دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

" مقاله پژوهشی"

واسنجی و ارزیابی پارامترهای مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS در شبیه‌سازی وقایع منفرد بارش رواناب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تجن)

فاطمه حیدری چناری[۱]، رامین فضل‌اولی[۲] و اسماعیل نیکزاد طهرانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: r.fazloula@sanru.ac.ir)
۳- دانش‌آموخته مهندسی آبخیزداری و کارشناس گروه GIS دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۲
صفحه: ۶۹ تا ۸۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: سیل یکی از اصلی‌ترین بلایای طبیعی است که در سال‌های اخیر مناطق مختلف کشور را تحت‌تاثیر قرار داده و موجب خسارات فراوانی شده است. دانشمندان همواره روش‌های مختلفی در جهت شناخت بزرگی و زمان وقوع سیل و برآورد ارتفاع رواناب ابداع کرده‌اند. مدل‌های بارش رواناب از جمله ابزارهای کاربرد و توانمند در دستیابی به خصوصیات سیلاب می‌باشند. هدف از انجام این پژوهش، واسنجی و اعتبارسنجی مدل HEC-HMS و همچنین شبیه‌سازی سیل به‌صورت تک واقعه در حوزه آبخیز تجن بوده است.

مواد و روش: در این پژوهش ابتدا متغیرهای بارش و دما وارد مدل شد، سپس مدل براساس ۳ واقعه منفرد واسنجی و پارامترهای آن محاسبه شد، همچنین پارامترهای شماره منحنی (CN) و سطوح نفوذناپذیر، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تجزیه و تحلیل و در نهایت براساس یک واقعه منفرد دیگر، اعتبارسنجی مدل انجام شد و صحت و دقت آن برآورد گردید. هیدروگراف‌های ایجاد شده از سناریوهای پارامترهای مدل تنظیم یافته، با هیدروگراف مدل مشاهداتی ایستگاه کردخیل مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج واسنجی براساس وقایع انتخابی نشان داد که داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های مشاهده‌ای، همبستگی بالایی دارد (R>0.9). همچنین نتایج اعتبارسنجی با استفاده از آزمون ضریب همبستگی و t استیودنت نشان داد که ضریب همبستگی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی برابر ۰/۹ می‌باشد که معنی‌داری قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. آنالیز حساسیت مدل به‌منظور تعیین مقدار دقیق یک پارامتر حساس به ازای تغییرات افزایش و کاهش ۲۰ درصدی پارامترها انجام شد. نتایج آنالیز حساسیت مدل نشان داد پارامتر شماره منحنی و مقدار تلفات اولیه دارای حساسیت بالایی می‌باشند به‌طوری‌که در بازه ۲۰- تا ۲۰+ درصد تغییر پارامتر شماره منحنی و تلفات اولیه به‌ترتیب، مقدار حساسیت مدل از ۲/۳۳- تا ۷/۱۵ و از ۰/۷۹ تا ۰/۷۳- تغییر می‌کند. از سوی دیگر نتایج شبیه‌سازی مدل نشان داد که بهترین تابع هدف برای برآورد دبی اوج سیلاب درصد خطای دبی اوج (Percent Error Peak) می‌باشد که مدل با اختلاف ۰/۸ درصد دبی اوج را در ایستگاه کردخیل پیش‌بینی نمود. همچنین تابع هدف درصد خطای حجم جریان (Percent Error Volume) به‌عنوان بهترین برآوردکننده حجم سیلاب با اختلاف صفر، تعیین شد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج نشان داد که به‌کارگیری سیستم مدل هیدرولوژیکی به‌همراه سیستم اطلاعات جغرافیایی، برای تبدیل بارش به رواناب، شبیه‌سازی سیلاب و پیش‌بینی دبی اوج و حجم سیلاب بسیار کارآمد است و نتایج به‌دست آمده قابل استناد می‌باشند. بنابراین می‌توان از مدل‌های نهایی در مدیریت حوزه‌های آبخیز استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: بارش-رواناب، سیل، شبیه‌سازی، وقایع منفرد، HEC-HMS

