

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز حسین‌آباد جیرفت بین $57^{\circ} 34' 58''$ تا $57^{\circ} 43' 51''$ طول شرقی و $28^{\circ} 19' 13''$ تا $28^{\circ} 26' 34''$ عرض شمالی واقع شده است. وسعت حوضه آبخیز $11258/68$ هکتار است. همچنین شیب متوسط وزنی حوضه برابر $17/83$ درصد به دست آمده است. بیش از 60 درصد کاربری منطقه را مرتع تشکیل می‌دهد که گونه کنار تیپ غالب آن است. در این مطالعه از مدل HEC-HMS نسخه $3.1.0$ برای شبیه‌سازی بارش - رواناب استفاده شده است. هم‌چنین از داده‌های 20 ایستگاه کلیماتولوژی با دوری آماری مشترک 30 (۱۳۹۵-۱۳۶۶) ساله استفاده شد. به منظور محاسبه میزان تلفات از روش انجمن حفاظت خاک آمریکا (SCS) در مدل HEC-HMS استفاده شده است. میزان رواناب (Q) به بارندگی (P) و حجم نگهداشت آب در داخل خاک بستگی دارد. در منطقه مورد مطالعه، در تمام سیلاب‌ها همواره رواناب (Q) کم‌تر یا مساوی بارندگی (P) است. به‌طور مشابه پس از وقوع رواناب، مقدار واقعی نگهداشت آب (Fa) کمتر یا مساوی حداکثر ظرفیت نگهداشت (S) است. از طرفی CN از ترکیب 2 عامل گروه هیدرولوژیکی و کاربری اراضی در هر نقطه از حوضه برآورد می‌شود و CN کل حوضه از میانگین‌گیری وزنی محاسبه می‌شود. در این مطالعه برای تهیه نقشه شماره منحنی (CN) منطقه ابتدا نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در چهار گروه A, B, C و D از طریق ترکیب نقشه شیب، نقشه واحدهای هیدرولوژیکی تهیه شده است.

نتایج و بحث

با توجه به روش محاسبه تشریح شده در قسمت قبل، CN در زیر حوضه‌ها محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین مقدار CN در زیر حوضه‌های H12-1-1-2 با CN $7/83$ و زیر حوضه H11int با CN $7/69$ برآورد شده است با توجه به مقدار بالای شماره منحنی در این دو زیر حوضه انتظار وقوع سیلاب‌های آبی در این دو منطقه بسیار زیاد است و به‌طور کلی میانگین شماره منحنی حوزه بالای 70 است. پس از تکمیل داده‌های ورودی به مدل بارش رواناب HEC-HMS، مدل برای دوره بازگشت‌های مختلف اجرا و دبی پیک محاسبه شده استخراج شده است. در کل حوضه حسین‌آباد بلوک در مجموع 7472 مترمکعب سازه در این حوضه اجرا شده است که 3 سازه سنگی ملاتی به مساحت 1139 مترمکعب و 10 سد خاکی به مساحت 66339 مترمکعب بوده است. 13 سازه‌ی ایجاد شده مجموعاً دارای حجم مخزنی برابر $22259/1$ مترمکعب بوده‌اند. به علت اثرات فعالیت‌های آبخیزداری زمان تمرکز حوضه تغییر کرده و عموماً افزایش داشته است. این تغییر از طریق دو عامل شیب آبراهه اصلی و تغییر وضعیت پوشش (CN) قابل برآورد است. اطلاعات فوق در رابطه کریچ

ارزیابی اثربخشی پروژه‌های آبخیزداری بر دبی اوج سیلاب (مطالعه موردی: آبخیز حسین‌آباد جیرفت)

فرشاد سلیمانی ساردو^۱، حمید نوری^۲، محمد رضا شاهرخی^۳، مریم نسب پور^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵

DOI: 10.22034/18.64.76

چکیده مبسوط

مقدمه

به‌طور کلی نقش و اهمیت عملیات آبخیزداری در بهبود وضعیت مراتع، کنترل فرسایش، جلوگیری از رسوب و نهایتاً حفاظت از آب‌و‌خاک بر کسی پوشیده نیست. اجرای فنی و اصولی پروژه‌های آبخیزداری باعث ذخیره و نفوذ نزولات آسمانی، افزایش پوشش گیاهی، تثبیت مقدار فرسایش و رسوب، افزایش طول عمر مفید سدها، تعدیل شیب آبراهه‌ها و کاهش سرعت و قدرت تخریب آب است. بر اساس بررسی‌های انجام شده به دلیل تنوع شرایط زیستی، دستیابی به یک الگوی مشخص و یا ارائه دستورالعمل معین با کاربردی یکسان در تمامی حوزه‌های آبخیز میسر نیست. به همین دلیل افزون بر شناخت حوزه و مسائل آن، اولویت‌بندی عملیات آبخیزداری متناسب با پتانسیل‌های موجود اجتناب‌ناپذیر است. بررسی نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز نقش مهمی در کنترل رواناب‌های سطحی داشته است. ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری بر میزان سیل‌خیزی نتایج نشان داده است که سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف کاهش یافته است؛ با این حال با افزایش دوره بازگشت، تأثیر اقدامات آبخیزداری بر سیلاب کاهش می‌یابد. در این تحقیق به منظور ارزیابی نقش پروژه‌های آبخیزداری در کاهش دبی اوج سیلاب از مدل بارش - رواناب HEC-HMS استفاده شد و میزان دبی قبل از اجرای فعالیت‌های آبخیزداری و بعد از اجرایی فعالیت‌های آبخیزداری محاسبه شد و میزان اثرگذاری این پروژه‌ها بر روی دبی اوج سیلاب تعیین شد.

- ۱- عضو هیئت علمی، مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران *نویسنده مسئول fsoleimani2016@gmail.com
- ۲- عضو هیئت علمی، مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
- ۳- کارشناس ارشد، معاونت آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری جنوب استان کرمان جیرفت، ایران
- ۴- کارشناس، معاونت آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری جنوب استان کرمان جیرفت، ایران

اصلاح شده زمان تمرکز و زمان تأخیر هر یک از زیر حوضه‌های حسین آباد، بعد از عملیات آبخیزداری نیز محاسبه شده است. در اینجا تغییرات شامل زمان تمرکز، CN و معادل سازی برخی عوامل با سطح مؤثر بوده است. با اعمال تأثیرات متناظر با انجام عملیات آبخیزداری در مدل بارش رواناب، مدل برای دوره بازگشت‌های مختلف اجرا و دبی پیک سیلاب بعد از عملیات آبخیزداری محاسبه شده است.

نتیجه‌گیری

امروزه به منظور اجرای پروژه‌های آبخیزداری هزینه‌های بسیار زیادی در این ارتباط انجام می‌شود. اما شاید کمتر به اثربخشی این پروژه‌ها پرداخته شود. در واقع بدون پایش و ارزیابی این پروژه‌ها شاید اقناع کردن مدیران سیاست‌گذار جهت تخصیص اعتبارات و عوام مردم به منظور مشارکت داوطلبانه در اجرا و پشتیبانی پروژه‌های آبخیزداری امکان‌پذیر نباشد. فعالیت‌های آبخیزداری به عنوان مهم‌ترین پروژه‌های کاهش ریسک سیل مطرح هستند. در این تحقیق نظر به اینکه اجرای پروژه آبخیزداری منطقه حسین آباد جیرفت بسیار هزینه‌بر بوده و از مناطق مهم سیل‌خیزی منطقه است از مدل هیدرولوژیکی بارش - رواناب HEC-HMS به منظور شبیه‌سازی دبی اوج سیلاب قبل و بعد اجرای فعالیت‌های آبخیزداری برای ارزیابی اثربخشی این پروژه‌ها به منظور کاهش دبی اوج سیلاب استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فعالیت‌های آبخیزداری در منطقه حسین آباد جیرفت نقش اساسی در کاهش دبی پیک سیلاب دارند این کاهش در بعضی از زیر حوضه‌ها بیش از ۹۵ درصد است که نشان‌دهنده تأثیرگذاری پروژه‌های آبخیزداری و میزان اثربخشی آن‌ها بر روی دبی اوج سیلاب است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مدل HEC-HMS مدلی مناسب جهت پیش‌بینی واقعه بارش رواناب است. با توجه به کارایی خوب مدل HEC-HMS می‌توان از این مدل جهت برآورد سیلاب در حوضه‌های بدون آمار با واسنجی مناسب استفاده کرد و نتایج قابل قبولی به دست آورد.

