وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان

نشریه فنی:

بررسی اثربخشی اقدامات آبخیزداری بر فرسایش و رسوب و سیلاب در حوزه آبخیز ریمله

نویسندگان:
ابراهیم کریمی سنگچینی، محمدرضا کوثری، ایرج ویسکرمی

شماره ثبت:
۶۲۴۴۶

۱۴۰۱

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات کشاورزی منابع طبیعی استان لرستان

عنوان: بررسی اثربخشی اقدامات آبخیزداری بر فرسایش و رسوب و سیلاب در حوزه آبخیز ریمله

نویسندگان: ابراهیم کریمی سنگچینی، محمدرضا کوثری، ایرج ویسکرمی

ویراستار ادبی: سعید نبی‌پی لشکریان

صفحه‌آرایی و طراحی جلد: اکبر حسینی‌رشید

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰ نسخه

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱

این اثر در مورخه **۱۴۰۱/۸/۱۵** با شماره **۶۲۴۴۶** در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر ماخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

عنوان شماره صفحه

چکیده ۱
۱-مقدمه ۲
۱-۱- بیان مسئله ۳
۱-۲- هدف تحقیق ۴
۱-۳- سوالات اساسی تحقیق ۴
۱-۴- فرضیه تحقیق ۴
۱-۵- ضرورت و اهمیت تحقیق ۵
۲-مروری بر منابع ۶
۳- مواد و روش‌ها ۹
۳-۱- منطقه مورد مطالعه ۹
۳-۲- بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی ۱۰
۳-۳- بررسی تغییرات فرسایش و رسوب ۱۱
۳-۴- بررسی تغییرات رواناب ۱۳
۳-۵- بررسی اقدامات اجرایی منابع طبیعی حوضه ریمله ۱۴
۴- نتایج ۱۵
۴-۱- تهیه نقشه کاربری فعلی (۱۴۰۰) و سال ۱۳۷۰ حوضه ریمله ۱۶
۴-۲- بررسی رسوبات انباشتی پشت سازه‌های آبخیزداری ۲۳
۴-۳- نتایج بررسی تغییرات فرسایش و رسوب قبل و بعد از اجرای پروژه‌ها ۲۹
۴-۴- نتایج بررسی تغییرات حجم رواناب قبل و بعد از اجرای پروژه‌ها ۳۲
۵-بحث و نتیجه‌گیری ۳۵
۵-۱- ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، پوشش گیاهی و رویشگاه‌ها ۳۶
۵-۲- ارزیابی کارایی سازه‌های آبخیزداری اجراشده در حوضه ریمله ۳۷
۵-۳- ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری بر فرسایش و رسوب و رواناب ۳۹

۸-۵- نتیجه‌گیری کلی ۴۰
۹-۵- پیشنهادات ۴۱
فهرست منابع ۴۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز ریمله در استان لرستان ۱۰
شکل ۲- نقشه اقدامات حفاظتی منابع طبیعی حوزه آبخیز ریمله ۱۵
شکل ۳- نقشه کاربری اراضی تهیه شده در شرایط فعلی حوزه آبخیز ریمله ۱۸
شکل ۴-نقشه کاربری اراضی تهیه شده در سال ۱۳۷۰ حوزه آبخیز ریمله ۱۸
شکل ۵- نمودار مقایسه مساحت کاربری‌اراضی تهیه‌شده در سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی حوضه ریمله ۱۹
شکل ۶- نمایی از تپه شمالی روستای ریمله در سال ۱۳۷۰ و قبل از جنگل‌کاری ۲۰
شکل ۷- نمایی از تپه شمالی جنگل‌کاری شده روستای ریمله در حال حاضر ۲۰
شکل ۸- نمایی از تپه جنگل‌کاری شده (الف) و قبل از جنگل‌کاری در سال ۱۳۷۰ (ب) در جنوبی حوضه ریمله ۲۱
شکل ۹- نمایی از بعد از باغات احداث شده (الف) و قبل از احداث در سال ۱۳۷۰ (ب) در جهت شرقی حوضه ریمله ۲۲
شکل ۱۰- نمایی از تراس‌بندی همراه با باغکاری و تورکینست‌های احداث شده در حوضه ریمله ۲۲
شکل ۱۱- نمایی از جنگکاری ایجاد شده (الف) و قبل از احداث در سال ۱۳۷۰ (ب) در جهت شمال شرقی حوضه ۲۳

شکل ۱۲- نقشه شاخص XA برای مدل EPM تهیه شده برای کاربری سال ۱۳۷۰ حوضه ریمله ۲۹
شکل ۱۳- نقشه شاخص XA برای مدل EPM تهیه شده برای کاربری فعلی حوضه ریمله ۳۰
شکل ۱۴- نقشه ضریب CN برای مدل شماره منحنی (SCS) تهیه شده برای کاربری سال ۱۳۷۰ حوضه ریمله ۳۳
شکل ۱۵- نقشه ضریب CN برای مدل شماره منحنی (SCS) تهیه شده برای کاربری فعلی حوزه آبخیز ریمله..... ۳۳

فهرست جدول‌ها

جدول۱- پروژه‌های اجرا شده در آبخیز ریمله در دوره ۵ ساله (۷۵-۷۱) ۱۴
جدول ۲- توزیع فراوانی طبقات کاربری اراضی فعلی در حوضه ریمله ۱۶
جدول ۳- توزیع فراوانی طبقات کاربری اراضی سال ۱۳۷۰ در حوضه ریمله ۱۷
جدول ۴- نتایج بررسی آماری طبقات کاربری اراضی سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی با آزمون T زوجی در حوضه ریمله ۱۹
جدول ۵- جانمایی و میزان کارایی سازه‌های گابیون احداث شده در حوضه ریمله..... ۲۴
جدول ۶- جانمایی و میزان کارایی سازه‌های سد خاکی، تورکینست و خشکه‌چین احداث شده در حوضه ریمله ۲۶
جدول ۷- میزان فرسایش سالیانه محاسبه شده با دو فرض کاربری ۱۳۷۰ و فعلی برای حوضه ریمله..... ۳۰
جدول ۸- نتایج بررسی اختلاف فرسایش و رسوب رخداده با فرض کاربری سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی با استفاده از آزمون T زوجی در حوضه ریمله ۳۲

جدول ۹- حجم رواناب سالیانه محاسبه شده با دو فرض کاربری ۱۳۷۰ و فعلی برای حوضه ریمله ۳۴
جدول ۱۰- نتایج بررسی حجم رواناب رخداده با فرض کاربری سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی با آزمون T زوجی در ریمله ۳۵

چکیده

ارزیابی پروژه‌های اجراشـــده آبخیزداری و ارائه دورنمایی از نتایج عملکرد آن‌ها، اطلاعات مناســـبی را برای برنامه‌ریزی بلندمدت در اختیار مدیران و تصـــمیم‌گیران قرار می‌دهد. در این تحقیق سعی شد که تاثیر اجرای طرح‌های آبخیزداری از نظر فرسایش و رسوب و کنترل سیلاب در حوزه آبخیز ریمله بررسـی شـود. آبخیز ریمله یکی از زیرحوضـه‌های رودخانه کشـکان اسـت. بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از عکس‌های هوایی تهیه شده در سال ۱۳۷۰ و تصاویر ماهواره‌ای ســال ۱۴۰۰ و همچنین تصــاویر گوگل ارث صــورت گرفت. کارایی و میزان رســوب انباشتی سازه‌های آبخیزداری با استفاده از بازدید میدانی ارزیابی شد. برای پیش‌بینی فرسایش قبل از اجرای طرح‌های آبخیزداری و بعد از اجرای آن‌ها، از مدل EPM اســـتفاده شـــد. از روش شـماره منحنی انجمن حفاظت خاک امریکا (SCS) برای محاسـبه رواناب قبل از اجرای طرح‌های مدیریتی آبخیز و بعد از اجرا استفاده شد. ضریب CN برای دو کاربری تهیه شده در سال ۱۳۷۰ و فعلی محاسبه شد. با بررسی کاربری اراضی تهیه شده در طی ۳۰ سال گذشته نتیجه‌گیری می‌شـــود که وضـــعیت عمومی حوزه آبخیز ریمله رو به بهبود بوده اســـت. نتایج ارزیابی کارایی سازه‌های اجراشده نشان می‌دهد که به‌ترتیب حدود ۶۹ و ۸۸ درصد از سازه‌های خشکه‌چین و گابیون و همه‌ی تورکینست‌ها و سدخاکی اجراشده در حوزه آبخیز ریمله بعد از گذشت ۲۵ سال سالم و تثبیت شده هستند. همچنین حدود ۱۱۰۱۹ متر مکعب رسوب در پشت این سازه ها جمع شده است.. میزان فرسایش و رسوب کل سالیانه در شرایط کنونی نسبت به قبل از اجرای طرح‌های حفاظتی آبخیزداری به‌ترتیب به طور متوســـط حدود ۶۷۹۳ متر مکعب و ۵۷۱۲ تن کاهش یافته‌اند. نتایج ارزیابی تغییرات رواناب نشان می‌دهد که مقدار تفاوت حجم رواناب سالیانه

بین قبل از اجرای طرح‌ها و شرایط کنونی به طور متوسط حدود ۱۵۲۵۶ متر مکعب است. نتایج آزمون t زوجی نشان داد که اقدامات آبخیزداری انجام شده در حوضه ریمله توانسته‌اند اختلاف معنی‌داری را در بهبود پوشش‌گیاهی، کاهش فرسایش و رسوب و کاهش رواناب تولیدی ایجاد کنند. نتایج این پژوهش قابل استفاده توسط مدیران و تصمیم‌گیران آبخیز برای حفظ منابع آب و خاک و افزایش قابلیت اجرایی فعالیت‌های مدیریتی، در حوزه آبخیز ریمله است.

کلمات کلیدی: ارزیابی اقدامات اجراشده آبخیزداری، تغییرات کاربری اراضی، فرسایش و رسوب، رواناب، حوزه آبخیز ریمله

۱-مقدمه

امروزه، اجرا و توسعه طرح‌های بیولوژیکی و مکانیکی در حوزه‌های آبخیز یکی از مهم‌ترین مداخلات برای مدیریت منابع طبیعی و توسعه روستاها به شمار می‌رود. با توجه به اهمیت اجرای پروژه‌های منابع طبیعی و آثار و پیامدهای متعدد ناشی از این طرح‌های امروزه دیگر نمی‌توان اجرای این پروژه‌ها در مناطق مختلف به‌ویژه نواحی روستایی را جدای از پیامدها و نتایج این پروژه‌ها بر معیشت ساکنان و نیازهای آن‌ها دانست (Mekonnen و همکاران، ۲۰۲۱). بی‌تردید، شناخت کامل چنین پیامدهایی به دلایل درازمدت بودن و همچنین دشواری خاص برخی از آن‌ها کار آسانی نخواهد بود .به‌هرحال، به‌منظور موفقیت در ساخت، نگهداری و توسعه طرح‌ها و مدیریت بهتر آن‌ها، اجرای مطالعاتی درزمینهٔ مشخص کردن آثار و پیامدهای ناشی از اجرای این طرح‌ها بر معیشت پایدار ذینفعان امری ضروری به نظر می‌رسد (Saby و همکاران، ۲۰۲۱). اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها با توجه به اصول و سیاست‌های اتخاذ شده به دو صورت برنامه ریزی

می‌شـود، یکی آن که مدیریت در یک ارگان یا در یک بخش دولتی متمرکز اسـت و در واقع این برنامه به صورت بسته عمل می‌شود. در اینگونه برنامه‌ها مردم نقش آشکار و مسؤولیتی مشخص به عهده ندارند. اما نوع دومی نیز وجود دارد که امکان جمع بودن مدیریت آن در یک جا نیسـت و به عبارت دیگر موفقیت برنامه‌ها در گروه حضـور همه‌جانبه و مشـارکت مردم ذینفع در یک منطقه و دخالت مسـتقیم آنان در مراحل طراحی و اجرای پروژه‌ها اسـت (کریمی سـنگچینی و هم‌کاران، ۱۴۰۰ و بهنودی، ۱۳۹۱). در حوزه آبخیز ریم‌له نیز هدف این بوده که نوع دوم مدیریت مورد استفاده قرار بگیرد، یعنی با مشارکت مردم ذینفع پروژه‌ها به سرانجام رسند.

اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان لرستان در حوزه آبخیز ریمله به منظور رسیدن به هدف مدیریت جامع آبخیز و تمرکز فعالیت‌های آبخیزداری و همچنین بهبود مشارکت مردمی اقدام به مجموعه عملیات مدیریتی و حفاظتی منابع طبیعی کرده اسـت. در حوزه آبخیز ریمله اقدامات مدیریتی، بیولوژیکی، مکانیکی، بیومکانیکی و ترویجی در زمینه مدیریت و حفاظت منابع طبیعی انجام شده است و این حوضه را به عنوان یک حوزه آبخیز الگویی در سطح کشور مطرح کرده اسـت. در این تحقیق سـعی می‌شـود که تاثیر اجرای طرح‌های مختلف آبخیزداری بر خصوصیات فیزیکی شامل فرسایش و رسوب و کنترل سیلاب، وضعیت اقتصادی در حوزه آبخیز ریمله شهرستان خرم آباد بررسی شود.

۱-۱- بیان مسأله

حوزه آبخیز ریمله به‌دلیل کوهستانی بودن از میزان زمین زراعی با شیب مناسب محدودی برخوردار است و اکثر اراضی کشاورزی این منطقه نیز در اراضی شیب‌دار واقع هستند. همچنین

این حو ضه با توجه به شیب ن سبتاً زیاد، یکی از منابع مهم تولید ر سوب و هرزآب‌هایی ه ست. خسارات جانی و مالی زیادی از وقوع سیل در پایین‌دست این حوضه اتفاق می‌افتد.طرح مدیریت پایدار منابع‌طبیعی و آبخیزداری ریمله توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان لرستان در سال ۱۳۷۱ آغاز شد و مدیریت صحیح بر حوزه آبخیز و حفظ آب و خاک، کاهش فر سایش خاک، بهره‌برداری مناسب از سیلاب‌ها، ارائه الگوی مناسب توسعه، احیاء پوشش گیاهی و تعادل دام و مرتع، ایجاد ا شتغال برای ساکنین حو ضه و کاهش روند مهاجرت از اهداف اجرایی پروژه‌ها در این حو ضه بوده ا ست. سوالی که مطرح می شود، این ا ست که آیا این پروژه‌های اجرا شده توانسته‌اند اثر بخشی مناسبی را از نظر عوامل فیزیکی شامل فرسایش و رسوب و رواناب داشته‌اند؟

۱-۲- هدف تحقیق

- تعیین اثربخشی طرح‌های آبخیزداری اجراشده از جنبه فیزیکی (فرسایش و رسوب و سیلاب) در حوزه آبخیز ریمله

۱-۳- سؤالات اساسی تحقیق

- آیا طرح‌های آبخیزداری اجراشده از جنبه فیزیکی (فرسایش و رسوب و سیلاب) در حوزه آبخیز ریمله اثربخشی مطلوبی داشته‌اند؟

۱-۴- فرضیه تحقیق

- طرح‌های آبخیزداری اجرا شده از جنبه فیزیکی (فر سایش و ر سوب و سیلاب) در حوزه آبخیز ریمله اثربخشی مطلوبی داشته‌اند.

۱-۵- ضرورت و اهمیت تحقیق

اهمیت تحقیق در حوزه آبخیز ریمله از آن جهت اســـت که اقدامات هماهنگ مدیریتی منابع طبیعی در این حوضه کوهستانی توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان لرستان و همکاری دیگر دستگاه‌های اجرایی انجام شده است که این اقدامات شامل حفاظت و نگهداری جنگل‌ها، جنگل‌کاری با گونه‌های ســوزنی برگ و بادام و انجیرکوهی، حفاظت و اصــلاح مراتع و کاشـــت گونه های چندســـاله و خوشـــخوراک، اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی آبخیزداری (خشکه‌چین، چکدم، تورکیند ست، گابیون و سد خاکی)، تراس‌بندی، ساخت استخر و توسعه باغ‌کاری همراه با توسعه زیر ساخت‌های روستایی شامل جاده سازی و سوخت‌رسانی، ساخت کتابخانه، مســجد، ایســتگاه هواشــناســی و مســائل فرهنگی و اجتماعی بوده‌اند و تا کنون نیز حفاظت و نگهداری این اقدامات توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان لرستان انجام گرفته است. ارزیابی همه جانبه از نظر بیولوژیکی، فرسایش و رسوب، کنترل سیلاب و اقتصادی و اجتماعی این اقدامات حفاظتی بسیار دارادی اهمیت است تا سنجیده شود که چقدر این اقدامات برروی خصوصیات فیزیکی این حوضه موثر بوده‌اند و بتوان اقدامات آتی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری اســـتان لرســـتان را ســـامان‌دهی کرد که به اهداف مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز نزدیک‌تر شد.