مقدمه

سیل یکی از اصلی‌ترین بلایای طبیعی است که در سال‌های اخیر مناطق مختلف کشور (به‌خصوص مناطق شمالی و رودخانه تجن) را تحت‌تاثیر قرار داده و موجب خسارات فراوانی شده است. در سال‌های اخیر مناطق مختلف کشور تحت تاثیر طغیان آب رودخانه و جاری شدن سیلاب بوده و موجب خسارات فراوانی شده است. دانشمندان و متخصصان منابع آب، همواره روش‌های مختلفی در جهت شناخت بزرگی و زمان وقوع سیل و برآورد ارتفاع رواناب ابداع کرده‌اند. امروزه استفاده از مدل‌های بارش رواناب کاربرد وسیعی در این زمینه دارد. مدل‌های بارش رواناب یکی از موارد مهم یا اصول کلیدی در دستیابی به خصوصیات سیلاب از قبیل حداکثر دبی سیلاب و زمان رسیدن به دبی اوج به‌شمار می‌روند. مطالعات گسترده‌ای در خصوص شبیه‌سازی جریان رودخانه با استفاده از مدل بارش- رواناب انجام شده است که اهمیت این‌گونه مدل‌ها را در مدیریت منابع آب در یک حوزه می‌رساند. بهیان مطلق و همکاران (۵)، به بررسی تاثیر زیر حوزه‌ها در میزان رواناب خروجی در حوزه آبخیز کوه‌سوخته با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. آن‌ها از روش شماره منحنی SCS برای محاسبه تلفات و هیدروگراف واحد SCS جهت روش انتقال استفاده کردند. ابتدا مدل توزیعی با سه زیر حوزه و سپس مدل به صورت یکپارچه اجرا شد. نتایج نشان داد دقت مدل در حوزه با در نظر گرفتن زیر حوزه‌ها در مقایسه با حوزه یکپارچه بیشتر است. عسگری و حسین‌زاده (۳)، به مطالعه حوزه آبخیز سد بارزوی شیروان پرداخته و مدل‌سازی هیدرولوژی را در محیط GIS با نرم‌افزار HEC-HMS و HEC-GEOHMS انجام داده و کاربرد مدل ساخته‌شده را با روش‌های مشابه مقایسه کردند. مقایسه نتایج به‌دست آمده در ارتباط با فیزیوگرافی و برآورد سیلاب و همچنین هیدروگراف سیلاب با توجه به وجود ایستگاه هیدرومتری بارزوی در محل سد قابل‌قبول بود و اختلاف دو روش در برآورد دبی پیک سیلاب کم بود. تیموری مقدم و همکاران (۲۶)، با استفاده از روش SCS و نرم‌افزار SMADA و HEC-HMS به شبیه‌سازی بارش و رواناب حوزه آبخیز ماهیدشت پرداختند. نتایج نشان داد داده‌های مشاهداتی و محاسباتی هم‌خوانی خوبی دارند. ثقفیان و فرازجو (۲۳)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌سازی به بررسی و الویت‌بندی سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک در حوزه آبریز سد گلستان

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که عواملی مانند موقعیت مکانی زیر حوزه‌ها و روندیابی رودخانه اصلی می‌تواند در سیل خروجی حوزه موثر باشد. شعبانی بازنشین و همکاران (۲۲)، با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل HEC-HMS سهم هر زیر حوزه را در سیل خروجی حوزه آبخیز نکا بررسی کردند. آن‌ها ابتدا هایتوگراف بارش طرح به‌ازای دوره‌های بازگشت مختلف را محاسبه کردند. پس از واسنجی مدل و تخمین مقدار بهینه پارامترهای مدل، هیدروگراف‌های سیل خروجی از هر یک از زیر حوزه‌ها و هیدروگراف‌های سیل خروجی از کل حوزه به‌ازای دوره‌های بازگشت مختلف شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد لزوما زیر حوزه‌ای که مساحت بزرگتری دارد، در سیل خروجی حوزه تاثیر بیشتری ندارد بلکه عواملی چون موقعیت مکانی زیر حوزه‌ها و روندیابی رودخانه اصلی در رژیم سیلابی تاثیر زیادی دارند. حجازی‌زاده و همکاران (۸)، به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر هیدروگراف سیلاب در دوره‌های آتی حوزه آبخیز بختیاری پرداختند. در این تحقیق برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر سیلاب از مدل گردش عمومی جو (AOGCM)، برای شبیه‌سازی دما و بارش در دوره‌های آتی (۲۰۳۰–۲۰۱۱) از مدل CGCM3 و همچنین برای شبیه‌سازی سیلاب حوزه از مدل HEC-HMS استفاده کردند. نتایج نشان داد با وجود کاهش بارش در آینده، بارش‌های حدی در حوزه با شدت بیشتری نسبت به دوره پایه رخ خواهد داد که نشان‌دهنده وقوع سیلاب در آینده است.کریمی و همکاران (۱۴)، با استفاده از مدل HEC-HMS به شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در حوزه آبخیز لیقوان پرداختند. نتایج نشان داد که اختلاف پیش‌بینی زمان وقوع و اندازه حداکثر سیلاب اتفاق افتاده و محاسبه‌شده توسط مدل کمتر از ۱۰٪ می‌باشد.

