پژوهش های آبخیزداری
شاپا: ۲۰۳۸-۲۹۸۱
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

بررسی آثار اقدامات آبخیزداری بر ویژگی‌های سیل در آبخیزهای آب‌ماهی و چیکان-مورزیان استان فارس

رویا قهرمانی[۱]، ابراهیم امیدوار*[۲]، سیامک دخانی[۳]

۱- دانش‌آموخته دکتری گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
۳- استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع‌طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

چکیدهٔ مبسوط

مقدمه و هدف

امروزه، در کشورها، ارزیابی طرح‌های آبخیزداری از بنیادی‌ترین مسائل برای برنامه‌ریزی‌های آینده و اجرای طرح‌ها و مدیریت منابع‌طبیعی است. ازاین‌رو، با توجه به پیشینه بلندمدت اجرای طرح‌های آبخیزداری در کشور، ارزیابی و بررسی آثار این طرح‌ها ضروری است. اما، نبود تجهیزات لازم به‌منظور اندازه‌گیری و ثبت تغییرات ایجادشده در آبخیزها، سبب‌شده تا بهره‌گیری از مدل‌های توزیعی آب‌شناختی برای همانندسازی رفتار آبخیز در پیش و پس از اقدامات آبخیزداری، ابزار کارآمدی در دستیابی به این اهداف باشد. امروزه، بهره‌گیری از قابلیت مدل‌های آب‌شناختی در همانندسازی اثرگذاری فعالیت‌های مدیریتی در فرایند تصمیم‌گیری نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. ازاین‌رو، این پژوهش، با هدف ارزیابی آثار اقدامات آبخیزداری اجراشده بر آب‌دهی اوج، زمان تا اوج و حجم سیل در آبخیزهای همگن آب‌ماهی و چیکان- مورزیان، با استفاده از مدل HEC-HMS انجام شد. برای تعیین آثار اقدامات سازه‌ای و زیستی، زمان تمرکز، شیب آبراهه و اندازهٔ شمارهٔ منحنی در شرایط پیش و پس از اجرای فعالیت‌ها محاسبه شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش آثار اقدامات سازه‌ای (بند گابیونی، سنگ و سیمان، خشکه‌چین) و زیستی (بادام‌کاری، قرق و نمونه شاهد) آبخیزداری بر سنجه‌های آب‌شناختی (زمان تا اوج، آب‌دهی اوج و حجم سیل) در دو آبخیز آب‌ماهی و چیکان-مورزیان، در آبخیز سد درودزن بررسی شد.

نوع مقاله: پژوهشی
***مسئول مکاتبات:** ebrahimomidvar@kashanu.ac.ir
استناد: قهرمانی، ر.، امیدوار، ا.، دخانی، س. ۱۴۰۴. بررسی آثار اقدامات آبخیزداری بر ویژگی‌های سیل در آبخیزهای آب‌ماهی و چیکان-مورزیان استان فارس. پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۸ (۳): ۱۳۷-۱۲۰.
شناسهٔ دیجیتال: 10.22092/wmrj.2025.368121.1609
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳، **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۱/۲۹، **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۳/۳۱، **تاریخ انتشار:** ۱۴۰۴/۰۷/۰۱
پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۴، دورهٔ ۳۸ شمارهٔ ۳، شمارهٔ پیاپی ۱۴۸، پاییز ۱۴۰۴، صفحه‌های ۱۲۰ تا ۱۳۷.
ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی استان فارس
© نویسندگان
CC BY

سپس، شبیه‌سازی بارش و رواناب با استفاده از مدل HEC HMS در دو سناریو با و بدون اقدامات آبخیزداری انجام شد. در سناریوی بدون اقدامات آبخیزداری، داده‌های لازم از بررسی‌های تفصیلی اجرایی که به‌وسیلهٔ اداره کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان فارس گردآوری شده بود، تهیه شد. در سناریوی با اقدامات آبخیزداری، آثار آب‌شناختی سازه‌ها با اثرگذاری روی شیب و زمان تمرکز آبخیز و آثار اقدامات زیستی با تغییرات اندازه‌های میانگین وزنی CN زیرآبخیزها در زمان قبل و بعد از این اقدامات، بررسی شد. سپس، سنجه‌های فیزیکی آبخیز، (مساحت زیرآبخیزها، میانگین وزنی شمارهٔ منحنی (CN)، تلفات اولیه و زمان تأخیر) محاسبه شد. به‌منظور تبدیل بارش به رواناب، روش SCS برای هر دو سناریوی قبل و بعد از اجرای اقدامات آبخیزداری به‌کار گرفته شد. نقشهٔ شمارهٔ منحنی (CN) بر اساس تلفیق داده‌های گروه‌های آب‌شناختی خاک و کاربری زمین در محیط نرم‌افزار ARC GIS 10.8 تهیه شد. همچنین، زمان تمرکز با استفاده از روش کرپیچ محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی آثار اقدامات آبخیزداری در آبخیز مطالعه‌شده بیانگر ابعاد گوناگون اثرگذاری این اقدامات بر رفتار آب‌شناختی آبخیز بود. نتایج این پژوهش بیانگر آن بود که اجرای اقدامات سازه‌ای آبخیزداری سبب تغییر قابل توجه اندازهٔ زمان تأخیر در شرایط قبل و بعد از اجرای عملیات شد. به‌طوری که بیشترین تغییر زمان تأخیر مربوط به زیرآبخیز F (۲۸/۳۲ دقیقه) و کمترین اندازهٔ آن مربوط به زیرآبخیز ۹ (۴ دقیقه) بود. این اندازه تغییر ناشی از شیب، طول آبراهه اصلی، نفوذپذیری خاک، مساحت آبخیز و غیره بود. اندازهٔ تغییر زمان تا اوج در قبل و بعد از اجرای اقدامات آبخیزداری در زیرآبخیزهای ۱۱، ۹ و F به‌ترتیب ۱۰، ۱۰ و ۶۰ دقیقه به‌دست آمد. بیشترین تعداد سازه در این زیرآبخیزها بود و نتایج نشان‌دهندهٔ آثار اجرای سازه‌ها بودند. افزون بر این، بیشترین و کمترین اندازهٔ تغییر آب‌دهی در قبل و بعد از اجرای اقدامات آبخیزداری به‌ترتیب مربوط به زیرآبخیز F (۲۷/۷ مترمکعب بر ثانیه) و زیرآبخیز ۹ (۳/۵ مترمکعب بر ثانیه) بود. اجرای اقدامات سازه‌ای بر اندازهٔ حجم رواناب اثرگذار نبود. در این پژوهش، نتایج ارزیابی آثار اقدامات زیستی آبخیزداری بیانگر آن بود که این اقدامات باعث کاهش CN شدند. اندازه کاهش CN در شرایط قبل و بعد از اقدامات انجام‌شده در زیرآبخیزهای ۱۱، ۹ و F به‌ترتیب ۱۰، ۵ و ۵ بود. این موضوع سبب کاهش آب‌دهی اوج از ۷۹/۷، ۵/۴ و ۱۹۷/۵ به ۷۵/۸، ۳/۵ و ۱۴۷/۷ مترمکعب بر ثانیه شد. همچنین، اجرای اقدامات زیستی، باعث کاهش قابل‌توجه حجم رواناب شد. اما، روی زمان تا اوج اثرگذار نبود. در مجموع آثار اقدامات زیستی بر کاهش حجم رواناب خروجی بیشتر از اقدامات سازه‌ای بود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش آثار اقدامات آبخیزداری بر ویژگی‌های سیل (آب‌دهی اوج، اندازهٔ رواناب خروجی و زمان تا اوج) ارزیابی شد و سازه‌های آبی آبراهه‌ای و اقدامات زیستی بررسی شدند. نتایج نشان داد که سازه‌های آبخیزداری به‌طور مؤثر در کاهش آب‌دهی اوج سیلاب و افزایش زمان رسیدن به اوج تأثیرگذارند. اثر سازه‌های آبخیزداری بر حجم کل رواناب خروجی معنادار نبود. همچنین، نتایج ارزیابی اقدامات زیستی، بیانگر اثر قابل‌توجه این اقدامات بر کاهش رواناب خروجی و آب‌دهی اوج بود و بر زمان تا اوج تأثیرگذار نبود. این یافته‌ها نشان‌دهندهٔ اهمیت تلفیق اقدامات سازه‌ای و زیستی در مدیریت جامع آبخیز بود. تلفیق این دو رویکرد سبب افزایش اثربخشی اقدامات انجام‌شده در مهار سیلاب، حفاظت خاک و مدیریت منابع آب شد. ازاین‌رو، پیشنهاد می‌شود که طرح‌های مشابه در دیگر مناطق با شرایط اقلیمی و گیتاشناسی مشابه نیز انجام شوند تا بتوان از نتایج به‌دست آمده در تصمیم‌گیری‌ها و بهبود مدیریت آبخیز استفاده کرد.