۲-مروری بر منابع

نور و همکاران (۱۳۹۲)، برآورد تلفات اقتصادی فرسایش خاک مراتع با استفاده از روش جایگزینی مواد غذایی را مورد بررسی قرار دادند. کل میزان فرسایش در منطقه با استفاده از روش MPSIAC، ۱۰۷۵۰۰/۶ تن در سال برآورد شد. میزان تلفات اقتصادی فرسایش خاک منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش جایگزینی مواد غذایی برای سه عنصر اصلی(نیتروژن، فسفر، پتاسیم) محاسبه شد. نتایج نشان داد که هزینه فرسایش مستقیم خاک حوضه ۶۰۳۰۴۸ میلیون ریال بوده است. عرب‌خدری (۱۳۹۳)، طی تحقیقی مروری بر نرخ فرسایش آبی و تولید ر سوب را در ایران مورد برر سی قرار داد. برر سی‌ها ن شان داد که مقدار فر سایش و ر سوب‌دهی معلق ویژه سطح کشور به‌ترتیب حدود دو و شش تن در هکتار در سال است. نتایج نشان داد که سهم فرسایش سطحی (بین شیاری و شیاری) در تولید رسوب تقریباً نصف فرسایش‌های عمقی (آبکندی، رانش زمین و کناری رودخانه) است. غفاری و همکاران(۱۳۹۶) در حوزه آبخیز کن – سولقان عملکرد اقدامات آبخیزداری را مورد بررسی قرار دادند. منحنی جرم مضاعف نشان‌دهنده اثر مثبت این عملیات بر میزان رواناب و رسوب بوده است. نتایج حاصل از رسم منحنی رژیم هیدرولوژیک نیز ن شان می‌دهد که اثر عملیات آبخیزداری بر واکنش هیدرولوژیک حو ضه ن سبت به بارندگی مثبت بوده و توانسته است آن را آرام تر نماید. همچنین میزان بار معلق کاهش یافته است. در مجموع، نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت این عملیات است.

مصفایی و صالح پور جم (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به ارزیابی کمی اقدامات آبخیزداری بر وضعیت هیدرولوژیکی حوضه در حوزه آبخیز آکوجان در استان قزوین پرداختند. برای این منظور، تغییرات آبدهی منابع آب حوضه، افزایش میزان نفوذ و ذخیره آب و میزان سیلاب

حوضـــه، برای بازه زمانی قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری مورد مقایســـه قرار دادند. نتایج نشان داد، سالانه حدود ۱۱۴ هزار متر مکعب ذخیره رواناب در اثر اقدامات آبخیزداری در حوضه انجام شـــده اســـت. همچنین نتایج مربوط به تحلیل ســـیلاب خروجی حوضـــه نشـــان داد، نقش اقدامات ســـازه‌ای در تغییر زمان تمرکز حوضـــه اندک و حتی منفی بوده، لذا کاهش دبی اوج و حجم سیلاب خروجی حوضه، حاصل اجرای اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی آبخیزداری است. همچنین مشخص شد با افزایش دوره بازگشت سیلاب، درصد کاهش حجم و دبی اوج سیلاب ناشی از عملیات آبخیزداری کاهش یافته است. سلیمانی و همکاران (۲۰۰۹)، با استفاده از مدل EPM و ابزار سامانه اطلاعات جغرافیایی، تغییرات کاربری اراضی روی فرآیند فرسایش خاک را در آبخیز نکارود مورد بررسی قرار دادند. رابطه بین الگوی کاربری اراضی، فرسایش و بار رسوبی را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با اصلاح کاربری اراضی در آینده می‌توان شاهد کاهش بار رسوبی و فرسایش بود. Binh و همکاران(۲۰۱۰)، طی تحقیقی اجرای مدل SWAT به‌منظور آزمون تأثیرات ســناریوهای تغییر کاربری اراضــی بر دبی و رســوب در آبخیز ســونگ‌کائو واقع در شمال ویتنام را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که این مدل، دبی جریان و بار رسوبی را در آبخیز مورد مطالعه به‌طور موفقیت‌آمیزی شبیه‌سازی کرده و در همه سناریوها مقدار رسوب و فرسایش خاک در مقایسه با حال حاضر کاهش یافته است. Yaebiyo و همکاران (۲۰۱۵) تأثیرات اقتصـــادی-اجتماعی اقدامات جامع آبخیزداری در حوزه Sheka واقع در کشـــور اتیوپی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بازده تولید سورگم در حوزه که عملیت آبخیزداری انجام گرفته با حوضه بدون اقدانات آبخیزداری تفاوت معنی داری وجود دارد. همچنین بازده تولید شیر و عســـل بعد اقدانات آبخیزداری به‌ترتیب ۱۲/۳ و ۲۴/۲۴ درص افزایش یافته اســـت. درآمد

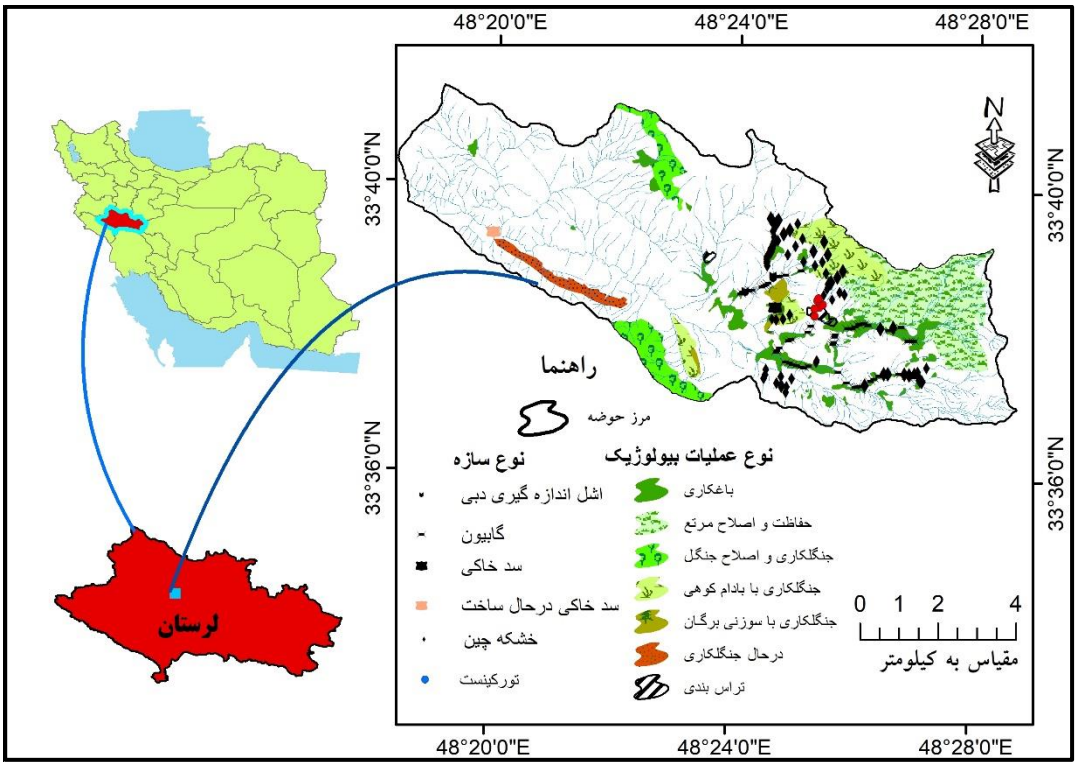
ذیعنفعان پایین د ست حوزه که اقدامات آبخیزداری انجام گرفته دارای تفاوت معنی داری با بهره برداران بالاد ست حوزه می با شد. همین طور درآمد سالانه حا صل از دامداری و آبیاری هم برای بهره برداران بالادست و هم پایین دست حوزه آبخیر بهبود یافته است. و در مجموع درآمد سالانه بهره برداران بعد اجرای طرح جامع آبخیزداری ۳۱/۳ درصد افزایش یافته است. Mosaffaie و Salehpour Jam (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای به ارزیابی اقتصادی سرمایه گذاری در پروژه های حفاظت آب و خاک در مدیریت آبخیزداری پرداختند. برای این منظور، تغییرات ناشی از پروژه های اجرا شده (از جمله اقدامات مختلف بیولوژیکی ، بیومکانیکی ، مکانیکی و مدیریتی) به صورت کمی اندازه گیری شد. سپس، کل هزینه های اجرای اقدامات و درآمد حاصل از تغییرات محاسبه شد. سپس ارزیابی اقتصادی پروژه با استفاده از روش ارزش فعلی خالص (NPV) انجام گرفت. نتایج نشان داد، سالانه بیش از ۱۱۵ هزار متر مکعب ذخیره رواناب در اثر اقدامات آبخیزداری در حوضه انجام شده است. همچنین، تولیدات مرتعی سالانه ۱۶۳/۹ تن در هکتار و ۵۷/۶ هکتار باغات افزایش یافته ا ست. میزان فر سایش از ۱۳/۹۸ تن در هکتار به ۱۰/۲۳ تن در هکتار کاهش یافته است. نتایج تحلیل اقتصادی نشان داد که در ۵ سال اول اجرای پروژه هزینه ها افزایش داشته و از سال ش شم به بعد NPV افزایش یافته و در سال ه شتم به بعد مثبت شده و به طور مداوم افزایش داشته است.

مرور منابع بیانگر آن است که تحقیقات زیادی در زمینه ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری در ایران و دیگر کشورها انجام شده است و در بیشتر مواقع نتایج این ارزیابی‌ها مثبت بوده است. بر همین اساس، در این تحقیق سعی شده ارزیابی اقدامات آبخیزداری از جنبه‌های فرسایش و رسوب و کنترل سیلاب در حوزه آبخیز ریمله مورد توجه قرار گیرد.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز ریمله، واقع در ۳۰ کیلومتری شمال شهرستان خرم‌آباد و استان لرستان و از نظر موقعیت جغرافیایی بین مختصات ″۳۷ ˊ۳۶ ˚۳۳ تا ″ ۲۰ ˊ۴۱ ˚۳۳ عرض شمالی و ″ ۱۸ ˊ۱۸ ˚۴۸ تا ″ ۳۸ ˊ۲۸ ˚۴۸ طول شرقی قرار گرفته است. یکی از زیرحوضه‌های رودخانه کشکان است. مساحت حوضه مورد مطالعه حدود ۷۳۱۹ هکتار است. حداقل و حداکثر ارتفاع حوضه به‌ترتیب ۱۵۰۰ و ۲۷۸۳ متر از سطح دریا هستند. شیب متوسط حوضه حدود ۲۸/۶ درصد است. حوزه آبخیز ریمله دارای متوسط بارندگی ۷۰۳ میلیمتر در سال است. میانگین درجه حرارت سالیانه این حوضه ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد و معدل حداقل و حداکثر درجه حرارت به‌ترتیب ۲/۵ و ۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد در سال است. از نظر زمین شناسی حوضه مورد مطالعه در زاگرس چین‌خورده قرار گرفته است و سن سازندهای موجود در منطقه از دوره کرتاسه فوقانی تا میوسن است. بخش وسیعی از حوضه پوشیده از جنگل بوده و قسمت‌هایی از شمال شرق و جنوب شرق حوضه مرتعی است. همچنین اراضی زراعی بیشتر در زیر اشکوب جنگل‌ها و در دشت‌ها واقع شده‌اند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز ریمله در استان لرستان

۳-۲- بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی

بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر گوگل ارث و عکس‌های هوایی صورت گرفت. در این پژوهش، برای این منظور مقایسه کاربری اراضی و رویشگاه‌های گیاهی قبل و بعد از اجرای طرح‌های حفاظتی منابع طبیعی و آبخیزداری صورت گرفت. عکس‌های هوایی تهیه شده در سال ۱۳۷۰ (به دلیل آن‌که عکس‌های هوایی موجود وضوع بسیار خوبی داشته‌اند و پدیده‌ها به‌خوبی قابل تشخیص بوده‌اند.) به خوبی و تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۴۰۰ و همچنین تصاویر گوگل ارث بررسی شد. این فاصله زمانی به دلیل آن انتخاب شد که شروع اقدامات آبخیزداری در این حوضه از سال ۱۳۷۱ بوده است. برای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پس از تصحیحات لازم بر روی تصاویر، با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال[1]، کاربری‌های مختلف استخراج شدند.

[1] Maximum Likelihood Classification

۳-۳- بررسی تغییرات فرسایش و رسوب

الف: بررسی رسوبات انباشتی پشت سازه‌های آبخیزداری

برای ارزیابی کارایی سازه‌های آبخیزداری دو فاکتور در نظر گرفته شد، اول: پایداری و سالم بودن سازه‌ها، که این پارامتر با بازدید میدانی و بررسی سلامت سازه‌ها بررسی شد. دوم: کارایی سازه‌ها در کاهش میزان رسوب و رواناب، با استفاده از اندازه گیری رسوبات پشت آن‌ها، میزان کارایی در تله انداختن رسوبات ارزیابی شد.

ب: بررسی فرسایش و رسوب

برای پیش‌بینی فرســـایش قبل از اجرای طرح‌های آبخیزداری و بعد از اجرای آن‌ها، از مدل EPM[1] استفاده شد. این مدل در سال ۱۹۵۲ میلادی برای بررسی سیستیماتیک شدت فرسایش خاک در کشور یوگسلاوی سابق در مؤسسه جاروسلاو سرنی برای توسعه منابع آب مورداستفاده قرار گرفته است. در این روش چهار مشخصه ضریب فرسایش حوضه آبخیز(Ψ)، ضریب استفاده از زمین (Xa)، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوضه (I) در حوضه مورد بررسی قرار گرفت (Weng و همکاران، ۲۰۱۰).

۱- تعیین شدت فرسایش (Z)

پس از تعیین چهار عامل فوق با ا ستفاده از معادله زیر، میزان ضریب شدت فر سایش هر حو ضه محا سبه گردید. با تعیین مقادیر Z، می‌توان حو ضه را ازنظر شدت فر سایش طبقه‌بندی کرد.

رابطه ۱
$$Z = X_a Y(\varphi + I)^{\frac{1}{2}}$$

[1]- Erosion Potential Method

که در آن Z ضریب شدت فرسایش، X_a ضریب استفاده از زمین، Y ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، φ ضریب فرسایش حوضه آبخیز و I شیب متوسط حوضه بر حسب درصد است.

۲- فرسایش ویژه

برای محاسبه حمل رسوب در رودخانه‌ها، الزامی است که میزان فرسایش ویژه که در واقع میزان تخریب مخصوص حوضه‌ها است، محاسبه شود. این عامل که توسط W_{sp} نمایش داده می‌شود، از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه ۲
$$W_{sp} = T.H.Z^{\frac{3}{2}}$$

که در آن : W_{sp}= فرسایش ویژه سالیانه برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال، H= متوسط مقدار بارندگی سالیانه برحسب میلی‌متر، Z= ضریب شدت فرسایش، T= ضریب درجه حرارت

T از رابطه روبرو به دست می‌آید:

رابطه ۳
$$T = (\frac{t}{10} + 0.1)^{\frac{1}{2}}$$

t در فرمول فوق، میانگین درجه حرارت سالیانه برحسب درجه سانتی‌گراد است.

۳- محاسبه میزان فرسایش کل حوضه

برای محاسبه فرسایش کل حوضه، فرسایش ویژه در مساحت آبخیز ضرب می‌شود. که X: میزان فرسایش کل برحسب تن و A: مساحت حوضه به کیلومتر مربع است.

رابطه ۴
$$X = W_{sp}.A$$

۴- محاسبه رسوب انتقالی

قسمتی از خاک فرسایش یافته که به سمت خروجی آبخیز انتقال داده می شود، را میزان رسوب انتقالی گویند که در این تحقیق با S_x نمایش داده می شود. که S_x : میزان رسوب انتقالی به تن و R_u: نرخ انتقالی رسوب است.

