخشی بهترین شیوه‌های مدیریت برای کنترل رسوب حوزه آبخیز جومین، تونس دریافتند که ترکیب نوارهای حائل (عرض پنج متر) با شیب زمین (شیب بیش از ۲۰ درصد هم‌چنین تبدیل زمین‌ها به باغ‌های زیتون؛ ۲۰-۱۰ درصد و کشت نوار چمن) مؤثرترین روش‌ها در کاهش رسوب بوده است [۲۲]. هم‌چنین در نیجریه بهترین اثربخشی استراتژی‌های مدیریت رسوب برای کاهش رسوب را مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج نشان داد که احیای جنگل و باندهای سنگی در مناطق بحرانی حوضه به ترتیب تا ٦٥/٦ درصد، ٦٣/٤ درصد و ۱۲ درصد باعث کاهش رسوب‌دهی شدند [۱]. در ایران نیز باقریان [٤] در حوضه کاخک استان خراسان جنوبی با اثرگذاری اقدامات آبخیز بر فرسایش رسوب بدین نتیجه رسیدند که اجرای طرح آبخیزداری، میانگین تاج پوشش گیاهی حوضه از ۲۵ به ٤٩ درصد و علوفه خشک قابل بهره‌برداری از ۱۷ به ۸۹ کیلوگرم در هکتار افزایش‌یافته است. میزان کارایی عملیات مکانیکی اجرا شد در حوزه حدود ٧٦ درصد می‌باشد. مقدار فرسایش سالانه خاک از حدود ۲۰ تن در هکتار به حدود ۱۰ تن در هکتار کاهش‌یافته است. طرح‌های آبخیزداری درصورتی‌که با موفقیت روبرو می‌شوند که پس از اجرا نیز به‌خوبی حفاظت شوند و موردحمایت قرار گیرند [۳۲]. با توجه به سیل‌های اخیر در منطقه نکا، اجرای عملیات آبخیزداری برای این محدوده بسیار مهم بوده درنتیجه اثربخشی این عملیات حائز اهمیت است. از آن‌جا که مبارزه و به‌تبع آن موفقیت در مهار فرسایش، شناخت و آگاهی از عوامل مؤثر بر فرسایش، میزان تأثیر آن‌ها و بالاخره اولویت‌بندی مناطق ازنظر شدت فرسایش و تولید رسوب، ضروری و حائز اهمیت است [۲]؛ بنابراین هدف از انجام این مطالعه اثربخشی اقدامات آبخیزداری بر روی فرسایش و رسوب حوزه آبخیز نکارود در استان مازندران می‌باشد.

مواد و روش

موقعیت منطقه موردمطالعه

منطقه‌ی موردمطالعه، حوزه آبخیز رودخانه نکا واقع در شرق استان مازندران است که بخشی از آن (رودخانه‌ی نکا) در بالادست این حوضه واقع‌شده است، در امتداد شرق به غرب و بخش دیگری از آن‌که از داخل شهر نکا عبور می‌کند. در امتداد شمال به جنوب به سمت دریای خزر جریان دارد. این منطقه حدوداً بین "۱۳ °۹۷ تا "۱۱ °۱۹ طول شرقی و "۲۲ °۷۲ تا "۱۲ °۷۲ عرض شمالی واقع‌شده است. این حوزه آبخیز از شمال به حوزه آبخیز قره‌سو و حوزه آبخیز کوچک خلیج گرگان و از غرب به حوزه آبخیز رودخانه تجن و از شرق به حوزه آبخیز قره‌سو گرگان و از جنوب به حوزه آبخیز تجن و حوزه آبخیز استان سمنان منتهی می‌شود. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به ترتیب ۵۸ و ۲۵۲۵ متر است (٢٤) (شکل ۱). متوسط بارش منطقه ٨٦٥ میلی‌متر است. حوزه آبخیز نکا ازلحاظ پوشش گیاهی شامل جنگل‌های انبوه و متراکم است. در این حوضه شش زیر حوضه در نظر گرفته‌شده است (جدول ۱).

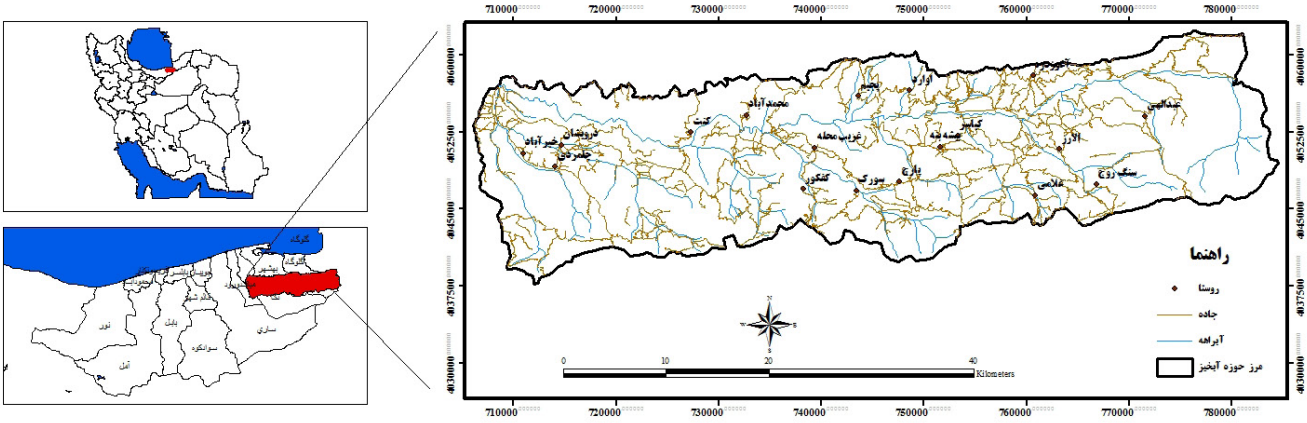
جدول ۱: مشخصات زیر حوضه‌های مطالعه شده در حوزه آبخیز نکارود

ردیف	نام زیر حوضه	مساحت (هکتار)
۱	آلارز	۹۲٥٤/۳٥
۲	اوارد	۹۳۲۲/٤٦
۳	بیشه بنه	۷۹٦٤/۲۳
٤	چلمردی	۱۱۱۳٥/۸۷
٥	درویشان رود	۱۳۱٦۳/۸٦
٦	رودبار رود	۱۲۳٥/٦۷

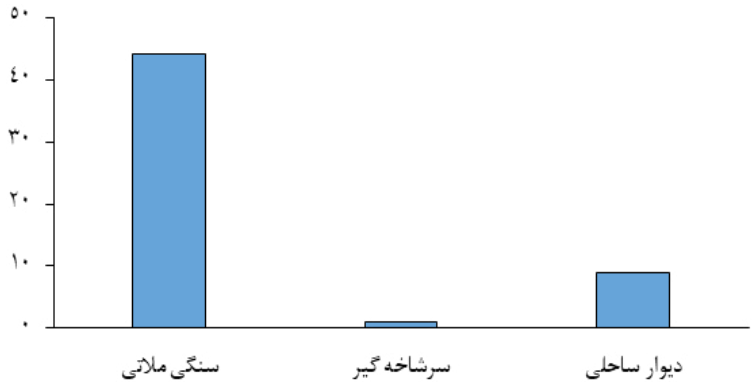
روش پژوهش

مطالعات آبخیزداری منطقه

از مجموع ١٢١٠٤٦ هکتار حوضه نکارود در استان مازندران به میزان ٦٣١٩١ هکتار طی سنوات ۱۳۷۳ الی ۱۳۸۸ مطالعه شده است و به‌عبارت‌دیگر ۵۲/۲ درصد حوضه نکارود دارای مطالعات تفصیلی - اجرایی و ٤٧/٨ درصد آن فاقد مطالعات می‌باشد. درمجموع ٥٤ سازه اجرایی، تعداد ٤٤ سازه سنگی– ملاتی (مساحت ۳۸/۷۲ هکتار)، نه سازه دیوار ساحلی و یک سازه سرشاخه‌گیر و عملیات بیولوژیک (نهال‌کاری غیرمثمر) (۲۷٦ هکتار) احداث‌شده و در این



شکل ۱: موقعیت منطقه موردمطالعه



شکل ۲: نوع عملیات مکانیکی اجرایی در حوضه نکارود

خصوص زیرحوضه رودبار گلورد با تعداد (از سال ۱۳۸٤ تا ۱٤۰۱) ۳۷ سازه در رتبه اول و زیرحوضه‌های چلمردی و درویشان رود به ترتیب با ۱۲ و پنج سازه در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در جدول (۳) درصد عملیات آبخیزداری اجراشده در حوزه آبخیز نکارود ارائه‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که ازنظر روند اجرای سازه‌های احداثی برنامه‌ها حدفاصل سال‌های ۱٤۰۱-۱۳۸٤ انجام‌گرفته و یا در حال انجام است بیش‌ترین میزان درصد عملیات اجرایی در سال ۱۳۹٦ و کم‌ترین میزان آن در سال ۱۳۹۲بوده است و در طی چهار سال اخیر به میزان ۷۹/٦ درصد از سازه‌های احداث‌شده نشان از روند بسیار خوب در این زمینه می‌باشد.