واژگان کلیدی

آبخیزهای آب‌ماهی و چیکان-مورزیان، آب‌دهی اوج، اقدامات زیستی، رواناب، مدل HEC-HMS

مقدمه

ارزیابی آثار اقدامات آبخیزداری برای برنامه‌ریزی‌های آینده و مدیریت منابع‌طبیعی ضروری است (اختصاصی و همکاران ۲۰۲۱). ازاین‌رو، با توجه به پیشینه بلندمدت اجرای طرح‌های آبخیزداری در کشور، ارزیابی و بررسی آثار این طرح‌ها ضروری است. اما، نبود تجهیزات لازم برای ثبت تغییرات رخداده در بسیاری از آبخیزها باعث دشواری کار شده است. امروزه، بهره‌گیری از قابلیت مدل‌های آب‌شناختی به‌منظور همانندسازی آثار فعالیت‌های مدیریتی در فرایند تصمیم‌گیری، نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (رو و همکاران ۲۰۰۵). مدل HEC-HMS نسخهٔ توسعه‌یافته HEC-1 تحت ویندوز است که به‌وسیلهٔ مهندسان آب مرکز مهندسی ارتش آمریکا برای همانندسازی رواناب سطحی یک آبخیز نسبت به بارندگی‌های معین طراحی‌شده است (یواس‌اِی‌ای ۲۰۰۰). در این پژوهش برای همانندسازی فرایند بارش رواناب آبخیز از مدل ریاضی HEC-HMS استفاده شد. در راستای بررسی و ارزیابی اقدامات آبخیزداری می‌توان به پژوهش شی و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد. آنها با استفاده از مدل‌های HEC-HMS و HEC-RAS، جریان و آثار اجرای سدهای اصلاحی، در آبخیز تسنگون تایوان را شبیه‌سازی کردند و دریافتند که آثار اقدامات سازه‌ای بر ویژگی‌های جریان، در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. رادون (۱۹۹۹) با استفاده از مدل تجزیه سیلاب، آثار اقدامات مهارکنندهٔ سیل (جنگل‌کاری، تراس‌بندی، سدهای ذخیره‌ای و مهارکننده و ترکیب آن‌ها با یکدیگر) را در حضه‌پترا در اردن بررسی کرد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد اقدامات انجام‌شده سبب کاهش چشم‌گیر آب‌دهی اوج و حجم سیلاب شد. در استان گلستان، مصطفی‌زاده و همکاران (۲۰۰۸) آثار آب‌شناختی اقدامات آبخیزداری در آبخیز جعفرآباد را با استفاده از مدل HEC-HMS شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که آثار اجرای اقدامات آبخیزداری بر بهبود وضعیت آب‌شناختی آبخیز جعفرآباد گلستان در همه معیارهای بررسی‌شده کمتر از ۱٪/۵ و قابل توجه نبود. بر اساس نتایج این پژوهشگران، اقدامات سازه‌ای در کاهش شیب آبراهه و افزایش زمان تمرکز و در پی آن کاهش اوج سیل اثرگذار بود اما، این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود (بر پایهٔ آزمون تی‌جفت). یوشیکاوا و همکاران (۲۰۱۰) طرح سد پدی فیلد در بخش کامیهایاشی در ژاپن را بررسی کردند. برای ارزیابی اثرات سازهٔ مهارکنندهٔ سیل بر حجم سیل و خسارت‌های آن از ترکیب تحلیل آب‌شناسی استفاده کردند. نتایج بیانگر آن بود که سازهٔ مهارکنندهٔ سیل باعث ۲۶٪ کاهش آب‌دهی شد. در پژوهشی، نجفی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۸) آثار اقدامات آبخیزداری را با استفاده از مدل HEC-HMS در آبخیز رامیان برآورد کردند. نتایج نشان داد که بیشترین کاهش آب‌دهی اوج و حجم سیل به‌ترتیب در دوره‌های بازگشت ۱۰ و ۲۰ سال رخداده است و با افزایش دوره بازگشت، اثر اقدامات آبخیزداری بر سیل کاهش یافت. همچنین، اثر اقدامات زیستی در کاهش سیل در مقایسه با اقدامات سازه‌ای بیشتر بود. مؤذنی‌نقندر و همکاران (۲۰۲۲) اثرات اقدامات آبخیزداری بر رواناب و هدررفت خاک در آبخیز نخاب بشرویه را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که اجرای اقدامات آبخیزداری باعث افزایش زمان به اوج رسیدن سیل به اندازهٔ ۶۰ و ۳۰ دقیقه شد. از سوی دیگر، آب‌دهی اوج برای دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب ۵۴ و ۲۸٪ کاهش یافت. همچنین، هنگامی که آبگیر سازه‌ها از رسوبات پر بودند، سبب افزایش قابل‌توجه زمان رسیدن به اوج و کاهش آب‌دهی اوج و حجم سیلاب شدند. انجام اقدامات آبخیزداری سبب کاهش فرسایش ویژه آبخیز از ۱۰/۱۸ به ۹/۸ تن در هکتار در سال و رسوب‌دهی ویژه از ۳/۱۶ به ۲/۹ تن در هکتار در سال شد. در ایلام توکلی و همکاران (۲۰۲۳) اثرات ساخت سازه‌های آبخیزداری بر آب‌دهی بیشینه در آبخیز گل‌گل را ارزیابی کردند و دریافتند که اجرای اقدامات مناسب و مدیریت‌شده سبب کاهش قابل توجه آب‌دهی بیشینهٔ سیلاب‌ها شد. در پژوهشی قضاوی و امیدوار (۲۰۲۳) اثرات ساخت بندهای اصلاحی آبخیزداری بر آب‌دهی اوج و حجم سیلاب را بررسی کردند و دریافتند که بندهای اصلاحی ساخته‌شده باعث کاهش آب‌دهی اوج، افزایش زمان پایه آب‌نگار، افزایش زمان تا اوج آب‌نگار و کاهش حجم سیلاب منطقه شد.

در جیرفت نور (۲۰۲۴) اثربخشی طرح‌های آبخیزداری بر آب‌دهی اوج سیلاب در آبخیز حسین‌آباد را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که اقدامات آبخیزداری باعث کاهش آب‌دهی اوج، شماره منحنی و افزایش زمان تا اوج شد. ما و همکاران (۲۰۲۴) واکنش فرسایش خاک به پوشش گیاهی و ایجاد تراس در یک آبخیز کوچک در فلات لس چین را بررسی کردند. نتایج نشان داد که ایجاد تراس‌بندی باعث افزایش پوشش گیاهی و در نتیجه کاهش هدررفت خاک شد. در شمال اتیوپی ولدرجی و همکاران (۲۰۲۴) اثرات اقدامات آبخیزداری بر آب زیرزمینی را ارزیابی کردند. نتایج بیانگر آن بود که اجرای اقدامات باعث افزایش سطح آب زیرزمینی، افزایش کیفیت آب، افزایش آب‌دهی چشمه‌ها، افزایش سطح آب چشمه‌ها، ظهور چشمه‌های جدید شد. افزون بر این، به‌دلیل افزایش آب در دسترس، سطح زمین‌های زراعی آبی افزایش یافت. نتایج پژوهش‌های پیشین به‌خوبی نشان‌دهنده ارزیابی‌های گوناگون طرح‌های آبخیزداری اجراشده در کشور و دیگر نقاط جهان است. از آنجایی که طراحی، اجرا و در نتیجه کارایی طرح‌های آبخیزداری وابسته به شرایط محیطی و اقتصادی-اجتماعی آبخیز است، ارزیابی این طرح‌ها در مناطق گوناگون کشور ضروری می‌باشد. همچنین، بررسی سوابق پژوهشی بیانگر آن است که تاکنون در زمینهٔ استفاده از مدل HEC-HMS برای برآورد تأثیر اقدامات آبخیزداری بر متغیرهای آب‌شناختی بررسی‌های پرشماری در دنیا انجام‌شده است. بنابراین، در این پژوهش، آثار اقدامات آبخیزداری بر آب‌دهی اوج، زمان تا اوج و حجم رواناب خروجی در دو آبخیز آب‌ماهی و چیکان-مورزیان با استفاده از مدل HEC-HMS انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقهٔ مطالعه‌شده

در این پژوهش، اثرات اقدامات سازه‌ای (بند گابیونی، سنگ و سیمان، و خشکه‌چین) و زیستی (بادام‌کاری، قرق، و نمونه شاهد) آبخیزداری بر ویژگی‌های آب‌شناختی شامل زمان تا اوج، آب‌دهی اوج، و حجم سیل در دو آبخیز آب‌ماهی و چیکان-مورزیان، از زیرآبخیزهای آبخیز سد درودزن، ارزیابی شد. بر پایهٔ مدارک موجود در ادارهٔ کل منابع‌طبیعی استان فارس تمام اقدامات اجراشده در آبخیز چیکان-مورزیان و آب‌ماهی در جدول ۱ ارائه‌شده است. آبخیز چیکان_مورزیان در ۸۰ کیلومتری شمال شهر سپیدان یکی از زیرآبخیزهای رود کر و سد درودزن است. موقعیت جغرافیایی این منطقه در میان محدوده ′ °۵۱ ۲۶ و ″۰۱/۲۳ تا ″۳۷/۰۳ ′۰۴ °۵۲ طول شرقی و ′ °۳۰ ۲۵ ″۸۸/۱۵ تا ″۳۰ ′۳۴ °۳۰ عرض شمالی است. مساحت این آبخیز برابر ۱۲۳۳۳ هکتار و بیشینه و کمینهٔ بلندی به‌ترتیب ۳۱۲۵ و ۱۸۱۱ متر بود (شکل ۱). بیشترین و کمترین اندازهٔ بارندگی به‌ترتیب در زیرآبخیز F (۵۷۱/۲ و میلی‌متر) و زیرآبخیز H (۴۷۱/۶ میلی‌متر) بود. همچنین، بیشترین و کمترین بارش روزانه به‌ترتیب ۶۸/۱ و ۵۸/۲ میلی‌متر بود. فرسایش خاک در این آبخیز بیشتر شامل فرسایش آبی بود، که در اثر عمل انجماد و انقباض آب و انرژی آب تشدیدشده است. هرچند اشکال فرسایشی حرکت‌های توده‌ای نیز در برخی مناطق به‌شکل پراکنده مشاهده شد. گسترده‌ترین شکل فرسایش، فرسایش سطحی بود که شدت آن به‌دلیل وضعیت ویژگی‌های محلی در نقاط گوناگون، متفاوت بود. کاربری‌های زمین در منطقه شامل زراعت آبی، زراعت دیم، درخت‌کاری و باغ، نهال‌کاری، مرتع و چراگاه فصلی، زمین‌های حفاظت‌شده، مناطق مسکونی، رود و مسیل بود (ادارهٔ کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان فارس ۲۰۰۲).