رابطه ۵
$$S_x = R_u.X$$

نرخ انتقالی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۶
$$R_u = \frac{4(P.D)^{\frac{1}{2}}}{L+10}$$

که L: طول آبخیز به کیلومتر، P: طول محیط آبخیز به کیلومتر و D: اختلاف ارتفاع (تفاضل ارتفاع متوسط حوضه به ارتفاع نقطه خروجی) حوضه به کیلومتر است.

۴-۳- بررسی تغییرات رواناب

در این تحقیق روش شماره منحنی انجمن حفاظت خاک امریکا برای محاسبه رواناب قبل از اجرای طرح‌های حفاظتی منابع طبیعی و بعد از اجرا استفاده شد (از مهدوی، ۱۳۸۱، به نقل انجمن حفاظت خاک امریکا، ۱۹۷۲). با استفاده از فرمول (۳-۲) مقدار ذخیره آب در خاک آبخیز ریمله به دست آمد:

رابطه ۷
$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

S =ذخیره آب در خاک به میلی‌متر، CN = شماره منحنی، با استفاده از S ارتفاع رواناب برحسب میلی‌متر به دست آمد:

رابطه ۸
$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

P: بارش طرح به میلی‌متر، R: ارتفاع رواناب به میلی‌متر، S: پتانسیل ذخیره آبخیز به میلی‌متر محاسبه حجم رواناب سالیانه به متر مکعب با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه ۹ $$V = R \times A$$

در این معادله R ارتفاع رواناب محاسبه شده به متر، A مساحت حوضه بر حسب متر مربع و V حجم رواناب سالیانه بر حسب متر مکعب است (مهدوی، ۱۳۸۱).

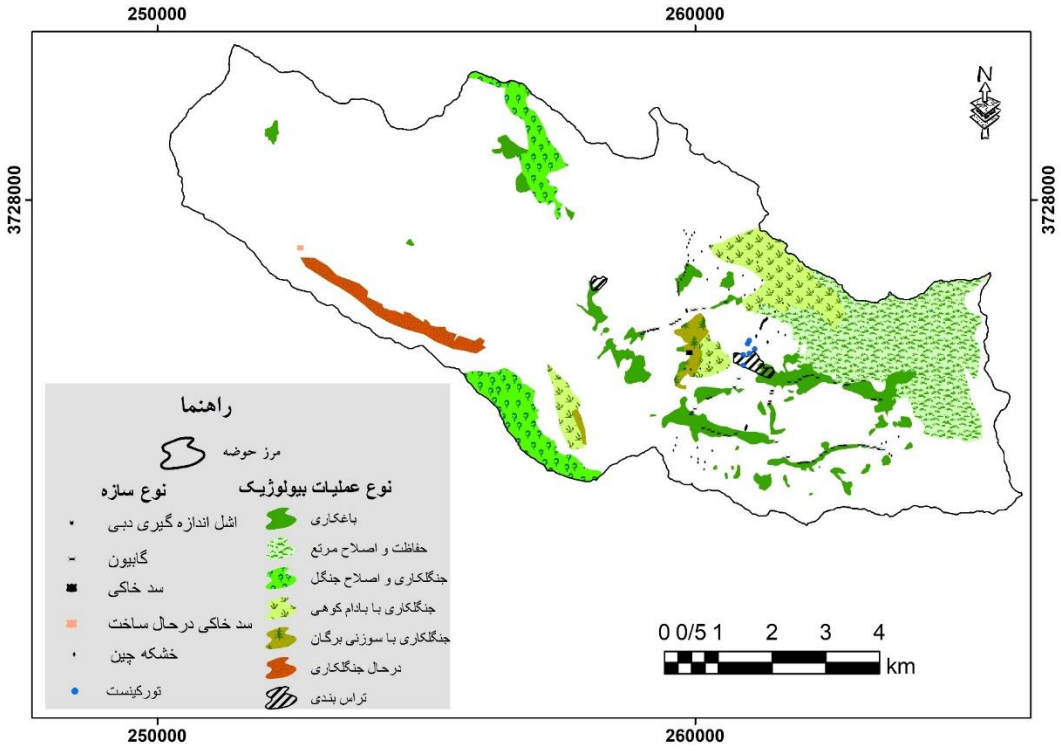
۳-۵- بررسی اقدامات اجرایی منابع طبیعی حوضه ریمله

در مرحله اول با مراجعه به اداره منابع طبیعی استان لرستان طرح‌های انجام‌شده در آبخیز ریمله شناسایی و مشخص شدند. در این مرحله مورد زیر انجام شد: ابتدا هدف از اجرای این پروژه‌ها مشخص می‌شود. معمولا پروژه‌های اجرا شده با دو هدف تقویت پوشش‌گیاهی، حفاظت خاک و تولید آب اجرا می‌شوند. سپس اطلاعاتی از قبیل نوع پروژه‌های آبخیزداری (مدیریتی، سازه‌ای و زیستی)، سال اجرا، حجم خاکبرداری و خاکریزی، تعداد سازه‌ها، مساحت عملیات زیستی، محل اجرا، نوع مصالح در عملیات سازه‌ای، حجم آبگیری و ... جمع‌آوری شد.

جدول ۱- پروژه‌های اجرا شده در آبخیز ریمله در دوره ۵ ساله (۷۵-۷۱)

ردیف	*عنوان پروژه*	*واحد*	*حجم عملیات*	*ردیف*	*عنوان پروژه*	*واحد*	*حجم عملیات*
۱	احداث آبشخور دام	دستگاه	۷	۱۲	احداث استخر آب	متر مکعب	۷۶
۲	کشت مستقیم با گونه‌های یونجه دیم- اسپرس	هکتار	۱۴۰۰	۱۳	خشکه‌چین در اراضی شیبدار	متر مکعب	۵۴۰۰۰
۳	کود پاشی	هکتار	۲۰۰	۱۴	احداث چکدم	متر مکعب	۱۸۷۰۰
۴	جنگل‌کاری با نهال	هکتار	۲۰۰	۱۵	احداث بندهای گابیونی	متر مکعب	۷۰۰۰
۵	عملیات سله‌شکنی در جنگل	هکتار	۱۰۰	۱۶	تراس‌بندی	هکتار	۳۰
۶	حفظ و نگهداری مناطق درخت‌کاری شده	هکتار	۱۰۰	۱۷	احداث سد خاکی	متر مکعب	۴۵۰۰۰

۷	قرق مراتع	هکتار	۳۰۰۰	۱۸	گردوکاری	هکتار	۱۴۰
۸	جنگل کاری و توسعه پوشش گیاهی با بذرکاری	هکتار	۲۰۰	۱۹	بادام‌کاری، قلمه مو، انجیر، توت فرنگی	هکتار	۱۹
۹	معرفی و تشویق مجریان و بهره‌برداران موفق	نفر	۹	۲۰	آموزش آبخیزداران	نفر / روز	۳۶۵۵
۱۰	برقراری دستگاه‌های قالی‌بافی	دستگاه	۱۳	۲۱	کاشت بادام تلخ	اصله	۳۰۰۰
۱۱	هدایت آب‌های سطحی	روستا	۳	۲۲	کاشت گردوی مشارکتی	اصدله	۱۰۹۴۴



شکل ۲- نقشه اقدامات آبخیزداری انجام‌شده حوزه آبخیز ریمله

۴- نتایج

نتایج این تحقیق از جنبه‌های زیستی، سازه‌ای، فرسایش و رسوب در بخش‌های مجزا آورده شده است.

۱-۴- تهیه نقشه کاربری فعلی (۱۴۰۰) و سال ۱۳۷۰ حوضه ریمله

نقشه کاربری فعلی حوضه ریمله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و گوگل ارث تهیه و به‌وسیله بازدید میدانی صحت سنجی شد (جدول ۲ و شکل ۳). همچنین کاربری اراضی سال ۱۳۷۰ (قبل از اجرای پروژه‌های حفاظتی منابع طبیعی) با استفاده از عکس‌های هوایی موجود تهیه و با نقشه کاربری اراضی فعلی مقایسه شد (جدول ۳ و شکل ۴). با بررسی کاربری اراضی تهیه شده در طی ۳۰ سال گذشته نتیجه گیری می‌شود که وضعیت عمومی حوضه آبخیز ریمله رو به بهبود بوده و هرچند که در طی این ۳۰ سال گذشته تغییر اقلیم نیز صورت گرفته است و میزان بارش رو به کاهش و دما نیز روبه افزایش گذاشته است، اما شرایط عمومی حوضه روبه بهبودی گذاشته است.

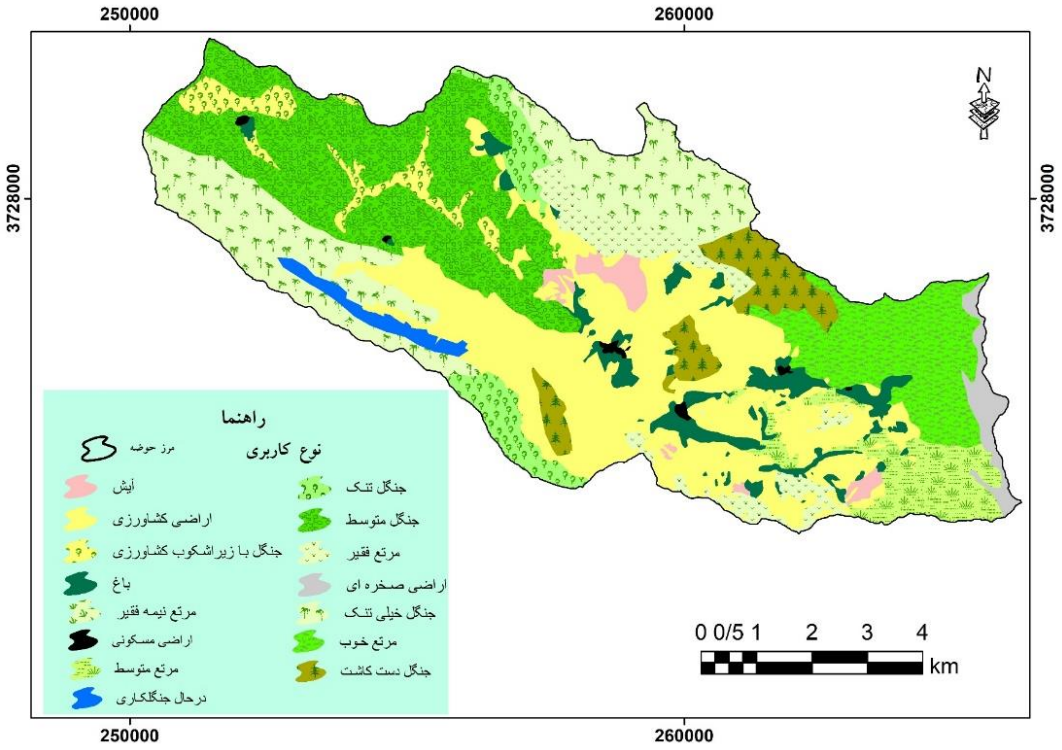
جدول ۲- توزیع فراوانی طبقات کاربری اراضی فعلی در حوضه ریمله

ردیف	نوع کاربری	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	اراضی کشاورزی	۱۸۷۸/۵	۲۵/۷
۲	جنگل با زیراشکوب کشاورزی دیم	۲۲۱/۶	۳
۳	باغ	۳۲۸/۱	۴/۵
۴	آیش	۱۱۵/۹	۱/۵۸
۵	جنگل با تراکم کم	۲۷۱/۵	۳/۷
۶	جنگل با تراکم متوسط	۱۵۱۵/۵	۲۰/۷
۷	مرتع با تراکم متوسط	۳۶۲/۴	۴/۹
۸	جنگل دست کاشت	۳۷۲/۲	۴/۵
۹	مرتع با تراکم کم	۳۳۵/۸	۴/۶
۱۰	مرتع با تراکم خوب	۶۴۶/۶	۸/۸
۱۱	جنگل در حال کاشت	۸۸/۱	۱/۲
۱۲	اراضی صخره‌ای	۱۱۴/۹	۱/۶
۱۳	اراضی مسکونی	۲۳	۰/۳
۱۴	جنگل با تراکم خیلی کم	۱۰۸۹/۵	۱۴/۹
	مجموع	۷۳۱۸/۸	۱۰۰

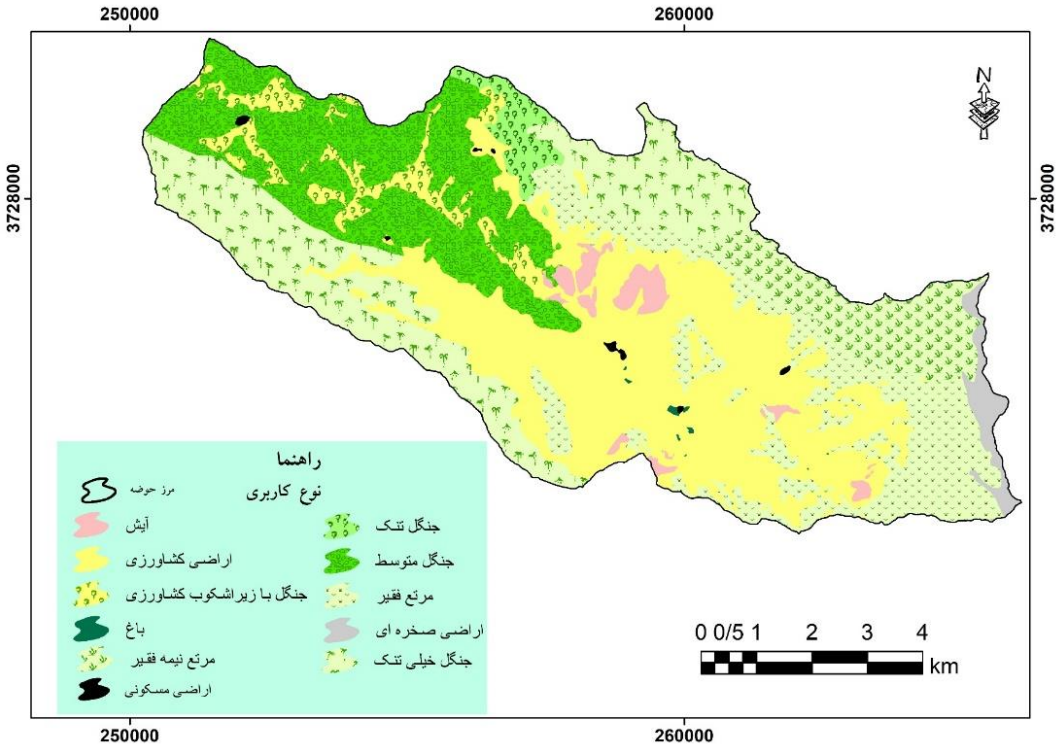
جدول ۳- توزیع فراوانی طبقات کاربری اراضی سال ۱۳۷۰ در حوضه ریمله

ردیف	نوع کاربری	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	اراضی کشاورزی	۲۳۳۱/۸	۳۱/۹
۲	جنگل با زیراشکوب کشاورزی دیم	۳۱۷/۹	۴/۳
۳	باغ	۵/۸	۰/۱
۴	آیش	۱۴۳/۷	۲
۵	جنگل با تراکم کم	۱۵۴/۸	۲/۱
۶	جنگل با تراکم متوسط	۱۳۰۸	۱۷/۹
۷	مرتع نیمه فقیر	۵۱۳/۹	۷
۹	مرتع با تراکم کم	۱۰۲۵	۱۴
۱۲	اراضی صخره‌ای	۱۱۴/۹	۱/۶
۱۳	اراضی مسکونی	۱۳/۸	۰/۲
۱۴	جنگل با تراکم خیلی کم	۱۳۸۸/۱	۱۹
	مجموع	۷۳۱۸/۸	۱۰۰