جدول ۳: سال‌های احداث عملیات آبخیزداری در حوضه نکارود

سال ساخت	تعداد	درصد
۱۳۸٤	٤	۷/٤۱
۱۳۹۲	۱	۱/۸۵
۱۳۹۳	۲	۳/۷۰
۱۳۹٤	٤	۷/٤۱
۱۳۹٦	۲۲	٤۰/۷٤
۱۳۹۷	۱٤	۲۵/۹۳
۱۳۹۸	۳	۵/۵٦
۱۳۹۹	٤	۷/٤۱
۱٤۰۰	۳	۵
۱٤۰۱	۳	۵

برای ارزیابی اثربخشی عملیات اجرایی و مدیریتی نسبت به اندازه‌گیری و محاسبه فرسایش و رسوب با استفاده از حجم رسوبات انباشته‌شده در پشت سازه‌ای احداثی و عملیات مکانیکی و درنهایت با نرم‌افزارهای آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی سهم هر یک از کاربری‌های اراضی در رسوب‌دهی و فرسایش خاک مشخص شد. به‌عبارت‌دیگر بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از گزارش قبلی و تحلیل آمارهای ایستگاه رسوب سنجی میزان فرسایش خاک و رسوب منطقه مشخص‌شده و سپس سهم هر یک از کاربری‌های اراضی در شرایط قبل از اجرا تعیین شد. سپس با استفاده از اندازه‌گیری فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز و اطلاعات حاصل از گزارش‌های پژوهشی سهم هر یک از کاربری‌ها در بعد از اجرای عملیات مشخص‌شده و درنهایت مؤثرترین نوع عملیات برای هر یک از کاربری‌ها تعیین شد. بر همین اساس برای بررسی و ارزیابی اثرات عملیات آبخیزداری بر روی فرسایش خاک و رسوب‌دهی منطقه موردمطالعه، تحلیل داده‌های فرسایش و رسوب به شرح ذیل انجام شد.

تحلیل داده‌های فرسایش و رسوب

برای جمع‌آوری اطلاعات و گزارش‌های انجام‌شده در منطقه ابتدا از گزارش پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور استفاده‌شده است. نتایج پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری در رابطه با فرسایش که در سال ۱۳۹۲ به اتمام رسیده، حاوی اطلاعات بسیار ارزنده‌ای از فرسایش و رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز کشور می‌باشد.

بر اساس پژوهش انجام‌گرفته ۸ منطقه همگن در سطح کشور تعیین‌شده است که حوزه آبخیز نکارود در محدوده واحد همگن شماره ۱ قرارگرفته است. در این پژوهش برای محاسبه فرسایش ویژه از روش EMP استفاده‌شده است. در این روش ٤ مشخصه شامل ضریب فرسایش حوزه آبخیز (ψ)، ضریب کاربری اراضی (Xa)، ضریب حساسیت به خاک (Y) و شیب متوسط حوضه (I) در واحدهای مختلف اراضی یا در شبکه‌های ایجادشده در نقشه موردبررسی قرار داده شدند [۲۳] به‌منظور تعیین شدت فرسایش رابطه زیر استفاده گردید:

$$Z=Y.Xa\ (\psi + I^{0.5})$$

با استفاده از مقدار Z محاسبه‌شده، میزان فرسایش سالانه محاسبه گردید. در ادامه با محاسبه ضریب (WSP) محاسبه‌شده، متوسط سالانه فرسایش Z با استفاده از مقدار رسوب‌دهی میزان رسوب و نیز میزان رسوب ویژه موردمحاسبه قرار گرفت.

بررسی عامل‌های تأثیرگذار بر فرسایش و رسوب‌دهی

پس از مشخص شدن ایستگاه‌های موردنظر، در اولین مرحله نسبت به تعیین عامل‌های تأثیرگذار بر رسوب‌دهی منطقه اقدام شد. طبق داده‌های موجود در حوضه‌های بالادست رس وب‌سنجی و پارامترهای فیزیکی حوزه‌ای آبخیز بر روی رسوب‌دهی ارائه‌شده است. مطابق جدول (۲) محیط، طول و مساحت – رسوب‌دهی و غیره مورد تحلیل قرار گرفتند. پس از آن نسبت به تحلیل اثرات کاربری اراضی (جدول ۳) بر روی رسوب‌دهی منطقه (رگرسیون چند متغیره خطی) با استفاده از نرم‌افزارSPSS انجام گرفت. بر اساس تحلیل انجام‌شده زمین‌شناسی، رواناب، استفاده از زمین، پوشش گیاهی، فرسایش‌های بالادست (سطحی، شیاری، ریزشی و لغزشی) و فرسایش آبراهه‌ای جزو عامل‌های اول در رسوب‌دهی منطقه محسوب می‌شوند. از بین عامل‌های مشخص‌شده استفاده از زمین و تاج پوشش و رواناب، متأثر از فعالیت‌های انسان‌ساخت بوده و فقط عامل زمین‌شناسی طبیعی بوده و در ضمن - اشکال فرسایش نیز به‌طور غیرمستقیم ناشی از دست‌اندازی انسان در طبیعت منطقه می‌باشد (جدول ۲). دو رابطه ۱ و ۲ مدل‌های به‌دست‌آمده از رگرسیون چندمتغیره می‌باشند که به ES (فرسایش خاک برحسب مترمکعب بر کیلومترمربع)، Qs (رسوب ویژه بر حسب مترمکعب بر کیلومتر مربع)، Land (اراضی لخت)، qp (عامل رواناب) و Geo امتیاز سنگ‌ها در حساسیت پذیری اشاره می‌شود.

رابطه (۱)

$$Es=۹/٤٢٤+۲۱/۲۳۳Land+۵۰/۸۰۱geo+۳٦۳/۰٤۱qp$$

رابطه (۲)

$$Qs= ۳۱/۳۳۸+۲/۳۵٦Land +۱۲/۷٤۹geo +۹۲/٤۱۷qp$$

جدول ۲: عامل‌های تأثیرگذار بر فرسایش و رسوب

عامل‌ها	عامل اول	عامل دوم
مساحت	۰/۹	۰/۱
طول	۰/۹	-۰/۱
ارتفاع	۰/۳	۰/۸
محیط	۰/۹	-۰/۰۹۷
ضریب رسوب‌دهی	-۰/۳	۰/۹
زمین	۰/۸	۰/۰۱۳
خاک	۰/٤	۰/۸
اقلیم	۰/٤	۰/٦
رواناب	۰/۹	۰/۳
شیب	۰/۱	-۰/۹
استفاده از زمین	۰/۷	۰/۳
پوشش گیاهی	۰/۸	۰/۳
فرسایش‌های بالادست	۰/۹	۰/۱
فرسایش آبراهه‌ای	۰/٦	۰/۰۲۸

جدول ۳: کدبندی کاربری اراضی

کاربری	کد کاربری	کاربری	کد کاربری
اراضی لخت	۱	دریاچه نکارود	۱۰
زراعت دیم	۲	معدن	۱۱
تأسیسات و بدنه نکارود	۳	استخر	۱۲
دامداری	٤	مرتع	۱۳
جنگل	۵	بستر آبراهه	۱٤
باغ	٦	زمین ورزشی	۱۵
زراعت آبی	۷	روستا	۱٦
صنعت	۸		
جنگل‌کاری	۹		