نورعلی و همکاران (۲۰)، برای بررسی اهمیت ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز گوش و بهره از شاخص‌های دبی اوج سیلاب و حجم جریان کردند. آن‌ها اطلاعات موردنیاز این تحقیق شامل موقعیت و مشخصات سازه‌ها در آبراهه‌های اصلی و مقاطع روندیابی و اطلاعات پایه، با انجام بازدیدهای میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای جمع‌آوری کرده و سپس برای کمی کردن تأثیر این اقدامات از شبیه‌سازی جریان با مدل HEC-HMS استفاده کردند. نتایج نشان داد که انجام عملیات بیولوژیکی و مکانیکی باعث کاهش مقدار دبی اوج سیلاب تا ۳۶/۲۱ درصد و کاهش حجم سیلاب تا ۳۴/۷۸ درصد در دوره بازگشت‌های مختلف می‌شوند و همچنین با افزایش دوره بازگشت، تأثیر اقدامات آبخیزداری بر دبی اوج و حجم سیلاب کاهش می‌یابد. با انجام این تحقیق تأثیر اقدامات آبخیزداری بر دبی اوج و حجم سیلاب حوزه آبخیز گوش و بهره مثبت ارزیابی شد. مزیدی و همکاران (۱۶)، با استفاده از مدل HEC-HMS به شبیه‌سازی بارش– رواناب حوزه آبخیز خرم‌آباد پرداخته و نتایج به‌دست آمده نشان داد که سازگاری خوبی بین هیدروگراف‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده در خروجی حوزه وجود دارد. حسین زاده و همکاران (۹)، با به کارگیری قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS و روش SCSو مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS به برآورد ارتفاع رواناب و بررسی وضعیت سیل‌خیزی و هیدرولوژیکی حوزه آبخیز قوچک - رودک پرداختند. نتایج نشان داد خروجی این مدل در برآورد رواناب و دبی اوج سیلاب مورد پذیرش نمی‌باشد زیرا اختلاف بین دبی اوج مشاهداتی و محاسباتی بیش از ۲۵ درصد می‌باشد. چنگ و همکاران (۶)، از مدل HEC-HMS برای پیش‌بینی سیلاب در حوزه آبخیز شیمن تایوان استفاده کردند. آن‌ها با استفاده از داده‌های سیلاب، رواناب حاصل از بارش را شبیه‌سازی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS قادر به پیش‌بینی سیلاب‌های تاریخی است. جو و همکاران (۱۱)، برای دو زیر حوزه باکیل و جانک‌پیونگ در کره‌جنوبی ۸ سیلاب رخ داده در حوزه بوکیل و ۶ سیلاب در حوزه جانک پیونگ را با دو مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS و ReFH شبیه‌سازی کردند. آن‌ها نتایج دو مدل را با هم مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل ReFH محدودیت در شبیه‌سازی جریان اوج را نشان می دهد درحالی که مدل HEC-HMS شبیه‌سازی خوبی در هر دو حوزه نشان داد. آرنز و همکاران (۱)، برای پیش‌بینی هیدروگراف سیلاب در امریکا اقدام به ارایه مدل هیدرولوژیک با استفاده از روش SCS حوزه آبخیز کردند و مطابق نتایج حاصله، مدل HEC-HMS برای شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب مناسب می‌باشد. کافله و همکاران (۱۲)، اثر بارش در تولید رواناب را در حوزه آبخیز بگماتی با استفاده از مدل HEC-HMS شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که پیک سیلاب شبیه‌سازی‌شده به مقدار مشاهداتی نزدیک می‌باشد. سارانگی و همکاران (۲۴)، برای محاسبه هیدروگراف رواناب، به مقایسه روش‌های ژئومورفولوژی و شماره منحنی در حوزه‌های آبخیز فاقد آمار پرداختند. آن‌ها دریافتند که در حوزه‌های آبخیز کوچک، روش ژئومورفولوژی صحیح‌تر و دقیق‌تر پاسخ می‌دهد. نورعلی و همکاران (۱۹)، با استفاده از الگوریتم مونت کارلو زنجیره مارکوف، به بررسی عدم قطعیت پارامترهای مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS در حوزه آبخیز تمر پرداختند. آن‌ها برای ارزیابی ۲۴ پارامتر به‌کار رفته در مدل HEC-HMS از سه رویداد سیل برای واسنجی و یک رویداد سیل برای صحت‌سنجی استفاده کردند. نتایج نشان داد علاوه بر عدم قطعیت ناشی از پارامترهای مدل بارش–رواناب، منابع دیگر عدم قطعیت مانند ساختار مدل و داده‌های ورودی هم نقش مهمی در خطای شبیه‌سازی دارند.

هدایتی (۷)، به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر مشخصات سیلاب در حوزه آبخیز رودخانه هراز پرداخت. وی با استفاده از مدل گردش عمومی جو داده‌های آینده برای 13 زیر سناریو را استخراج نمود و طبق روش‌های وزن‌دهی وMOTP، بهترین مدل پیش‌بینی Hadcm3-SRB1 انتخاب و در مدل کوچک مقیاس‌ساز آماری LARSWG داده‌های بارش و دما را برای دوره آینده در مقیاس زمانی روزانه استخراج نمود، سپس با توجه به مقادیر بارش ایستگاه سینوپتیک آمل و مقادیر بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه در دوره مشاهداتی، میزان بارش آینده ایستگاه‌های باران‌سنجی واقع در حوزه را، بازسازی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

نمود. وی همچنین با استفاده از مدل HEC-HMS به شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوزه در دوره زمانی مشاهداتی و آینده پرداخت. پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل، دبی خروجی حوزه استخراج و برای آینده پیش‌بینی شد. با ورود دبی‌های اوج سالانه نتایج نشان داد میزان دبی رواناب در آینده افزایش چشمگیری خواهد داشت. یانگ و همکاران (۲۷)، برای مدیریت جامع منابع آب در شهر دایگو کره جنوبی از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS) استفاده نمودند. ایشان برای پیش‌بینی جریان سیلاب از نرم‌افزار HEC-HMS و جهت تهیه مدل‌های پیش‌بینی تقاضای آب شهری از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کردند. درنهایت نتایج به‌دست آمده از این روش برای مقابله با پیچیدگی مشکلات مدیریت منابع آب بسیار مفید تشخیص داده شد.

با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه شبیه‌سازی وقایع منفرد به کمک مدل‌های هیدرولوژیکی در داخل و خارج از کشور، در این تحقیق با استفاده از روش‌های دستی و خودکار اقدام به ارزیابی و آنالیز حساسیت و واسنجی مدل HEC-HMS با استفاده از چندین معیار ارزیابی در حوزه آبخیز تجن شده است. همچنین در این تحقیق از هفت معیار ارزیابی جهت واسنجی مدل استفاده شد که با توجه به پژوهش‌های گذشته در این رابطه در داخل و خارج از کشور مطالعات کمتری صورت گرفته بود. بنابراین هدف نهایی این تحقیق، کمک به واسنجی بهتر مدل با تلفیق کالیبراسیون دستی و خودکار و همچنین شناخت و معرفی پارامترهای حساس مدل HEC-HMS که بیشترین تاثیر را بر روی خروجی مدل دارند بوده است.