کلیدواژه‌ها: سیلاب، فعالیت‌های اجرایی، HEC-HMS، دبی پیک، حوزه آبخیز حسین آباد

مقدمه

ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به منظور تجزیه و تحلیل عملکرد اقتصادی اقدامات و تدوین راهکارهای اصولی، از نیازهای اساسی در انجام عملیات‌های آبخیزداری است. به‌طور کلی نقش و اهمیت عملیات آبخیزداری در بهبود وضعیت مراتع، کنترل فرسایش، جلوگیری از رسوب و نهایتاً حفاظت از آب‌و خاک بر کسی پوشیده نیست. اجرای فنی و اصولی پروژه‌های آبخیزداری باعث ذخیره و نفوذ نزولات آسمانی، افزایش پوشش گیاهی، تثبیت مقدار فرسایش و رسوب، افزایش طول عمر مفید سدها، تعدیل شیب آبراهه‌ها و کاهش سرعت و قدرت تخریب آب است. بر اساس اطلاعات موجود طی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۰ نزدیک به ۱۲۴ میلیارد تومان خسارت سیل‌های مهم کشور بوده است که ۵۵ درصد آن مربوط به سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰ است [۱۴]. به همین منظور فعالیت‌های

متنوعی در ارتباط با کاهش خطر سیلاب در حوزه‌های آبخیز در حال انجام است. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده به دلیل تنوع شرایط اکولوژیکی، دستیابی به یک الگوی مشخص و یا ارائه دستورالعمل معین با کاربردی یکسان در تمامی حوزه‌های آبخیز میسر نیست. به همین دلیل افزون بر شناخت حوزه و مسائل آن، اولویت‌بندی عملیات آبخیزداری متناسب با پتانسیل‌های موجود اجتناب‌ناپذیر است [۱۰]. بررسی نتایج پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز نقش مهمی در کنترل رواناب‌های سطحی داشته است. در این ارتباط کاربوسکی [۱۲] استفاده از روش‌های مختلفی نظیر مخازن متوالی جهت به حداقل رساندن دبی اوج سیلاب را مورد بررسی قرارداد، نتایج نشان داد روش مذکور در محیط‌های کوچک به‌خوبی اجرا می‌شود. سیمونویچ [۲۲] به منظور موفقیت بیشتر در عملیات مهار سیل، استفاده تلفیقی از عملیات سازه‌ای و غیرسازه‌ای را پیشنهاد کرده است. در به‌کارگیری روش‌های کنترل سیلاب بعضی پژوهشگران استفاده اصولی از اراضی را به عنوان راهکاری مناسب در مدیریت حوزه‌های آبخیز عنوان می‌کنند. در همین ارتباط نقش عملیات آبخیزداری و نحوه استفاده از اراضی، روی شکل‌گیری سیلاب و تغییرات کمی آن بسیار تأثیرگذار است [۵]. ارزیابی اقدامات آبخیزداری در دنیا سابقه هفتاد ساله دارد. سلطانی و همکاران [۲۳] در سال ۱۹۶۹ اثر ۳۰۰ سازه احداث‌شده بر کاهش دبی اوج در سرشاخه‌های آبخیز تگزاس را بررسی کردند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در زیر حوزه‌های مختلف کاهش دبی از ۴۸ تا ۹۸ درصد دیده‌شده است. در تحقیقی در مسیر رودخانه راین هلند، تأثیر سازه‌های اصلاحی بر دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۲۵۰ ساله با استفاده از آنالیز سیلاب منطقه‌ای شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد سازه‌ها بر میزان کاهش حجم سیلاب بیش از دبی اوج سیلاب تأثیرگذار هستند [۱۳]. در سال‌های اخیر استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز بارش-رواناب جهت پیش‌بینی دبی اوج سیلاب به کار گرفته‌شده است یکی از موفق‌ترین نرم‌افزارها مدل ارتقاء یافته HEC-HMS است که توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی آمریکا بر پایه روابط هیدرولوژی ایجاد شد. روشنی [۱۸] تأثیر سدهای اصلاحی بر دبی اوج سیل در آبخیز کن با استفاده از مدل HEC-HMS ارزیابی شد. نتایج نشان داد میزان تغییر شیب در آبراهه‌ها در میزان کاهش سیلاب مؤثر است. گارسیا و همکارانش [۸] به ارزیابی منابع آب سطحی در حوضه‌های با تعداد ایستگاه کم در شمال حوضه مورد مطالعه اسپانیا پرداختند. در واقع از مدل HEC-HMS برای تخمین مقدار آب قابل‌دسترس استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که داده‌های حاصل از شبیه‌سازی توسط مدل و داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه‌های توسط ایستگاه‌های هیدرومتری تفاوتی چندانی باهم ندارند که نشان از صحت بالای مقادیر شبیه‌سازی‌شده مدل است. رازی و همکارانش [۱۶]. در مطالعات برآورد سیل با استفاده از سیستم مدل HEC-

HMS بر روی رودخانه جوهور مالزی بر اساس سیلاب‌های ثبت‌شده در دوره ۱۰ ساله (۱۹۹۶-۲۰۰۶) به این نتیجه رسیدند که مقدار خطا در اندازه دبی اوج سیلاب شبیه‌سازی‌شده با روش SCS و مشاهده‌شده برابر با ۴ درصد است و پیشنهاد نمودند که HEC-HMS می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب برای برآورد دبی اوج استفاده شود. نجفی نژاد و همکاران [۱۵]. در مطالعه‌ای به ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری بر میزان سیل‌خیزی حوزه رامیان با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند که نتایج نشان داد که سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف کاهش‌یافته است؛ به‌گونه‌ای که بیشترین کاهش دبی اوج و حجم جریان به ترتیب در دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۰ سال رخ داده است و با افزایش دوره بازگشت، تأثیر اقدامات آبخیزداری بر سیلاب کاهش می‌یابد.

علی محمد و همکارانش [۱] برای بررسی میزان تأثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب سطحی در حوضه لینوله در پاکستان از مدل بارش رواناب HEC-HMS استفاده کردند. بعد از واسنجی و اعتبارسنجی مدل برای واقع‌بارندگی در محدود مطالعه شده، مدل را برای سناریوهای مختلف استفاده از زمین در آینده واسنجی کردند. در نهایت نتایج نشان‌دهنده این موضوع بود که در آینده با تغییر کاربری اراضی میزان رواناب کل بین ۵۱/۶ تا ۱۰۰ افزایش می‌یابد. کبیر و همکارانش [۱۲] اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه کلانچ را در غرب مالزی بررسی کردند و از مدل SDSM برای ریزمقیاس سازی و از مدل بارش- رواناب HEC-HMS برای شبیه‌سازی رواناب حوضه تا پایان قرن ۲۱ استفاده کردند. در این زمینه رز و همکاران [۱۷] مطالعه‌ای را به‌منظور ارزیابی ایمنی سد کنیر در برابر PMF ورودی به مخزن سد در کشور مالزی انجام دادند. بدین منظور از مدل HEC-HMS به‌عنوان مدل تبدیل حداکثر بارش محتمل (PMP^1) به حداکثر سیل محتمل (PMF) استفاده شده که نتایج حاکی از کارایی این روش بود. شالبی [۲۱] در تحقیقی با استفاده از آمار و اطلاعات ۴۶ ایستگاه هیدرومتری به بررسی خصوصیات حداکثر سیل محتمل در منطقه آتلانتیک در شرق ایالت متحده پرداخت. در همین راستا از انواع توزیع‌های آماری شامل گاما، لوگ نرمال، و گامبل به‌منظور برآورد دوره بازگشت حداکثر سیل محتمل PMF^2 استفاده کرد. نتایج نشان داد که دوره بازگشت حداکثر سیل محتمل در منطقه مطالعاتی برابر ۶۰۰۰۰ سال هست. در مطالعه وو و همکاران [۲۴] در منطقه یان استان شانسی چین برای بررسی اقدامات انجام‌شده باهدف کاهش فرسایش و رسوب، تیمارهای مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که شیوه‌های SWC به‌طور قابل‌توجهی ($P > 0.05$) رواناب و هدر رفت خاک را مهار می‌کنند. روزیو و همکاران [۱۹] به محاسبه حداکثر بارش محتمل تحت شرایط تغییر اقلیم در کانادا پرداختند. نتایج نشان داد که تغییر اقلیم در قرن اخیر برافزایش مقدار PMP