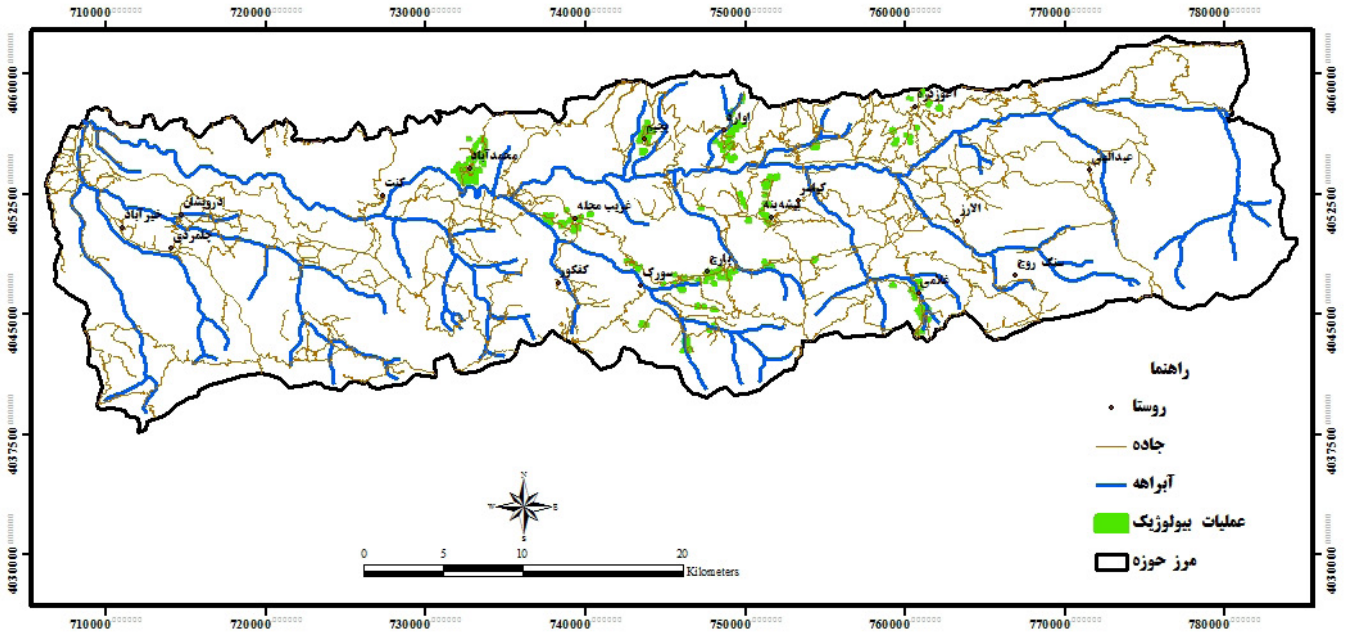
نتایج

بررسی عامل‌های تأثیرگذار بر فرسایش و رسوب‌دهی

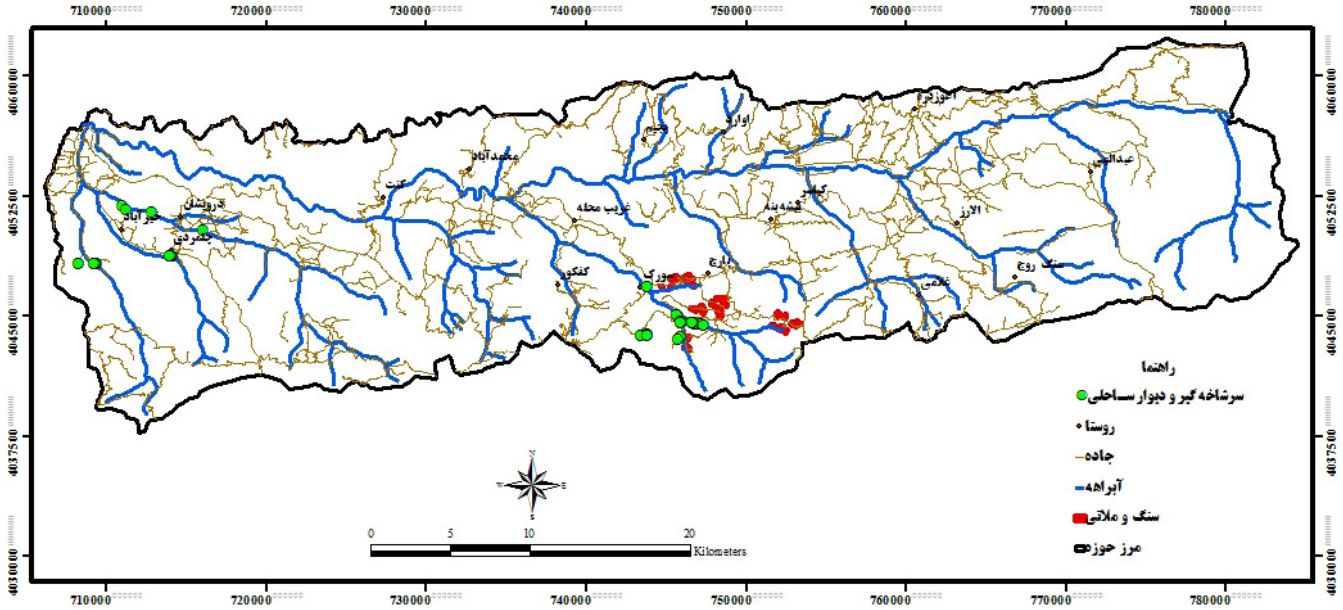
جانمایی عملیات آبخیزداری در حوضه موردمطالعه در شکل ۳ و ٤ نمایش داده‌شده است. هم‌چنین نقشه کاربری و کدهای موردبررسی در جدول ۳ و شکل ٦ آمده است.

با توجه به نقشه فرسایش و رسوب حوضه موردمطالعه می‌توان گفت: (شکل ۷ و ۸).

- فرسایش آبراهه‌ای، سطحی، شیاری و لغزشی و غیره نیز همانند عامل رواناب بوده با این تفاوت که در ایجاد آن‌ها عامل انسانی و زمین‌ساخت مؤثر هستند. به‌هرحال این عوامل (فرسایش‌های تشدید شونده) نیز با رعایت اصول بهره‌برداری از منابع سرزمین تا مقدار زیادی قابل‌کنترل هستند.
- عامل زمین‌ساخت کاملاً تحت تأثیر شرایط طبیعی بوده و لذا قابل‌کنترل نمی‌باشد ولی عامل کاربری و استفاده از سرزمین در منطقه باید کنترل شود تا طرح‌های آبخیزداری دارای بازده مطلوبی باشند. برای این منظور لازم است همراه با اجرای طرح‌های آبخیزداری در عرصه‌های منابع طبیعی (جنگل و مرتع) کنترل برنامه‌ریزی مناسبی در بهره‌برداری از اراضی دیم از کاشت تا برداشت محصول انجام پذیرد.



شکل ۳: نقشه عملیات بیولوژیک اجراشده در حوضه موردمطالعه



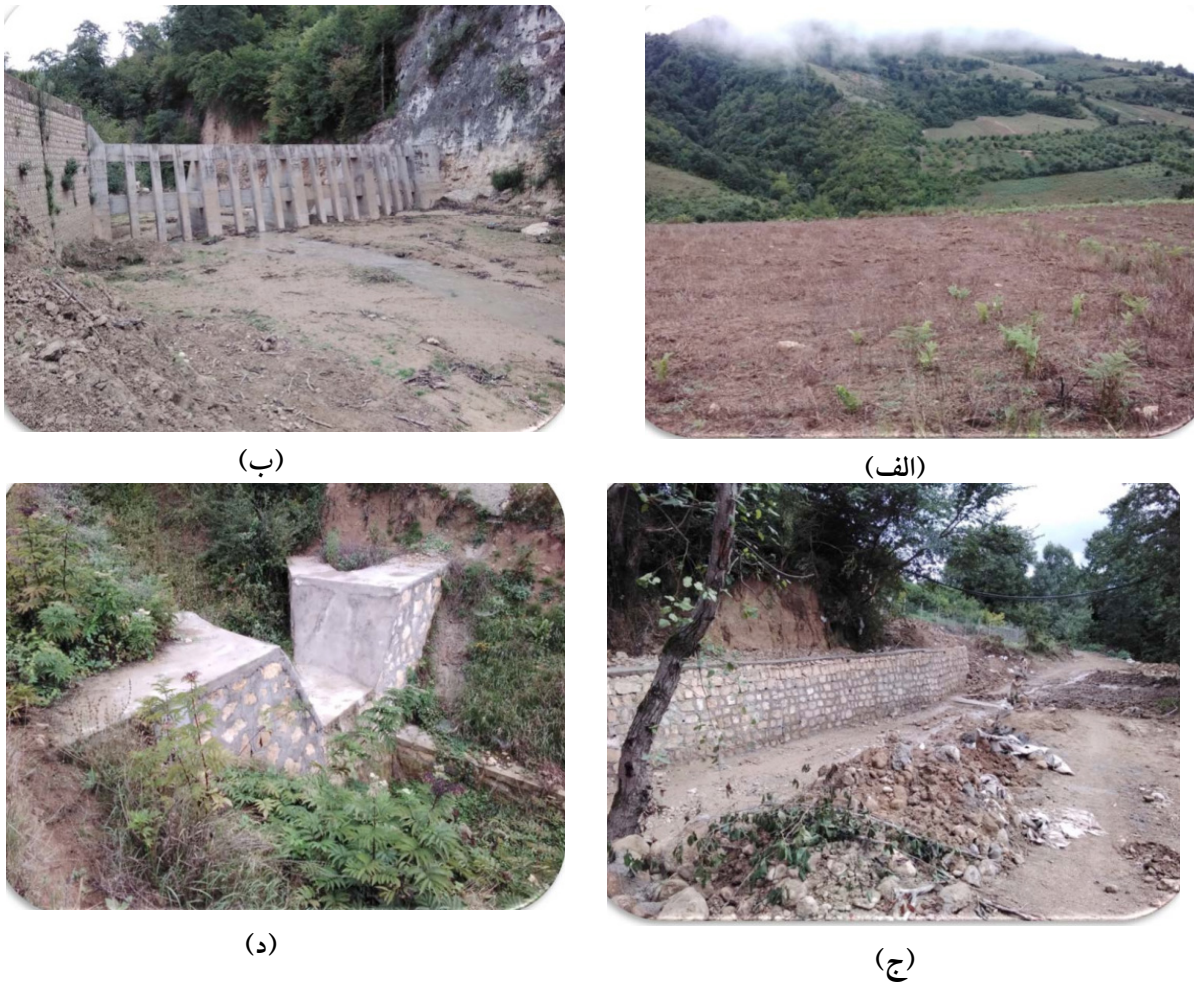
شکل ٤: عملیات مکانیکی اجراشده در حوضه موردمطالعه