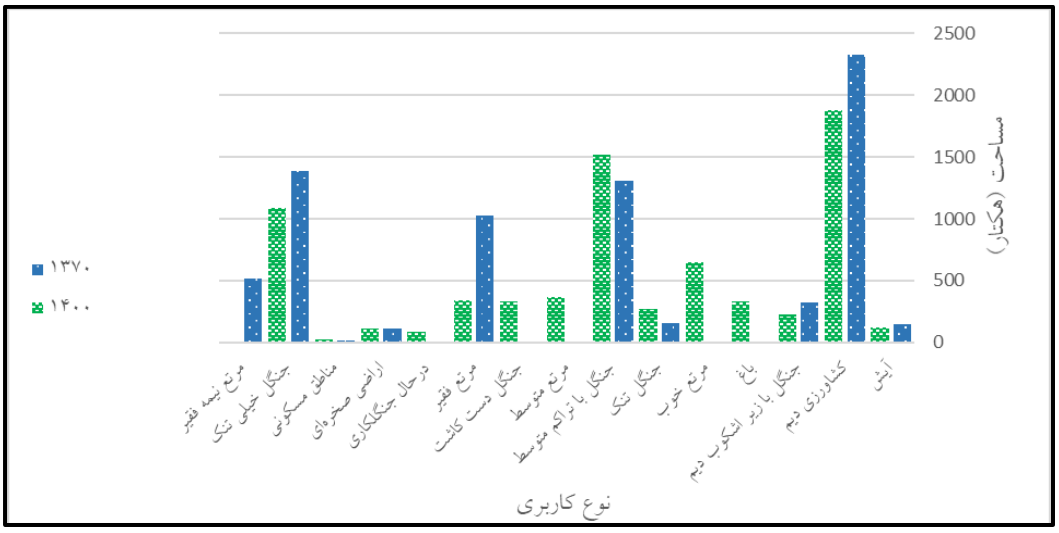
با توجه به جدول ۲، اراضی کشاورزی در شرایط فعلی حوزه آبخیز ریمله حدود ۲۶ درصد از مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین باغات نیز حدود ۴/۵ درصد از حوضه را پوشش داده‌اند، درحالی‌که در دهه ۱۳۷۰ و قبل از اجرای پروژه‌های حفاظتی منابع‌طبیعی ۳۲ درصد اراضی کشاورزی و فقط ۰/۱ درصد اراضی باغی وجود داشته است. همچنین مساحت جنگل‌های با تراکم متوسط در این حوضه از ۱۸ درصد به ۲۱ درصد افزایش پیدا کند. در شرایط فعلی مساحت جنگل‌های با تراکم خیلی کم ۱۴ درصد است، درحالی که در دهه ۱۳۷۰، ۱۹ درصد از سطح حوضه را به خود اختصاص داده بودند. در شرایط فعلی حدود ۱۴ درصد از مراتع وضعیت تراکم خوب و متوسط را دارند، درحالی که در سال ۱۳۷۰ وضعیت مراتع فقیر و نیمه فقیر بوده‌اند. این نتایج نشان می‌دهند که آبخیز ریمله پس از اجرای طرح‌های حفاظتی منابع‌طبیعی روند مثبتی را از نظر بهبود پوشش‌گیاهی داشته است.



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی تهیه شده در شرایط فعلی حوزه آبخیز ریمله



شکل ۴-نقشه کاربری اراضی تهیه شده در سال ۱۳۷۰ حوزه آبخیز ریمله



شکل ۵- نمودار مقایسه مساحت کاربری اراضی تهیه شده در سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی حوضه ریمله

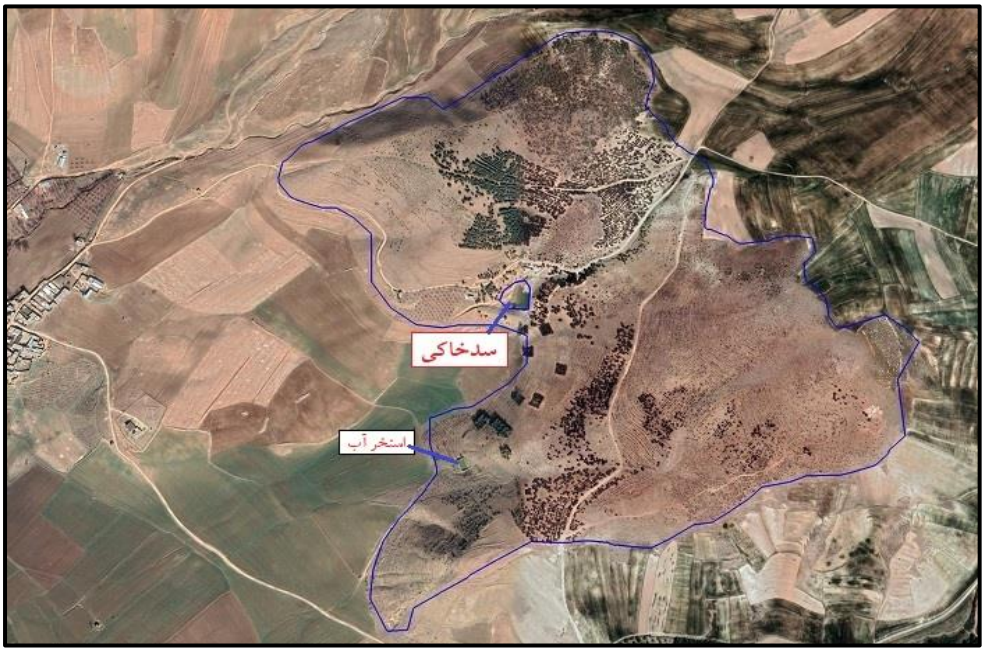
ابتدا نرمالیته داده‌ها با آزمون کلموگروف – اسمیرنوف انجام شد. پس از آشکارشدن نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون تفاوت آماری t زوجی به‌منظور بررسی معنی‌داری اختلاف بین مساحت کاربری‌ها در سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی استفاده شد و نتایج آزمون در جدول ۴ آورده شده است:

جدول ۴- نتایج بررسی آماری طبقات کاربری اراضی سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی با آزمون t زوجی در حوضه ریمله

نوع متغیر	*عدد t*	*درجه معنی داری*
مساحت کاربری (هکتار)	۹/۸۲	۰/۰۰
درصد مساحت	۷/۷	۰/۰۰

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که مساحت و درصد مساحت کاربری‌های موجود در حوزه آبخیز ریمله در طی ۲۵ سال بعد از اجرای پروژه‌های حفاظتی منابع‌طبیعی تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد داشته‌اند. این نشان از موثر بودن اقدامات در بهبود وضعیت پوشش گیاهی این حوضه است.

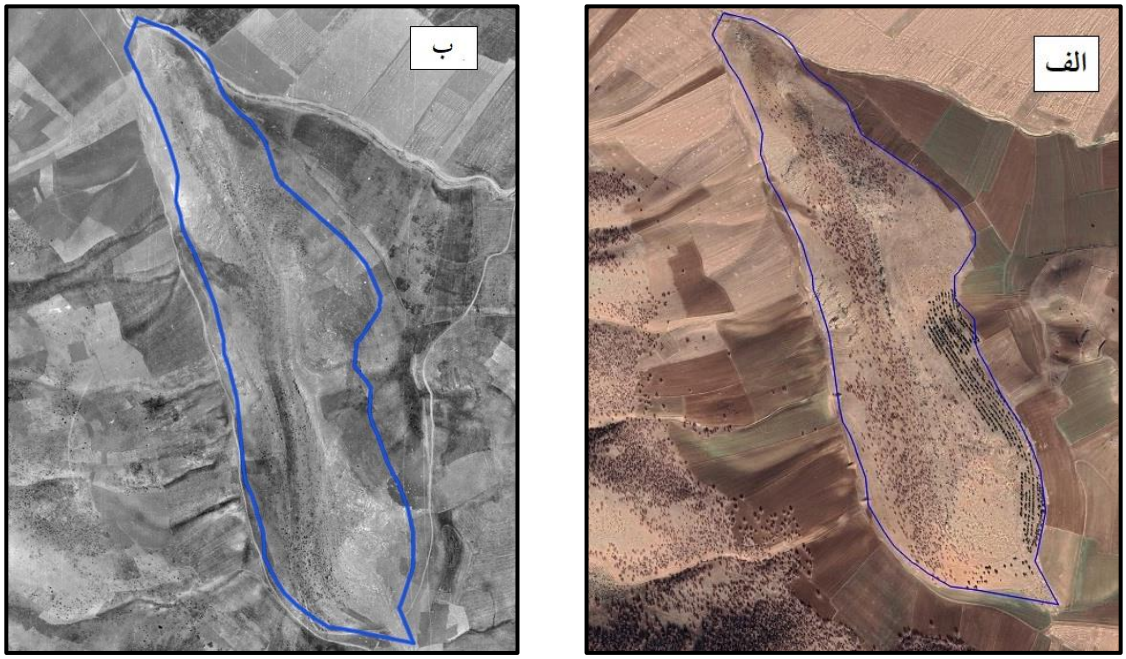
شکل ۶- نمایی از تپه شمالی روستای ریمله در سال ۱۳۷۰ و قبل از جنگل‌کاری



شکل ۷- نمایی از تپه شمالی جنگل‌کاری شده روستای ریمله در حال حاضر

همان‌گونه که از شکل ۶ و ۷ نتیجه می شود، در سال ۱۳۷۰ قبل از جنگل‌کاری این تپه کاربری مرتع فقیر و نیمه فقیر همراه با کشت دیم را داشته است در حالی که در حال حاضر تبدیل به

جنگل دست کاشت از گونه‌های سوزنی برگ و بادام کوهی شده است و همچنین در پایین دست این تپه سد خاکی احداث شده است. در پایین دست تپه، اقدام به ساخت استخر ذخیره آب برای ذخیره و استفاده از آب چشمه شده است و باغات گردوی احداثی در پایین دست این استخر را آبیاری می‌کند.



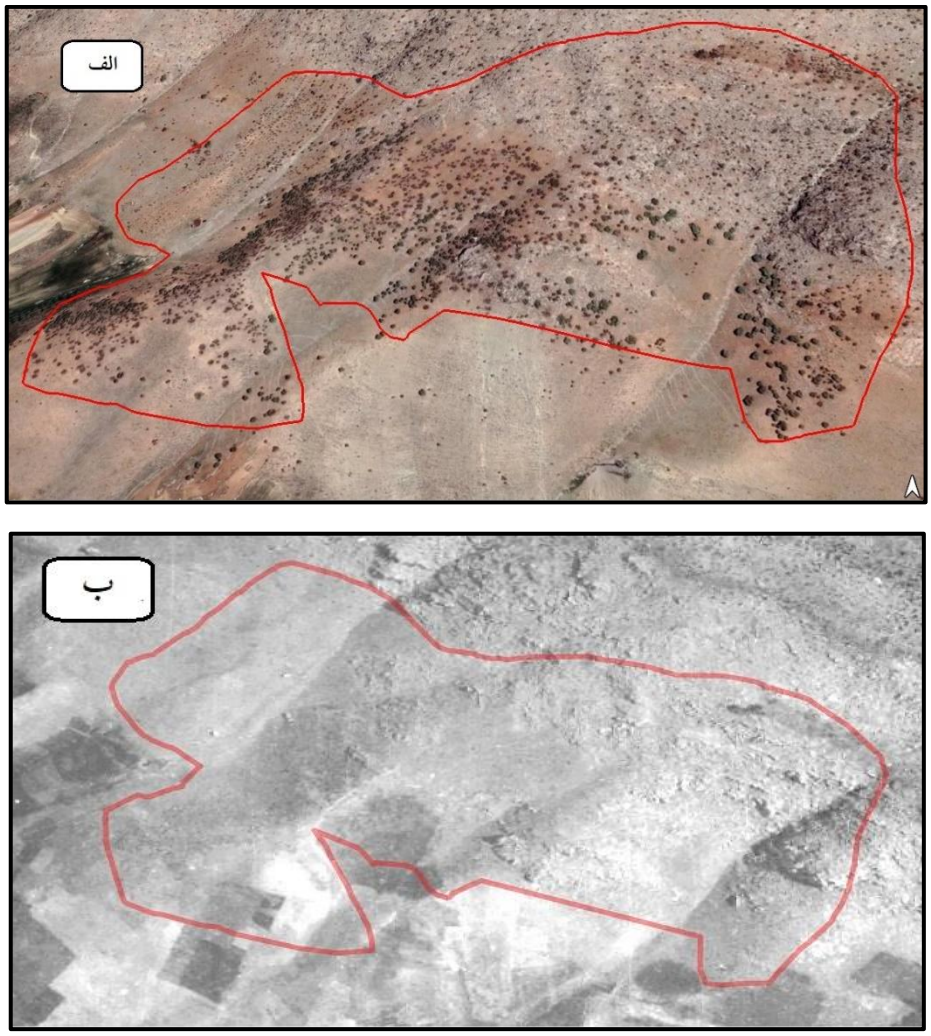
شکل ۸- نمایی از تپه جنگل‌کاری شده (الف) و قبل از جنگل‌کاری در سال ۱۳۷۰ (ب) در جنوبی حوضه ریمله

شکل ۸ نمایی از تپه جنگل‌کاری شده و حفاظت شده را در قسمت جنوبی حوضه ریمله نشان می‌دهد. اقدامات انجام شده سبب شده است که این تپه از کاربری جنگل تخریب شده به رویشگاه بلوط همراه با بادام کوهی و سرو زینتی تغییر یابد و این اثرات مثبت جزء با اقدامات مشارکتی و آموزش بهره‌برداران امکان پذیر نبوده است. در شکل ۹ نیز به خوبی مشخص است که تغییر کاربری از اراضی دیم به باغات میوه و به ویژه درخت گردو در طی ۲۵ سال اخیر اتفاق افتاده است، که این امر می‌تواند اثرات مثبت اقتصادی بر معیشت پایدار آبخیزنشینان داشته است. همچنین در موازات این اثرات، فرسایش و رسوب و سیل‌خیزی نیز کاهش یافته و منجر به حفاظت از آب و خاک شده است.

شکل ۹- نمایی از بعد از باغات احداث شده (الف) و قبل از احداث در سال ۱۳۷۰ (ب) در جهت شرقی حوضه ریمله

شکل ۱۰- نمایی از تراس‌بندی همراه با باغکاری و تورکینست‌های احداث شده در حوضه ریمله

در شکل ۱۰، به خوبی اثرات احداث تراس به همراه کشت درختان میوه و تورکینست احداث شده دیده می شود. علاوه بر این اقدامات خشکه‌چین و گابیون نیز احداث شده است. در شکل ۱۱ به خوبی مشخص است که درختکاری با گونه‌های بادام و انجیر کوهی چگونه باعث تقویت پوشش گیاهی از مرتع فقیر به جنگل‌دست کاشت شده است.



شکل ۱۱- نمایی از جنگل‌کاری ایجاد شده (الف) و قبل از احداث در سال ۱۳۷۰ (ب) در جهت شمال شرقی حوضه

۲-۴- بررسی رسوبات انباشتی پشت سازه‌های آبخیزداری

طبق بازدید میدانی انجام شده توسط محقق مشخص شد که سازه‌های آبخیزداری که در این حوضه اجرا شد، شامل خشکه‌چین، گابیون، تورکینست، بند خاکی و تراس‌بندی بوده است. کارایی این سازه‌ها در حد خوب بوده است و بیشترین آسیب به خشکه‌چین‌ها وارد شده است و بقیه سازه‌ها سالم بوده و به حالت تثبیت رسیده‌اند و برابر ظرفیت‌شان رسوب‌گیری کرده‌اند. در جداول زیر لیست سازه‌ها و وضعیتشان آورده شده است.