آبخیز آب‌ماهی با مساحت ۱۵۸/۷ کیلومترمربع در فاصله ۸۲ کیلومتری شمال‌غربی شهرستان شیراز است. موقعیت جغرافیائی این منطقه در میان محدودهٔ ″۴۶ ′۱ °۵۲ تا ″۳۱ ′۱۴ °۵۲ طول شرقی و ″۲ ′۲۵ °۳۰ تا ″۵۷ ′۳۶ °۳۰ عرض شمالی است (شکل ۱). بیشینه و کمینهٔ بلندی این آبخیز به‌ترتیب ۳۰۷۰ و ۱۷۶۹ متر از سطح دریا است. بر پایهٔ بررسی‌های انجام‌شده در واحدهای آب‌شناختی آبخیز نامبرده، بیشترین و کمترین بارندگی سالانه ۱۰۶۵ و ۶۵۲ میلی‌متر است. بیشینهٔ بارندگی روزانه در این آبخیز نیز ۷۹ میلی‌متر

است. افزون بر این، بخشی از بارندگی آبخیز برف است که ضریب برف‌گیری سالانه ۰/۱۴ محاسبه شد (ادارهٔ کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان فارس ۲۰۰۲). آبخیز آب‌ماهی دارای ۴۰ زیرآبخیز اصلی و ۱۷ زیرآبخیز فرعی و آبخیز چیکان-مورزیان دارای ۱۲ زیرآبخیز است. که با توجه به پرشمار بودن زیرآبخیزها، زیرآبخیزهای ۹ و ۱۱ از آبخیز آب‌ماهی و زیرآبخیز F از آبخیز چیکان-مورزیان که بیشترین اقدامات آبخیزداری در آن‌ها انجام شده بود، انتخاب شد و محاسبات در این زیرآبخیزها انجام شد.

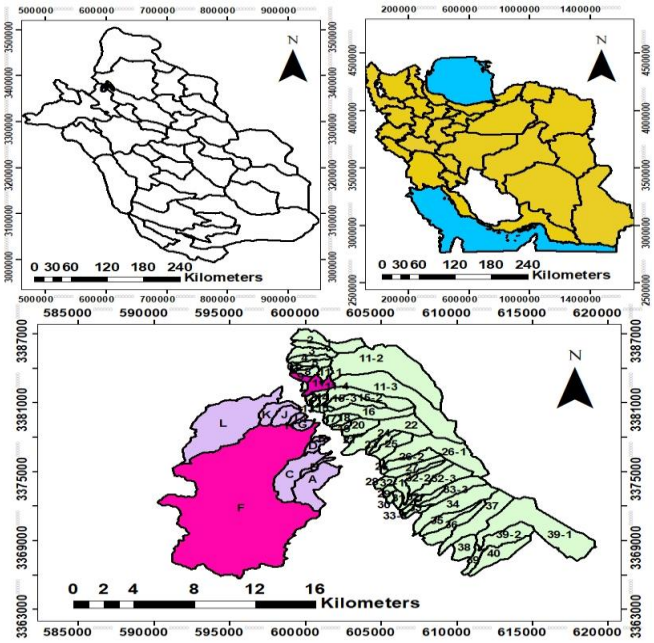
جدول ۱- مساحت و تعداد اقدامات سازه‌ای و زیستی آبخیزداری در آبخیزهای چیکان – مورزیان و آب‌ماهی.

Table 1- Area and Number of Structural and Biological Watershed Management Operations in the Chikan-Mourzian and Ab-Mahi Watershed.

Sub basin	Project Name	Area (hectares)
Chikan-Morzian	Medicinal Plants	9.95
	Forest Enrichment	6025.83
	Patch Planting	2679.47
	Afforestation	2598.37
	Medium-term Protection & Enclosure	11313.62
	Long-term Protection & Enclosure	493.48
	Enclosure	11807.10
Ab-Mahi	Direct Seeding	2000
	Protection & Enclosure	1035
Ab-Mahi Chikan-Morzian	Dry-Stone Check Dams	68 units
	Stone and Cement Check Dams	40 units
	Gabion Structures	20 units

روش پژوهش

مدل HEC-HMS به‌وسیلهٔ مرکز مهندسی آب ارتش ایالات‌متحده امریکا، برای تهیه آب‌نگار سیل ارائه شد. این مدل از مدل‌های ریاضی رایانه‌ای بود و شامل چندین زیر مدل در بخش‌های رواناب، جریان سطحی، آب‌پایه و جریان کانالی است. از این مدل برای شبیه‌سازی رفتار آب‌شناختی آبخیزها استفاده می‌شود. مدل نامبرده سه بخش اصلی به نام‌های مدل آبخیز، مدل اقلیمی و شاخص‌های مهارکننده دارد (یواس‌ای‌ای ۲۰۰۰). این پژوهش در دو آبخیز مشابه و همگن از نظر زمین‌شناسی، گیتاشناسی، اقلیم و پوشش‌گیاهی، در دو سناریو با و بدون اقدامات آبخیزداری انجام شد. محاسبات فیزیکی مربوط به مدل آبخیز انجام شد و آمار و اطلاعات لازم (بارش و سنجه‌های مد نظر، شمارهٔ منحنی میانگین وزنی، تلفات اولیه و زمان تأخیر) زیرآبخیزها تهیه شد. در مدل HEC-HMS برای تبدیل بارش به رواناب از روش SCS برای شرایط قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری استفاده شد. نقشهٔ شمارهٔ منحنی (CN) آبخیز، از تلفیق نقشه‌های گروه‌های آب‌شناختی خاک و کاربری زمین تهیه شد. با توجه به کوچک بودن مساحت زیرآبخیزها، برای برآورد زمان تمرکز و زمان تأخیر آن‌ها از روش کرپیچ استفاده شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مطالعه‌شده و زیرآبخیزهای بررسی‌شده در استان فارس و ایران.

Figure 1- Geographical location of the studied area and investigated sub watershed in the Fars Province and Iran.

تهیهٔ نقشهٔ گروه‌های آب‌شناختی خاک

برای تهیهٔ نقشهٔ گروه‌های آب‌شناختی خاک، از نقشهٔ خاکشناسی ارائه شده در گزارش مطالعات تفضیلی اجرایی ادارهٔ کل منابع‌طبیعی استان فارس مربوط به سال ۱۳۸۱ استفاده شد. در نقشهٔ خاکشناسی بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت خاک، ساختمان خاک، سنگریزه خاک، ژرفا، نوع سنگ‌بستر، سرعت نفوذپذیری خاک تحتانی و پوشش گیاهی و... در هر واحد تعیین‌شده است. با استفاده از این ویژگی‌ها و با تأکید بر بافت خاک، ژرفا و سرعت نفوذپذیری خاک تحتانی نقشهٔ گروه‌های آب‌شناختی خاک با توجه به تعاریف استاندارد گروه‌های خاک SCS تهیه شد (مهدوی ۲۰۰۷).

تهیهٔ نقشهٔ شمارهٔ منحنی آبخیز

برای تهیهٔ نقشهٔ CN آبخیز ابتدا نقشهٔ کاربری زمین با نقشهٔ گروه‌های آب‌شناختی خاک در محیط GISتلفیق شد. سپس، نقشه‌ای با واحدهای کوچک‌تر به‌دست آمد. این نقشه برای هر یک از زیرآبخیزها در حالت قبل از اقدامات زیستی بر اساس اطلاعات پایه سال ۱۳۸۱ و در حالت بعد از این اقدامات، با فرض ثابت بودن گروه‌های آب‌شناختی خاک، بر اساس نقشه کاربری زمین و اطلاعات پوشش گیاهی به‌دست آمده از برداشت‌های میدانی در سال ۱۴۰۱، تهیه شد. برای محاسبهٔ CN وزنی، شماره منحنی هر یک از واحدهای آبخیز با استفاده از جدول تعیین شماره منحنی در مساحت تحت پوشش آن ضرب شد. سپس، مجموع حاصل‌ضرب‌ها به مساحت کل تقسیم شد و شماره منحنی میانگین وزنی آبخیز با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد (مهدوی ۲۰۰۷).

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(CNi * Ai)}{\sum Ai} \quad (۱)$$

CN: شمارهٔ منحنی آبخیز، CNi: شمارهٔ منحنی هر کاربری و Ai: مساحت هر کاربری است.

تلفات آبخیز

در این پژوهش، محاسبهٔ تلفات رواناب آبخیز، از روش شبکه‌ای SCS یا روش عدد منحنی و با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه شد.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (۲)$$

P_e و P: به‌ترتیب بلندی بارش مؤثر و بلندی بارندگی (میلی‌متر) و Ia، تلفات اولیه (میلی‌متر) است و با استفاده از رابطهٔ ۳ محاسبه شد.

$$I_a = a.S \quad (۳)$$

A: ضریبی است که اندازهٔ آن ۰/۲ است (مزیدی و کوشکی ۲۰۱۵) و S: بیشترین ظرفیت ذخیره (میلی‌متر) است و با استفاده از رابطهٔ ۴ محاسبه شد.