- بررسی‌های انجام‌شده بر روی نقشه کاربری اراضی نشان می‌دهد در حدود ۲۸ درصد از مساحت حوزه‌های آبخیز موردمطالعه تحت زراعت دیم می‌باشد و این در حالی است که وسعت زراعت‌های آبی به یک درصد نیز نمی‌رسد.
- مراکز مسکونی منطقه که شامل روستاهای زیادی می‌شوند. یکی دیگر از بخش‌های با فرسایش زیاد بوده و نشان می‌دهد وجود روستاها در مناطق جنگلی از مدیریت مناسبی برخوردار نبوده و دست‌اندازی به طبیعت در اراضی حاشیه‌ای این مراکز مسکونی زیاد بوده، به‌طوری‌که این مسئله موجب فرسایش تشدید شونده در حاشیه روستاهای منطقه شده است.

ماتریس همبستگی عوامل فرسایش و رسوب

نتایج نشان داد که فرسایش خاک و رسوب‌دهی در منطقه بیش‌ترین همبستگی را با زمین‌ساخت، رواناب، فرسایش بالادست و کاربری اراضی دارد. در جدول (۵) ماتریس همبستگی عوامل فرسایش ارائه‌شده است.

با توجه به اینکه سه عامل زمین‌ساخت، سیلاب و کاربری اراضی دارای بیش‌ترین تأثیرگذاری بر روی فرسایش و رسوب منطقه بوده‌اند و بر همین اساس مدل ارائه‌شده برای ارزیابی، بر اساس این عامل‌ها تهیه شد لذا تحلیل برای شرایط پس از اجرا نشان می‌دهد که عامل زمین‌ساخت و پس از آن سیلاب دارای اثربخشی زیادتری



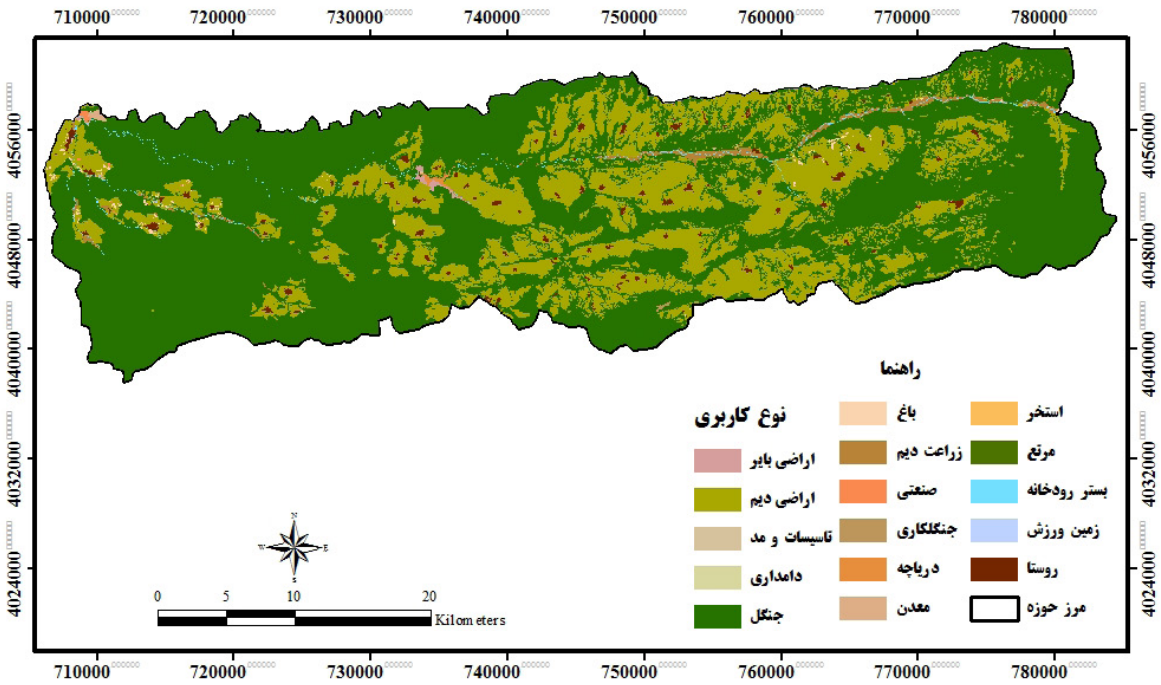
(الف)

(ب)

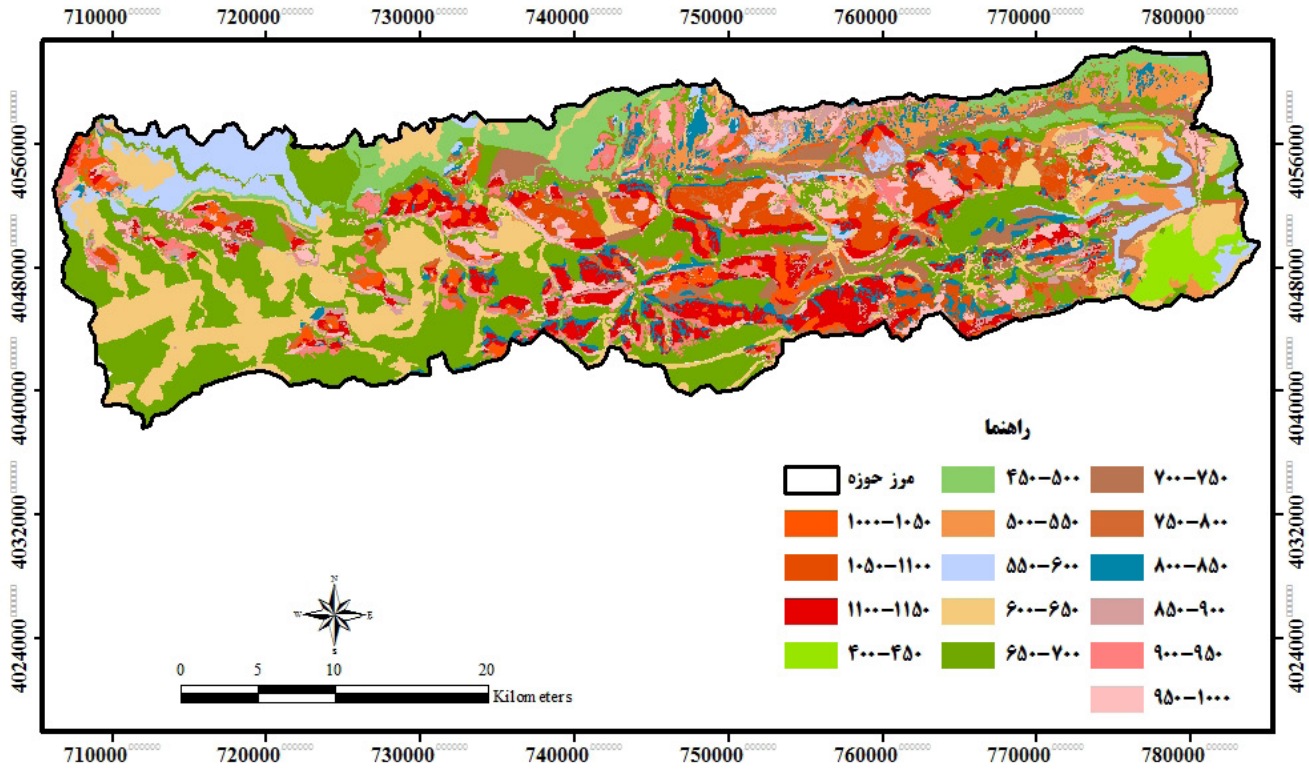
(ج)

(د)