مواد و روش‌ها

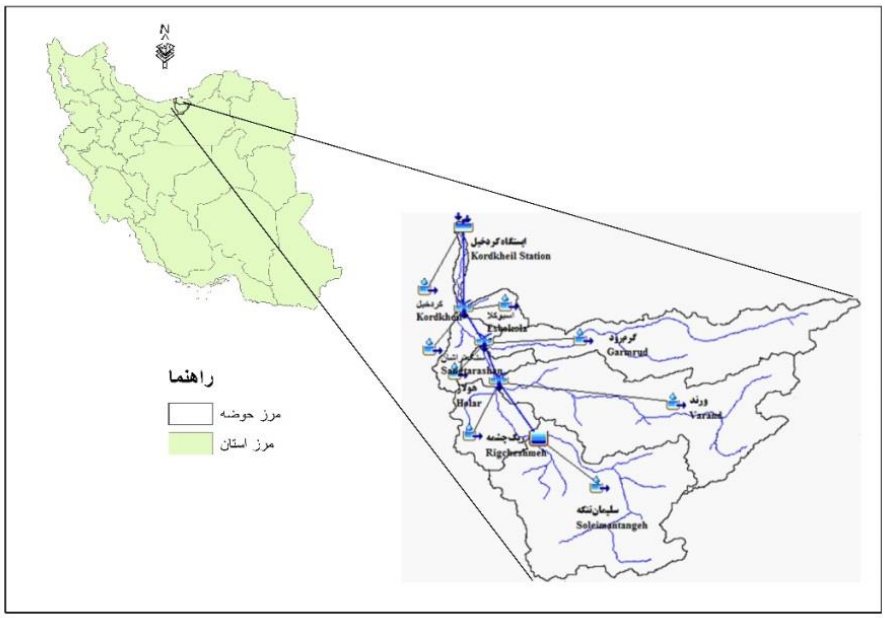
منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز تجن، با مساحت تقریبی ۴۰۲۶/۶ مترمربع در محدوده جغرافیایی ۵۳ درجه و ۷ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی در استان مازندران واقع شده و از نظر تقسیمات سیاسی در قلمرو شهرستان ساری واقع است. حداکثر ارتفاع آن ۳۷۸۲ متر و پست‌ترین نقطه آن ۲۶- از سطح دریای آزاد در خروجی حوزه قرار دارد. این حوزه از شمال به دریای خزر، از شرق و شمال شرقی به حوزه رودخانه نکا، از جنوب شرق به حوزه رودخانه سلطان میدان، از جنوب به دامنه‌های شمالی رشته کوه البرز در منطقه شهمیرزاد، از غرب و شمال غرب به حوزه رودخانه سیاهرود و از جنوب غرب به حوزه تالار در منطقه پل سفید محدود می‌گردد. متوسط بارش سالانه حوزه ۵۲۵ تا ۶۸۷/۱ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه بین ۱۱/۸و ۱۶/۸درجه سانتی‌گراد متغییر است. رودخانه اصلی این حوزه، رودخانه تجن می‌باشد. طول آبراهه اصلی برای رودخانه تجن معادل ۱۷۲ کیلومتر محاسبه شده‌است (۱۸).

تعیین خصوصیات فیزیوگرافی زیر حوزه

GeoHMS (الحاقیه مدل‌سازی هیدرولوژیکی زمین مکانی) یکی از برنامه‌های جانبی ArcGIS برای مدل‌سازی مکانی، هیدرولوژیکی می‌باشد و به کاربر اجازه وارد کردن نتایج به‌دست‌آمده از ArcGIS به HEC-HMS را می‌دهد (۱۰). مبنای اطلاعات این الحاقیه مدل ارتفاعی رقومی حوزه آبریز است؛ که با استفاده از آن حوزه موردنظر به زیرحوزه‌های کوچک‌تر تقسیم شده و خصوصیات فیزیوگرافی آن‌ها نظیر شیب، مساحت، محیط و مرکز ثقل هر زیرحوزه تعیین می‌شود (۱۷).

در این تحقیق ابتدا، با استفاده از الحاقیه HEC-GeoHMS و براساس مدل ارتفاعی رقومی (DEM)، پارامترهای فیزیکی حوزه محاسبه شد (شکل ۲).