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad (۴)$$

زمان تمرکز و زمان تأخیر

در این پژوهش، برآورد زمان‌های تمرکز و تأخیر به‌عنوان دو متغیر لازم برای اجرای مدل از روش کرپیچ و با استفاده از رابطه‌های ۵ و ۶ انجام شد.

$$T_c = 0.0195L^{0.77}S^{-0.385} \quad (۵)$$

$$T_l = 0.6T_c \quad (۶)$$

Tc : زمان تمرکز (دقیقه)، L: طول آبراهه اصلی (متر)، S: شیب آبراهه اصلی (متر به متر) و T_l: زمان تأخیر آبخیز (دقیقه) است.

محاسبهٔ رگبار طرح

برای تعیین پاسخ آبخیز در شرایط سیلابی و تک پدیده، مدل HEC-HMS نیازمند اطلاعات یک رگبار برای هر زیرآبخیز می‌باشد. با توجه به اینکه ایستگاه چمریز (نزدیکترین ایستگاه به هر دو آبخیز) بدون اطلاعات بارندگی در گام‌های زمانی کوتاه بود، اطلاعات رگبارهای طرح از منحنی شدت-مدت فراوانی منطقهٔ مطالعه‌شده و الگوی توزیع بارندگی رگباری در مناطق نیمه‌خشک ایران به‌دست آمد. در این راستا، بر اساس پژوهش توکلی و همکاران (۲۰۲۳) رگبارهایی با دوره بازگشت ۲۵ سال، با تداومی برابر با زمان تمرکز زیرآبخیزهای بررسی‌شده و مطابق با الگوی بارندگی ۵۰٪ در نیمه اول و ۵۰٪ در نیمه دوم بارش پیشنهادشده به‌وسیلهٔ اسفندیاری و همکاران (۱۴۰۱)، محاسبه شد.

ارزیابی آب‌شناختی اقدامات آبخیزداری

برای تعیین پاسخ آبخیز نسبت به رگبارهای طرح، با توجه به نوع اقدامات آبخیزداری سازه‌ای یا زیستی، تغییراتی در ورودی‌های مدل اعمال شد. سپس، رفتار سیلابی زیرآبخیزهای ۹ و ۱۱ از آبخیز آب‌ماهی و زیرآبخیز F از آبخیز چیکان–مورزیان (با بیشترین اقدامات آبخیزداری انجام‌شده)، شبیه‌سازی شد. در سناریوی بدون اقدامات، از اطلاعات موجود در گزارش مطالعات تفصیلی اجرایی آبخیز چیکان-مورزیان و آب‌ماهی که به‌وسیلهٔ اداره کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان فارس در سال ۱۳۸۱ تهیه شده بود، استفاده شد. در سناریوی با اقدامات سازه‌ای، ویژگی‌های آب‌شناختی با اثرگذاری روی شیب و زمان تمرکز آبخیز بررسی شد (روشنی ۲۰۰۲). در این راستا، شیب آبراهه اصلی بعد از اقدامات آبخیزداری، نیمی از شیب اولیه آبراهه، در نظر گرفته شد. سپس، زمان تمرکز از رابطه کرپیچ و زمان تأخیر بعد از عملیات محاسبه شد. باید توجه داشت که کاهش مستقیم شیب آبراهه اصلی به نیمی از اندازهٔ اولیه، به‌عنوان یک روش استاندارد و جهان‌شمول برای کمی‌سازی اثرات تمام انواع سازه‌های آبخیزداری، بدون یک رابطهٔ نظری مستحکم است. با این حال، این رویکرد به‌عنوان یک تقریب عملی و نمونه‌ای از تغییرات قابل توجه آبی ناشی از اجرای این سازه‌ها در نظر گرفته شده است. مبنای انتخاب این روش بر این نکته استوار است که سازه‌های آبخیزداری (مانند سدهای اصلاحی و ...) با ایجاد شکست در نیم‌رخ طولی، افزایش زبری، و ایجاد ذخیره موقت، به‌طور مؤثری شیب خط انرژی جریان و سرعت میانگین آن را کاهش می‌دهند (فینر و همکاران ۲۰۱۱؛ بویکس‌فایوس و همکاران ۲۰۰۸). از آنجایی که شیب آبراهه یک سنجه مهم در بسیاری از رابطه‌های رایج در محاسبه زمان تمرکز و زمان تأخیر است (میشرا و سینک ۲۰۰۳) و این سنجه‌ها مستقیماً بر شکل آب‌نگار تأثیرگذارند، کاهش شیب به‌عنوان یک متغیر جایگزین برای لحاظ کردن اثر تجمعی این سازه‌ها بر افزایش زمان پیمایش آب در آبراهه انتخاب شد. نتایج پژوهش‌های پرشماری نشان داده‌اند که این سازه‌ها سبب افزایش قابل توجه (گاهی بیش از ۵۰٪) زمان تأخیر آبخیز می‌شوند (لی و همکاران ۲۰۱۷؛ وانگ و همکاران ۲۰۲۲؛ یوان و همکاران ۲۰۲۲) که این نکته توجیه‌کننده لزوم یک تعدیل قابل توجه در سنجه‌های مؤثر بر زمان پیمایش مانند شیب است. در این پژوهش، انتخاب ضریب ۰/۵ به‌عنوان یک اندازهٔ شاخص برای نشان دادن این تأثیر شدید بود و هدف آن بررسی سناریویی است که در آن سازه‌ها به‌شکل مؤثری پاسخ آب‌شناختی آبخیز را کاهش داده‌اند. همان‌گونه که در کشور در پژوهش‌های پیشین نیز از این رویکرد استفاده‌شده است (نورعلی و قهرمان ۲۰۱۷؛ قرمزچشمه و همکاران ۲۰۲۰؛ قضاوی و امیدوار ۲۰۲۳). در سناریوی با اقدامات زیستی نیز تأثیر آب‌شناختی با تغییرات اندازه‌های میانگین وزنی CN زیرآبخیزها در زمان قبل و بعد از این اقدامات، بررسی شد. افزون بر

این، مدل در یک شرایط جداگانه با اعمال هم‌زمان اقدامات سازه‌ای و زیستی نیز اجرا و نتایج آن نیز بررسی شد.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی آثار اجرای اقدامات سازه‌ای آبخیزداری روی اندازه‌های زمان تأخیر، زمان تا اوج، آب‌دهی اوج و حجم سیل خروجی زیرآبخیزها در جدول ۲ ارائه‌شده است. این یافته‌ها بیان‌گر تغییر اندازهٔ زمان تأخیر در شرایط قبل و بعد از اجرای عملیات بود. به‌طوری که بیشترین تغییر زمان تأخیر در زیرآبخیز F (۲۸/۳۲ دقیقه) و کمترین اندازهٔ آن مربوط به زیرآبخیز ۹ (۴ دقیقه) بود. این اندازهٔ تغییر به‌دلیل عامل‌هایی مانند شیب، طول آبراهه اصلی، نفوذپذیری خاک و مساحت آبخیز بود. اثرگذاری اقدامات سازه‌ای در به‌تأخیر انداختن جریان سیلاب در زیرآبخیز F، به‌دلیل وسعت بیشتر و کم‌بودن شیب کلی و شیب آبراهه اصلی این آبخیز، بیشتر بود. بررسی اندازهٔ تغییر زمان تا اوج، در شرایط قبل و بعد از اجرای عملیات در زیر آبخیزهای ۱۱، ۹ و F به‌ترتیب ۱۰، ۱۰ و ۶۰ دقیقه بود. این تغییرات بیانگر نقش اقدامات سازه‌ای اجراشده در کاهش سرعت جریان آبراهه و افزایش زمان نفوذ آب به‌درون زمین بود که سبب تأخیر در جریان سیل و افزایش مدت زمان تمرکز آبخیز شد. این یافته با نتایج مؤذنی‌نقندر و همکاران (۲۰۲۲) مبنی بر بررسی اثرات اجرای اقدامات آبخیزداری بر رواناب و فرسایش خاک هم‌راستا است. این پژوهشگران دریافتند که اقدامات آبخیزداری باعث افزایش زمان به اوج رسیدن سیلاب به اندازهٔ ۶۰ و ۳۰ دقیقه و کاهش آب‌دهی اوج به اندازهٔ ۵۴ و ۲۸٪ به‌ترتیب برای دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ ساله شدند. نتایج بررسی آب‌دهی اوج نشان داد که بیشترین و کمترین تغییرات آب‌دهی جریان قبل و بعد از اجرای اقدامات آبخیزداری به‌ترتیب مربوط به زیرآبخیز F (۲۷/۷ مترمکعب بر ثانیه) و زیرآبخیز ۹ (۳/۵ مترمکعب بر ثانیه) بود. اجرای اقدامات سازه‌ای بر اندازهٔ رواناب خروجی بی اثر بود (جدول ۲). در این راستا، در استان گلستان، مصطفی‌زاده و همکاران (۲۰۰۸) اثرات اقدامات سازه‌ای آبخیزداری بر آب‌دهی اوج را در دو آبخیز رودبار قشلاق و جعفرآباد بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که بندهای اصلاحی سبب کاهش آب‌دهی اوج از ۰ تا ۱/۲ مترمکعب بر ثانیه شدند در حالی که بر کاهش حجم سیلاب خروجی آبخیز بی اثر بودند. نتایج این پژوهشگران با یافته‌های این پژوهش هماهنگی دارد. در پژوهشی، وانگ و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از یک مدل آب‌پویایی آثار بندهای اصلاحی را بر ویژگی‌های سیلاب آبخیز بررسی کردند و دریافتند که اجرای سازه‌های آبخیزداری سبب کاهش قابل توجه جریان سیل و افزایش نفوذ رواناب در مناطق بالادست سدها شدند. در آبخیزی در فلات لس چین، یوان و همکاران (۲۰۱۹) اقدامات آبخیزداری را ارزیابی کردند. آن‌ها دریافتند که اقدامات آبخیزداری باعث کاهش چشم‌گیر آب‌دهی اوج و حجم سیل شدند که با یافته‌های این پژوهش هم‌راستا است.