اثر گذاشته است. حنفی [۱۱] به ارزیابی حداکثر سیلاب محتمل حوضه آبی چای تبریز با استفاده از مدل HEC-HMS پرداخت و با اجرای آن هیدروگراف حداکثر سیل محتمل برای زیر حوضه‌های مختلف ترسیم کرد. با توجه به اهمیت پتانسیل سیل‌خیزی، در این تحقیق با استفاده از روش SCS در نرم‌افزار HEC-HMS، به تعیین مشخصه‌های حداکثر بارش محتمل و حداکثر سیل محتمل در آبخیز اسکندری پرداخته شد. دردور و همکاران [۶] در جنوب کشور الجزیره به شبیه‌سازی رواناب در منطقه نیمه‌خشک با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. ابتدا شماره منحنی (CN^3) منطقه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی و ویژگی‌های سازند تشکیل‌دهنده و کاربری اراضی محاسبه شد. سپس در مدل HEC-HMS بارش- رواناب منطقه شبیه‌سازی شد. پس از واسنجی مدل، دبی اوج با دوره بازگشت‌های مختلف پیش‌بینی و صحت‌سنجی شد که این مقدار برای دوره بازگشت‌های ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ ساله به ترتیب برابر ۸/۴۲۵، ۵/۷۵۰، ۳/۹۰۴ و ۳/۱۳۲۸ مترمکعب بر ثانیه برآورد شد. ژانگ و همکاران [۲۶] مطالعه‌ای را در منطقه بالادست بازه میانی رودخانه زرد، تحت عنوان تأثیر سازه‌های اصلاحی بر مقدار بار رسوبی پس از اقدامات احیایی پوشش گیاهی با بررسی سری زمانی مقدار رسوب ورودی به ایستگاه هیدرومتری موجود در نقطه خروجی حوزه آبخیز از سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار بار رسوبی در طول سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۹ نسبت به مقدار بار رسوبی در طول سال‌های ۱۹۵۲ تا ۱۹۷۹، ۸۴/۵۴ درصد کاهش و در طول سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ نسبت به دوره ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۹ مقدار بار رسوبی ۸۰/۸۸ درصد کاهش داشته است. قبادیان و همکاران [۹] نیز برای پیش‌بینی سیلاب حاصل از بارش حوضه آبخیز قره‌سو در نرم‌افزار WMS، مدل HEC-HMS انتخاب نمودند. نتایج این مطالعه، نشان از برازش مناسب دبی اوج هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و هیدروگراف‌های شبیه‌سازی‌شده دارد و اختلاف‌زمانی در رسیدن به اوج نیز مساوی یا کمتر از ۹۰ دقیقه برآورد ده است. اختصاصی و همکاران [۷] در مطالعه‌ای با استفاده از مدل SOWT و فرایند AHP به ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری در مناطق خشک و نیمه‌خشک پرداختند که نتایج مدل SWOT در منطقه نشان داد که شرایط منطقه در ربع چهارم، محدودیت‌ها-تهدیدها (WT) یا راهبرد تدافعی قرار گرفته است. در همین راستا، راهکارهای کاهش تهدیدها و حل ضعف‌های منطقه با استفاده از پتانسیل‌های منطقه و فرصت‌های موجود ارائه و با استفاده از نظرات خبرگان اولویت‌بندی شدند. هشت راهکار بر اساس پتانسیل‌های منطقه و ارزیابی پروژه‌های اجراشده تعیین و مورد بررسی قرار گرفتند که بهترین راهکارهای مدیریتی و مکانیکی، ایجاد دیوارهای ساحلی در اطراف باغات با همکاری اهالی با امتیاز نهایی ۰/۲۸ در اولویت اول و راهکار اصلاح و افزایش ارتفاع سرریز سدهای احداث‌شده با امتیاز ۰/۲۲ در اولویت آخر قرار گرفت. در این تحقیق به‌منظور

1. Possible Maximum Precipitation
2. Possible Maximum Flood

ارزیابی نقش پروژه‌های آبخیزداری در کاهش دبی اوج سیلاب از مدل بارش - رواناب HEC-HMS استفاده شد و میزان دبی قبل از اجرای فعالیت‌های آبخیزداری و بعد از اجرای فعالیت‌های آبخیزداری محاسبه شد و میزان اثرگذاری این پروژه‌ها بر روی دبی اوج سیلاب تعیین شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز حسین‌آباد جیرفت بین «۵۸° ۳۴' ۵۷" تا «۵۱° ۳۶' ۴۳" ۵۷° طول شرقی و «۱۳° ۱۹' ۲۸" تا «۳۴° ۲۶' ۲۸" عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). وسعت حوزه آبخیز ۱۱۲۵۸/۶۸ هکتار است. همچنین شیب متوسط وزنی حوزه برابر ۱۷/۸۳ درصد به‌دست آمده است. بیش از ۶۰ درصد کاربری منطقه را مرتع تشکیل می‌دهد که گونه کنار تپ غالب آن است.

تراکم زهکشی کل حوزه برابر ۱۳/۵۱ کیلومتر است. در منطقه مورد مطالعه شکل آبراه به دو صورت شاخه درختی و موازی دیده می‌شود. بلندترین طول آبراه اصلی مربوط به زیر حوزه H12 با طول ۲۰/۱۶ کیلومتر و کوتاه‌ترین طول آبراه مربوط به زیر حوزه H7-1 است.

مدل‌سازی هیدرولوژی HEC-HMS

در این تحقیق به منظور ارزیابی میزان اثر بخشی پروژه‌های آبخیزداری بر روی دبی اوج سیلاب از مدل HEC-HMS نسخه ۳,۱,۰ استفاده گردید. الگوریتم محاسبه رواناب در مدل HEC-

HMS در شکل ۲ نشان داده شده است. در فرایند تبدیل بارش به رواناب در مدل HEC-HMS از پارامترهای مختلفی هم‌چون تلفات بارش، تعیین شماره منحنی، هیدروگراف واحد SCS، روند یابی استفاده می‌شد. به‌منظور محاسبه میزان تلفات از روش انجمن حفاظت خاک آمریکا (SCS) در مدل HEC-HMS استفاده شده است که در روابط ۱ تا ۷ تشریح شده است.

میزان رواناب (Q) به بارندگی (P) و حجم نگهداشت آب در داخل خاک بستگی دارد. در تمام سیلاب‌ها همواره رواناب (Q) کم‌تر یا مساوی بارندگی (P) است. به‌طور مشابه پس از وقوع رواناب، مقدار واقعی نگهداشت آب (Fa) کمتر یا مساوی حداکثر ظرفیت نگهداشت (S) است. Ia نیز مقداری از بارندگی است که قبل از وقوع رواناب جذب خاک می‌شود لذا پتانسیل وقوع رواناب P-Ia است.

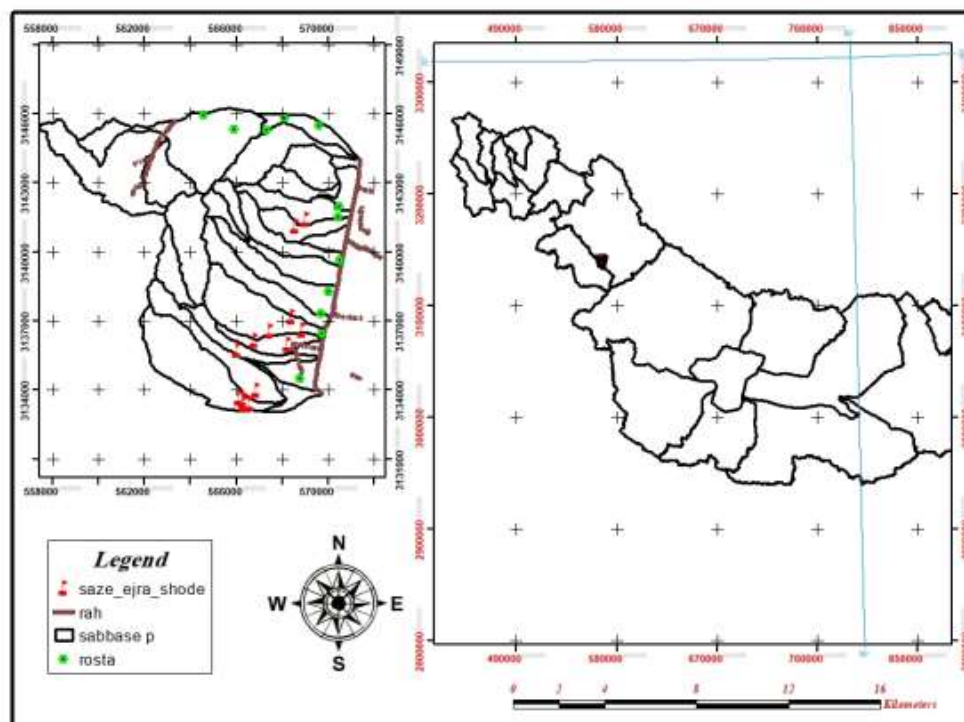
$$\frac{F_a}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad \text{رابطه (۱)}$$