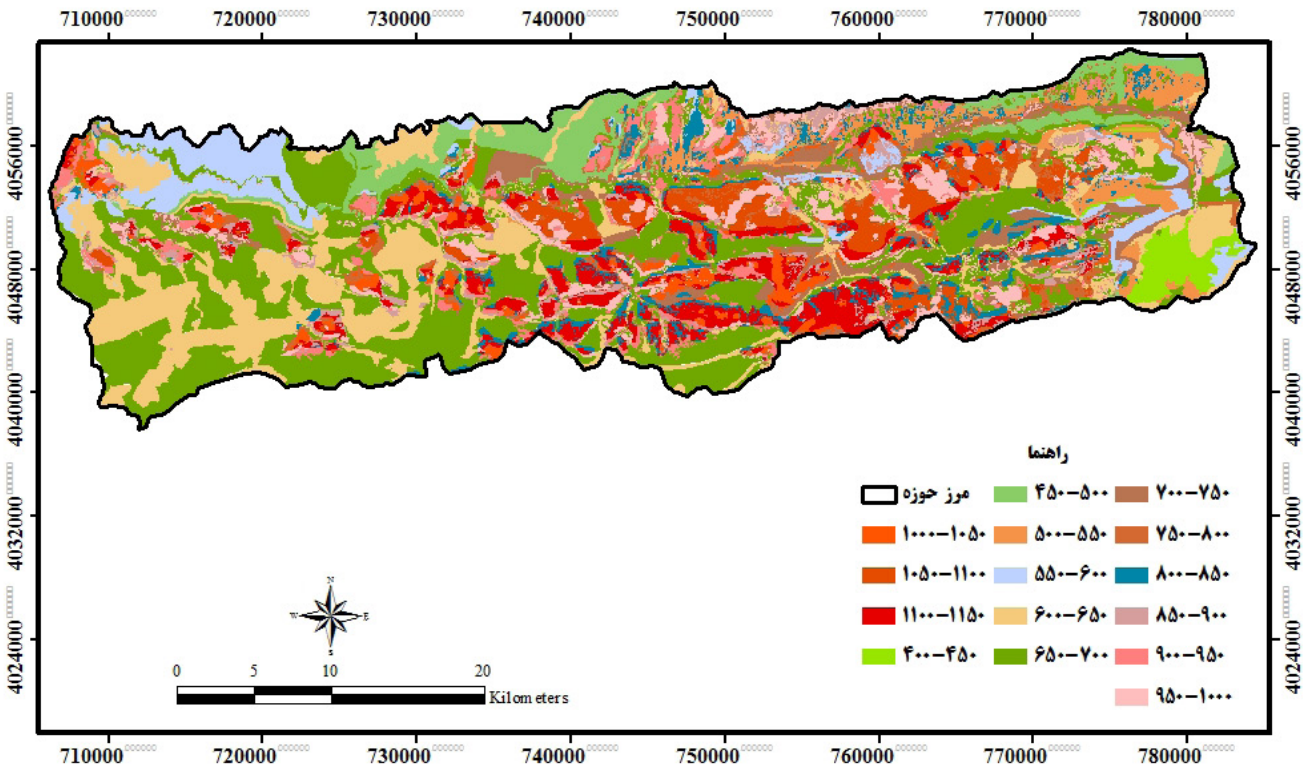
شکل ۵: نمونه‌ای از تصاویر عملیات آبخیزداری انجام‌شده (الف): نهال‌کاری مثمر، (ب) بند سرشاخه گیر، (ج) دیوار ساحلی و (د) بند سنگی-ملاتی



شکل ٦: نقشه کاربری اراضی در حوضه موردمطالعه



شکل ۷: نقشه میزان فرسایش در حوضه موردمطالعه



شکل ۸: نقشه میزان رسوب در حوضه موردمطالعه

جدول ۵: ماتریس همبستگی عوامل مؤثر بر فرسایش و رسوب

عامل‌ها	رسوب	فرسایش آبراهه‌ای	فرسایش بالادست	پوشش	استفاده از زمین	شیب	رواناب	باران	خاک	زمین
زمین	۰/۷	۰/۳	۰/۸	۰/٦	۰/۸	۰/۱	۰/۷	۰/٤	۰/۳	۱
خاک	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/٦	−۰/۷	۰/۷	۰/۷	۱	۰/۳
باران	۰/۳	۰/۲	۰/۵	۰/٦	۰/۵	−۰/٤	۰/۷	۱	۰/۷	۰/٤
رواناب	۰/۸	۰/٦	۰/۹	۰/۸	۰/۷	−۰/۱	۱	۰/۷	۰/۷	۰/۷
شیب	۰/۲	۰/۰	۰/۰	−۰/۱	−۰/۲	۱	−۰/۱	−۰/٤	−۰/۷	۰/۱
استفاده از زمین	۰/٦	۰/۳	۰/۷	۰/۷	۱	−۰/۲	۰/۷	۰/۵	۰/٦	۰/۸
پوشش گیاهی	۰/۷	۰/۷	۰/٦	۱	۰/۷	−۰/۱	۰/۸	۰/٦	۰/۷	۰/٦
فرسایش بالادست	۰/۹	۰/٦	۱	۰/۸	۰/۷	۰/۰	۰/۹	۰/۵	۰/۵	۰/۸
فرسایش آبراهه‌ای	۰/٦	۱	۰/٦	۰/۷	۰/۳	۰/۰	۰/٦	۰/۲	۰/۳	۰/۳
رسوب	۱	۰/٦	۰/۹	۰/۷	۰/٦	۰/۲	۰/۸	۰/۳	۰/۳	۰/۷

جدول ٦: ماتریس همبستگی سه عامل زمین، رواناب و کاربری با فرسایش در حوزه آبخیز نکارود

عامل‌ها	زمین‌ساخت	دبی اوج ویژه	اراضی بدون پوشش	فرسایش
زمین‌ساخت	۱/۰	۰/۰	−۰/۵۸	۰/۸
دبی اوج ویژه	۰/۸۲	۱/۰	−۰/۵۱	۰/۳۵
اراضی بدون پوشش	−۰/۵۸	−۰/۵۱	۱/۰۰۰	۰/۳۷
فرسایش	۰/۸	۰/۳۵	۰/۳	۱/۰۰۰

جدول ۷: ماتریس همبستگی سه عامل زمین، رواناب و کاربری با رسوب در حوزه آبخیز نکارود

عامل‌ها	زمین‌ساخت	دبی اوج	اراضی بدون پوشش	رسوب
زمین‌ساخت	۱/۰	۰/۸۲	−۰/۵۸	۰/۸
دبی اوج	۰/۸۲	۱/۰	−۰/۵۱	۰/٤۵
اراضی بدون پوشش	−۰/۵۸	−۰/۵۱	۱/۰	۰/۳۷
فرسایش	۰/۵٦	۰/۳۵۱	۰/۳۷	۱/۰

هستند. البته با توجه به نتایج ماتریس، زمین‌ساخت منطقه با فرسایش دارای همبستگی معنی‌دار بوده و به‌عنوان عامل اصلی تعیین می‌شود (جدول ٦).

برای تحلیل بیش‌تر همبستگی سه عامل با رسوب‌دهی منطقه در شرایط جدید انجام پذیرفت که طبق جدول٦ ماتریس همبستگی نشان‌دهنده اثربخشی زمین‌ساخت منطقه بر رسوب‌دهی می‌باشد دو عامل کاربری و رواناب که در تحلیل‌های قبلی تائید شده‌اند کماکان با عامل زمین‌شناسی بر روی فرسایش و رسوب‌دهی منطقه تأثیرگذار هستند (جدول ۷).

تعیین میزان تغییرات اشکال یا تیپ‌های فرسایشی آبی حوضه

در خصوص تغییرات اشکال فرسایش در مطالب قبل نسبت به آن‌ها اشاره شد و اینکه این بررسی بر روی فرسایش‌های آبراهه‌ای و فرسایش‌های سطحی انجام‌گرفته است در جدول ۷ مقادیر امتیاز اشکال فرسایش‌های مزبور در قبل و پس از اجرای عملیات آبخیزداری نشان داده‌شده است. همان‌طور که در جدول مشخص می‌باشد درصد اثربخشی بر روی فرسایش سطحی بیش‌تر از فرسایش خندقی می‌باشد و این مسئله مؤید این است که عملیات بیولوژیکی اثربخشی بیش‌تری نسبت به فرسایش خندقی دارند. این اثربخشی در حوزه آبخیز رودبار گلورد از سایر حوزه‌های آبخیز موردمطالعه به نسبت زیادتر است. به‌طوری‌که اثرب‌خشی فرسایش سطحی در حوضه ۵/۱۲ درصد و در حوزه آبخیز درویشان رود کم‌ترین میزان درصد اثربخشی مشاهده می‌شود (جدول ۸).