جدول ۲- اندازه‌های زمان تأخیر، زمان تا اوج، آب‌دهی اوج و حجم سیل خروجی زیرآبخیزها در دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله در شرایط قبل و بعد از اقدامات سازه‌ای.

Table 2- Values of lag time, time to peak, peak discharge, and flood output volume for the sub-watersheds during a 25-year return period under both pre- and post-structural watershed management conditions.

Subbasin	Lag time (min)		Time to Peak (min)		Flood volume (mm)		Peak discharge (m^3/s)	
	Before	after	Before	after	Before	after	Before	after
9	13.09	17.09	50	60	13.02	13.02	5.4	2
11	54.53	71.21	270	290	12.93	12.88	79.7	67.8
F	92.58	120.9	300	360	23.94	23.94	197.5	169.8

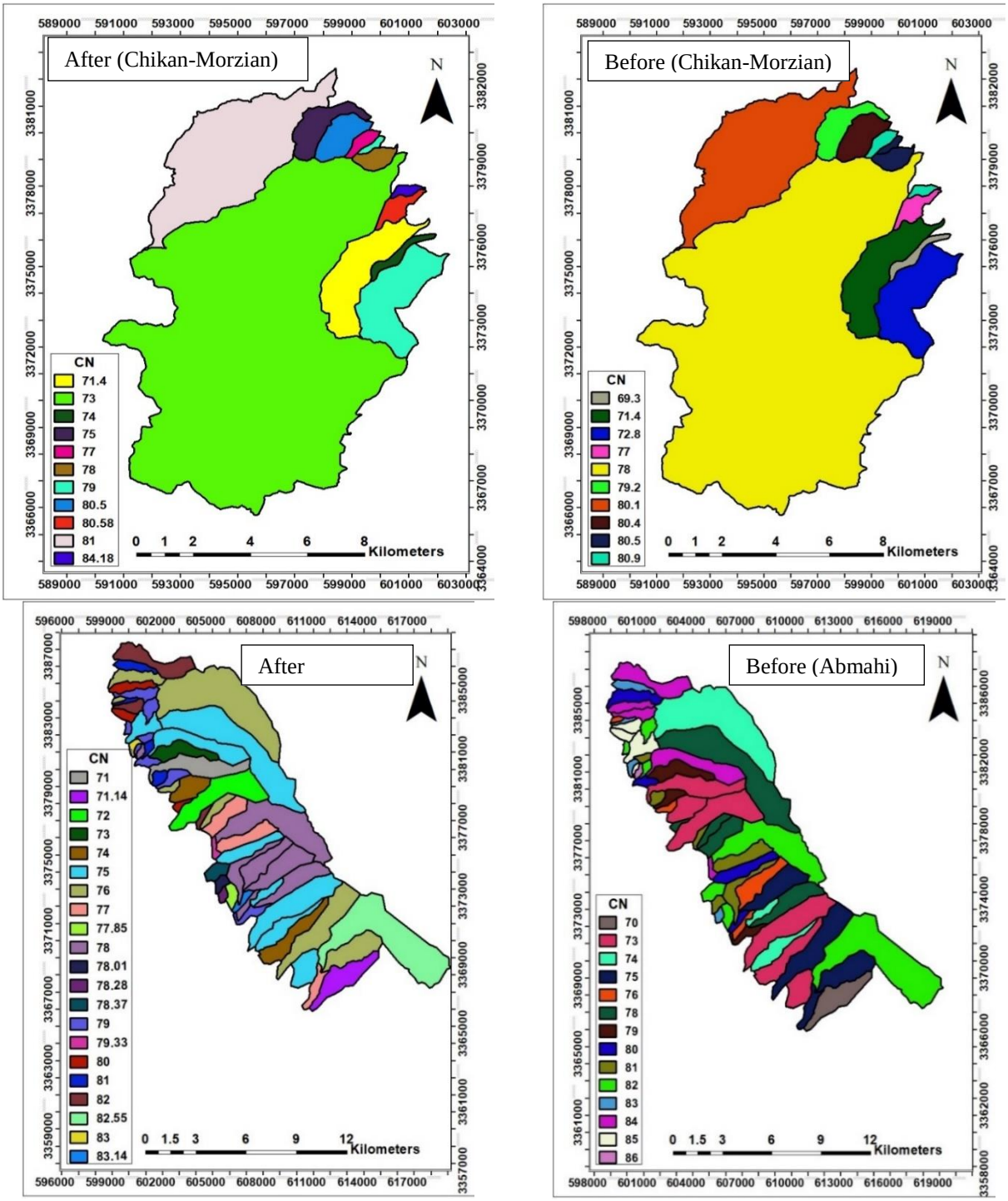
نتایج بررسی آثار اقدامات زیستی آبخیزداری

در این پژوهش، نتایج اقدامات زیستی آبخیزداری بیانگر کاهش CN در زیرآبخیزهای ۱۱، ۹ و F به‌ترتیب ۱۰، ۵ و ۵ در شرایط قبل و بعد از اجرای اقدامات بود (شکل ۲). اندازه‌های شمارهٔ منحنی، زمان تا اوج، آب‌دهی اوج و حجم سیلاب خروجی زیرآبخیزها در دوره بازگشت ۲۵ ساله در شرایط قبل و بعد از اقدامات زیستی در جدول ۳ ارائه‌شده است. کاهش CN به‌عنوان شاخصی از ظرفیت تولید رواناب سطحی، بیانگر افزایش ظرفیت نفوذ آب به خاک و کاهش اندازهٔ رواناب ناشی از بارش پس از اجرای اقدامات زیستی بود. این تغییرات در CN به‌شکل مستقیم سبب کاهش آب‌دهی اوج سیلاب در این زیرآبخیزها شد. به‌طوری که آب‌دهی اوج از ۷۹/۷، ۵/۴ و ۱۹۷/۵ مترمکعب بر ثانیه به ۷۵/۸، ۳/۵ و ۱۴۷/۷مترمکعب بر ثانیه کاهش یافت. کاهش قابل توجه حجم رواناب نیز از دیگر دستاوردهای اجرای اقدامات زیستی در این پژوهش بود. نتایج نشان داد که حجم رواناب در زیرآبخیزهای ۹، ۱۱ و F ، به‌ترتیب از ۱۳/۰۲، ۱۲/۹۳ و ۲۳/۹۴ به ۸/۴۶، ۱۱/۹۱ و ۱۷/۷۲ میلی‌متر کاهش یافت (جدول ۳). کاهش حجم رواناب، به‌دلیل تأثیر بیشتر اقدامات سازه‌ای بود. این یافته بیانگر نقش مهم پوشش گیاهی و مدیریت کاربری زمین در کاهش تولید رواناب سطحی است. نتایج نشان داد که اثر اقدامات زیستی بر زمان تا اوج سیلاب معنادار نبود. در حالی که این اقدامات، سبب کاهش قابل توجه آب‌دهی اوج و حجم رواناب شدند. از سوی دیگر، بر افزایش سرعت جریان به نقطه خروجی آبخیز، بی اثر بودند. این یافته‌ها با نتایج پژوهش نجفی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر ارزیابی آثار اقدامات آبخیزداری با استفاده از مدل HEC-HMS در آبخیز رامیان، هم‌راستا است. نتایج آن‌ها نشان داد که سیلاب در دوره‌های بازگشت گوناگون کاهش‌یافت؛ به‌گونه‌ای که بیشترین کاهش آب‌دهی اوج و حجم جریان به‌ترتیب در دوره‌های بازگشت ۱۰ و ۲۰ ساله رخ داد و با افزایش دوره بازگشت، آثار اقدامات آبخیزداری بر سیلاب کاهش یافت. افزون بر این، بیشترین کاهش سیلاب به‌دلیل اقدامات زیستی انجام‌شده بود و اثر اقدامات سازه‌ای در آبخیز رامیان ناچیز بود. در مجموع، آثار اقدامات آبخیزداری بر سیل‌خیزی آبخیز رامیان مثبت ارزیابی شد. در پژوهشی، قطب‌الدین و همکاران (۲۰۱۹) نقش اقدامات آبخیزداری بر ویژگی‌های آبنمود سیل را بررسی کردند و دریافتند که اجرای اقدامات زیستی باعث کاهش آب‌دهی اوج و حجم سیل شد. این یافته‌ها با نتایج این پژوهش هماهنگی دارد. در قم، فروتن (۲۰۲۱) آثار اقدامات زیستی بر سیل‌خیزی در آبخیز پردیسان را بررسی و گزارش کرد که اجرای اقدامات‌های آبخیزداری باعث کاهش سیل در آبخیز نامبرده شد که با یافته‌های این پژوهش هم‌راستا است. بررسی نتایج دو رویکرد نشان داد که اثر اقدامات سازه‌ای بر افزایش زمان تأخیر و کاهش آب‌دهی اوج بیشتر بود. در حالی که نقش اقدامات زیستی بر کاهش حجم رواناب خروجی مهم‌تر بود. این نتایج بر اهمیت تلفیق اقدامات زیستی و سازه‌ای در برنامه‌های جامع مدیریت آبخیزداری برای دستیابی به اهداف پایدار در مهارکردن سیلاب و حفاظت از منابع آب و خاک تأکید دارد.