هم‌چنین با استفاده از رابطه پیوستگی داشت:

$$P = Q + I_a + F_a \quad \text{رابطه (۲)}$$

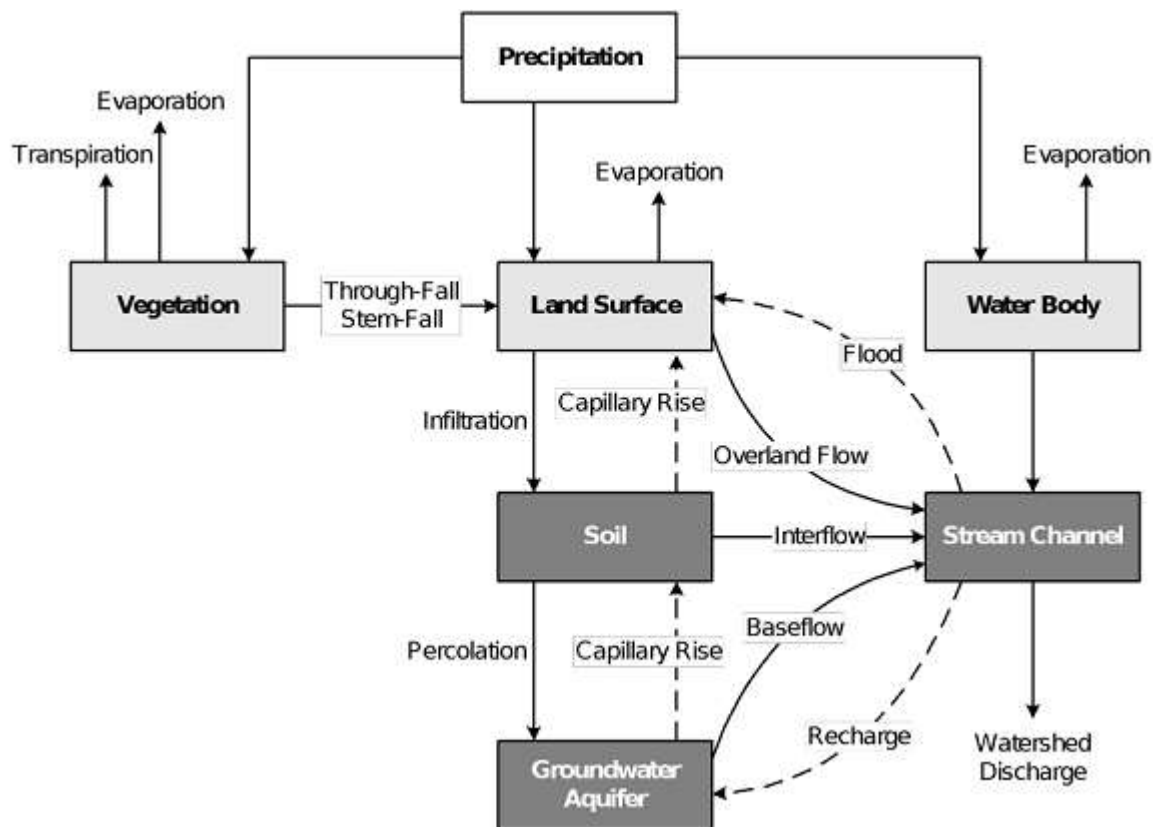
به‌وسیله حل دو معادله بالا رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad \text{رابطه (۳)}$$



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Fig 1. Geographical location of the study area



شکل ۲- فرایند تبدیل بارش به رواناب

Fig 2. Rainfall-runoff conversion process

شرایط رطوبتی مرطوب (AMIII)

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این مطالعه برای تهیه نقشه شماره منحنی (CN) منطقه ابتدا نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در چهار گروه A، B، C و D از طریق ترکیب نقشه شیب، نقشه واحدهای هیدرولوژیکی تهیه شد. همچنین نقشه پوشش گیاهی که از طریق نقشه بافت خاک کلاسه‌بندی مجدد شد. سپس نقشه شماره منحنی (CN)، از ترکیب نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی و نقشه پوشش گیاهی، برای هر واحد هیدرولوژیکی برآورد شده است.

در این مطالعه برای تعیین هیدروگراف واحد از روش SCS استفاده شد. در این روش کافی است زمان رسیدن به اوج و مقدار دبی اوج محاسبه شود. مختصات نقاط هیدروگراف واحد از جدول یا نمودار بدون بعدی که برای این منظور تهیه شده است به دست می‌آید.

هم‌چنین از روش روندیابی موج سینماتیک در مدل بارش رواناب HEC-HMS استفاده شد. برای محاسبه پارامترهای ذکر شده از داده‌های ۲۰ ایستگاه کلىماتولوژی با دوری آماری مشترک ۳۰ ساله (۱۳۶۶-۱۳۹۵) استفاده شد که اطلاعات ایستگاه‌های موردنظر در جدول ۱ نشان داده شده است.

در رابطه (۳) ارتفاع رواناب، P : بارندگی، S : پارامتری است که نشان‌دهنده نگهداشت آب در سطح حوضه است که از رابطه ۴ به دست می‌آید.

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

در رابطه (۴) CN : شماره منحنی و Ia : نگهداشت اولیه لحاظ شده است.

به‌وسیله آزمایش در حوضه‌های مختلف مقدار Ia برابر $0.2S$ برآورد شده است. پس از جاگذاری در رابطه ۵ به دست خواهد آمد:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad \text{رابطه (۵)}$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، CN مهم‌ترین پارامتری است که باید برآورد شود. CN برای شرایط رطوبتی متوسط (AMII) از جدول مربوطه به دست می‌آید و طبق روابط ۶ و ۷ می‌توان مقدار آن را برای شرایط دیگر برآورد می‌شود:

شرایط رطوبتی خشک (AMI)

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad \text{رابطه (۶)}$$

با توجه به روش محاسبه تشریح شده در قسمت قبل، CN در زیر حوضه‌ها محاسبه و در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج نشان می‌دهد بیش‌ترین مقدار CN در زیر حوضه‌های H12-

1-1-2 با CN:78.3 و زیر حوضه H11 با CN:76.9 برآورد شده است با توجه به مقدار بالای شماره منحنی در این دو زیر حوضه انتظار وقوع سیلاب‌های آبی در این دو منطقه بسیار زیاد است و به‌طور کلی میانگین شماره منحنی حوضه بالای ۷۰ است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 1. characteristics of the studied stations

ردیف Row	نام ایستگاه Station Name	رودخانه River	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع (متر) Height (m)
1	دلدل‌دوان Deldeldovan	موردان Mordan	۵۷/۱۰۲۷۷۸	۲۸/۲۱۶۴	۱۰۱۱
2	حسین آباد-صفرزاده HoseinAbad Zafarzadeh	هلیل Halil	۵۷/۵۹۲۲۲۲	۲۸/۷۸۲۲	۹۲۷
3	کهنک شیبانی Kahnak Sheibani	هلیل Halil	۵۷/۷۵۲۷۷۸	۲۸/۳۲۳۳	۵۴۶
4	میانه-هلیل رود Miandeh halilrood	هلیل Halil	۵۷/۸۱۶۱۱۱	۲۸/۶۰۵	۶۴۱
5	دشت کوچ Dashtkooch	هلیل Halil	۵۷/۸۲۶۹۴۴	۲۸/۶۸۶۱	۷۰۹
6	خرپشت Kharposht	هلیل Halil	۵۷/۸۷۳۰۵۶	۲۸/۴۸۶۷	۶۱۳
7	چشمه شاه Cheshmeh Shah	هلیل Halil	۵۷/۷۳۳۸۸۹	۲۸/۳۸۵۸	۵۶۶
8	فتح آباد اسفندقه FathAbadEsfandeghe	هلیل Halil	۵۷/۱۵۳۳۳۳	۲۸/۶۵۸۹	۱۷۵۵
9	حیدرآباد-هلیل Heidarabad Halil	هلیل Halil	۵۷/۶۲۳۳۳۳	۲۸/۲۵۸۱	۵۹۰
10	تنگ سرگز Tang Sargaz	هلیل Halil	۵۷/۲۹۱۳۸۹	۲۸/۷۰۹۴	۱۹۰۲
11	جیرفت Jiroft	هلیل Halil	۵۷/۷۳۶۶۶۷	۲۸/۶۸۴۷	۶۸۴
12	کهن علیا KohanOlia	هلیل Halil	۵۷/۴۹۱۹۴۴	۲۸/۲۶۳۳	۷۲۱
13	زهمکان zahmekan	رودان Roodan	۵۷/۱۵۲۲۲۲	۲۸/۳۰۲۵	۱۳۰۰
14	سرگریچ Sargorich	رودان Roodan	۵۷/۵۲۲۷۷۸	۲۸/۱۲۲۲	۶۶۰
15	چاه نارنج Chah Narenj	رودان Roodan	۵۷/۳۳۳۳۳۳	۲۸/۱۸۳۳	۶۶۰
16	دهرود-شورجیرفت Dehrood Shoor Jiroft	شورجیرفت ShoorJiroft	۵۷/۷۴۹۷۲۲	۲۸/۸۶۵۸	۱۰۶۰
17	زارین zarin	سغدر Saghder	۵۷/۷۹۲۲۲۲	۲۸/۹۰۶۷	۱۳۴۰
18	کناروئیه Konaroeie	هلیل Halil	۵۷/۲۳۹۷۲۲	۲۸/۸۵۸۶	۱۴۵۶
19	دولت آباد DolatAbad	هلیل Halil	۵۷/۱۴۲۲۲۲	۲۸/۷۱۹۷	۱۷۳۴
20	چهریگان Chahrigan	هلیل Halil	۵۷/۵۷۴۱۶۷	۲۷/۹۵۱۴	۵۱۷
21	جیرفت Jiroft	هلیل Halil	۵۷/۷۳۶۶۶۷	۲۸/۶۸۴۷	۶۸۴