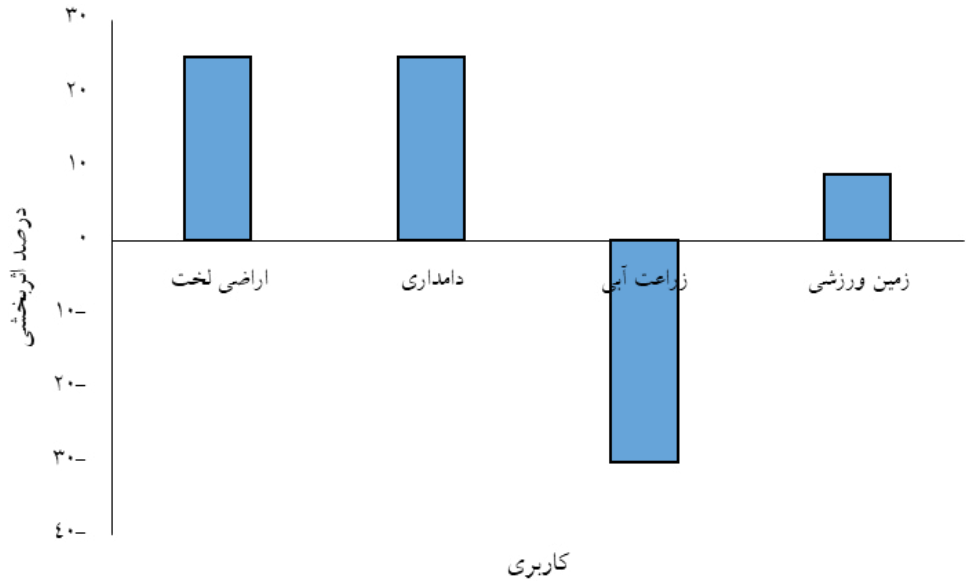
تعیین و ارزیابی تقدم و تأخر (وزن عملیات) مؤثرترین اقدامات اجرایی (مکانیکی و بیومکانیکی) در کنترل فرسایش و رسوب و بهبود قابلیت اراضی

همان‌طور که ملاحظه می‌شود عملیات بیولوژیکی در اراضی دیم و اراضی جنگلی که جزو جنگل‌های مخروبه بودند دارای اثربخشی بیش‌تری نسبت به اراضی حاشیه روستاها و صنعتی می‌باشند. (شکل ٤)

میزان فرسایش خاک بر حسب مترمکعب بر کیلومترمربع در اراضی اجراشده، قبل و بعد از اجرا در جدول (۹) نشان داده‌شده است. به‌هرحال نتایج ارائه‌شده در جداول دلالت بر این دارد که

جدول ۸: درصد اثربخشی عملیات بیولوژیکی و سازه‌ای در کاهش فرسایش و رسوب

حوزه آبخیز	رسوب اولیه	امتیاز فرسایش سطحی	امتیاز فرسایش آبراهه‌ای	رسوب ثانویه	امتیاز فرسایش سطحی	امتیاز فرسایش آبراهه‌ای	درصد اثربخشی فرسایش سطحی	درصد اثربخشی فرسایش آبراهه‌ای
رودبار گلورد	۲۳٤/۲	۱۲/٤	۷/٤	۲۰٦/۵	۱۱/۸	۷/۱	۵/۱	۳/٦
اوارد	۲۱٦/۵	۱۲/۰	۷/۲	۲۰۸/۹	۱۱/۸	۷/۱	۱/٤	۱/۰
الارز	۲۲۷/۹	۱۲/۳	۷/۳	۲۰۸/۳	۱۱/۸	۷/۱	۳/٦	۲/۵
درویشان رود	۲۲۳/۰۲	۱۲/۲	۷/۳	۲۱٦/۸	۱۲/۰	۷/۲	۱/۱	۰/۸
چلمردی	۲۲۱/۰۹	۱۲/۱	۷/۳	۲۰۹/٦	۱۱/۸	۷/۲	۲/۱	۱/۵
بیشه بنه	۲۳۰/۰۸	۱۲/۳	۷/٤	۲۱۸/۳	۱۲/۰	۷/۲	۲/۱	۱/۵



شکل ٤: درصد اثربخشی عملیات بیولوژیکی در کاربری‌های مختلف

جدول ۹: میزان فرسایش خاک بعد و قبل از اجرای عملیات

پارامترهای آماری		میزان فرسایش خاک (مترمکعب بر کیلومترمربع)							
		قبل از اجرا				بعد از اجرا			
		زراعت دیم	جنگل	صنعت	اراضی حاشیه روستا	زراعت دیم	جنگل	صنعت	اراضی حاشیه روستا
N	Valid	۳۷۷	۹۷	۲	۳۸	۳۷۷	۹۷	۲	۳۸
	Missing	۰	۲۸۰	۳۷۵	۳۳۹	۰	۲۸۰	۳۷۵	۳۳۹
میانگین		۱۲۸۷/۰	۹۱۹/۳	۸۱۱/۳	۱۰۰۵/٦	۹٦۱/٤	٦۹٤/٦	٦۳۲	۹۱۸/۲
میانگین خطای استاندارد		۹/۷	۱۱/۹	۱۸/۱	۲۲/٤	٤/۹	۹/۹	۱۰/۹	۱٦/۳
میانه		۱۲۸۳/۰	۹۰۹/۱	۸۱۱/۵۹	۱۰۱٦/٦	۹۷۰/۸	٦۸۸/۱	٦۳۲/۳	۹۰٦/٦
مد		۱۲۸۳/۰۹	۹۰۹/۱	٦۲۱/٦	۱۰۹۹/۳	۹۷۰/۸	٦۸۸/۱	۷۹۳/۲	۱۰۷۱/۸
حداقل		٦۹٤/٦	٦۹۳/٦	٦۲۱/٦	۷٦۸/٦	٦۸۷/۸	٤۸۸/۵	۷۹۳/۲	۷۳۸/۰
حداکثر		۱۵۹۷/۸	۱۱٤۹/۹	٦٤۳/۵	۱۱۸۹/٦	۱۱۳۷/۸	۸۵۵/۰	۸۲۹/٤	۱۰۷۱/۸

عملیات بیولوژیکی در اراضی جنگلی و زراعت دیم موفق‌تر از عملیات بیولوژیکی در کنترل فرسایش خاک می‌باشد.

پس از مقایسه عملیات بیولوژیکی در کاربری‌های مختلف و ارائه نتایج به‌دست‌آمده، عملیات سازه‌ای نیز مورد تحلیل قرار گرفت که با توجه به اینکه این نوع کارها به‌صورت حوزه‌های آبخیز اجراشده و درواقع اثربخشی آن‌ها در کنترل رسوب در واحدهای هیدرولوژیکی قابل‌مقایسه هستند لذا در وهله اول این سازه‌ها با یکدیگر مورد مقایسه قرارگرفته و سپس با عملیات ارائه‌شده است. عملیات بیولوژیکی با استفاده از روش وزن‌دهی مورد تحلیل قرار گرفتند که نتیجه آن در جدول شماره ۱۰ قرار گرفت.

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود در منطقه مطالعاتی بر اساس وزن داده‌شده اولویت اول با نهال‌کاری و عملیات بیولوژیکی

جدول ۱۰: میزان رسوب‌گیری و اولویت‌بندی عملیات اجرایی

نوع کاربری	نوع عملیات	کد عملیات	رسوب مترمکعب	مساحت (هکتار)	وزن‌دهی رسوب	وزن‌دهی سطح	اولویت‌بندی
زراعت دیم	بیولوژیکی	۲	۵۰۹۵۸/۷	۲۶۰/۹۳	۱/۰۰	۰/۹۸	۱/۹۸
جنگل	بیولوژیکی	۵	٤١٤/٤	۱۱/۹۷	۰/۰۱	۰/۹	۱/۰۱
حاشیه روستا	بیولوژیکی	١٦	۱۷/۵۹	۳/۳۲	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
آبراهه	سازه	١٤	٢٤٥٠٦	١٤٢٧٣	۰/٤٨	۰/۰۰	۰/٤٨

در اراضی زراعی دیم می‌باشد. پس از آن نهال‌کاری در اراضی جنگلی بوده و سازه در اولویت آخر قرارگرفته است. بنابراین ازلحاظ کنترل فرسایش خاک و رسوب اولویت اول با عملیات بیولوژیکی می‌باشد که با توجه به شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی افزایش پوشش گیاهی در منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر مبنای نتیجه به‌دست‌آمده اولویت برای افزایش قابلیت اراضی در حوزه آبخیز نکارود با زراعت‌های دیم و پس از آن با اراضی جنگلی مخروبه می‌باشد. کارهای سازه‌ای در منطقه فقط باید به‌صورت محدود و باهدف مشخصی انجام پذیرد زیرا که برای رس‌وب‌گیری و کاهش رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز، عملیات بیولوژیکی در اولویت می‌باشند.