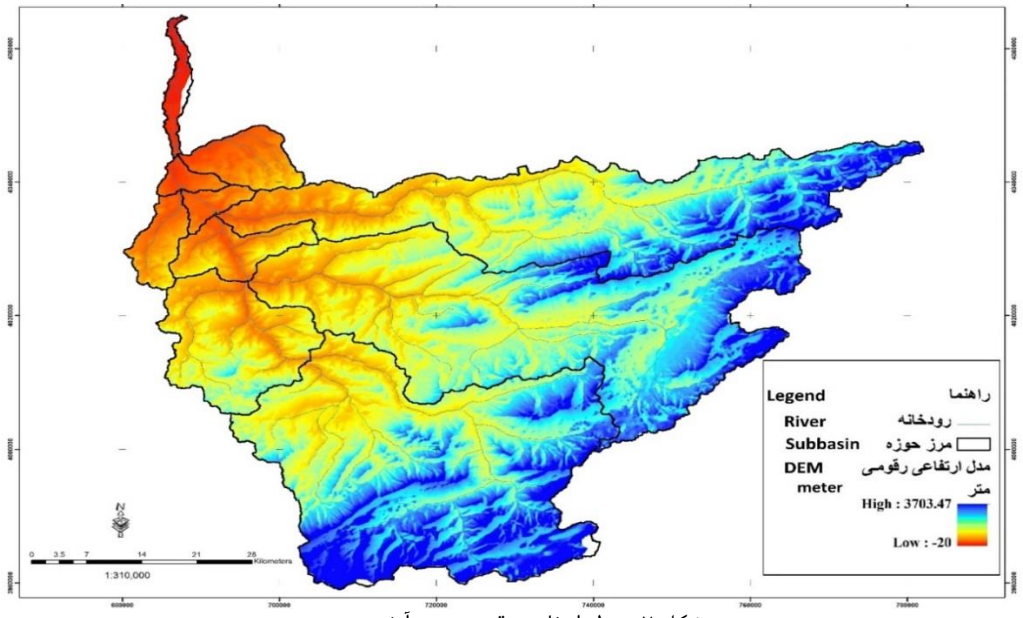
شکل ۱- منطقه مورد مطالعه (حوزه آبخیز تجن)
Figure 1. The study area (Tajan basin)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

جدول ۱- مساحت و محیط و طول حوزه به تفیک زیر حوزه‌های حوزه آبخیز تجن

Table 1. The area, perimeter and basin length of Tajan Subbasins

نام زیرحوزه	مختصات مرکز ثقل		مساحت (km^2)	محیط (km)	شیب زیرحوزه (٪)
	X	Y			
کردخیل	۶۸۶۹۵۷/۹	۴۰۵۴۳۱۸	۳۸/۳۶۰۹۰۸	۶۷/۷۲۲۹۷۹	۰/۵۴
گرم‌رود	۷۳۸۹۸۷/۱	۴۰۳۶۰۲۳	۸۸۹/۲۲۶۶۴۸	۳۰۳/۶۴۴۵۹۲	۲۹/۳۲
هولار	۶۹۴۴۲۷/۳	۴۰۲۹۹۴۶	۱۰۲/۱۸۴۲۰۴	۷۰/۴۵۲۳۶۹	۲۰/۳۸
ریگ‌چشمه	۶۹۴۲۷۴/۵	۴۰۱۶۱۶۶	۲۸۹/۲۹۶۳۸۹	۱۰۳/۲۰۵۰۴۳	۲۸/۲۶
ورند	۷۳۳۲۲۹/۶	۴۰۱۹۸۹۱	۱۲۰۸/۷۵۷۸۰۴	۳۱۵/۷۵۶۲۵۸	۲۶/۳۳
سلیمان‌تنگه	۷۱۸۸۷۵/۳	۳۹۹۷۳۸۸	۱۲۰۷/۷۱۰۲۰۹	۲۵۳/۳۲۱۴۷۲	۳۵/۷۵
سنگ‌تراشان	۶۸۷۳۲۴/۷	۴۰۳۴۴۳۸	۱۲۸/۴۹۷۷۶۵	۸۲/۲۲۲۸۶۱	۱۲/۲۸
اسبوکلا	۶۹۵۹۳۱ /۲	۴۰۴۳۲۱۴	۹۴/۶۴۷۳۳۷	۵۶/۴۶۴۲۴۸	۱۱/۵۶



شکل ۲- مدل ارتفاعی رقومی حوزه آبخیز تجن

Figure 2. Digital Elevation Model (DEM) of Tajan basin

روش تحقیق

برای انتخاب یک مدل مناسب، نیازمند تطبیق مدل با شرایط و اطلاعات موجود حوزه و هدف طرح می‌باشد، لذا باید مدلی که تأمین‌کننده این شرایط می‌بود، درنظر گرفته می‌شد. همان‌طور که ذکر گردید حوزه آبریز تجن به‌عنوان حوزه مورد مطالعه در این تحقیق استفاده شد، با توجه به انتخاب واقعه‌های خاصی در این حوزه، در این راستا یکی از مدل‌های بارش-رواناب موجود در برنامه کامپیوتری HEC-HMS انتخاب گردید. از نظر دسته‌بندی مدل‌ها، مدل‌هایی که در برنامه کامپیوتری HEC-HMS هستند جزو مدل‌های ریاضی محسوب می‌شوند. HEC-HMS یک برنامه کامپیوتری است که شامل مدل‌های مختلفی می‌باشد که به گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی شده‌اند. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل‌های تک واقعه‌ای و پیوسته، یکپارچه و توزیعی، مفهومی وتجربی و مدل‌های تعیینی و احتمالی اشاره کرد. در این پژوهش برای پیش‌بینی سیلاب لحظه‌ای، از مدل تک‌واقعه‌ای به‌دلیل دارا بودن معادله‌ها و زیرمدل‌های اجزای حوزه استفاده شد.