جدول ۲- مقادیر S، CN و I (میلی متر) حوضه حسین آباد
Table 2. Values of CN, S and I (mm) of Hossein Abad Basin

بعد از عملیات آبخیزداری After watershed operations			قبل از عملیات آبخیزداری Before watershed operations			زیر حوضه ها Sub-basin
Ia	S	CN	Ia	S	CN	
mm			mm			
20.2	101.1	71.5	20.1	100.6	71.6	H1-1
20.7	103.5	71.0	20.2	101.0	71.6	H1-2
22.4	112.2	69.4	19.9	99.7	71.8	H1int
20.6	102.9	71.2	20.1	100.6	71.6	H1
20.6	102.8	71.2	20.2	100.8	71.6	H2-1
20.7	103.5	71.1	20.2	101.1	71.5	H2-2
21.0	105.1	70.7	20.4	101.9	71.4	H2int
20.7	103.7	71.0	20.2	102.9	71.5	H2
19.9	99.6	71.8	19.6	98.1	72.1	H3
20.8	104.0	70.9	20.2	100.8	71.6	H4
20.3	101.7	71.4	19.9	99.3	71.9	H5
20.2	101.1	71.5	19.2	95.9	72.6	H6
20.6	103.2	71.1	20.6	103.2	71.1	H7-1
20.5	102.4	71.3	20.5	102.4	71.3	H7-2
21.4	107.0	70.4	19.9	99.4	71.9	H7int
21.0	105.1	70.7	20.2	101.0	71.6	H7
20.7	103.5	71.0	20.2	100.8	71.6	H8
20.3	101.5	71.5	19.5	97.7	72.2	H9
20.4	101.9	71.4	20.3	101/5	71/4	H10
20.3	101.7	71.4	20.2	101.0	71.5	H11-1
20.4	101.8	71.4	20.1	100.4	71.7	H11-2
19.1	95.3	72.7	15.3	76.4	76.9	H11int
20.1	100.3	71.7	19.0	94.8	72.8	H11
20/4	102.1	71.3	20.4	102.1	71/3	H12-1-1-1
14.2	70.9	78.2	14.0	70/2	78.3	H12-1-1-2
18.7	93.7	73.1	18.7	93.4	73.1	H12-1-1int
17.1	85.4	74.8	17.0	84.9	74.9	H12-1-1
20.8	104.0	71.0	20.2	100.9	71.6	H12-1int
17.4	86.9	74.5	17.3	86.3	74.6	H12-1
20.0	100.1	71.7	19.9	99.4	71.9	H12-2
18.6	92.9	73.2	15.4	77.2	76.7	H12int
17.8	89.0	74.0	17.6	88.2	74.2	H12
19.6	97.9	72.2	17.7	88.5	74.2	INT1
20.0	100.1	71.7	18.8	93.8	73.0	INT2
20.4	102.2	71.3	17.9	89.4	74.0	INT3
19.6	98.2	72.1	19.1	95.6	72.7	کل حوضه Total basin

جدول ۳- دبی پیک محاسبه شده برای تمام اجزاء مدل قبل از عملیات آبخیزداری (مترمکعب بر ثانیه)

Table 3. Calculated peak discharge for all components of the model before watershed operations (m³s)

دبی حداکثر ۱۰۰ ساله Maximum discharge 100 years	دبی حداکثر ۵۰ ساله Maximum discharge 50 years	دبی حداکثر ۲۵ ساله Maximum discharge 25 years	دبی حداکثر ۱۰ ساله Maximum discharge 10 years	دبی حداکثر ۵ ساله Maximum discharge 5 years	زیرحوضه Sub-basin
35.1	29	23	15.8	10.4	H1-1
21.9	18	15	9.9	6.5	H1-2
10.1	8.4	6.7	4.5	3	H1int
58.8	49	39	26.8	17.9	H1
13.4	11	8.8	6	4	H2-1
26.2	22	17	11.8	7.8	H2-2
11.5	9.5	7.6	5.2	3.4	H2int
37.2	31	25	16.7	11	H2
10.3	8.5	6.8	4.6	3.1	H3
32.4	27	21	14.6	9.6	H4
20.8	17	14	9.3	6.1	H5
19.9	16	13	8.8	5.7	H6
7.6	6.3	5	3.5	2/3	H7-1
7.8	6.5	5.2	3.6	2.4	H7-2
15.4	13	10	6.9	4.5	H7int
23.5	20	16	10.6	7	H7
15.2	13	10	6.9	4.5	H8
9.6	7.9	6.2	4.2	2.7	H9
11.6	9.2	7.6	4.6	3.1	H10
7	5.8	4.6	3.1	2	H11-1
13.6	11	8.9	6	3.9	H11-2
16.6	14	11	7.5	5	H11int
12.9	11	8.5	5.8	3.8	H11
16.3	14	11	7.3	4.8	H12-1-1-1
10.2	8.3	6.6	4.3	2.8	H12-1-1-2
34	28	22	15.3	10.1	H12-1-1int
19.9	17	13	9	6	H12-1-1
46.7	40	33	24.7	18	H12-1int
67.2	56	45	31.6	21.6	H12-1
117	99	80	56.3	39.3	H12-2
105	89	72	51.3	36	H12int
10.1	8.4	6.7	4.5	3	H12
93.8	79	65	46.7	32.9	INT1
22.2	18	15	9.9	6.5	INT2
3.7	3	2.4	1.6	1	INT3
107	90	74	52.4	37.1	کل حوضه Total basin

نتایج مدل‌سازی سیلاب حوضه آبخیز حسین‌آباد

دبی پیک سیلاب قبل از عملیات آبخیزداری

پس از تکمیل داده‌های ورودی به مدل بارش رواناب HEC-HMS، مدل برای دوره بازگشت‌های مختلف اجرا (RUN) و دبی پیک محاسبه شده استخراج شده و نتایج آن در جدول ۳ نشان شده است.

فعالیت‌های آبخیزداری صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه

در حوضه آبخیز حسین‌آباد در سطحی حدود ۴۰۰ هکتار عملیات بیومکانیکی هلالی آبگیر و چاله فلسی به همراه عملیات بیولوژیک نهال‌کاری داخل آن توسط گونه *prosopis* انجام شده است که این سطح در کاربری بایر و بدون پوشش گیاهی انجام شده است. همچنین در کل حوضه حسین‌آباد بلوک در مجموع ۶۷۴۷۲ مترمکعب سازه در این حوضه اجرا شده است که ۳ سازه سنگی ملاتی به مساحت ۱۱۳۹ مترمکعب و ۱۰ سد خاکی به مساحت ۶۶۳۳۹ مترمکعب بوده است. ۱۳ سازه‌ی ایجاد شده مجموعاً دارای حجم مخزنی برابر ۲۲۲۵۹۸/۱ مترمکعب هستند در شکل ۳ تصاویر هلالی‌های اجرا شده در حوضه آبخیز مطالعاتی نشان داده شده است.

برآورد زمان تمرکز و زمان تأخیر بعد از عملیات آبخیزداری

به علت اثرات فعالیت‌های آبخیزداری زمان تمرکز حوضه تغییر می‌کند و عموماً افزایش می‌یابد. این تغییر از طریق دو عامل شیب آبراهه اصلی و تغییر وضعیت پوشش (CN) قابل برآورد است. اطلاعات فوق در رابطه کرپیچ اصلاح شده زمان تمرکز و زمان تأخیر هر یک از زیر حوضه‌های حسین‌آباد، بعد از عملیات آبخیزداری محاسبه و نتایج حاصل در جدول ۴ ارائه شده است.

دبی پیک سیلاب بعد از عملیات آبخیزداری

در اینجا تغییرات شامل زمان تمرکز، CN و معادل‌سازی برخی عوامل با سطح مؤثر بوده است. با اعمال تأثیرات متناظر با انجام عملیات آبخیزداری در مدل بارش رواناب، مدل برای دوره بازگشت‌های مختلف اجرا (RUN) گردیده و دبی پیک سیلاب بعد

از عملیات آبخیزداری محاسبه شده است. نتایج در جدول (۵) آورده شده است.