جدول ۵- جانمایی و میزان کارایی سازه‌های گابیون احداث شده در حوضه ریمله

ردیف	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع سازه	ارتفاع سازه	کارایی سازه
۱	۲۶۰۲۹۶	۳۷۲۴۳۳۵	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۲	۲۶۰۲۳۵	۳۷۲۴۳۱۰	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳	۲۶۰۷۳۱	۳۷۲۴۵۲۹	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴	۲۶۰۸۱۳	۳۷۲۴۶۸۱	گابیون	۱	نیاز به بازسازی
۵	۲۶۱۹۴۸	۳۷۲۴۶۶۴	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۶	۲۶۲۰۳۵	۳۷۲۴۷۲۰	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۷	۲۶۲۰۹۳	۳۷۲۴۷۳۸	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۸	۲۶۲۱۷۸	۳۷۲۴۷۴۶	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۹	۲۶۲۲۸۲	۳۷۲۴۶۹۹	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۱۰	۲۶۲۷۹۶	۳۷۲۴۵۶۶	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۱۱	۲۶۲۸۵۲	۳۷۲۴۵۷۱	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۱۲	۲۶۲۹۳۴	۳۷۲۴۶۳۵	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۱۳	۲۶۳۱۳۴	۳۷۲۴۶۴۹	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۱۴	۲۶۳۳۰۲	۳۷۲۴۲۹۷	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۱۵	۲۶۳۳۴۵	۳۷۲۴۲۹۱	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۱۶	۲۶۳۴۵۱	۳۷۲۴۲۹۲	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۱۷	۲۶۰۵۶۳	۳۷۲۳۶۲۸	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۱۸	۲۶۰۶۳۲	۳۷۲۳۶۱۴	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۱۹	۲۶۲۶۰۲	۳۷۲۴۶۰۱	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۲۰	۲۶۰۷۵۶	۳۷۲۳۶۵۹	گابیون	۱	نیاز به بازسازی
۲۱	۲۵۹۹۹۸	۳۷۲۴۱۲۰	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۲۲	۲۵۹۹۹۴	۳۷۲۴۰۶۰	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۲۳	۲۵۹۹۲۵	۳۷۲۴۰۱۸	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۲۴	۲۵۹۰۵۷	۳۷۲۵۵۵۴	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۲۵	۲۵۹۰۰۹	۳۷۲۵۵۱۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۲۶	۲۵۹۱۸۹	۳۷۲۵۵۸۷	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۲۷	۲۵۹۲۲۵	۳۷۲۵۵۸۸	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۲۸	۲۵۹۲۶۲	۳۷۲۵۶۰۷	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۲۹	۲۵۹۳۰۰	۳۷۲۵۶۰۷	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۰	۲۵۹۵۵۴	۳۷۲۵۶۹۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۱	۲۵۹۶۰۹	۳۷۲۵۷۱۴	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۲	۲۵۹۶۵۵	۳۷۲۵۷۴۹	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۳	۲۵۹۷۱۱	۳۷۲۵۷۸۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۴	۲۵۹۹۵۲	۳۷۲۵۹۵۵	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۵	۲۶۰۰۱۰	۳۷۲۵۹۶۷	گابیون	۱	سالم و تثیب شده

ردیف	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع سازه	ارتفاع سازه	کارایی سازه
۳۶	۲۶۰۵۶۷	۳۷۲۶۱۰۸	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۷	۲۶۰۱۶۲	۳۷۲۵۹۸۶	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۸	۲۶۰۴۴۴	۳۷۲۳۶۶۷	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۳۹	۲۶۰۳۲۸	۳۷۲۳۶۹۹	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴۰	۲۶۰۲۵۷	۳۷۲۳۷۳۴	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴۱	۲۶۰۱۵۴	۳۷۲۳۷۶۲	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴۲	۲۶۱۵۱۰	۳۷۲۳۵۰۲	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴۳	۲۶۱۷۲۸	۳۷۲۳۲۲۶	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴۴	۲۶۱۹۳۸	۳۷۲۳۱۱۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴۵	۲۶۱۹۸۷	۳۷۲۳۱۲۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴۶	۲۶۲۰۴۹	۳۷۲۳۱۲۸	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۴۷	۲۶۲۱۰۵	۳۷۲۳۱۳۰	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۴۸	۲۶۲۱۹۸	۳۷۲۳۱۵۱	گابیون	۲	نیاز به بازسازی
۴۹	۲۶۲۳۴۰	۳۷۲۳۲۶۱	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۵۰	۲۶۰۸۱۳	۳۷۲۳۴۳۹	گابیون	۱	نیاز به بازسازی
۵۱	۲۶۲۷۳۵	۳۷۲۳۴۳۸	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۵۲	۲۶۲۷۹۴	۳۷۲۳۴۴۶	گابیون	۱	نیاز به بازسازی
۵۳	۲۶۲۵۵۴	۳۷۲۳۳۹۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۵۴	۲۶۲۴۲۳	۳۷۲۳۳۲۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۵۵	۲۶۳۰۶۳	۳۷۲۳۴۵۵	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۵۶	۲۶۳۱۳۵	۳۷۲۳۴۴۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۵۷	۲۶۳۲۱۳	۳۷۲۳۴۳۱	گابیون	۱	نیاز به بازسازی
۵۸	۲۶۳۲۸۱	۳۷۲۳۴۰۰	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۵۹	۲۶۳۳۳۹	۳۷۲۳۴۱۱	گابیون	۱	نیاز به بازسازی
۶۰	۲۶۳۴۰۴	۳۷۲۳۳۸۷	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۶۱	۲۶۳۴۳۱	۳۷۲۳۳۶۳	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۶۲	۲۶۳۴۴۹	۳۷۲۳۳۶۳	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۶۳	۲۶۱۳۷۹	۳۷۲۴۲۱۶	گابیون	۲	سالم و تثیب شده
۶۴	۲۶۱۳۹۴	۳۷۲۴۲۶۳	گابیون	۲	نیاز به بازسازی
۶۵	۲۶۱۴۲۳	۳۷۲۴۴۰۷	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۶۶	۲۶۱۴۳۶	۳۷۲۴۴۵۸	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۶۷	۲۶۱۷۵۱	۳۷۲۴۶۲۰	گابیون	۱	سالم و تثیب شده
۶۸	۲۶۱۸۷۷	۳۷۲۴۶۱۸	گابیون	۱	سالم و تثیب شده

با توجه به جدول ۵، از ۶۸ سازه گابیون ۶۰ سازه تا حدودی سالم و تثبیت شده هستند و ۸ سازه نیاز به تعمیر و باز سازی دارند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که حدود ۸۸ در صد از سازه‌های گابیون اجراشده در حوزه آبخیز ریمله بعد از گذشت ۳۰ سال سالم و تثبیت شده هستند و این نشان می‌دهد که کارایی این سازه در حوضه ریمله خوب بوده است. همچنین اگر سطح پشت هر گابیون را به طور متوسط ۵×۵ یعنی ۲۵ متر مربع (با توجه به بازدید میدانی و ارزیابی و اندازه گیری چندین نمونه تصادفی از این سازه‌ها) درنظر گرفته شود، ۴۳ سازه از ۶۰ سازه سالم و تثبیت شده، یک متری هستند، یعنی به طور متوسط ۱۰۷۵ متر مکعب رسوب را تثبیت کرده اند و ۱۷ سازه ۲ متری سالم و تثبیت شده وجود دارد که ۸۵۰ متر مکعب هم این سازه‌ها رسوب تثبیت کرده‌اند در مجموع با نادیده گرفتن ۸ سازه نیاز به بازسازی که خود این سازه‌ها هم مقداری رسوب تثبیت کرده‌اند، ولی در این تحقیق نادیده گرفته شده‌اند، ۱۹۲۵ متر مکعب در این ۳۰ سال توسط گابیون‌های اجرا شده رسوبگذاری صورت گرفته است.

جدول ۶- جانمایی و میزان کارایی سازه‌های سد خاکی، تورکینست و خشکه‌چین احداث شده در حوضه ریمله

ردیف	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع سازه	ارتفاع سازه	کارایی سازه
۱	۲۵۲۶۶۱	۳۷۲۷۱۱۲	سد خاکی درحال ساخت	۱۰	در حال ساخت
۲	۲۵۹۸۹۷	۳۷۲۵۱۶۴	سد خاکی	۸	سالم و تثبیت شده
۳	۲۶۰۹۰۴	۳۷۲۴۹۲۹	تورکینست	۵	سالم و تثبیت شده
۴	۲۶۱۰۱۲	۳۷۲۵۱۵۰	تورکینست	۵	سالم و تثبیت شده
۵	۲۶۰۸۹۸	۳۷۲۵۱۲۶	تورکینست	۵	سالم و تثبیت شده
۶	۲۶۱۱۰۹	۳۷۲۵۲۳۰	تورکینست	۵	سالم و تثبیت شده
۷	۲۶۰۹۸۰	۳۷۲۵۳۲۷	تورکینست	۵	سالم و تثبیت شده
۸	۲۶۱۰۱۰	۳۷۲۵۳۹۰	تورکینست	۵	سالم و تثبیت شده
۹	۲۶۱۲۲۰	۳۷۲۵۶۱۸	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۱۰	۲۶۱۲۳۸	۳۷۲۵۶۷۰	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۱۱	۲۶۱۲۵۵	۳۷۲۵۷۱۰	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۱۲	۲۶۱۲۸۲	۳۷۲۵۷۵۵	خشکه چین	۱	تخریب شده
۱۳	۲۶۱۳۴۰	۳۷۲۵۸۰۱	خشکه چین	۱	تخریب شده
۱۴	۲۶۱۳۱۰	۳۷۲۵۷۷۱	خشکه چین	۱	تخریب شده
۱۵	۲۶۱۱۴۱	۳۷۲۵۴۷۵	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۱۶	۲۶۱۳۵۴	۳۷۲۵۳۶۲	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۱۷	۲۶۰۹۴۲	۳۷۲۳۷۴۳	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده

ردیف	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع سازه	ارتفاع سازه	کارایی سازه
۱۸	۲۶۰۹۵۰	۳۷۲۳۷۵۷	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۱۹	۲۶۰۹۵۳	۳۷۲۳۷۸۲	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۰	۲۶۰۹۶۳	۳۷۲۳۸۰۳	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۱	۲۵۹۶۶۹	۳۷۲۶۲۳۸	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۲	۲۵۹۶۸۲	۳۷۲۶۳۰۱	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۳	۲۵۹۶۸۴	۳۷۲۶۳۵۳	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۴	۲۵۹۶۸۶	۳۷۲۶۴۰۶	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۵	۲۵۹۸۷۵	۳۷۲۶۸۶۴	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۶	۲۵۹۸۷۵	۳۷۲۶۹۷۵	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۷	۲۵۹۸۴۸	۳۷۲۷۱۲۴	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۸	۲۵۹۶۸۷	۳۷۲۶۴۶۵	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۲۹	۲۵۹۷۴۰	۳۷۲۶۵۲۵	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۳۰	۲۵۹۷۸۹	۳۷۲۶۵۹۵	خشکه چین	۱	تخریب شده
۳۱	۲۵۹۸۰۹	۳۷۲۶۶۵۸	خشکه چین	۱	تخریب شده
۳۲	۲۵۹۸۲۷	۳۷۲۶۷۲۲	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۳۳	۲۵۹۸۴۲	۳۷۲۶۷۹۳	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۳۴	۲۵۹۸۶۵	۳۷۲۶۷۸۲	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۳۵	۲۵۹۹۶۹	۳۷۲۶۸۷۸	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۳۶	۲۵۹۸۸۲	۳۷۲۷۱۹۹	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۳۷	۲۵۹۹۰۲	۳۷۲۷۲۶۷	خشکه چین	۱	تخریب شده
۳۸	۲۵۹۹۴۱	۳۷۲۷۳۴۴	خشکه چین	۱	تخریب شده
۳۹	۲۵۹۸۳۵	۳۷۲۷۳۶۹	خشکه چین	۱	تخریب شده
۴۰	۲۵۹۷۹۳	۳۷۲۷۴۳۳	خشکه چین	۱	تخریب شده
۴۱	۲۵۹۹۸۷	۳۷۲۷۳۹۴	خشکه چین	۱	تخریب شده
۴۲	۲۶۰۱۲۴	۳۷۲۷۰۴۲	خشکه چین	۱	تخریب شده
۴۳	۲۶۰۲۷۷	۳۷۲۷۱۴۳	خشکه چین	۱	تخریب شده
۴۴	۲۶۰۴۷۷	۳۷۲۷۳۱۰	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۴۵	۲۶۰۴۲۳	۳۷۲۶۷۳۳	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۴۶	۲۶۰۶۰۴	۳۷۲۶۹۲۸	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۴۷	۲۶۰۲۲۷	۳۷۲۶۵۲۳	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۴۸	۲۶۰۶۲۹	۳۷۲۶۳۳۸	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۴۹	۲۶۰۸۸۸	۳۷۲۶۵۹۶	خشکه چین	۱	تخریب شده
۵۰	۲۶۱۶۷۶	۳۷۲۵۴۹۰	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۵۱	۲۶۱۵۵۱	۳۷۲۵۵۴۳	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۵۲	۲۶۱۴۹۵	۳۷۲۵۹۲۴	خشکه چین	۱	تخریب شده
۵۳	۲۶۱۶۳۵	۳۷۲۶۰۸۴	خشکه چین	۱	تخریب شده
۵۴	۲۶۱۲۰۷	۳۷۲۶۰۳۵	خشکه چین	۱	تخریب شده

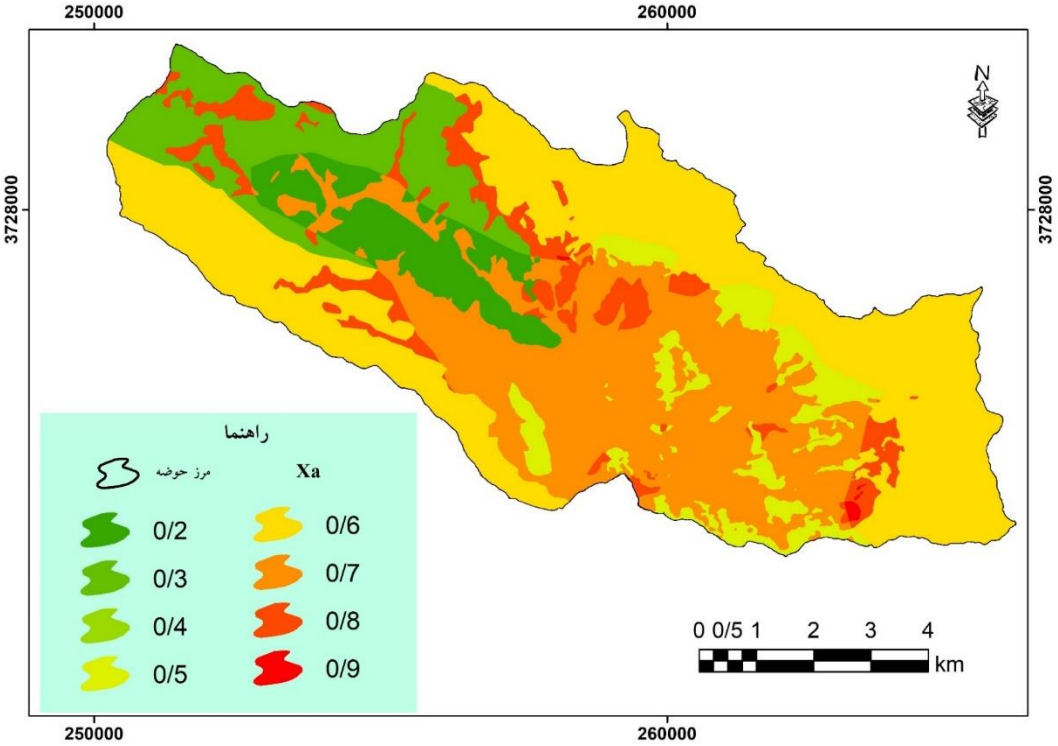
ردیف	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع سازه	ارتفاع سازه	کارایی سازه
۵۵	۲۶۱۲۵۳	۳۷۲۶۵۰۷	خشکه چین	۱	تخریب شده
۵۶	۲۶۱۱۱۱	۳۷۲۶۳۳۱	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۵۷	۲۶۰۹۲۵	۳۷۲۶۲۳۳	خشکه چین	۱	تخریب شده
۵۸	۲۶۱۱۵۶	۳۷۲۶۸۴۳	خشکه چین	۱	تخریب شده
۵۹	۲۵۹۹۲۲	۳۷۲۴۸۴۹	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۰	۲۶۰۰۹۹	۳۷۲۴۸۶۶	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۱	۲۶۰۲۷۱	۳۷۲۴۹۸۱	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۲	۲۵۹۵۹۷	۳۷۲۳۳۴۷	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۳	۲۵۹۶۳۵	۳۷۲۳۴۴۱	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۴	۲۵۹۶۶۰	۳۷۲۳۵۷۹	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۵	۲۵۹۹۳۰	۳۷۲۳۲۲۳	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۶	۲۶۰۰۴۵	۳۷۲۳۳۹۹	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۷	۲۶۰۰۵۷	۳۷۲۳۱۹۰	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۸	۲۶۰۰۵۳	۳۷۲۳۱۲۱	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۶۹	۲۶۰۱۶۸	۳۷۲۲۹۹۲	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۷۰	۲۶۰۱۸۴	۳۷۲۳۱۲۸	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۷۱	۲۶۰۳۱۸	۳۷۲۳۳۳۷	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۷۲	۲۶۳۶۱۱	۳۷۲۳۲۸۲	خشکه چین	۱	تخریب شده
۷۳	۲۶۳۶۵۶	۳۷۲۳۲۴۷	خشکه چین	۱	تخریب شده
۷۴	۲۶۳۴۷۲	۳۷۲۳۴۷۱	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۷۵	۲۶۳۵۵۳	۳۷۲۳۵۰۰	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده
۷۶	۲۶۳۷۸۶	۳۷۲۳۶۰۴	خشکه چین	۱	سالم و تثبیت شده

طبق ارزیابی که در مطالعات جانمایی این سازه انجام شده است، ذکر شده که ۶۰۰۰۰ متر مکعب ظرفیت دارد که با توجه به بازدید میدانی و اندازه گیری صورت گرفته توسط محقق مشخص شده که حدود ۱۰ در صد این سازه از رسوب پر شده است. یعنی حدود ۶۰۰۰ متر مکعب رسوبگذاری صورت گرفته است و همچنین طی بازدید میدانی صورت گرفته هر تورکینه‌ست به طور متوسط ۵۰۰ متر مکعب رسوب گرفته است، یعنی حدود ۳۰۰۰ متر مکعب رسوبگذاری در این سازه‌ها صورت گرفته است. ۴۷ عدد از سازه‌های خشکه چین جانمایی شده (یعنی ۶۹ درصد) سالم و تثبیت شده هستند، اگر به طور متوسط این سازه‌ها ۲ متر مکعب (با توجه به بازدید میدانی و ارزیابی و اندازه گیری چندین نمونه تصادفی از این سازه‌ها) رسوب گرفته باشند، حدود ۹۴ متر مکعب رسوبگذاری توسط این سازه‌ها صورت گرفته است.