جدول ۳- اندازه‌های شمارهٔ منحنی، زمان تا اوج، آب‌دهی اوج و حجم سیلاب خروجی زیرآبخیزها در دوره بازگشت ۲۵ ساله در شرایط قبل و بعد از اقدامات زیستی.

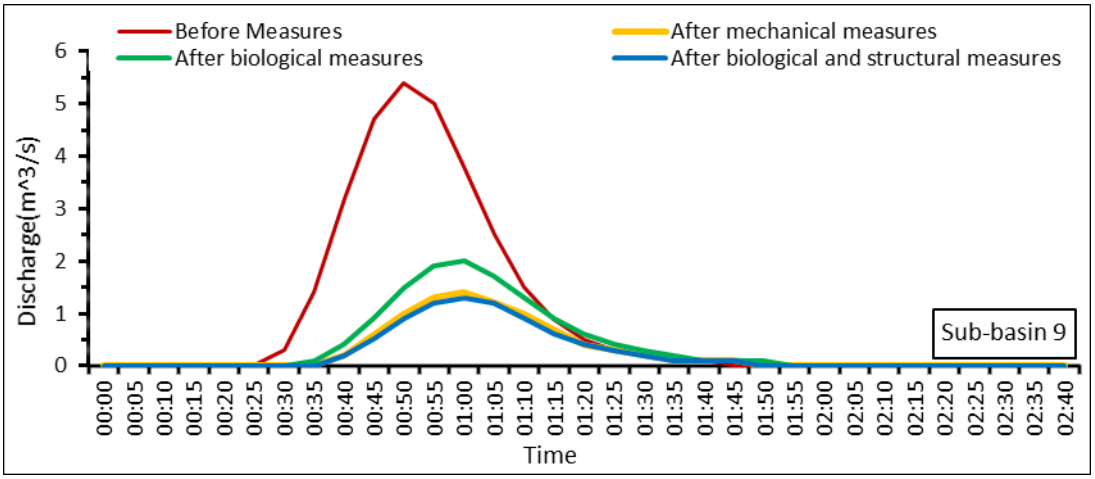
Table 3- Values of Curve number, Time to peak, flood volume of the sub-basins in the 25-year return period before and after the biological measures.

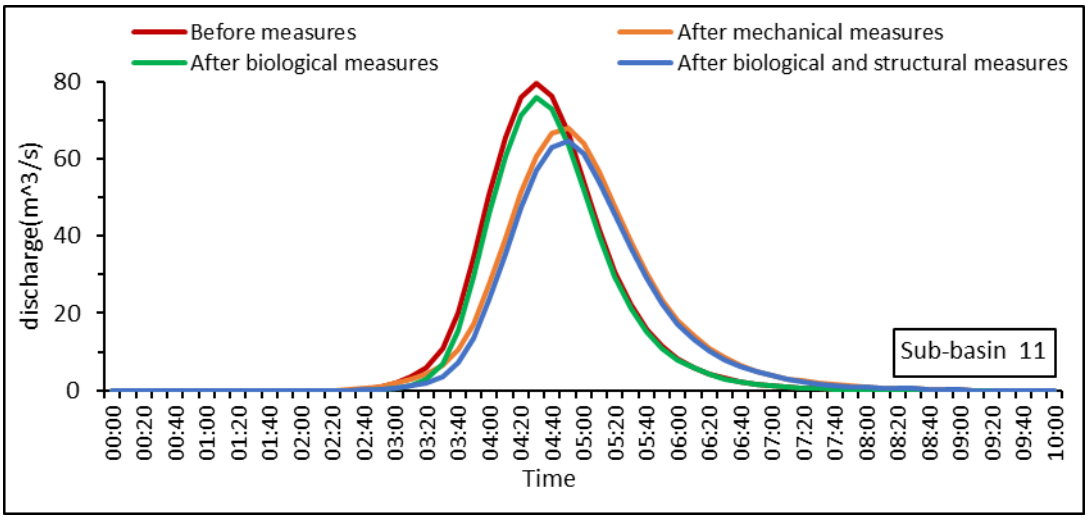
Subbasin	Curve number		Time to Peak (min)		Flood Volume (mm)		Peak discharge (m^3/s)	
	Before	after	Before	after	Before	after	Before	after
9	85	80	50	50	13.02	8.46	5.4	3.5
11	85	75	270	270	12.93	11.91	79.7	75.5
F	78	73	300	300	23.94	17.72	197.5	147.7

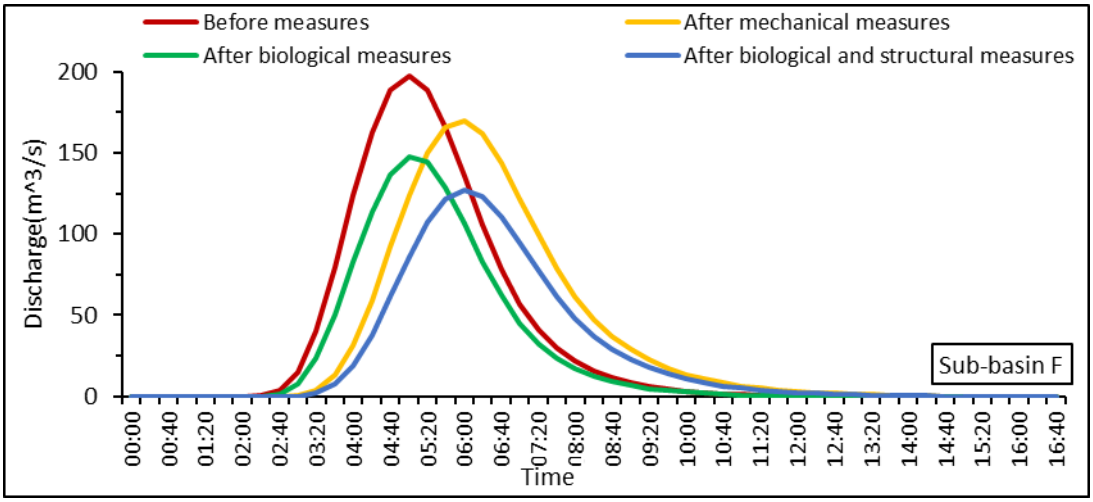


شکل ۲- نقشهٔ CN زیرآبخیزهای چیکان- مورزیان و آب‌ماهی در شرایط قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری.

Figure 2- CN map of the Chikan-Morzian and Ab-Mahi sub- watershed before and after the watershed management measures.







شکل ۳- آب‌نگار سیلاب برای رگبار با دوره بازگشت ۲۵ ساله در شرایط پیش و پس از اقدامات آبخیزداری.

Figure 3 - The flood hydrograph for the 25-year return period barrage in the conditions before and after the watershed management activities.