۳.۳ بررسی تأثیر عملیات آبخیزداری

پس از عملیات آبخیزداری دبی پیک سیلاب کاهش می‌یابد. درصد کاهش دبی پیک برای هر یک از زیر حوضه‌ها و حوضه مورد مطالعه با توجه به رابطه زیر محاسبه و نتایج در جدول (۶) ارائه شده است.

$$\Delta Q = \frac{Q_{old} - Q_{new}}{Q_{old}} \times 100 \quad \text{رابطه (۸)}$$

در شکل ۳ هیدروگراف سیل در دوره بازگشت‌های مختلف قبل و بعد از عملیات آبخیزداری در خروجی زیر حوضه H1-1 که پروژه‌ای مکانیکی و بیولوژیکی در آن انجام شده است، باهم مقایسه شده‌اند.

با توجه به شکل ۳ که خروجی مدل HEC-HMS است، نشان داده می‌شود در دوره بازگشت‌های مختلف ۲ الی ۱۰۰ ساله دبی اوج سیلاب بعد از انجام فعالیت‌های آبخیزداری کاهش پیدا کرده است به عبارت دیگر مجموعه فعالیت‌های بیولوژیک و مکانیکی و همچنین بیومکانیکی آبخیزداری در حوضه مورد مطالعه باعث کاهش دبی اوج سیلاب و قدرت تخریب آن شده است که نشان از اثربخشی پروژه دارد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

امروزه به‌منظور اجرای پروژه‌های آبخیزداری هزینه‌های بسیار زیادی در این ارتباط انجام می‌شود اما شاید کمتر به اثربخشی این پروژه‌ها پرداخته می‌شود. درواقع بدون پایش و ارزیابی این پروژه‌ها شاید اقتناع کردن مدیران سیاست‌گذار جهت تخصیص اعتبارات و عوام مردم به‌منظور مشارکت داوطلبانه در اجرا و



کل ۳- تصاویر هلالی‌های آبگیر اجرا شده در حوضه آبخیز حسین‌آباد

Fig 3. Pictures of the catchment crescents implemented in the Hossein Abad watershed

Table 4. Concentration time and delay time of Hossein Abad sub-basins after watershed operations

زمان تأخیر (دقیقه) Delay time (min)	زمان تأخیر (ساعت) Delay time (h)	زمان تمرکز اصلاح شده Corected concentration time (h)	زمان تمرکز Concentration time (h)	شماره منحنی CN	مساحت Area (km ²)	زیر حوضه Sub-basin
66.24	1.1	1.8	1.4	71.5	10.2	H1-1
54.00	0.9	1.5	1.3	71.0	6.0	H1-2
--	--	--	--	69.4	1.5	H1int
75.24	1.3	2.1	0.6	71.2	17.2	H1
33.12	0.6	0.9	0.9	71.2	2.6	H2-1
65.16	1.1	1.8	1.8	71.1	6.1	H2-2
--	--	--	--	70.7	2.9	H2int
41.04	0.7	1.1	1.0	71.0	11.6	H2
46.08	0.8	1.3	1.1	71.8	2.5	H3
47.16	0.8	1.3	1.0	70.9	7.8	H4
15.84	0.3	0.4	0.4	71.4	5.3	H5
17.64	0.3	0.5	0.5	71.5	5.0	H6
36.72	0.6	1.0	1.0	71.1	1.4	H7-1
33.12	0.6	0.9	0.9	71.3	1.4	H7-2
--	--	--	--	70.4	3.3	H7int
63.00	1.1	1.8	1.8	70.7	6.1	H7
22.68	0.4	0.6	0.6	71.0	3.6	H8
29.52	0.5	0.8	0.7	71.5	2.9	H9
36.72	0.6	1.0	0.8	71.4	3.2	H10
18.72	0.3	0.5	0.5	71.4	2.3	H11-1
55.08	0.9	1.5	1.5	71.4	3.3	H11-2
--	--	--	--	72.7	1.7	H11int
102.96	1.7	2.9	2.9	71.7	7.4	H11
38.88	0.6	1.1	1.1	71.3	3.7	H12-1-1-1
104.04	1.7	2.9	2.9	78.2	10.4	H12-1-1-2
--	--	--	--	73.1	12.2	H12-1-1int
47.16	0.8	1.3	1.3	74.8	26.3	H12-1-1
--	--	--	--	71.0	2.5	H12-1int
134.64	2.2	3.7	3.7	74.5	28.8	H12-1
33.12	0.6	0.9	0.9	71.7	5.6	H12-2
--	--	--	--	73.2	0.5	H12int
134.64	2.2	3.7	3.7	74.0	34.9	H12
--	--	--	--	72.2	2.2	INT1
--	--	--	--	71.7	0.6	INT2
--	--	--	--	71.3	1.3	INT3
--	--	--	--	72.1	112.6	کل حوضه

Table 5. Calculated peak discharge for all components of the model after flooding operations

حداکثر دبی ۱۰۰ ساله Maximum discharge 100 years	حداکثر دبی ۵۰ ساله Maximum discharge 50 years	حداکثر دبی ۲۵ ساله Maximum discharge 25 years	حداکثر دبی ۱۰ ساله Maximum discharge 10 years	حداکثر دبی ۵ ساله Maximum discharge 5 years	حداکثر دبی ۲ ساله Maximum discharge 2 years	زیر حوضه Sub-basin
14.594	10.156	9.113	5.460	3.048	0.377	H1-1
10.111	7.031	6.278	3.742	2.048	0.224	H1-2
--	--	--	--	--	--	H1int
20.942	14.597	13.064	7.823	4.293	0.474	H1
8.852	5.999	5.331	3.126	1.716	0.241	H2-1
11.345	7.644	6.801	3.965	2.161	0.301	H2-2
--	--	--	--	--	--	H2int
30.556	20.778	18.438	10.806	5.879	0.758	H2
4.454	3.157	2.852	1.750	0.983	0.166	H3
14.092	9.839	8.818	5.260	2.861	0.289	H4
27.947	19.411	17.374	10.403	5.755	0.714	H5
22.642	15.893	14.258	8.606	4.808	0.573	H6
4.370	2.953	2.620	1.529	0.835	0.188	H7-1
4.915	3.323	2.957	1.739	0.952	0.136	H7-2
--	--	--	--	--	--	H7int
9.282	6.398	5.690	3.355	1.819	0.192	H7
13.072	9.070	8.119	4.846	2.640	0.286	H8
7.968	5.596	5.044	3.046	1.690	0.193	H9
7.337	5.151	4.620	2.775	1.534	0.174	H10
9.152	6.438	5.799	3.508	1.939	0.214	H11-1
4.636	3.290	2.973	1.818	1.002	0.103	H11-2
--	--	--	--	--	--	H11int
6.146	4.393	3.937	2.406	1.348	0.155	H11
10.589	7.183	6.932	3.770	2.070	0.295	H12-1-1-1
19.351	14.022	12.705	8.190	5.082	1.572	H12-1-1-2
--	--	--	--	--	--	H12-1-1int
78.112	55.209	49.512	30.805	18.290	4.228	H12-1-1
--	--	--	--	--	--	H12-1int
30.580	21.571	19.346	12.019	7.058	1.595	H12-1
15.156	10.580	9.521	5.743	3.207	0.416	H12-2
--	--	--	--	--	--	H12int
34.950	24.612	21.989	13.653	7.966	1.675	H12

جدول ۶- درصد کاهش دبی پیک بعد از عملیات آبخیزداری در حوضه حسین آباد

Table 6. Percentage reduction of peak flow after watershed operations in Hossein Abad basin

زیر حوضه Sub-basin	حداکثر دبی ۲ ساله Maximum discharge 2 years	حداکثر دبی ۵ ساله Maximum discharge 5 years	حداکثر دبی ۱۰ ساله Maximum discharge 10 years	حداکثر دبی ۲۵ ساله Maximum discharge 25 years	حداکثر دبی ۵۰ ساله Maximum discharge 50 years	حداکثر دبی ۱۰۰ ساله Maximum discharge 100 years
H1-1	96.399	84.331	78.898	74.044	76.091	70.804
H1-2	97.068	85.575	80.071	75.364	77.218	72.030
H1	97.071	85.715	80.404	75.805	77.680	72.651
H2-1	95.416	82.503	76.146	69.998	72.093	65.387
H2-2	95.217	81.570	74.713	67.972	70.262	62.888
H2	96.049	83.502	77.201	71.328	73.315	66.847
H3	96.845	85.709	80.883	77.045	79.017	74.689
H4	97.464	86.477	81.251	76.739	78.538	73.715
H5	96.811	86.236	81.263	77.032	78.798	74.043
H6	96.845	86.045	81.384	77.303	79.152	74.755
H7-1	95.323	82.281	75.620	69.251	71.323	64.345
H7-2	95.307	82.393	75.923	69.824	71.940	65.172
H7	97.106	85.263	79.455	74.330	76.209	70.523
H8	97.326	86.767	81.700	77.341	79.167	74.270
H9	95.810	80.755	74.147	68.588	71.373	65.234
H10	95.624	81.170	73.899	68.652	69.063	64.068
H11-1	95.240	77.199	69.196	62.594	65.807	58.508
H11-2	97.105	84.984	79.555	75.266	77.384	72.753
H11	90.731	56.852	42.074	30.004	35.965	22.685
H12-1-1-1	94.726	80.162	73.002	66.311	68.826	61.235
H12-1-1	0.000	0.000	0/000	0.000	0/000	0.000
H12-1	75.947	42.583	27.403	13.909	20.597	4.539
H12-2	99.474	97.557	96.576	95.674	95.956	94.998