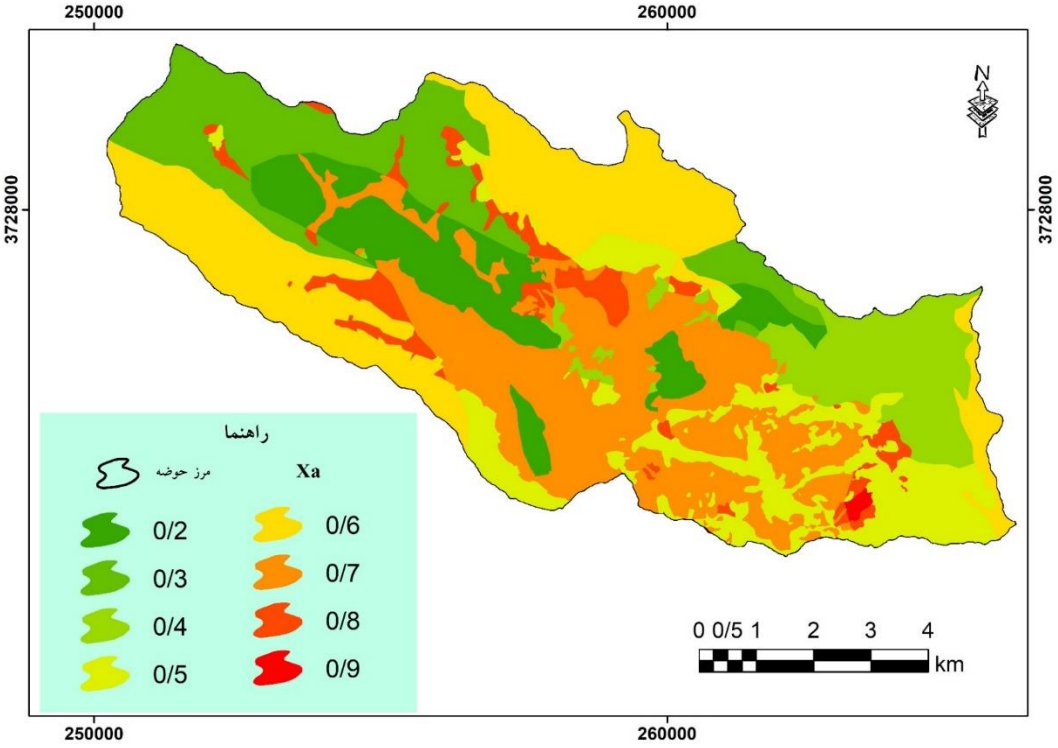
نتیجه‌گیری می‌شـــود که حدود ۱۱۰۱۹ متر مکعب در طی این ۳۰ ســـال ســـازه‌های مختلف آبخیزداری اجرا شـده در حوضـه ریمله رسـوب گرفته‌اند. باید به این نکته اشـاره کرد که در این تحقیق مساحت پشت سازه‌ها در پایین‌ترین حد ممکن را در نظر گرفته شده است. همچنین باید اشاره کرد که خشکه‌چینی‌هایی بر روی خطوط تراز در سراسر این حوضه صورت گرفته که میزان رسوب دریافتی از این سازه‌ها محاسبه نشده است.

۳-۴- نتایج بررسی تغییرات فرسایش و رسوب قبل و بعد از اجرای پروژه‌ها

مقدار فرسایش و رسوب سالیانه با استفاده از روش EPM برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۸ با دو فرض انجام عملیات حفاظتی و بدون انجام عملیات حفاظتی برآورد شـد و در جدول ۷ آورده شـده‌اند. ضـریب Xa برای دو کاربری تهیه شـده فعلی و در سـال ۱۳۷۰ به‌ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۵۸ محاسبه شد (شکل ۱۲ و ۱۳).



شکل ۱۲- نقشه شاخص Xa برای مدل EPM تهیه شده برای کاربری سال ۱۳۷۰ حوضه ریمله



شکل ۱۳- نقشه شاخص Xa برای مدل EPM تهیه شده برای کاربری فعلی حوضه ریمله

جدول ۷- میزان فرسایش سالیانه محاسبه شده با دو فرض کاربری ۱۳۷۰ و فعلی برای حوضه ریمله

ردیف	سال	فرسایش کل سالیانه برای *کاربری ۱۳۷۰* (متر مکعب)	فرسایش کل سالیانه برای *کاربری فعلی* (متر مکعب)	رسوب کل سالیانه برای *کاربری ۱۳۷۰* (تن)	رسوب کل سالیانه برای *کاربری فعلی* (تن)	تفاوت فرسایش کل سالیانه دو کاربری (تن)	تفاوت رسوب کل سالیانه دو کاربری (تن)
۱	۱۳۷۵	۱۰۰۷۸۹/۵۷	۹۴۰۸۹/۹۳	۸۴۷۵۹/۱۵	۷۹۱۲۵/۰۸	۶۶۹۹/۶۴	۵۶۳۴/۰۷
۲	۱۳۷۶	۱۲۹۱۴۱/۲۸	۱۲۰۵۵۷/۰۶	۱۰۸۶۰۱/۶	۱۰۱۳۸۲/۶۵	۸۵۸۴/۲۲	۷۲۱۸/۹۲
۳	۱۳۷۷	۸۴۴۵۷/۵۵	۷۸۸۴۳/۵۳	۷۱۰۲۴/۷۱	۶۶۳۰۳/۵۹	۵۶۱۴/۰۲	۴۷۲۱/۱۲
۴	۱۳۷۸	۴۸۳۹۱/۰۲	۴۵۱۷۴/۳۹	۴۰۶۹۴/۵۱	۳۷۹۸۹/۴۸	۳۲۱۶/۶۳	۲۷۰۵/۰۳
۵	۱۳۷۹	۸۷۵۹۹/۱۴	۸۱۷۷۶/۲۹	۷۳۶۶۶/۶۴	۶۸۷۶۹/۹	۵۸۲۲/۸۵	۴۸۹۶/۷۴
۶	۱۳۸۰	۹۶۰۲۵/۴۵	۸۹۶۴۲/۴۹	۸۰۷۵۲/۷۶	۷۵۳۸۵	۶۳۸۲/۹۶	۵۳۶۷/۷۶
۷	۱۳۸۱	۸۶۷۱۱/۵۲	۸۰۹۴۷/۶۴	۷۲۹۲۰/۲	۶۸۰۷۳/۰۸	۵۷۶۳/۸۵	۴۸۴۷/۱۲
۸	۱۳۸۲	۱۰۰۱۵۲/۰۷	۹۳۴۹۴/۸	۸۴۲۲۳/۰۴	۷۸۶۲۴/۶۱	۶۶۵۷/۲۶	۵۵۹۸/۴۴
۹	۱۳۸۳	۱۳۲۱۰۶/۳۶	۱۲۳۳۲۵/۰۵	۱۱۱۰۹۵/۱	۱۰۳۷۱۰/۴	۸۷۸۱/۳۲	۷۳۸۴/۶۶
۱۰	۱۳۸۴	۹۵۶۱۲/۷۲	۸۹۲۵۷/۱۹	۸۰۴۰۵/۶۷	۷۵۰۶۰/۹۸	۶۳۵۵/۵۳	۵۳۴۴/۶۹
۱۱	۱۳۸۵	۱۱۰۸۷۴/۵۲	۱۰۳۵۰۴/۵۱	۹۳۲۴۰/۱	۸۷۰۴۲/۲۹	۷۳۷۰	۶۱۹۷/۸۱
۱۲	۱۳۸۶	۱۰۱۷۶۷/۲	۹۵۰۰۲/۵۷	۸۵۵۸۱/۲۹	۷۹۸۹۲/۵۷	۶۷۶۴/۶۲	۵۶۸۸/۷۲

۱۳	۱۳۸۷	۶۹۷۷۶/۴۳	۶۵۱۳۸/۲۸	۵۸۶۷۸/۶	۵۴۷۷۸/۱۵	۴۶۳۸/۱۵	۳۹۰۰/۴۶
۱۴	۱۳۸۸	۱۰۳۳۱۰/۴۴	۹۴۴۴۳/۲۴	۸۶۸۷۹/۰۹	۸۱۱۰۴/۱	۶۸۶۷/۲۱	۵۷۷۴/۹۹
۱۵	۱۳۸۹	۹۱۷۱۶/۹	۸۵۶۲۰/۳۳	۷۷۱۲۹/۴۸	۷۲۰۰۲/۵۶	۶۰۹۶/۵۶	۵۱۲۶/۹۲
۱۶	۱۳۹۰	۶۰۸۱۵/۹۱	۵۶۷۷۳/۳۸	۵۱۱۴۳/۲۳	۴۷۷۴۳/۶۶	۴۰۴۲/۵۳	۳۳۹۹/۵۷
۱۷	۱۳۹۱	۸۴۶۹۶/۴۶	۷۹۰۶۶/۵۵	۷۱۲۲۵/۶۳	۶۶۴۹۱/۱۵	۵۶۲۹/۹۱	۴۷۳۴/۴۸
۱۸	۱۳۹۲	۹۳۸۴۵/۸۸	۸۷۶۰۷/۸	۷۸۹۱۹/۸۵	۷۳۶۷۳/۹۲	۶۲۳۸/۰۸	۵۲۴۵/۹۲
۱۹	۱۳۹۳	۸۰۴۱۰/۶۲	۷۵۰۶۵/۶	۶۷۶۲۱/۴۴	۶۳۱۲۶/۵۴	۵۳۴۵/۰۲	۴۴۹۴/۹
۲۰	۱۳۹۴	۱۲۵۴۴۰/۲۴	۱۱۷۱۰۲/۰۳	۱۰۵۴۸۹/۲	۹۸۴۷۷/۱۴	۸۳۳۸/۲۱	۷۰۱۲/۰۳
۲۱	۱۳۹۵	۱۲۲۵۶۸/۴	۱۱۴۴۲۱/۰۸	۱۰۳۰۷۴/۱	۹۶۲۲۲/۶	۸۱۴۷/۳۱	۶۸۵۱/۵
۲۲	۱۳۹۶	۷۵۵۰۳/۴۸	۷۰۴۸۴/۶۴	۶۳۴۹۴/۷۷	۵۹۲۷۴/۱۸	۵۰۱۸/۸۳	۴۲۲۰/۶
۲۳	۱۳۹۷	۱۹۸۸۵۶/۲	۱۸۵۶۳۷/۹۲	۱۶۷۲۲۸/۴	۱۵۶۱۱۲/۵۱	۱۳۲۱۸/۲۸	۱۱۱۱۵/۹۳
۲۴	۱۳۹۸	۱۷۲۰۰۸/۷۷	۱۶۰۵۷۵/۰۸	۱۴۴۶۵۱/۱	۱۳۵۰۳۵/۸۷	۱۱۴۳۳/۶۹	۹۶۱۵/۱۸
متوسط پارامترها		**۱۰۲۱۹۰/۸**	**۹۵۳۹۸**	**۸۵۹۳۷/۵**	**۸۰۲۲۵/۰۸**	**۶۶۹۹/۶۴**	**۵۷۱۲/۴**

نتایج ارزیابی فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز ریمله نشان می‌دهد که میزان فرسایش کل سالیانه در شرایط کنونی نسبت به قبل از اجرای طرح‌های حفاظتی منابع طبیعی به طور متوسط حدود ۶۷۹۳ متر مکعب کمتر شده است. همچنین مقدار تفاوت رسوب خروجی کل بین قبل از اجرای طرح‌ها و شرایط کنونی به طور متوسط حدود ۵۷۱۲ تن است. یعنی در شرایط کنونی به طور متوسط حدود ۵۷۱۲ تن کاهش مقدار رسوب خروجی نسبت به قبل از اجرای طرح‌های حفاظتی منابع طبیعی وجود دارد. این درحالی است که بخشی از رسوبات خروجی نیز در پشت سازه‌های آبخیزداری اجرایی تثبیت شده‌اند.

ابتدا نرمالیته داده‌ها با آزمون کلموگروف – اسمیرنوف انجام شد. پس از آشکارشدن نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون تفاوت آماری t زوجی به‌منظور بررسی معنی‌داری اختلاف بین فرسایش و رسوب رخ داده با فرض ادامه کاربری سال ۱۳۷۰ و با به کاربری فعلی (انجام اقدامات حفاظتی منابع طبیعی) استفاده شد. نتایج آزمون در جدول ۸ آورده شده است:

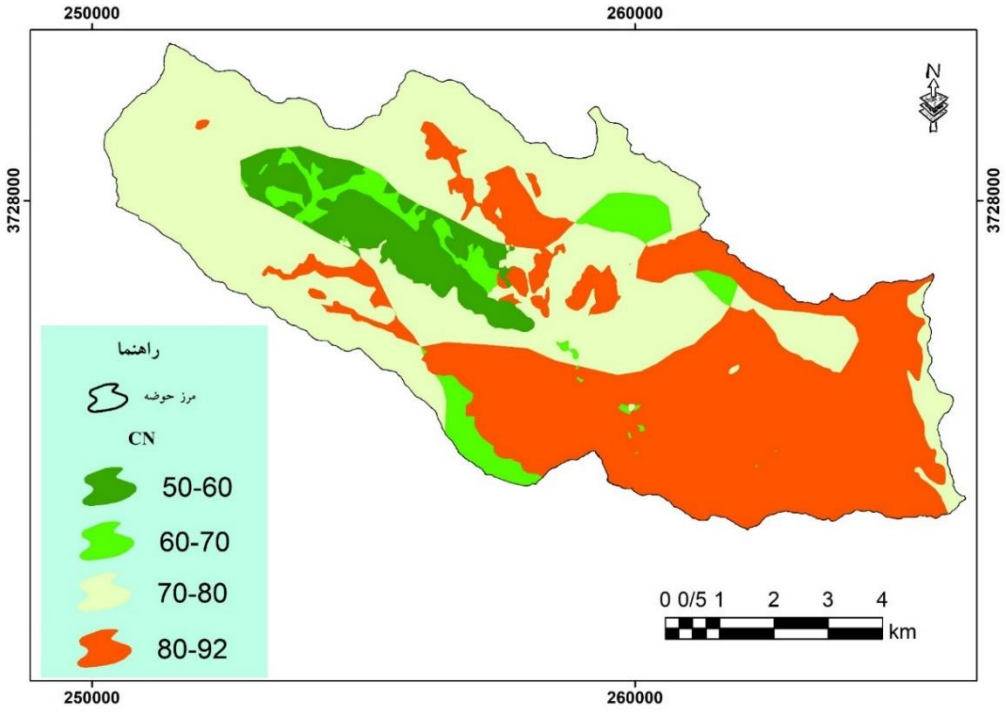
جدول ۸- نتایج بررسی اختلاف فرسایش و رسوب رخ‌داده با فرض کاربری سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی با استفاده از آزمون t زوجی در حوضه ریمله