بحث

رشد روزافزون جمعیت جهان و محدود بودن سطح منابع طبیعی، موجب کاهش تولید عرصه‌های منابع طبیعی شده که درنتیجه نابودی تدریجی و زوال آن را در پی داشته است [۸]. اجرای عملیات آبخیزداری با رعایت شرایط اکولوژیک می‌تواند موجب بهبود کمی و کیفی پوشش گیاهی گردد بنابراین ضرورت است در هر حوزه پس از اجرای عملیات مکانیکی و بیولوژیکی، ارزیابی انجام شود که می‌تواند درک دقیقی از اثرات اجرای آن‌ها در حوزه‌های مشابه ازنظر عوامل زمینی و اقلیمی به مجریان طرح‌های آبخیزداری بدهد [۲۰]. درمجموع طرح‌های آبخیزداری چنانچه به‌صورت مناسب اجرا شوند، اثرات مثبت و ارزند اقتصادی و اجتماعی را برای حوزه‌های آبخیز به دنبال دارند. در غیر این صورت منجر به بروز اثرات منفی اجتماعی- اقتصادی شد و به مشکلات حوزه‌های آبخیز می‌افزاید [۳].

بنابراین طبق نتایج این تحقیق ازلحاظ کنترل فرسایش خاک و رسوب اولویت اول با عملیات بیولوژیکی می‌باشد که با توجه به شرایط اقلیمی افزایش پوشش گیاهی در منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر مبنای نتیجه به‌دست‌آمده اولویت برای افزایش قابلیت اراضی در حوزه آبخیز نکارود با زراعت‌های دیم و پس از آن با اراضی جنگلی مخروبه می‌باشد. کارهای سازه‌ای در منطقه فقط باید به‌صورت محدود و باهدف مشخصی انجام پذیرد زیرا که برای رسوب‌گیری و کاهش رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز، عملیات بیولوژیکی در اولویت می‌باشند. در رابطه با تأثیر در کنترل فرسایش و رسوب، کاملاً مشخص است که بیش‌ترین اثر را اقدامات آبخیزداری داشتند طبق نتایج به‌دست‌آمده و ارائه‌شده در جدول، فرسایش و رسوب اندازه‌گیری شده در کاربری جنگل در مقایسه با اراضی زراعی و باغ کم‌تر می‌باشد. فرسایش بیش‌تر خاک طی تغییر کاربری جنگل به دلیل تخریب پوشش گیاهی و در ادامه کاهش ماده آلی خاک و درنتیجه کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌باشد. هم‌چنین کشت و کار و عملیات خاک‌ورزی موجب تخریب خاکدانه‌ای درشت به خاکدانه‌های ریزتر شده که این خاکدانه‌ها به‌نوبه خود هنگام برخورد قطرات باران متلاشی و خلل و فرج خاک را مسدود کرده و بدین ترتیب موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب و فرسایش می‌شود. طبق نتایج ارائه‌شده مشخص می‌شود که تغییر کاربری جنگل به اراضی زراعی و باغ موجب کاهش درصد ماده آلی خاک شده که این مسئله می‌تواند منجر به کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش عملکرد و درنتیجه مستعد شدن اراضی برای فرسایش گردد. وجود ماده آلی در خاک مانع از فروپاشی خاکدانه [۲۵]، افزایش ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری خاک [٦]، بهبود ساختمان خاک و ممانعت از تشکیل سله و بسیاری از عوامل دیگر را به دنبال دارد که نتیجه نهایی آن در خاک کاهش فرسایش [۲۱] می‌باشد. ازاین‌رو می‌توان بیان کرد که تخریب خصوصیات فیزیکی خاک و درنتیجه افزایش فرسایش خاک به دنبال کاهش ماده آلی در خاک‌های زراعی روی می‌دهد. مهم‌ترین عاملی که در تسریع کاهش ماده آلی در خاک تأثیر می‌گذارد کشت و کار می‌باشد که موجب افزایش تجزیه مواد آلی خاک طی عملیات شخم می‌شود [۱۰]. عامل بعدی کاهش ماده آلی خاک طی تغییر کاربری جنگل، حساسیت بیش‌تر اراضی زراعی نسبت به فرسایش می‌باشد، به‌طوری‌که میزان ماده آلی بیش‌تری طی فرسایش از دسترس خارج خواهد شد [۲۷ و ۳۰].

هم‌چنین ازآنجاکه اجرای پروژه‌های مکانیکی غالباً پرهزینه بوده و عمر مفید اغلب این‌گونه پروژه‌ها نیز محدود است لذا درصورتی‌که عملیات بیولوژیکی و مکانیکی به‌صورت توأم به‌منظور کنترل فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز اجرا شد و نگهداری مناسبی نیز از این پروژه‌ها صورت گیرد بدیهی است که اجرای عملیات آبخیزداری از موفقیت بالایی برخوردار خواهد بود [۲]. در این صورت مشارکت مردمی نیز افزایش چشمگیری داشته و برعکس این حالت، چنانچه اجرا و نگهداری بخش اعظم پروژه‌های آبخیزداری فقط متکی به اعتبارات و اقدامات دولتی بود و سیاست‌های اتخاذشده به‌گونه‌ای

باشد که عملاً به کاهش میزان مشارکت‌های مردمی در اجرای طرح‌های آبخیزداری منجر شود، مشخص است که با ایجاد وقفه و یا ناهماهنگی‌های مدیریتی، از کارایی و راندمان طرح‌های آبخیزداری به میزان قابل‌توجهی کاسته می‌شود. لذا اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌های آبخیزداری مستلزم توجه کافی به مسائل اجتماعی و اقتصادی ناشی از اجرای پروژه‌ها بود و ضروری است آبخیزنشینان در کلیه مراحل اجرا و نگهداری پروژه‌های مشارکت فعال داشته باشند

نتیجه‌گیری

برای کاهش سیل و کنترل فرسایش، نمی‌توان در عوامل و عناصر زمین‌شناسی، مورفولوژی و اقلیمی تغییری ایجاد کرد. عملیات آبخیزداری با تأثیر مثبت در مهار سیل و فرسایش، در اغلب حوزه‌ها می‌تواند روش مناسب باشد؛ هرچند هنوز نیاز به تحقیق در این زمینه وجود دارد. در منطقه موردمطالعه، احداث سازه‌ها آن هم تنها در برخی زیرحوزه‌ها، تأثیر کمی بر میزان فرسایش و رسوب داشت اما عملیات بیولوژیکی تأثیر بیش‌تری را نشان داد. عملیات حفاظت خاک و آبخیزداری گزینه‌ای اجتناب‌ناپذیر برای کنترل فرسایش و کاهش رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز است. آبخیزداری به معنی مدیریت حوزه‌های آبخیز، علمی است که برنامه‌ریزی، اجرای مدیریت پروژه‌ها و طرح‌های حفظ، احیاء و توسعه و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی تجدیدشونده موجود در حوزه‌های آبخیز را دربر می‌گیرد. با توجه به اهمیت اکولوژیکی اکوسیستم‌های مختلف، نتایج این تحقیق ضرورت توجه بیش‌تر به مطالعات قابلیت، اصلاح و تغییر کاربری اراضی در این مناطق را بیش‌ازپیش نشان می‌دهد. لذا پیشنهاد می‌شود فعالیت‌های مدیریتی متناسب باقابلیت این اراضی و با لحاظ نمودن پتانسیل بازگشت‌پذیری کیفیت خاک ازدست‌رفته طراحی و اجرا گردد.

منابع

1. Adeoggun, A., Sule, B. and Salami, A. 2018. Cost effectiveness of sediment management strategies for mitigation of sedimentation at Jebba Hydropower reservoir, Nigeria. Journal of King Saud University - Engineering Sciences. 30 (2): 141-149.

2. Aga, A., Melesse, A., and Chane, B., 2019. Estimating the Sediment Flux and Budget for a Data Limited Rift Valley Lake in Ethiopia. Hydrology 6 (1): 1-22.

3. Aneseyee, A. 2019. Land use/land cover change effect on Soil erosion and Sediment Delivery on Winked Watershed, Omo Gibe Basin, Ethiopia. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138776.

4. Bagherian, K., Lashkari, Gh. and Ghafori, M. 2021. Evaluation of the impact of watershed management measures on vegetation and the amount of erosion and sedimentation in the Khakhak watershed. Publication: Environmental Science and Technology, 23 (7): 51-63. (In Persion)

5. Bezabih, M., Duncan, A. J., Adie, A., Mekonnen, K., Khan, N. A., and Thorne, P. 2016. The role of irrigated fodder production to supplement the diet of fattening sheep by smallholders in Southern Ethiopia. Tropical and Subtropical Agro ecosystems 19, 263-275.