معرفی مدل HEC-HMS

مدلHEC-HMS یک برنامه رایانه‌ای است که برای تجزیه، تحلیل و تبدیل بارندگی به رواناب تهیه شده است. مدل HEC-HMS حوزه آبخیز را با مولفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. همان‌طور که گفته شد، با استفاده از الحاقیه HEC-GeoHMS از طریق مدل ارتفاعی رقومی (DEM) محاسبه پارامترهای فیزیکی حوزه انجام شد (شکل ۲). بعد از محاسبه پارامترهای فیزیکی، شبیه‌سازی رواناب با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS انجام شد. اجرای تمامی پروژه‌ها با ایجاد حداقل یک مدل حوزه، یک مدل هواشناسی و یک مشخصه کنترل، امکان‌پذیر است. در مدل حوزه پس از معرفی عناصر هیدرولوژیکی، در هر زیرحوزه، سه بخش تلفات، رواناب مستقیم و آب پایه تعیین شد. به‌این ترتیب برای محاسبه میزان تلفات، از روش شماره منحنی و رواناب مستقیم از روش آبنمود مصنوعی SCS (۱۴)، برای محاسبه دبی پایه از روش جداسازی آبنمود (۲) و برای روندیابی سیلاب در مقطعی از رودخانه از روش روندیابی تاخیری استفاده شد (۲۱). داده‌های هواشناسی با مولفه مدل هواشناسی تحلیل شد و این مولفه شامل اطلاعات بارندگی و تبخیر- تعرق و ذوب برف است. با توجه به این‌که داده‌های بارش-رواناب انتخاب شده برای مدل به‌صورت رگبارهای کوتاه مدت است، لذا میزان تبخیر و تعرق در محدوده مطالعاتی نقش چندانی در شبیه‌سازی بارش-رواناب ندارد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

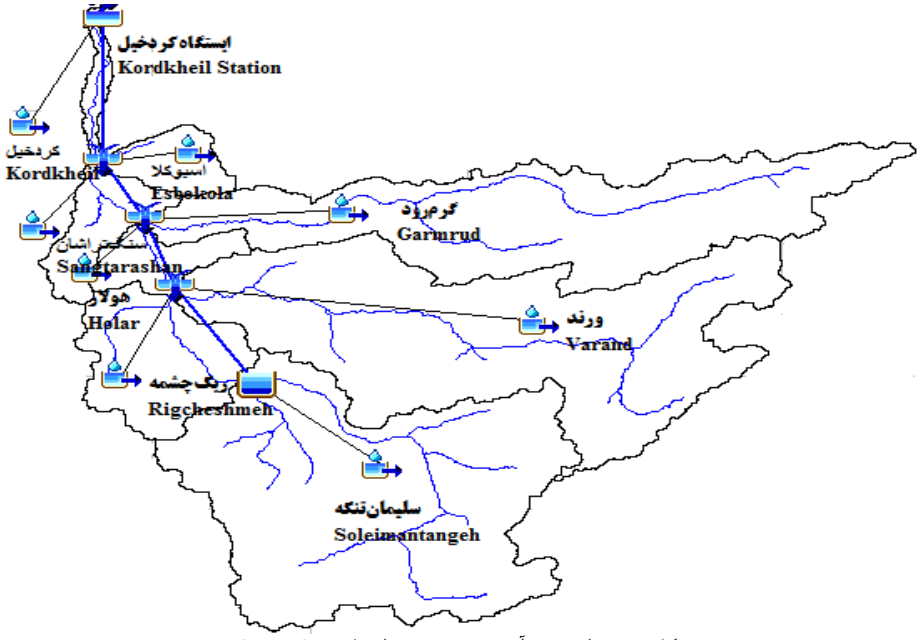
همانطوری که ذکر شد در بخش تلفات بارش روش SCS Curve Number در استفاده شد. پارامترهای مورد نیاز این روش تلفات اولیه، شماره منحنی و درصد سطح غیرقابل نفوذ حوزه است.

$$S = (25400/CN) - 254 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$Ia = 0.2S \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در رابطه ۱، CN، یک عدد بدون بعد که بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. در CN برابر ۱۰۰، خاک توان جذب بارندگی را ندارد و در نتیجه ارتفاع رواناب با بارندگی مساوی است.

در رابطه (۲)، Ia، تلفات اولیه (میلی‌متر) و S (میلی‌متر) مقدار ذخیره سطحی خاک است. درصد سطح غیرقابل نفوذ حوزه نیز به منزله پارامتر دیگر روش SCS Curve Number، از لایه پوشش گیاهی تهیه شد.



شکل ۳- مدل حوزه آبخیز تجن در مدل‌سازی HEC-HMS
Figure 3. Basin model of Tajan in HEC-HMS modeling

واسنجی، تحلیل خطا و ارزیابی مدل

در این پژوهش از اطلاعات حوزه آبخیز، بارندگی، سیلاب و تجزیه و تحلیل آن‌ها استفاده شده است. به‌این صورت که ابتدا تعداد ۳ مورد آبنمود سیلاب مشاهده شده و هایتوگراف باران مرتبط با آن برای ایستگاه کردخیل انتخاب و داده‌های آن‌ها از روی نمودار استخراج شد. جهت شبیه‌سازی رواناب، ابتدا پارامترهای مورد نیاز، محاسبه شده و بعد از پایان مرحله شبیه‌سازی، جهت تعیین مقدار بهینه این پارامترها عملیات واسنجی مدل برای ۳ رویداد بارش-رواناب انجام گرفت. طی فرایند واسنجی مدل، تصحیح مکرر پارامترها و محاسبه بهترین برازش بین آبنمود محاسبه شده و مشاهده شده، تحت تابع هدف انجام گرفت (۱۴،۱۵). در صورت تطابق معنی‌دار هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده، مقدار پارامتر به دست آمده از واسنجی مدل قابل قبول تشخیص داده شده و در غیر این‌صورت عملیات شبیه‌سازی برای دست‌یابی به نتایج بهتر تکرار می‌شود. در نهایت اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه شده برای دو رویداد دیگر بارش-رواناب انجام گردید.