نوع متغیر	*عدد t*	*درجه معنی داری*
فرسایش کل سالیانه (متر مکعب)	-۴۱۷/۰۶	۰/۰۰
رسوب کل سالیانه (تن)	-۴۱۷/۰۳	۰/۰۰

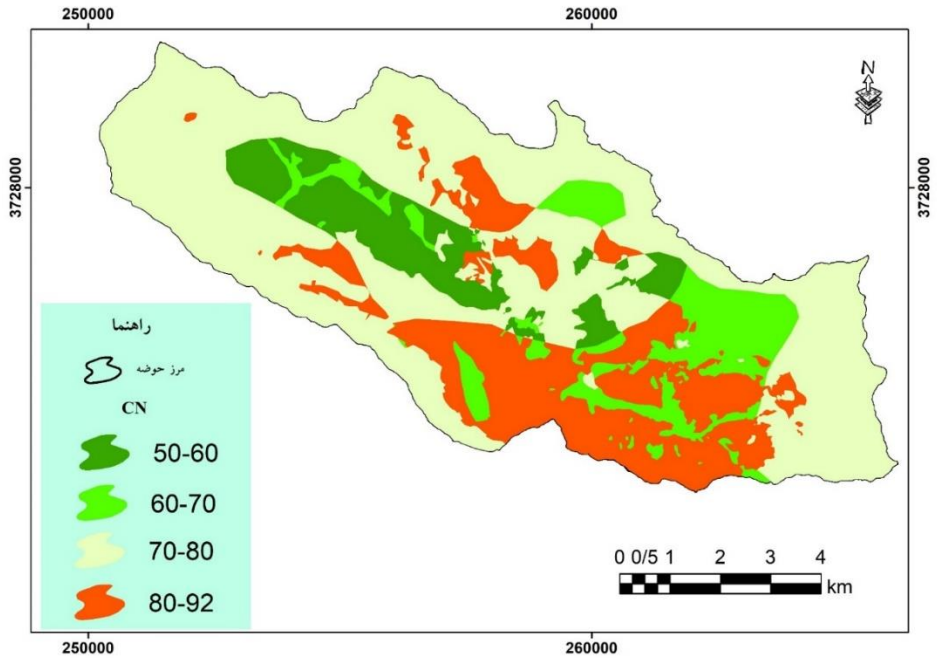
جدول بالا نشان می‌دهد که در طی ۲۵ سال گذشته اقدامات آبخیزداری انجام شده در حوضه ریمله توانسته‌اند اختلاف معنی داری را در کاهش فرسایش و رسوب رخ‌داده را ایجاد کنند و نتیجه‌گیری کلی اینکه این اقدامات اثر مثبت معنی‌داری را در کاهش فرسایش و رسوب داشته‌اند. به دلیل آن‌که با دو فرض انجام اقدامات آبخیزداری و بدون انجام این اقدامات داده‌ها حاصل شدند، اثر تغییر اقلیم و کاهش بارندگی‌ها بر کاهش فرسایش و رسوب نمی‌تواند درست باشد. منفی نشان‌دهنده کاهش فرسایش و رسوب هستند.

۴-۴- نتایج بررسی تغییرات حجم رواناب قبل و بعد از اجرای پروژه‌ها

همان‌گونه که در فصل مواد و روش‌ها توضیح داده شد، حجم رواناب سالیانه با استفاده از روش شماره منحنی (SCS) برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۸ با دو فرض انجام عملیات حفاظتی و بدون انجام عملیات حفاظتی برآورد شد و در جدول ۹ آورده شده‌اند. ضریب CN برای دو کاربری تهیه شده در سال ۱۳۷۰ و فعلی به‌ترتیب ۷۴ و ۶۹ محاسبه شد (شکل ۱۴ و ۱۵).



شکل ۱۴- نقشه ضریب CN برای مدل شماره منحنی (SCS) تهیه شده برای کاربری سال ۱۳۷۰ حوضه ریمله



شکل ۱۵- نقشه ضریب CN برای مدل شماره منحنی (SCS) تهیه شده برای کاربری فعلی حوضه ریمله

جدول ۹- حجم رواناب سالیانه محاسبه شده با دو فرض کاربری ۱۳۷۰ و فعلی برای حوضه ریمله

ردیف	سال	بارش (میلیمتر)	حجم رواناب سالیانه برای *کاربری ۱۳۷۰* (متر مکعب)	حجم رواناب سالیانه برای *کاربری فعلی* (متر مکعب)	تفاوت حجم رواناب سالیانه دو کاربری (متر مکعب)
۱	۱۳۷۵	۴۶۶/۳	۲۷۳۷۳۷۸/۷	۲۵۸۱۴۵۵/۱۹	۱۵۵۹۲۳/۵۱
۲	۱۳۷۶	۶۰۷/۸	۳۷۵۰۴۰۴/۰۵	۳۵۸۲۴۶۸/۵	۱۶۷۹۳۵/۵۵
۳	۱۳۷۷	۳۷۸/۲	۲۱۱۳۸۳۵/۱۲	۱۹۶۸۷۴۳/۶	۱۴۵۰۹۱/۵۲
۴	۱۳۷۸	۲۲۰/۸	۱۰۳۱۶۹۵/۶۴	۹۱۹۱۴۶/۷۳	۱۱۲۵۴۸/۹۲
۵	۱۳۷۹	۳۹۹/۷	۲۲۶۵۲۷۲/۳۴	۲۱۱۷۲۰۸/۵۱	۱۴۸۰۶۳/۸۳
۶	۱۳۸۰	۴۳۴/۶	۲۵۱۲۱۶۴/۲۸	۲۳۵۹۷۵۲/۵۶	۱۵۲۴۱۱/۷۲
۷	۱۳۸۱	۴۰۲/۳	۲۲۸۳۶۲۲/۰۸	۲۱۳۵۲۱۴/۸۹	۱۴۸۴۰۷/۱۹
۸	۱۳۸۲	۴۵۴/۵	۲۶۵۳۴۴۹/۲۷	۲۴۹۸۷۸۸/۸۲	۱۵۴۶۶۰/۴۵
۹	۱۳۸۳	۶۰۶/۱	۳۷۳۸۱۷۷/۴۴	۳۵۷۰۳۵۸/۸۷	۱۶۷۸۱۸/۵۶
۱۰	۱۳۸۴	۴۳۳/۹	۲۵۰۷۲۰۰/۷	۲۳۵۴۸۷۰/۹۵	۱۵۲۳۲۹/۷۵
۱۱	۱۳۸۵	۵۱۰/۱	۳۰۴۹۷۷۶/۶۳	۲۸۸۹۵۶۹/۷۲	۱۶۰۲۰۶/۹
۱۲	۱۳۸۶	۴۶۸/۲	۲۷۵۰۹۰۲/۷	۲۵۹۴۷۸۰/۴۵	۱۵۶۱۲۲/۲۵
۱۳	۱۳۸۷	۳۱۵/۸	۱۶۷۸۰۳۶/۱۵	۱۵۴۳۱۶۷/۲۷	۱۳۴۸۶۸/۸۸
۱۴	۱۳۸۸	۴۷۵/۳	۲۸۰۱۴۶۳/۲۵	۲۶۴۴۶۰۹/۲۹	۱۵۶۸۵۳/۹۶
۱۵	۱۳۸۹	۴۱۵/۱	۲۳۷۴۰۶۵/۱۲	۲۲۲۴۰۱۴/۷۹	۱۵۰۰۵۰/۳۳
۱۶	۱۳۹۰	۲۸۵/۴	۱۴۶۸۳۷۱/۳۸	۱۳۳۹۵۶۹/۸۲	۱۲۸۸۰۱/۵۶
۱۷	۱۳۹۱	۳۸۲/۳	۲۱۴۲۶۷۰/۵۷	۱۹۹۶۹۹۳/۲۳	۱۴۵۶۷۷/۳۴
۱۸	۱۳۹۲	۴۳۵/۴	۲۵۱۷۸۳۷/۴۷	۲۳۶۵۳۳۲/۳۲	۱۵۲۵۰۵/۱۵
۱۹	۱۳۹۳	۳۶۶/۹	۲۰۳۴۴۷۵/۲۶	۱۸۹۱۰۴۷/۶۵	۱۴۳۴۲۷/۶
۲۰	۱۳۹۴	۵۶۴/۷	۳۴۴۰۷۷۸/۸	۳۲۷۵۹۸۵/۵	۱۶۴۷۹۳/۳
۲۱	۱۳۹۵	۵۶۳/۹	۳۴۳۵۰۳۹/۱۵	۳۲۷۰۳۰۷/۸۶	۱۶۴۷۳۱/۲۹
۲۲	۱۳۹۶	۳۳۴/۶	۱۸۰۸۶۵۸/۵۳	۱۶۷۰۴۲۶/۰۴	۱۳۸۲۳۲/۴۹
۲۳	۱۳۹۷	۹۰۰	۵۸۶۳۱۴۱/۸۹	۵۶۸۰۸۳۵/۷۵	۱۸۲۳۰۶/۱۴
۲۴	۱۳۹۸	۷۸۷	۵۰۴۴۰۱۶/۷۵	۴۸۶۶۱۸۱/۳۵	۱۷۷۸۳۵/۴
متوسط پارامترها		**۴۶۷**	**۲۷۵۰۱۰۱**	**۲۵۹۷۵۳۴**	**۱۵۲۵۶۶**

نتایج ارزیابی حجم رواناب سالیانه تولید شده در حوزه آبخیز ریمله نشان می‌دهد که مقدار تفاوت حجم رواناب سالیانه بین قبل از اجرای طرح‌ها و شرایط کنونی به طور متوسط حدود ۱۵۲۵۶ متر مکعب است. این درحالی است که بخشی از رواناب خروجی نیز در پشت سازه‌های آبخیزداری اجرایی ذخیره شده‌اند.

جدول ۱۰- نتایج بررسی حجم رواناب رخداده با فرض کاربری سال ۱۳۷۰ و کاربری فعلی با آزمون t زوجی در ریمله

نوع متغیر	*عدد t*	*درجه معنی داری*
حجم رواناب (متر مکعب)	-۱۰۱۸/۰۳	۰/۰۰

ابتدا نرمالیته داده‌ها با آزمون کلموگروف – اسمیرنوف انجام شد. پس از آشکارشدن نرمال بودن داده‌ها از آزمون t استفاده شد. جدول بالا نشان می‌دهد که در طی ۲۵ سال گذشته اقدامات حفاظتی منابع طبیعی و آبخیزداری انجام شده در حوضه ریمله توانسته‌اند، اختلاف معنی‌داری را در کاهش حجم رواناب رخداده را ایجاد کنند و به‌طور نتیجه‌گیری می شود که این اقدامات اثر مثبت معنی‌داری را در کاهش حجم رواناب داشته‌اند.

۵-بحث و نتیجه‌گیری

اساس توسعه انسانی و توسعه اقتصادی بر معیشت استوار است. معیشت چیزی فراتر از شغل است. معیشت در برگیرنده فعالیت‌ها، قابلیت‌ها و دارایی‌ها برای گذران زندگی است. معیشت زمانی پایدار است که افراد در مقابل تنش‌ها، شوک‌ها و آسیب‌ها توان مقاومت داشته و راهی برای رهایی از تنش‌ها و استرس‌ها بیاندیشند. در این تحقیق سعی شد که ارزیابی اثربخشی پروژه‌های حفاظتی منابع‌طبیعی و آبخیزداری اجراشده بر معیشت پایدار در حوزه آبخیز ریمله انجام شود. این ارزیابی از جنبه‌های مختلف تغییرات کاربری اراضی، پوشش گیاهی و رویشگاه‌ها، فرسایش و رسوب، هیدرولوژی، اقتصادی و اجتماعی صورت پذیرفت.

۵-۱- ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، پوشش گیاهی و رویشگاه‌ها

به طور کلی نتایج این تحقیق نشـــان دادند که تغییرات کاربری اراضـــی روند مثبتی را به سمت بهبود پوشش گیاهی داشته‌اند. اراضی کشاورزی در شرایط فعلی حوزه آبخیز ریمله حدود ۲۶ درصد از مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین باغات نیز حدود ۴/۵ درصد از حوضه را پوشش داده‌اند، درحالی‌که در سال ۱۳۷۰ و قبل از اجرای پروژه‌های حفاظتی منابع‌طبیعی ۳۲ درصـد اراضـی کشـاورزی و فقط ۰/۱ درصـد اراضـی باغی وجود داشـته اسـت. این نتایج نشـان می‌دهند که اقدامات م شارکتی، آموز شی و ترویجی به منظور احداث باغ در ارا ضی شیب‌دار به جای دیم کاری موثر بوده و مردم محلی را متقاعد کرده اســـت که با احداث باغ هم به درآمد بالاتری دست پیدا می‌کنند و هم باعث حفاظت آب و خاک می‌شوند. ازجمله اقداماتی که صورت گرفت، آموزش احداث ا ستخر آب، لایروبی و بهسازی چ شمه‌ها و کانال‌ک شی جوی‌های آب بوده که سبب شده‌اند، استفاده بهینه از منابع آب صورت گیرد.

حفاظت از جنگل‌ها و جنگل‌کاری باعث شده که م ساحت جنگل‌های با تراکم متو سط در این حوضـــه از ۱۸ درصـــد به ۲۱ درصـــد افزایش پیدا کند که روند مثبتی را نشـــان می‌دهد. در شرایط فعلی مساحت جنگل‌های با تراکم خیلی کم ۱۴ درصد است، درحالی که در سال ۱۳۷۰ حدود ۱۹ درصـــد از ســـطح حوضـــه را به خود اختصـــاص داده بودند. همچنین جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ و بادام و انجیر کوهی نیز به منظور تقویت جنگل‌ها در ارا ضی تخریب شده جنگلی انجام شـــد که اکنون بعد از ۲۵ ســـال به طور کامل اســـتقرار یافته‌اند. در مصـــاحبه با آبخیز شینان ریمله نتیجه‌گیری شد که حفاظت از جنگل‌ها و جنگل‌کاری را برای حو ضه مفید

دانسته‌اند (حدود ۸۰ درصد رضایت‌مندی) و حاضر به مشارکت در کاشت، حفاظت و نگه‌داری آن‌ها بوده‌اند.

در شرایط فعلی حدود ۱۴ درصد از مراتع وضعیت تراکم خوب و متوسط را دارند، این درحالی است که در سال ۱۳۷۰ وضعیت مراتع فقیر و نیمه فقیر بوده‌اند. این تفاوت نشان می‌دهد که حوزه آبخیز ریمله پس از اجرای طرح‌های آبخیزداری روند مثبتی را از نظر بهبود پوشش گیاهی داشته است. این روند مثبت در تغییرات کاربری اراضی را می‌توان به اقدامات ترویجی و آموزشی، اعتماد به ذینفعان و مشارکت دادن آن‌ها در اجرا، حفاظت و نگه‌داری طرح‌های منابع طبیعی نسبت داد که باعث شده که ساکنان این حوضه به این نتیجه برسند که اقدامات انجام شده در جهت احیا منابع طبیعی به نفع خودشان است و می‌توانند ضامن پایداری معیشت آن‌ها شوند.

اداره کل منابع‌طبیعی استان لرستان به منظور حفاظت از مراتع و جنگل‌ها و به‌خصوص جنگل‌های دست‌کاشت به استخدام نگهبان اقدام کرد که می‌تواند نقش بازدارنده‌ای برای حفظ منابع طبیعی این حوضه داشته باشد. یکی از دلایل حفظ اقدامات انجام شده، حفاظت فیزیکی با استخدام نگهبان و قرق‌بان است.

۵-۲- ارزیابی کارایی سازه‌های آبخیزداری اجراشده در حوضه ریمله

با بررسی سازه‌های گابیون احداث شده در حوزه آبخیز ریمله می‌توان نتیجه‌گیری کرد که حدود ۸۸ درصد از سازه‌های گابیون اجراشده در حوزه آبخیز ریمله بعد از گذشت ۲۵ سال سالم و تثبیت شده هستند و این نشان می‌دهد که کارایی این سازه در حوضه ریمله خوب بوده است.