6. Dabiri, S.S., Sofi, M., and Talbbedokhti, N. 2014. Effects of watershed check dams in sediment control (Case Study: Eghlid, Marvdasht and Mamsani Watersheds). Journal of water Resources Engineering, 6: 1-21. (In Persian)

7. Dalu, T., Wasserman, R. J., Magoro, M. L., Froneman, P. W., and Weyl, O. L. 2019. River nutrient water and sediment measurements inform on nutrient retention, with implications for eutrophication. Science of the Total Environment 684, 296-302.

8. Devi, R., Tesfahune, E., Legesse, W., Deboch, 545 B., and Beyene, A. 2008. Assessment of siltation and nutrient enrichment of Giggle Gibe dam, Southwest Ethiopia. Bio resource Technology 99, 975-979.

9. Duerdoth, C., Arnold, A., Murphy, J., Naden, P., Scarlett, P., Collins, A., Sear, D., and Jones, J. 2015. Assessment of a rapid method for quantitative reach-scale estimates of deposited fine sediment in rivers. Geomorphology 230, 37-50.

10. Gaffari, G., Ahmadi, H., Bahmani, A., and Nazarisamani, A. A. 2015. Evaluation the effect of watershed plan on the Erosion and Sediment. Iranian J. Nat. Resour. (Rangeland Watershed). 68(3):607-624. [In Persian].

11. Gieswein, A., Hering, D., and Lorenz, A. W. 2019. Development and validation of a macro invertebrate-based bio monitoring tool to assess fine sediment impact in small mountain streams. Science of the Total Environment 652: 1290-1301.

12. Guo, Y., Peng, C., Zhu, Q., Wang, M., Wang, H., Peng, S., and He, H. 2019. Modelling the impacts of climate and land use changes on soil water erosion: Model applications, limitations and future challenges.

Journal of environmental management 250, 109403.

13. Haregeweyn, N., Berhe, A., Tsunekawa, A., Tsubo, M., and Derege Tsegaye, M. 2012. Integrated Watershed Management as an Effective Approach to Curb Land Degradation: A Case Study of the Enameled Watershed in Northern Ethiopia, Environmental Management, Vol. 50, pp.1219–1233.

14. Hayati, A., and Bazrafshan, O. 2015. Evaluation of Echo-Social of watershed management projects: A case study on Booshkan Watershed, Booshehr. Fth National Conference on Futurology, Humanities and Development. (In Persian).

15. Hassen, E. E., and Assen, M., 2018. Land use/ cover dynamics and its drivers in Gelda catchment, Lake Tana watershed, Ethiopia. Environmental Systems Research 6, 4.

16. Jafari, A., Tabrizi, M. and Babazadeh, H. 2020. Evaluation of the impact of watershed operations on reducing erosion and sedimentation (case study: Alikandi Bukan watershed). Applied soil research, 8 (4): 59-68. (In Persion)

17. Kalat, A., Lashkari pour, G.h., and Ghafori, M. 2021. Evaluating the effect of watershed management measures on vegetation and the amount of erosion and sedimentation in the Kakhk watershed. Environmental science and technology, 23 (7): 51-63.

18. Maerker, M., Sommer, C., Zakerinejad, R., and Cama, E. 2017. An integrated assessment of soil erosion dynamics with special emphasis on gully erosion: Case studies from South Africa and Iran. EGU General Assembly Conference Abstracts.

19. Madanchi, Bayat, R., and Shahedi, M. 2017. Investigating the effect of watershed operations on reducing erosion and sedimentation of pasture lands in semi-arid areas (case study: Merid Valley watershed in Kerman), pasture and desert research, 24 (4): 757- 767. (In Persian)

20. Mazbani, P., Rezaee moghadam, h., and Hejazi, A. 2021. Assessment of soil erosion risk in land uses using the modified global equation of soil erosion (case study: Sikan watershed). Geography and natural hazards, 37: 41-63. (In Persian)

21. Metiba, S., Hotta, N. and Irie, M. 2018. Analysis of the efficacy and cost-effectiveness of best management practices for controlling sediment yield: A case study of the Joumine watershed, Tunisia. Science of the Total Environment, 616-617: 1-16.

22. Nabipour, Y., Wafakhah, M. and Moradi, H.R.2014. The effects of watershed manage practices on floods. Journal of Agricultural Science and Technology. 18: 199-212. (In Persian)

23. Refahi, H. 1995. Tehran University Press, fifth edition, 671 pages.

24. Riahi, M., Sadeghi, S., Mirnia, S. and Saddodin, S. 2024. Coincidence of sustainable development indicators for the nekarood watershed with the United Nation's sustainable development goals. Science of the Total Environment. 917: 170117.

25. Ricci, G.F., Joeng, J., De Girolamo, A.M. and Gentile, F. 2020. Effectiveness and feasibility of different management practices to reduce soil erosion in an agricultural watershed. Elsevier, landuse use Policy. 90: 1043016.

26. Sadeghi, S. 2021. The effect of biomechanical operations on the vegetation of pastures (case study: pastures of Abarkouh city, Yazd province). Quarterly Journal of Natural Ecosystems of Iran, 12 (4): 13-24. (In Persion)

27. Soltani, M., Ekhtesasi, M.R., Talebi, A., Pouraghnayi, M.J., and Sarsangi, A.R. 2011. The effect of breeding dams on reduction of flood peak discharge (case study: Mashad Watershed of Yazd). Journal of Watershed Research, 24(4): 46-54.

28. Sori, M., Mahdavi, M., and Sangari, S. 2017. Changing the performance of grassland vegetation under the influence of mechanical improvement operations (Silwana, West Azerbaijan province). Pasture and desert research, 24 (2): 360-369 (In Persion)

29. Sutcliffe, J. P., Wood, A., and Meaton, J. 2012. Competitive forests–making forests sustainable in south-west Ethiopia. International Journal of Sustainable Development & World Ecology 19, 471-481.

30. Tasegaye, L., and Bharti, R. 2021. Soil erosion and sediment yield assessment usin RUSLE and GIS-based approach in Anjeb watershed, Northwest

Ethiopia. SN Applied Sciences. 3:582.

31. Ysebaert, T., Walles, B., Haner, J., and Hancock, B. 2019. Habitat modification and coastal protection by ecosystem-engineering reef-building bivalves. In "Goods and Services of Marine Bivalves", pp. 253-273. Springer.

32. Zhang, J., Ding, J., Wu, P., Tan, J., Huong, T., Teng, D., Cao, X., and Wang, J. 2020. Assessing arid inland Lake Watershed Area and Vegetation Response to Multiple temporal Scales of Drought across the webinar Lake Watershed. Scientific Reports. 24(1): 3132.

نشریه
ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of Watershed Management
Vol. 11, No. 43, Winter 2024
سال یازدهم- شماره ۴۳- زمستان ۱۴۰۲

Abstract

The Effectiveness of Watershed Management Operations in Reducing Erosion and Sedimentation in the Nakarood Watershed in Mazandaran Province

M. Nemati[1]*, A. Faraji[2] and E. Mokhtarpour[3]

Received: 2024/01/22 Accepted: 2024/03/19

Soil erosion reduces the fertility of upstream lands and damages downstream lands through sedimentation. A field survey was conducted to investigate the performance of each structure in the Nakarood watershed to evaluate the effect of watershed operations on erosion and sedimentation. The watershed operations carried out include coastal wall, spillway, and stone-mortar and biological operations. In addition, taking into account the factors affecting erosion and sedimentation (terrain structure, specific peak discharge and uncovered lands), the EPM model, GIS, and SPSS software were used for the analysis. The results showed that the three factors of land construction (r=0.8), flood (r=0.47) and land use (r=037) had the greatest impact on erosion and sedimentation in the region. Also, the factor of land construction and then flood have more effectiveness. According to the correlation results, these three factors had a significant correlation with erosion, so that the land construction of the area has a significant correlation with erosion (r=0.8) and is determined to be the main factor. Also, rainfed lands under biological treatment have been more effective in reducing erosion and sedimentation in the region. Also, the comparison between before and after watershed operations for different uses showed that erosion and sedimentation decreased more in rainfed agriculture. In general, land use changes significantly affect soil erosion. Therefore, it is very important to take necessary measures to reduce erosion and sedimentation and to preserve the soil of the region. In addition, biological and structural programs and remedial structural operations should be implemented in the watershed to manage water and soil resources and increase the effectiveness of watershed operations in reducing erosion and sedimentation and increasing the land cover layer.

Keywords: Biological, Branching, Forest, Mechanical, Rainfed agriculture.

1. Graduated with a master's degree in agricultural engineering, majoring in water structures, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, watershed expert of the General Directorate of Natural Resources and Watershed, Mazandaran- sari. m.nemati.k@gmail.com
2. PhD graduate of Pasture Science - Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3. Deputy of technical and watershed management of general administration of natural resources and watershed management of Mazandaran, Sari.