آنالیز حساسیت

آنالیز حساسیت برای ارزیابی پارامترهای مدل هیدرولوژیکی با اجراهای متعدد مدل با کاهش و افزایش ۲۰ درصدی مقدار پارامترهای تلفات اولیه، شماره منحنی و زمان تاخیر انجام شد و نهایتا حساسیت مدل نسبت به تغییرات پارامترها تعیین شد. آبنمودهای منتج شده از سناریوهای پارامترهای مدل تنظیم یافته، با آبنمود مدل مشاهداتی ایستگاه کردخیل، مقایسه شد. برای تعیین حساسیت مدل به تغییر پارامترهای شماره منحنی و تلفات اولیه از رابطه ۳ استفاده شد (۱۳).

$$SEN = 100\frac{New - Old}{Old|PC|} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

که در آن، SEN: مقدار حساسیت تابع هدف حاصل از تغییر در اندازه پارامتر، New: مقدار جدید خروجی مدل حاصل از پارامتر جدید، Old: خروجی اولیه مدل و PC: قدر مطلق درصد تغییرات در پارامتر است.

ارزیابی کارایی نتایج

تابع هدف نکویی برازش میان جریان مشاهده‌ای و شبیه سازی را تخمین می‌زند. هفت تابع مختلف در این مطالعه برای حوزه‌های مختلف و رگبارهای مختلف جهت واسنجی مدل استفاده و سپس مقایسه شد تا تخمین دقیق‌تری از جریان شبیه‌سازی شده به‌دست آید. هفت تابع هدف جهت نکویی برازش در این مطالعه شامل موارد زیر می‌باشد.

۱- خطای میانگین مربعات وزنی اوج (Peak Weighted

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

(RMS Error ۲- مجموع باقی‌مانده مربعات (Sum Squared Residual) ۳- مجموع باقی‌مانده قدر مطلق (Sum Absolute Residual) ۴- درصد خطا در دبی اوج (Percent Error Peak) ۵- خطای لوگ میانگین مربعات (RMS Error log) ۶- درصد خطا در حجم جریان (Percent Error volume) ۷- و تابع وزنی زمان رسیدن دبی اوج (Time Weighted Error). شرح کامل معیارهای ارزیابی در HEC-HMS_Users_Manual_3.4 آمده است.

نتایج و بحث

آنالیز حساسیت

پارامتر حساس مدل در حوضه تجن، در قسمت تلفات و پارامتر تلفات اولیه و شماره منحنی می‌باشد که با افزایش و کاهش آن‌ها، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در مدل نمایان می‌شود. سایر پارامترها بی‌تأثیر و یا تأثیری بسیار جزیی در نتایج آنالیز حساسیت از خود نشان دادند که می‌توان از این تغییرات صرف نظر کرد.

نتایج حاصل از آنالیز حساسیت مدل نسبت به دو پارامتر تلفات اولیه و زمان تاخیر در جدول‌های ۲ و ۳ ارایه شده است.

بررسی بر روی پارامترهای مدل نشان می‌دهد که پارامتر شماره منحنی و مقدار تلفات اولیه دارای حساسیت بالایی می باشد که در این بین شماره منحنی از اولویت بیشتری جهت واسنجی مدل برخوردار است. به‌طوری‌که در بازه ۲۰- تا ۲۰+ درصد تغییر پارامتر شماره منحنی، مقدار حساسیت مدل از ۲/۳۳- تا ۷/۱۵ تغییر می‌کند. شکل ۴ منحنی تغییرات نتایج مدل به‌ازای تغییر در دو پارامتر یاد شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شیب منحنی برای پارامتر شماره منحنی بیشتر از پارامتر تلفات اولیه است که نشان می‌دهد، مدل حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات شماره منحنی دارد. بنابراین عملیات واسنجی بر اساس این پارامتر انجام می‌شود. در مورد آنالیز حساسیت مدل شایان ذکر است که یک تغییر کوچک در پارامتر موردنظر، باعث تغییرات زیادی در مدل می‌شود و در این صورت، مدل را نسبت به پارامتر حساس گویند. اگر شیب منحنی کم باشد، تغییرات زیاد در مقدار پارامتر مربوطه، اثر کمی روی مقدار جواب مدل خواهد داشت و مدل را نسبت به آن پارامتر غیرحساس می‌گویند (۲۵).