تثبیت آبراهه‌ها و رسوب‌گذاری از کارایی این سازه‌ها است. کارایی دیگر این سازه‌ها نقش تاخیری آن‌ها در وقوع سیلاب است که می‌توانند باعث تاخیر حجم خروجی سیلاب و همچنین آشغال‌گیری شده و خسارات پایین‌دست سیلاب را کاهش دهند.

با بررسی سازه‌های خشکه‌چین، تورکینست و سد خاکی در حوزه آبخیز ریمله مشخص شد که دو سد خاکی در این حوضه جانمایی شده است که یکی در خروجی حوضه در دست اجرا است و هنوز به بهره‌برداری نرسیده است و یکی دیگر از سدهای خاکی در دهه ۷۰ ساخته و بهره برداری شده است. طبق ارزیابی که در مطالعات جانمایی این سازه انجام شده است، حدود ۱۰ درصد این سازه از رسوب پر شده است. نقش سد خاکی احداث شده بیشتر ذخیره آب و تأخیر در وقع سیلاب بوده که در طی سال‌های احداث آن به خوبی نقش خود را ایفا کرده است. تورکینست‌های احداثی به خوبی توانسته‌اند نقش ذخیره آب و نفوذ به آب‌های زیرزمینی را ایفا کنند. پس از ارزیابی کارایی سازه‌های آبخیزداری به‌طورکلی نتیجه‌گیری می‌شود که حدود ۱۱۰۰۰ متر مکعب در طی این ۲۵ سال سازه‌های مختلف آبخیزداری اجرا شده در حوضه ریمله رسوب گرفته‌اند. البته باید به این نکته اشاره کرد که خشکه‌چینی‌هایی بر روی خطوط تراز در سراسر این حوضه صورت گرفته که میزان رسوب دریافتی از این سازه‌ها محاسبه نشده است.

به طورکلی با بررسی سازه‌های مکانیکی احداث شده در حوزه آبخیز ریمله می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کارایی بالایی را بعد از ۲۵ سال از خود نشان داده‌اند و نقش خود را در رسوب‌گیری، تاخیر سیلاب و ذخیره آب به منظور نفوذ و استفاده در بخش کشاورزی به خوبی ایفا کرده‌اند. همچنین توانسته‌اند خسارات وارده از طریق سیلاب به‌خصوص سیلاب ۱۳۹۸را در این حوضه کاهش دهند. با توجه به اینکه حوضه ریمله یکی از زیرحوضه‌های رودخانه خرم‌آباد

است و این شهر در پایین دست آن واقع شده است، اقدامات حفاظتی منابع طبیعی اجرایی می‌توانند نقش بسیار زیادی در کاهش سیلاب ورودی به آن داشته باشند.

۵-۳- ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری بر فرسایش و رسوب و رواناب

نتایج ارزیابی پارامتر فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز ریمله نشان می‌دهد که مقدار تفاوت رسوب خروجی کل بین قبل از اجرای طرح‌ها و شرایط کنونی به طور متوسط حدود ۵۷۱۲ تن است. فعالیت‌های حفاظتی مراتع و جنگل‌ها شاید به صورت مستقیم در اقتصاد ذینفعان حوضه نقش کمی داشته باشند، اما همان‌طور که مشاهده می‌شود، در کنترل فرسایش و به‌تبع آن رسوب نقش بسیار فراوانی دارند. که می تواند به‌طور غیر مستقیم بر روی اقتصاد حوضه اثر مثبتی را داشته باشند. هدر رفت خاک و مواد مغذی خاک، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش بروز سیلاب، بیابان‌زایی و سلامت مردم ازجمله مواردی می باشد که اثر غیر مستقیمی بر اقتصاد ذینفعان خواهند داشت.

با جمع بندی نتایج ارزیابی اثربخشی طرح‌های حفاظتی منابع طبیعی از نظر پارامتر فرسایش و رسوب می‌توان بیان کرد که ترکیبی از این اقدامات در کنار یکدیگر نتایج مطلوبی را به مدیران و بهره‌برداران ارائه می‌دهد. یافته‌های این قسمت از تحقیق با نتایج تحقیقات عرب‌خدری (۱۳۹۳)، سلیمانی و همکاران (۲۰۰۹) و Binh و همکاران (۲۰۱۰) در کاهش فرسایش با اجرای فعالیت‌های حفاظتی منابع طبیعی در مقایسه با وضع موجود همخوانی دارد.

با اجرای اقدامات حفاظتی منابع‌طبیعی در حوزه آبخیز ریمله (شامل اقدامات حفاظتی جنگل و جنگل‌کاری، اصلاح و حفاظت مراتع، آموزش و ترویج و گسترش باغ‌کاری و اقدامات

مکانیکی و بیومکانیکی) به طور متوسط حدود ۱۵۲۵۶ متر مکعب تولید رواناب کاهش پیدا کرده است. با بررسی تفاوت این کاهش تولید رواناب با آزمون آماری نتیجه گیری شد که طی ۲۵ سال گذشته اقدامات حفاظتی منابع طبیعی و آبخیزداری انجام شده در حوضه ریمله توانسته‌اند اختلاف معنی‌داری را در کاهش حجم رواناب رخ‌داده را ایجاد کنند و نتیجه‌گیری کلی این‌که این اقدامات اثر مثبت معنی‌داری را در کاهش حجم رواناب داشته‌اند. دلایل این رابطه را می‌توان مناسب شدن شرایط خاک، بهبود تراکم پوشش گیاهی و کاهش هدررفت آب بعد از اجرای این فعالیت‌های حفاظتی دانست. نتایج این قسمت تحقیق حاضر با نتایج تحقیق بهنودی ۱۳۹۱ همسو بوده؛ به‌طوری‌که آن نیز سناریوی تمام ترکیب شامل همه فعالیت‌های پیشنهادی بیشترین تأثیر را در کاهش رواناب تولیدی و درنتیجه کاهش هدررفت آب و افزایش بیلان آب داشته است.

۸-۵- نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی اثربخشی پروژه‌های حفاظتی منابع‌طبیعی و آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز ریمله نشان داد که از جنبه‌های مختلف تغییرات کاربری اراضی، پوشش گیاهی و رویشگاه‌ها، فرسایش و رسوب، هیدرولوژی، اقتصادی و اجتماعی، این طرح‌ها اثر مثبتی را بر معیشت پایدار اهالی ساکن حوزه آبخیز ریمله داشته‌اند. حوزه آبخیز ریمله پس از اجرای طرح‌های حفاظتی منابع‌طبیعی روند مثبتی را از نظر بهبود پوشش گیاهی داشته است. جنگل‌کاری با گونه‌های سوزنی‌برگ و بادام و انجیر کوهی نیز به منظور تقویت جنگل‌ها در اراضی تخریب‌شده جنگلی انجام شد که اکنون بعد از ۲۵ سال به طور کامل استقرار یافته‌اند. در شرایط فعلی حدود ۱۴ درصد از مراتع وضعیت تراکم خوب و متوسط را دارند، این درحالی است که در دهه ۱۳۷۰

وضـــعیت مراتع فقیر و نیمه فقیر بوده‌اند. اقدامات اصـــلاح و احیا مراتع رضـــایت‌مندی بالایی را (حدود ۹۵ در صد) در بین بهره‌برداران دا شته‌اند. با برر سی سازه‌های مکانیکی احداث شده در حوزه آبخیز ریمله می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کارایی بالایی را بعد از ۲۵ ســـال از خود نشـــان داده‌اند و نقش خود را در ر سوب‌گیری، تاخیر سیلاب و ذخیره آب به منظور نفوذ و ا ستفاده در بخش کشـاورزی به خوبی ایفا کرده‌اند. و همچنین توانسـته‌اند خسـارات وارده از طریق سـیلاب به‌خصوص سیلاب ۱۳۹۸را در این حو ضه کاهش دهند. نتایج ارزیابی پارامتر فر سایش و ر سوب در حوزه آبخیز ریمله نشـــان می‌دهد که مقدار تفاوت رســـوب خروجی کل بین قبل از اجرای طرح‌ها و شـــرایط کنونی به طور متوســـط حدود ۵۷۱۲ تن اســـت. فعالیت‌های حفاظتی مراتع و جنگل‌ها شـــاید به‌صـــورت مســـتقیم در اقتصـــاد ذینفعان حوضـــه نقش کمی داشـــته باشـــند، اما همان‌طور که مشاهده می‌شود، در کنترل فر سایش و به‌تبع آن ر سوب نقش بسیار فراوانی دارند. با اجرای اقدامات حفاظتی منابع‌طبیعی در حوزه آبخیز ریمله (شـــامل اقدامات حفاظتی جنگل و جنگل‌کاری، اصـــلاح و حفاظت مراتع، آموزش و ترویج و گســـترش باغ‌کاری و اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی) به طور متوسط حدود ۱۵۲۵۶ متر مکعب تولید رواناب کاهش پیدا کرده است.

۹-۵- پیشنهادات

- با توجه به نتایج این تحقیق، یعنی ارزیابی اثربخشـــی پروژه‌های حفاظتی منابع‌طبیعی و آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز ریمله مشخص شد که از جنبه‌های مختلف تغییرات کاربری ارا ضی، پو شش گیاهی و رویشگاه‌ها، فر سایش و ر سوب، هیدرولوژی، اقتصادی و اجتماعی، این طرح‌ها اثر مثبتی را بر معیشـــت پایدار اهالی ســـاکن حوزه آبخیز ریمله

داشته‌اند. در نتیجه پیشنهاد می‌شود که این حوضه به عنوان یک حوضه الگویی در سطح استان و کشور مدنظر قرار گیرد و اقدامات حفاظتی ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌ها به صورت یکپارچه و با لحاظ معیشت پایدار ساکنان حوضه‌ها (همانند حوضه ریمله) صورت گیرد و از بخشی‌نگری و پراکنده‌کاری اجتناب شود.

- پیشنهاد می‌شود حفاظت از جنگل و مراتع احیا شده این حوضه با استخدام قرق‌بان مدنظر قرار گیرد.
- با توجه به خشکسالی‌های مکرر و اظهارات بهره‌برداران مبنی‌بر کمبود منابع آب حوضه، مدیریت منابع آب و مکانیزاسیون اراضی کشاورزی و ترویج کشت گلخانه‌ای پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع

- بهنودی، س. (۱۳۹۱). کاربرد مدل تصمیم بیزین در پیش‌بینی اثرات بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی اقدامات مدیریتی بیومکانیکی در آبخیز چهل چای – استان گلستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۸۸ص.
- عرب‌خدری، م.، ۱۳۹۳. مروری بر نرخ فرسایش آبی و تولید رسوب در ایران. نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری.۳۰:۴-۲۳.
- غفاری، گ. ح. احمدی، ا. بهمنی، ع. ا. نظری سامانی، (۱۳۹۶) .بررسی عملکرد اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز کن - سولقان، فصلنامه مرتع و آبخیزداری، ۷۰(۱)، ۱۶۹-۱۸۰ .

- کریمی سنگچینی، ا.، م. اونق، ا. سعدالدین، ا. ویسکرمی. (۱۴۰۰). ارائه مدل مدیریت جامع منابع آب و خاک حوضه رودخانه حبله‌رود با استفاده از رویکرد پویایی سامانه. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۱۲ (۲۳): ۱۱۹-۱۲۹.
- مصفایی، ج.، ا. صالح پور جم، (۱۳۹۹) .ارزیابی کمی اثرات اقدامات آبخیزداری بر وضعیت هیدرولوژیکی حوضه، مطالعه موردی :حوزه آبخیز آکوجان، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۲(۲)، ۵۲۶-۵۳۴.
- مهدوی، م. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربری، انتشارات دانشگاه تهران، جلد ۲، ۴۱۶ ص.
- نور، ف.، م. نصری، ح. یگانه، ف. مقیمی‌نژاد، ی. قاسمی آریان، ج. بنی نعمه،۱۳۹۲. برآورد تلفات اقتصادی فرسایش خاک مراتع با استفاده از روش جایگزینی مواد غذایی(NRCM). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۳: ۵۳۰-۵۲۲.
- Binh, Ph. D., Wu, Ch., and Hsiseh, Sh. 2010. Land use change effects on discharge and sediment Yeild of Song Cau Catchment in northern Vietnam. Journal of Environmental Science and Engineering.5:92-101.
- Mekonnen, M., Abeje, T. and Addisu, S. 2021. Integrated watershed management on soil quality, crop productivity and climate change adaptation, dry highland of Northeast Ethiopia, Agricultural Systems, 186: 102964.
- Mosaffaie, J., & Jam, A. S. (2018). Economic assessment of the investment in soil and water conservation projects of watershed management. Arabian Journal of Geosciences, 11(14), 368.
- Saby, L., Nelson, J. D., Band, L. E. and Goodall, J. L. 2021. Nonpoint Source Water Quality Trading outcomes: Landscape-scale patterns and integration with watershed management priorities. Journal of Environmental Management, 294:112914. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112914.
- Solaimani, K., Modallaldoust S., and Lotfi, S., 2009. Investigation of land use changes on soil erosion process using geographical information system. International Journal of Environmental Science Technology, 6(3):415-424.
- Weng, S.Q., Huang, G.H., Li, Y.P., 2010. An integrated scenario-based multi-criteria decision support system for water resources management and planning – A case study in the Haihe River Basin. Expert Systems with Applications 37: 8242–8254.
- Yaebiyo, G., Tesfay, Y., & Assefa, D. (2015). Socio-economic impact assessment of integrated watershed management in Sheka watershed, Ethiopia. Journal of Economics and Sustainable Development, 6(9), 202-212.

Abstact:
Evaluating the implemented watershed projects and providing a perspective of their performance results provide managers and decision-makers with appropriate information for long-term planning. This research attempted to investigate the effect of implementing watershed management plans in terms of erosion, sedimentation, and flood control in the Rimeleh watershed. The Rimeleh watershed is a sub-watershed of the Kashkan river. Variations in areas of vegetation surveys using aerial photos taken in 1991, satellite images in 2021, and Google Earth images. The efficiency and amount of accumulated sediment of watershed structures evaluate using a field survey. The EPM model was used to predict erosion before and after the implementation of watershed projects. The American Soil Conservation Society (SCS) introduced a curve number method to calculate the runoff before and after the implementation of watershed management plans. The coefficient number (CN) calculates two applications prepared in 1991 and their current status. The survey of land use in the last 25 years showed that the general condition of this area is improving. The results of evaluating the efficiency of the implemented structures show that about 69 and 88% of the earthworks, gabion structures, all the torque nests, and earthen dams implemented in the Rimeleh watershed are healthy and stabilized after 25 years. Also, about 11019 m^3 of sediment has accumulated behind these structures. The total annual erosion and sedimentation under current conditions have decreased by an average of 6793 m^3 and 5712 tons, respectively, compared to before the implementation of watershed protection plans. The evaluation of runoff changes shows the difference in the volume of an annual runoff before implementing the management plans and the current conditions of 15256 m3 on average. The paired t-test showed that the watershed measures implemented in the Rimeleh basin create a significant difference in the improvement of vegetation, the reduction of erosion and sedimentation, and the reduction of production runoff. Watershed managers and decision-makers can use the results to preserve water and soil resources and increase the feasibility of management activities in the Rimeleh watershed.

Keywords: Evaluation of implemented watershed measures, Land use changes, Erosion and sedimentation, Runoff, Rimeleh watershed

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Agricultural and Natural Resources Research Center of Lorestan Province

---

Title: Investigating the effectiveness of implemented watershed management plans on erosion and sedimentation, and floods in the Rimeleh watershed
Authors: Ebrahim Karimi-Sangchini, Mohammad-Reza Koussari, Iraj Vasekarami
Text Editing: Saeed Nabipay-Lashkarian
Document Formatting: Akbar Hosseini-Rashid
Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Circulation:10 copies
Date of publication: 2022
This scientific work has been registered with the series number of **62446** at the date of **2022-11-07** the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No part of this publication may reproduced or translated without the original reference.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Agricultural and Natural Resources Research Center of Lorestan Province

Technical report
Investigating the effectiveness of implemented watershed management plans on erosion and sedimentation, and floods in the Rimeleh watershed

Authors:

Ebrahim Karimi-Sangchini, Mohammad-Reza Koussari, Iraj Vasekarami

Series Number:
62446

2022