شبیه‌سازی رفتار سیلاب برای دورهٔ بازگشت ۲۵ ساله بر پایهٔ منحنی IDF با گام‌های زمانی (۱۸۰، ۹۰ و ۳۰ دقیقه) برای زیرآبخیزهای F9 و ۱۱ و تغییرات آب‌نگار در شرایط قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری در شکل ۳ نشان‌داده شده است. بر اساس نتایج این پژوهش، به‌رغم کاهش آب‌دهی اوج بعد از اقدامات آبخیزداری، زمان تا اوج سیل افزایش یافت. این یافته به‌دلیل کاهش شیب، افزایش ذخیرهٔ حجم رواناب و افزایش پوشش گیاهی بود. با توجه کاهش سرعت جریان و افزایش ذخیره‌سازی آب در آبخیز، شکل آب‌نگار سیلاب تخت‌تر شد. این تغییر به‌عنوان یک ویژگی مطلوب در مدیریت سیلاب، بیانگر تخلیه سیلاب در مدت زمان بیشتر بود. از سوی دیگر، رخداد سیلاب‌های ناگهانی و شدید به جریان‌های ملایم‌تر و پایدارتر تبدیل شد. کاهش آب‌دهی اوج و افزایش زمان تأخیر سبب کاهش قابل توجه خسارت‌های سیل شد و زمان بیشتری برای مدیریت و مقابله با آن فراهم شد. در مجموع، یافته‌های این پژوهش بیانگر آن بود که اقدامات سازه‌ای و زیستی تأثیر به‌سزایی بر ویژگی‌های آب‌شناختی آبخیز مطالعه‌شده داشت. با این حال، اندازهٔ تأثیر این اقدامات به ویژگی‌های خاص هر زیرآبخیز و نوع و مقیاس اقدامات اجراشده، بستگی دارد. به این دلیل، در نظر گرفتن ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر آبخیز در برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های آبخیزداری اهمیت زیادی دارد. نتایج شبیه‌سازی، نشان‌دهندهٔ آثار متفاوت انواع اقدامات آبخیزداری بر کاهش آب‌دهی اوج بود. بر اساس شکل ۳، اقدامات سازه‌ای-زیستی ترکیبی و اقدامات صرفاً سازه‌ای سبب بیشترین کاهش آب‌دهی اوج سیلاب طراحی‌شده، شدند. این یافته بر اهمیت در نظر گرفتن نوع و ترکیب اقدامات آبخیزداری در برنامه‌ریزی‌های مدیریت سیلاب تأکید دارد. اقدامات سازه‌ای با ایجاد موانع فیزیکی در مسیر جریان و کاهش مستقیم سرعت آن، و اقدامات زیستی با افزایش نفوذ و ذخیره آب، به‌طور هم‌افزا در کاهش آب‌دهی اوج سیلاب‌های بزرگ نقش دارند. این موضوع نیازمند بررسی دقیق‌تر ساز و کارهای عملکرد هر یک از این اقدامات در شرایط آبخیز مطالعه‌شده است. در پژوهشی بروکز و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که مدیریت آبخیز با تغییر پوشش گیاهی و اجرای ساختارهای آبخیزداری سبب تعدیل معنادار پاسخ آب‌شناختی آبخیز شد. این یافته‌ها با نتایج این پژوهش هم‌راستا است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، آثار اقدامات آبخیزداری بر ویژگی‌های سیل (آب‌دهی اوج، اندازهٔ رواناب خروجی و زمان تا اوج) ارزیابی شد. در این راستا، سازه‌های آبی آبراهه‌ای و اقدامات زیستی بررسی شد. نتایج پژوهش بیانگر آثار چشم‌گیر اقدامات آبخیزداری بر توسعه مدیریت سیل بود. نتایج نشان داد که سازه‌های آبخیزداری در کاهش آب‌دهی اوج و افزایش زمان تا اوج، اثرگذار بودند اما، بر اندازهٔ رواناب خروجی بی اثر بودند. افزون بر این، نتایج نشان داد که به‌دلیل اجرای اقدامات زیستی آبخیزداری رواناب خروجی و آب‌دهی اوج کاهش یافت. اما این اقدامات بر زمان تا اوج بی اثر بودند. اقدامات آبخیزداری، به‌ویژه با رویکرد مدیریت بوم‌نظامی و تلفیق اقدامات سازه‌ای و زیستی، ابزار کارآمدی در کاهش خطر سیلاب، حفاظت خاک و بهبود مدیریت منابع آب در آبخیزهای مطالعه‌شده بود. توسعه و اجرای برنامه‌های جامع مدیریت آبخیز بر مشارکت جوامع محلی و سودبران تأکید دارد و در دستیابی به اهداف پایدار و پایش و ارزیابی پیوسته اثرات طرح‌های آبخیزداری بر شاخص‌های آب‌شناختی، بوم‌شناختی و اجتماعی، برای انطباق با شرایط متغیر و بهبود عملکرد طرح‌ها ضروری است. پیشنهاد می‌شود از نتایج این پژوهش، برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در اجرای طرح‌های مشابه در دیگر آبخیزها استفاده شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود با انجام پژوهش‌های بیشتر در زمینه مدل‌سازی آب‌شناختی و با استفاده از مدل‌های پیچیده‌تر و داده‌های بیشتر درک بهتری از فرآیندهای آب‌شناختی فراهم کرد. برای دستیابی به پیش‌بینی دقیق‌تر رفتار سیلاب، پایش و ارزیابی پیوسته طرح‌های آبخیزداری، تقویت مشارکت جوامع محلی، پیشنهاد می‌شود طرح‌های مشابه در دیگر

مناطق با شرایط اقلیمی و گیتاشناسی مشابه نیز اجرا شود تا بتوان از نتایج به‌دست آمده در تصمیم‌گیری‌ها و بهبود مدیریت آبخیز استفاده کرد.

سپاسگزاری

از همکاری ادارۀ کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان فارس که نویسندگان مقاله را در انجام مراحل گوناگون این پژوهش (در اختیار قرار دادن داده، تهیۀ وسیلۀ نقلیه برای انجام بازدیدهای میدانی) یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

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

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه‌شده است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: بازدید میدانی، جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماری، نگارش مقاله، بررسی نتایج

نویسنده دوم: راهنمایی، مفهوم‌سازی، بازدید میدانی، بازبینی و تنظیم نهایی متن مقاله، بررسی نتایج

نویسنده سوم: پیشنهاد موضوع، مفهوم‌سازی، راهنمایی، بررسی نتایج

فهرست منابع

https://doi.org/10.22131/sepehr.2022.251061

General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province. 2002. Detailed executive studies report of the watersheds of Ab-Mahi and Chikan - Morzyan.

Ghazavi R, Omidvar E. 2023. Evaluation of the effects of constructed rehabilitation dams on maximum and volume of watershed discharge. Journal of Technical Strategies in Water Systems. 1(1): 55-67. (In Persian).
https://www.magiran.com/p2661313

Ghermermezcheshmeh B, Nikcheh frahani S O, Agha Razi H. 2019. Effects of watershed management practices on some of flood characteristics change in Haftan Watershed. Journal Watershed Management Research. 10(19):106-116.
https://doi.org/10.29252/jwmr.10.19.106

Ghotbaldin F, Nohtani M, Dehghani M. 2019. Role of watershed management Practices on Flood Hydrograph Characteristics (Case Study: Kakhk Paired Watershed). Watershed Management Research Paper: 10(19): 204-210. (InPersian).
https://doi.org/10.29252/jwmr.10.19.204

Li E, Mu X, Zhao, G, GAO P, Sun W. 2017. Effects of check dams on runoff and sediment load in a semi-arid river basin of the Yellow River. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. Pp.1791-1803.

López-Moreno JI, Beguería S, García-Ruiz JM. 2002. Influence of the Yesa reservoir on Floods of the Aragón River Central Spanish

Brooks KN, Ffolliott PF, Magner JA. 2012. Hydrology and the management of watersheds. John Wiley and Sons. 4th Edition. 560 p.

Boix-Fayos C, de Vente J, Martínez-Mena M, Barberá GG, Castillo V. 2008. The impact of land use change and check-dams on catchment sediment yield. Hydrological Processes: An International Journal. 22(25): 4922-4935.

Ekhtezaei MR, Chazgi J, Khajoui M. 2021. Evaluating watershed management projects and providing appropriate strategies and solutions for their development using SWOT and AHP models in arid and semi-arid regions. Watershed Engineering and Management. 13(1): 55-64. (In Persian).
https://doi:org/10.22092/ijwmse.2020.127843.1721

Esfandyari Darabad F, Pourganji Z, Mostafazadeh, R, Aghaie M. 2022. Comparison of effective rainfall conversion methods to surface runoff in flood hydrographic simulation of Nanehkaran Watershed, Ardabil Province. Hydrogeomorphology. 9(32): 86-63.

Fiener P, Auerswald K, Van Oost K. 2011. Spatio-temporal patterns in land use and management affecting surface runoff response of agricultural catchments-A review. Earth-Science Reviews. 106(1-2): 92-104.

Foroutan E. 2021. Evaluation of the effect of biological watershed management measures on flood Risk-Case study: Pardisan Watershed in Qom Province. Quarterly Scientific-Research Journal of Geographic Information "Sepehr", 30(120):171-186. (In Persian).

Pyrenees. Hydrology and Earth System Sciences. 6(4): 753-762.

Ma T, Liu B, He L, Dong L, Yin B, Zhao Y. 2024. Response of soil erosion to vegetation and terrace changes in a small watershed on the Loess Plateau over the past 85 years. Geoderma, 443, 116837.
https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116837

Mahdavi M. 2007. Applied hydrology (Volume 2). 8th Edition, Tehran University Press. 427 p. (In Persian). http://press. Ut.ac.ir

Mazidi A, Kooshki S. 2015. Simulation of rainfall-runoff process and estimate of flood with HEC-HMS model in Khorramabad Catchment Area. Journal of Geography and Developmen. 13(41): 1-10. (In Persian).
https://doi.org/10.22111/gdij.2015.2236

Memarian Khalil Abad H, Yousefi M, Aghakhani Afshar AM. 2017. Identification and separation of flooding source regions and investigating the impact of watershed management operations on the peak discharge (Case study: Bar Watershed, Neyshabour, Iran). Journal of Water and Soil Conservation Research.25(1):35-59. (In Persian).
https://doi.org/10.22069/jwsc.2017.12528.2723

Mishra SK, Singh VP. 2013. Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. Springer Science and Business Media. 514 p.

Moazeni Noghondar SR, Alikhani F, Hatami Yazd A. 2022. Assessment of the effect of watershed management operations on runoff and soil erosion (Case study: Nakhab Boshrouyeh Basin). Pasture and Watershed Scientific-Research Journal. 75(2):317-299. (In Persian).
https://doi.org/10.22059/jrwm.2022.335726.1632

Moore CM. 1969. Effects of small structures on peak flow in: effects of watershed changes on stream flow. Texas Press. pp. 101-117.

Mostafazadeh R, Sadoddin A, Bahremand A, Mostafazadeh R, Saadeddin A, Bahramand A R, Bardi Sheikh V. 2009. Assessing hydrological effects of Jafar-Abad Watershed management project in Golestan Province using HEC-HMS model. In Proceedings of the Fifth National Conference on Watershed Science and Engineering of Iran. Gorgan, Iran, April 2009. pp. 1–12. (In Persian).
https://civilica.com/doc/87190.
https://doi.org/20.1001.1.22519300.1389.2.2.3.2

Najafinejad A, Telvari A, Tajiki M. 2018. Evaluation of watershed management measures on flooding using HEC-HMS model in Ramian watershed. Iran Water Research. 12(3): 19-26. (In Persian). http://iwrj.sku.ac.ir

Noorali M, Ghahraman, B. 2016. Assessment of Watershed Management Projects on Flood Hydrograph using HEC-HMS Model (Case Study: Goosh-Bahreh Watershed). Journal Watershed Management Research. 7(13): 71-60. (In Persian).
https://doi.org/10.18869/acadpub.jwmr.7.13.71

Noori H. 2024. Evaluating the effectiveness of watershed projects on peak flood discharge (Case study: Hossein Abad Jiroft Watershed). Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 18(64): 76-89. (In Persian).