در بعضی از زیر حوضه‌ها بیش از ۹۵ درصد است که نشان‌دهنده تأثیرگذاری پروژه‌های آبخیزداری و میزان اثربخشی آن‌ها بر روی دبی اوج سیلاب است. همچنین نتایج نشان می‌دهد میزان اثر گذاری سازه‌های آبخیزداری اجرا شده در زیر حوضه H12-1 در دوره بازگشت‌های مختلف پایین است به طوری که این مقدار در دوره بازگشت ۲ ساله ۷۵ درصد (کم‌ترین مقدار در بین همه زیر حوضه‌ها) و در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۴/۵ درصد که کمترین میزان اثرگذاری پروژه‌های آبخیزداری در منطقه مورد مطالعه است. همچنین در زیر حوضه H12-2 میزان اثر گذاری فعالیت‌های آبخیزداری در همه دوره بازگشت‌های محاسبه شده تقریباً بالای

پشتیبانی پروژه‌های آبخیزداری شاید امکان‌پذیر نباشد. فعالیت‌های آبخیزداری به‌عنوان مهم‌ترین پروژه‌های کاهش ریسک سیل مطرح می‌باشند. در این تحقیق نظر به اینکه اجرای پروژه آبخیزداری منطقه حسین‌آباد جیرفت بسیار هزینه‌بر بوده و از مناطق مهم سیل‌خیزی منطقه است از مدل هیدرولوژیکی بارش - رواناب HEC-HMS به‌منظور شبیه‌سازی دبی اوج سیلاب قبل و بعد اجرای فعالیت‌های آبخیزداری در آبخیز حسین‌آباد جیرفت برای ارزیابی اثربخشی این پروژه‌ها به‌منظور کاهش دبی اوج سیلاب استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فعالیت‌های آبخیزداری در منطقه حسین‌آباد جیرفت نقش اساسی در کاهش دبی پیک سیلاب دارند این کاهش

of peak discharge estimation methods in northern Jeddah in western Saudi Arabia. *Advances and Applications in Fluid Mechanics*. 14(2): 219-236.

4. Azari, M., Sadeghi, S.H.R. & Telvari, A., 2011. Evaluation of the Effect of Watershed Management on Flood Using the combination of HEC-HMS and HEC-RAS models in the GIS, Iran-Watershed Management Science & Engineering Journal, 5(15): 69-72.

5. Brooks, K, N., Folliott, P.F., Gregersen, H.M., Thames, J.L. 1991. *Hydrology and the Management of Watershed*, Vol. 1. Iowa State University, P. 220.

6. Derdour, A., Bouanani, A., Babahamed, K., 2018. Modelling rainfall runoff relations using HEC-HMS in a semi-arid region: Case study in Ain Sefra watershed, Ksour Mountains (SW Algeria). *Journal of Water and Land Development* 36(1-111):45-55

7. Ekhtesasi, M.R., Chezgi, J., Khajavi, M. 2021. Evaluation of watershed management projects and offering appropriate strategy and solution for their development using SWOT and AHP in arid and semi-arid regions. *Management and Engineering Watershed of Journal*. 13(1):55-6

8. Garcia, A., Sainz, A., Revilla, J. and Alvarez, C. 2008. Surface Water Resources Assessment in scarcely gauged basins in the north of Spain, *Journal of Hydrology*. 356: 312-32

9. Ghobadian, R., Jahandide, K., Fatahi Chaghabagi, A. 2012. Simulation of the rainfall-runoff process in the Gharasoo catchment using WMS model, *Journal of Irrigation and Water Engineering*. 3(1): 88-98.

10. Ghodrati, A. 2013. The final report of the research project "Evaluating the results of watershed management behind Sefidroud Dam", Soil Conservation and Watershed Research School, 79 Pp.

11. Hanafi, A. 2017. Evaluation of Probability Maximum Flood of Tabriz Achichai watershed using hydrologic modeling system. The first international conference on natural hazards and environmental crises in Iran, Strategies and challenges, Ardabil. Page 9.

12. Karbowski, A. 1993. Optimal flood control in multireservoir cascade systems with deterministic inflow forecasts. *Water resources management*. Netherlands. 7(3): 207-223

13. Lammersen, R., Engel, H., Langemheen, W.V.D. and Buiteveld, H. 2002. Impact of river training and retention measures on flood peaks along the Rhine, *Journal of Hydrology*, 267: 115- 124.

14. Mahdavi, M. 1997. Investigating the economic, social and environmental effects of flood damage, specialized training workshop on river flood control, Tehran: Iranian Hydraulic Association. 14 pages.

15. Najafinejad, A., Telvari, A., Tajiki, M., 2019. Evaluation of watershed management measures on flooding using HEC-HMS model

۹۴ درصد می باشد که نشان از مکان یابی درست پروژه و نقش به سزای آن در کاهش دبی اوج سیلاب داشته است بنابراین می توان نتیجه گرفت مدل HEC-HMS مدلی مناسب جهت پیش بینی واقعه بارش رواناب است با توجه به کارایی خوب مدل HEC-HMS می توان از این مدل جهت برآورد سیلاب در حوضه های بدون آمار با واسنجی مناسب استفاده کرد و نتایج قابل قبولی به دست آورد. مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS دارای قابلیت خوبی در پیش بینی زمان واقعی سیل است و لذا در این تحقیق از آن استفاده شده است. این مسئله با نتایج آشریف [۳] محمدرشید عالی [۲] و سایر محققان مطابقت دارد و هم چنین اجرای پروژه های آبخیزداری در این منطقه باعث کاهش ریسک سیل و خطرات احتمالی آن برای آبخیز نشینان شده است. نتایج این تحقیق که بیانگر تأثیر مثبت اقدامات آبخیزداری در کاهش دبی اوج سیلاب در حوزه حسین آباد جیرفت است با نتایج حاصل از تحقیق یلدرمی و همکاران [۲۵] آذری و همکاران [۴]، صادقی و همکاران [۲۰] همخوانی دارد.

سپاسگزاری

از دانشگاه جیرفت و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری جنول استان کرمان سپاسگزاریم.

تضاد منافع نویسندگان

."نویسندگان این مقاله اعلام می دارند که هیچ گونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند."

دسترسی به داده ها

"داده ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت."

مشارکت نویسندگان

فرشاد سلیمانی ساردو: مفهوم سازی، انجام تحلیل های نرم افزاری/ آماری، نگارش نسخه اولیه مقاله

حمید نوری: راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج
محمد رضا شاهرخی: مفهوم سازی مشاوره
مریم نسب پور: ویرایش و بازبینی مقاله

منابع مورد استفاده

1. Ali Mohammad, J. k., Aslam, I. and Khan, Z. 2011. Simulation of the impacts of land-use change on surface runoff of Lai Nullah Basin in Islamabad, Pakistan, *Landscape and Urban Planning. Natural Resources*, 18 (67): 199-212.

2. Aliye, M.R. Aga, A.O. Tadesse, T. and Yohannes, P. 2020. Evaluating the Performance of HEC-HMS and SWAT Hydrological Models in Simulating the Rainfall-Runoff Process for Data Scarce Region of Ethiopian Rift Valley Lake Basin. *Open Journal of Modern Hydrology*. 10 (4):105-122.