Radwan A. 1999. Flood Analysis and Mitigation for Area in Jordan. Journal of Water Resources and Management. 125 (3): 170-177.

Roo AD, Schmuck G, Perdigao V, Thielen J. 2005. The influence of historic land use changes and future planned land use scenarios on floods in the Oder catchment. Physics and Chemistry of the Earth. 28(28): 1291 -1300.

Shieh Ch L, Guh Y R, Wang Sh. 2007. The application of range of variability approach to the assessment of a checkdam on riverine habitate alteration. Environmental Geology. 1(52):427-435.
https://doi.org/10.1007/s00254-006-0470-3

Shokoohi AR. 2007. Assessment of Urban Basin Flood Control Measures Using Hydrogis Tools. Journal of Applied Science. 7(13): 1726-1733. (In Persian).
https://doi.org/10.3923/jas.2007.1726.1733P
URL: http://jwmsei.ir/article-1-1150-fa.html

Tavakoli M, Kohzadi M, Ebrahimi H. 2023. Evaluation and Prediction of the Effects of Watershed Check Dams on Peak Flows (Case Study: Gol-Gol Watershed, Ilam). Integrated Watershed Management. 3(2): 67-79. (In Persian).
https://doi.org/10.22034/iwm.2023.2002536.1078

USACE 2000. HEC-HMS. Technical Manual. Hydrological Engineering Center, Davis, CA. 187 p.

Wang T, Hou J, Li P, Zhao J, Li Z, Matta E, Hinkelmann R. 2021. Quantitative assessment of check dam system impacts on catchment flood characteristics–a case in hilly and gully area of the Loess Plateau, China. Natural Hazards. 105(3): 3059-3077.

Woldearegay K, Grum B, Hessel, R, Steenbergen F, Fleskens L, Yazew E, Tamene L, Mekonnen K, Reda T, Haftu M. 2024. Watershed management, groundwater recharge and drought resilience: An integrated approach to adapt to rainfall variability in northern Ethiopia. Jornal of International Soil and Water Conservation, Research. 12(3):663-683. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.08.009

International Soil and Water Conservation Research. 10(1): 86-98.

Yuan S, Li Z, Li P, Xu G, Gao H, Xiao L, Wang T. 2019. Influence of check dams on flood and erosion dynamic processes of a small watershed in the Loess Plateau. Water. 11(4): 834-850. https://doi.org/10.3390/w11040834.

Yoshikawaa N, Nagaob N, Misawac, S. 2010. Evaluation of the flood mitigation effect of a Paddy Field Dam project. Agricultural Water Management. 97(2): 259-270. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.09.017

Yuan S, Li Z, Chen L, Li P, Zhang Z, Zhang, J, Wang A. 2022. Effects of a check dam system on the runoff generation and concentration processes of a catchment on the Loess Plateau.

Fars Agricultural and Natural Resources and Education Center

Watershed Management Research

ISSN: 2981- 2038

Agricultural Research, Education and Extension Organization

Assessment of the Impact of Watershed Management Measures on Flood Characteristics in the Ab-Mahi and Chikan-Morzian Watersheds, Fars Province

Roya Ghahremani[1], Ebrahim Omidvar[2], Siamak Dokhani[3]

1- Ph.D. Graduated in Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

2- Associate Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

3- Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

Extended Abstract

Introduction and Goal

Today, in countries, evaluating watershed management project is one of the most fundamental aspects of future planning for implementation projects and natural resource management. Therefore, given the long-term history of implementing watershed management projects in the country, it is necessary to evaluate and examine the effects of these projects. However, the lack of necessary equipment to measure and recording changes in watersheds has made the use of hydrological distributed models to simulate watershed behavior before and after watershed management activities an effective tool in achieving these goals. Today, use the capabilities of hydrological models in simulating the effectiveness of management activities plays a decisive role in the decision-making process. Therefore, this study was conducted using the HEC-HMS model to evaluate the effects of implemented watershed management activities on peak flow, time to peak, and flood volume in the Ab-Mahi and Chikan-Morzian watersheds. To determine the impact of structural and biological measures, concentration time, channel slope, and curve number were calculated before and after activities were implementation.

Materials and Methods

In this study, the effects of structural measures (gabion check dams, stone and cement structures, dry-stone terraces) and biological (almond cultivation, fencing, and control sample) watershed management measures on hydrological indicators (time to peak, peak discharge, and flood volume) in two watersheds: Ab-Mahi and Chikan-Morzyan, within the Doroodzan Dam watershed. Then, rainfall and runoff simulations were performed using the HEC HMS model in two scenarios with and without watershed management measures.

Article Type: Research Article

***Corresponding Author's E-mail:** ebrahimomidvar@gmail.com

Citation: Ghahremani, R., Omidvar, E., Dokhani, S. 2025. Assessment of the Impact of Watershed Management Measures on Flood Characteristics in the Ab-Mahi and Chikan-Morzian Watersheds, Fars Province. Watershed Management Research. 38(3): 120-137.

DOI: 10.22092/wmrj.2025.368121.1609

Received: 02 January 2025, **Received in revised form:**18 April 2025, **Accepted:** 21 June 2025

Published online: 23 September 2025

Watershed Management Research, Vol. 38, No.3, Ser. No: 148, Autumn 2025, pp. 120-137.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources and Education Center

©Author(s)

CC BY

In the scenario without watershed management measures, the necessary data were obtained from detailed operational surveys collected by the General Department of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province. In the scenario with watershed management measures, the hydrological effects of structural measures were evaluated by their impact on watershed slope and concentration time, while the effects of biological measures were assessed through changes in the weighted mean Curve Number (CN) of sub-watersheds before and after implementation. Then, the physical indicators of the watershed (watershed area, weighted mean curve number (CN), initial losses, and delay time) were calculated. In order to convert rainfall into runoff, the SCS method was applied for both scenarios before and after the implementation of watershed management measures. The CN map was prepared based on the integration of soil hydrological and land use group data in the ARC GIS 10.8 software. Also, the concentration time was calculated using the Kirpich method.

Results and Discussion

The results of evaluating the impact of watershed management measures in the studied watershed reveal various aspects of their effects on the hydrological behavior of the watershed. The results of this study showed that the implementation of structural watershed management measures caused a significant change in the amount of delay time in conditions before and after the implementation of the operation. So that the largest change in delay time was related to sub-watershed F (28.32 min) and the smallest change was related to sub-watershed 9 (4 min). This amount of change was due to slope, main channel length, soil permeability, and watershed area, etc. The amount of the change in peak time before and after the implementation of practices in sub-watersheds 11, 9, and F were 10, 10, and 60 min, respectively. The largest number of structures was in these sub-watersheds, and the results showed the effects of implementing the structures. Moreover, the greatest and smallest changes in streamflow before and after the watershed management interventions corresponded to sub-watersheds F (27.7 m^3/s) and 9 (3.5 m^3/s), respectively. The implementation of structural measures had no significant effect on runoff volume. In this study, the assessment of biological watershed management measures demonstrated that these measures reduced the Curve Number (CN). The reduction in CN before and after the interventions in sub-watersheds 11, 9, and F was 10, 5, and 5, respectively. This reduction led to a decrease in peak discharge from 79.7, 5.4, and 197.5 m^3/s to 75.8, 3.5, and 147.7 m^3/s, respectively. Furthermore, the application of biological measures resulted in a considerable reduction in runoff volume. However, they had no impact on time to peak. Overall, the effects of biological interventions on reducing runoff volume were greater than those of structural measures.

Conclusions and Suggestions

In this study, the effects of watershed management measures on flood characteristics (peak discharge, outflow runoff amount, and time to peak) were evaluated, and waterway structures and biological measures were examined. The results indicated that watershed management structures were effective in reducing flood peak discharge and increasing the time to peak. However, their effect on the total runoff volume was not statistically significant. Furthermore, the assessment of biological practices demonstrated a significant impact on reducing both runoff volume and peak discharge, while no considerable effect was observed on the time to peak. These findings highlight the importance of integrating structural and biological measures within integrated watershed management. Combining these two approaches increased the effectiveness of measures taken in flood control, soil conservation, and water resource management. Therefore, it is suggested that similar projects be carried out in other regions with similar climatic and hydrological conditions so that the results obtained can be used in decision-making and improving watershed management.

Keywords: Ab-Mahi and Chikan-Morzian watersheds, biological practices, HEC-HMS model, peak discharge, Runoff

Article Type: Research Article

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the cooperation of the General Department of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province, who supported the authors of this article in various stages of the present research (providing data and arranging transportation for field visits).

Conflicts of interest

Conflicts of interest the authors of this article declare that there are no conflicts of interest regarding the writing and publication of the content and results of this research.

Data Availability Statement

All information and results are presented in the text of the article.

Authors' Contribution

Author 1: Field visits, data collection and preparation, software/statistical analyses, manuscript writing, and results verification

Author 2: Guidance, conceptualization, field visits, reviewing and finalizing the manuscript, and results analysis

Author 3: Proposing the topic, conceptualization, supervision, and review of results