3. Al-Shareef, O.H. Ezzeldin, M. and Gutub, S.A. 2013. Comparison

22. Simonovic P 2012, Tow non-structural measures for sustainable management of floods, In Proceeding of the International Workshop on London Ontario, Canada. 65-81
23. Soltani, M., Ekhtesasi, M., Talebi, A., Poraghnai, M. and Sarsangi, A. 2011. Effect of check dams on reduction of flood peak (case study: Manshad watershed), Watershed management research (pajouhesh & sazandegi), 93: 46-54.
24. Wu, S., Sun, L., Zhang, B., Yin, Z., Guo, H., Siddique, K.H., & Yang, J. 2022. Assessing the performance of conservation measures for controlling slope runoff and erosion using field scouring experiments. Agricultural Water Management, 259, 107212.
25. Yaldarmi, A., M. Dashti, 2013, Quantitative Assessment of Watershed proceedings (Case Study: Ekbatan Dam Watershed Basin), Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 23 (7): 63-66.
26. Zhang, Z., Chai, J., Li, Z., Chen, L., Yu, K., Yang, Z., Zhang, X., & Zhao, Y. 2022. Effect of check dam on sediment load under vegetation restoration in the Hekou-Longmen Region of the Yellow River. Frontiers in Environmental Science, 713.
- in Ramian watershed. Iranian Water Research Journal. 12(3):19-26
16. Razi, M.A.M, J.Ariffin, W.Tahir and N.AM Arish .2010. Flood estimation studies using hydrologic modeling system (HEC- HMS) for Johor river, Malaysia, Journal of Applide Sciences , 10: 930 -939
17. Ros, F. C., L. M. Sidek, N. N. N. Ibrahim and Abdul Razad, A. 2008, Probable Maximum Flood (PMF) for the Kenyir Catchment, Malaysia. ICCBT 2008 - D (31): 325- 334.
18. Roshani, R. 2003. Evaluating the effect of check dams on flood peaks to optimize the flood control (Kan case study in Iran), International institute for geo information science and earth observation enschede, The Netherlands, 43pp
19. Rousseau, A. N., Klein, I. M., Freudiger, D., Gagnon, P., Frigon, A., and Ratté-Fortin, C. 2014. Development of a methodology to evaluate probable maximum precipitation (PMP) under changing climate conditions: Application to southern Quebec, Canada. Journal of Hydrology, 519, 3094- 3109.
20. Sadeghi, S.H.R., Frootan, E., & F. Sharifi, 2006. Performance Evaluation of Watershed Management Measures using Qualitative Method (Case Study: Part of Kan Watershed, Iran). Geographical Research. 79(4):37-47.
21. Shalby, A. L. 1994. Estimating Probable Maximum Flood Probabilities. Water Resource Bulltin, 30(2): 307- 318.

Evaluating the Effectiveness of Watershed Projects on Peak Flood Discharge (Case Study: Hossein Abad Jiroft Watershed)

Farshad. Soleimani Sardoo^{1*}, Hamid. Noori ², Mohammad Reza. Shahrokhi³ and Maryam. Nasab Pour⁴

Received: 2024.04.03 Accepted: 2024.01.10

Abstract

Introduction:

In general, the role and importance of watershed operations in improving the condition of pastures, controlling erosion, preventing sedimentation and finally protecting water and soil is not hidden from anyone. The technical and principled implementation of watershed projects causes storage and infiltration of rainfall, increase of vegetation cover, stabilization of erosion and sedimentation, increase of the useful life of dams, adjustment of the slope of waterways and reduction of the speed and power of water destruction. Based on the studies conducted, due to the diversity of ecological conditions, it is not possible to reach a specific pattern or provide specific instructions with the same application in all watershed areas. For this reason, in addition to knowing the area and its issues, it is inevitable to prioritize watershed management operations according to the existing potentials. Examining the results of the conducted research shows that the implementation of watershed operations in watersheds has played an important role in controlling surface runoff. In This study, they evaluated watershed projects on the flood level of the Ramyan area using the HEC-HMS model, and the results showed that the flood has decreased in the period of different returns; In such a way that the greatest decrease in peak discharge and flow volume occurred during the return periods of 10 and 20 years, respectively, and with the increase of the return period, the effect of flood control measures on floods decreases. In this research, in order to evaluate the role of watershed projects in reducing peak flood discharge, HEC-HMS rainfall-runoff model was used, and the amount of discharge was calculated before the implementation of watershed management activities and after the implementation of watershed management activities, and the effect of these projects on the peak flood discharge was determined.

Materials and Methods:

Hossein Abad Jiraft watershed is located between 57° 34' to 57° 43' east longitude and 28° 19' 13 to 28° 26' 34' north latitude. The area of the watershed is 11258.68 hectares. Also, the weighted average slope of the watershed is 17.83%. More than 60% of the area's land use is pasture, which is the dominant species. In this study, the HEC-HMS model version 3.1.0 was used to

-
1. Corresponding Author, Faculty member, Natural Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran
 2. Faculty member, Natural Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Malayer, Malayer, Iran
 3. Senior expert, Vice President of Watershed Management General Directorate of Natural Resources and Watershed Management south of Kerman province, Jiroft, Iran
 4. Expert, Vice President of Watershed Management, General Directorate of Natural Resources and Watershed Management, Southern Kerman Province, Jiroft, Iran

simulate rainfall-runoff. Also, the data of 20 climatology stations with a common statistical distance of 30 years (1986-2016) were used. The methodology must be clearly stated and described in sufficient detail or with sufficient references. In order to calculate the amount of losses, the American Soil Conservation Society (SCS) method was used in the HEC-HMS model. The amount of runoff (Q) depends on the rainfall (P) and the water retention volume inside the soil. In all floods, runoff (Q) is always less than or equal to precipitation (P). Similarly, after the occurrence of runoff, the actual amount of water retention (Fa) is less than or equal to the maximum retention capacity (S). As can be seen, CN is the most important parameter to be estimated. CN for average humidity conditions (AMII) is obtained from the relevant table. CN is estimated from the combination of 2 factors of hydrological group and land use at any point of the basin, and CN of the entire basin is calculated from weighted averaging. In this study, to prepare the curve number (CN) map of the region, first, the map of soil hydrological groups in four groups A, B, C and D was prepared by combining the slope map and the map of hydrological units.

Results and Discussion:

According to the calculation method described in the previous section, CN was calculated in the sub-basins. The results show that the highest value of CN is estimated in sub-areas H12-1-1-2 with CN: 78.3 and sub-area H11int with CN: 76.9. According to the high value of the curve number in these two sub-areas, flash floods are expected to occur in these two the area is very large and generally the average area curve number is above 70. After completing the input data to the HEC-HMS runoff precipitation model, the model was run for different return periods (RUN) and the calculated peak discharge was extracted. A total of 67472 cubic meters of structures have been built in the entire Hossein Abad basin, including 3 stone and mortar structures with an area of 1139 cubic meters and 10 earthen dams with an area of 66339 cubic meters. The 13 created structures have a total reservoir volume of 222598.1 cubic meters. Due to the effects of watershed management activities, the concentration time of the basin changes and generally increases. This change can be estimated through two factors: the slope of the main waterway and the change in the condition of the cover (CN). The above information was calculated in the modified Kerpich relation of the concentration time and the delay time of each sub-basin of Hossein Abad, after watershed operation. Here, the changes include concentration time, CN and equating some factors with the effective level. By applying the effects corresponding to watershed operations in the runoff precipitation model, the model was run for different return periods (RUN) and the flood peak discharge after watershed operations was calculated.

Conclusion:

Today, in order to implement watershed projects, a lot of money is spent in this regard, but perhaps less attention is paid to the effectiveness of these projects. In fact, without monitoring and evaluating these projects, it may not be possible to convince the policy-making managers to allocate credits and the people to voluntarily participate in the implementation and support of watershed projects. Watershed activities are considered as the most important flood risk reduction projects. In this research, considering that the implementation of the Hosseinabad-Jiroft watershed project is very costly and is one of the important flood-prone areas of the region, the HEC-HMS rainfall-runoff hydrological model is used to simulate the peak flood discharge before and after the implementation of watershed activities in the Hosseinabad-Jiroft watershed to evaluate the effectiveness of this. The projects were used to reduce the peak flow of floods. The results of this research show that watershed management activities in

Hosseinabad-Jiroft region play an essential role in reducing the peak flood discharge. This reduction is more than 95% in some sub-areas, which indicates the impact of watershed projects and their effectiveness on the peak flood discharge. Therefore, it can be concluded that the HEC-HMS model is a suitable model for predicting runoff events. Due to the good performance of the HEC-HMS model, this model can be used to estimate floods in basins without statistics with appropriate calibration and obtain acceptable results. The HEC-HMS hydrological model has a good capability in predicting the real time of flood and therefore it was used in this research.

Keywords: flood, executive activities, HEC-HMS, Peak Discharge, Hossein Abad watershed

Acknowledgement

We would like to express our gratitude to University of Jiroft and General Department of Natural Resources and Watershed Management of South Kerman Province.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement:

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author

Authors' contribution

Farshad Soleimani Sardo: conceptualization, performing software, writing the first version of the article

Hamid Nouri: guiding, editing and revising the article, controlling the results

Mohammad Reza Shahrokhi: conceptualization, consultation

Maryam Nasab Pour: editing and revising the article