جدول ۲- نتایج حساسیت مدل به تغییر در پارامتر شماره منحنی

Table 2. The results of model sensitivity analysis based on CN changes

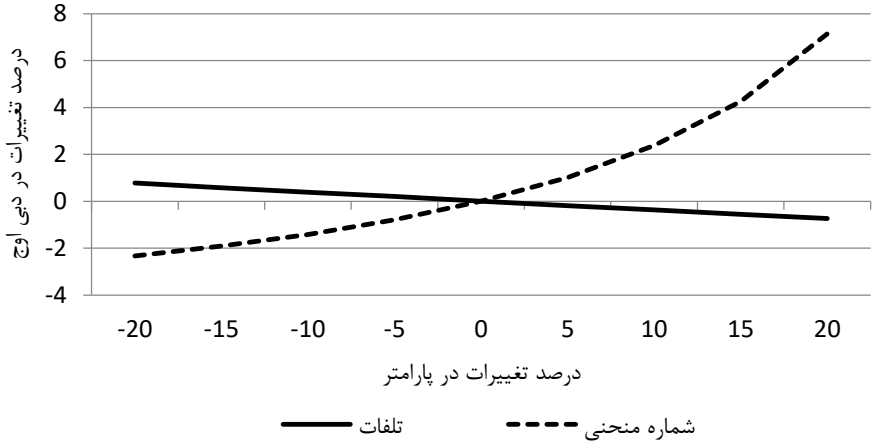
حساسیت	درصد تغییر دبی اوج (٪)	دبی اوج	مقدار پارامتر	درصد تغییرات پارامتر
-۲/۳۳	-۰/۴۷	۱۰/۲	۵۱/۴۴	-۲۰
-۱/۹۱	-۰/۳۸	۱۱/۸	۶۳/۱۵	-۱۵
-۱/۴۱	-۰/۲۸	۱۳/۷	۶۶/۸۷	-۱۰
-۰/۷۹	-۰/۱۶	۱۶/۱	۷۰/۵۸	-۵
۰/۰۰	۰/۰۰	۱۹/۱	۷۴/۳	۰
۱/۰۲	۰/۲۰	۲۳	۷۸/۰۱	۵
۲/۳۸	۰/۴۸	۲۸/۲	۸۱/۷۳	۱۰
۴/۲۷	۰/۸۵	۳۵/۴	۸۵/۴۴	۱۵
۷/۱۵	۱/۴۳	۴۶/۴	۸۹/۱۶	۲۰

جدول ۳- نتایج حساسیت مدل به تغییر در پارامتر تلفات اولیه

Table 3. The results of model sensitivity analysis based on Initial Loss changes

حساسیت	درصد تغییر دبی اوج (٪)	دبی اوج	مقدار پارامتر	درصد تغییرات پارامتر
۰/۷۹	۰/۱۶	۲۲/۱	۳/۲	-۲۰
۰/۵۸	۰/۱۲	۲۱/۳	۳/۴	-۱۵
۰/۳۹	۰/۰۸	۲۰/۶	۳/۶	-۱۰
۰/۲۱	۰/۰۴	۱۹/۹	۳/۸	-۵
۰/۰۰	۰/۰۰	۱۹/۱	۴	۰
-۰/۱۸	-۰/۰۴	۱۸/۴	۴/۲	۵
-۰/۳۷	-۰/۰۷	۱۷/۷	۴/۴	۱۰
۱/۸۳	۰/۳۷	۲۶/۱	۴/۶	۱۵
-۰/۷۳	-۰/۱۵	۱۶/۳	۴/۸	۲۰

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]



شکل ۴- منحنی تغییرات نتایج مدل به‌ازای تغییر در تلفات اولیه و شماره منحنی (آنالیز حساسیت)
Figure 4. Sensitivity analysis of model for changing in CN and Initial Loss

نتایج واسنجی و اعتباریابی

در عملیات واسنجی به لحاظ اهمیت دبی اوج در وقایع سیل، مقادیر حداکثر دبی به‌عنوان شاخص واسنجی مدنظر قرار گرفت. با این وجود هفت تابع هدف جهت نکویی برازش در این مطالعه شامل. ۱- خطای میانگین مربعات وزنی اوج (Peak Weighted RMS Error) ۲- مجموع باقی‌مانده مربعات (Sum Squared Residual) ۳- مجموع باقی‌مانده قدر مطلق (Sum Absolute Residual) ۴- درصد خطا در دبی اوج (Percent Error Peak) ۵- خطای لوگ میانگین مربعات (RMS Error log) ۶- درصد خطا در حجم جریان (Percent Error volume) ۷- و تابع وزنی زمان رسیدن دبی اوج (Time Weighted Error) جهت بهینه‌سازی پارامترها استفاده شد. نتایج واسنجی مدل در جدول ۴ برای ایستگاه کردخیل برای واقعه ۲۰ دی ۱۳۹۴ نشان داده شد. با توجه به جدول شماره ۴ بهترین تابع هدف برای برآورد دبی اوج سیلاب درصد خطای دبی اوج می‌باشد که مدل با اختلاف ۰/۸ دبی اوج را در ایستگاه کردخیل پیش‌بینی می‌کند. همچنین تابع هدف درصد خطای حجم جریان به‌عنوان بهترین برآوردکننده حجم سیلاب با اختلاف صفر برآورد می‌نماید. سایر برآوردهای توابع هدف مدل HEC-HMS در جدول شماره برای ایستگاه آورده شده است. همچنین با توجه به جدول فوق‌الذکر جهت شبیه سازی بهتر حجم سیلاب می‌توان از معیار درصد خطای حجم سیلاب (Percent Error Volume) بهره برد که اختلاف مقادیر دبی مشاهده‌ای و شبیه سازی شده حاصل از این معیار صفر می باشد.

مقایسه دبی مشاهده‌ای و شبیه سازی شده برای سه واقعه ۲۰ دی ۱۳۹۴، ۶ مهر ۱۳۹۴ و ۱۰ آذر ۱۳۹۲ به‌ترتیب در نمودارهای شماره ۵، ۷ و ۹ آمده است. از ضریب همبستگی و همچنین آزمون t- استیودنت برای ارزیابی آماری نتایج مدل استفاده شده است. همان‌طوری که نمودار ۶، ۸ و ۱۰ نشان می‌دهد داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های مشاهده‌ای در مرحله واسنجی (۳ واقعه سیلاب) برای هر سه واقعه همبستگی بالایی دارد ($p<0.001$; $r>0.9$). با بهره‌گیری از آزمون مقایسه میانگین‌ها، آزمون t- استیودنت، تفاوت معنی‌داری میان داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی دیده نشد.

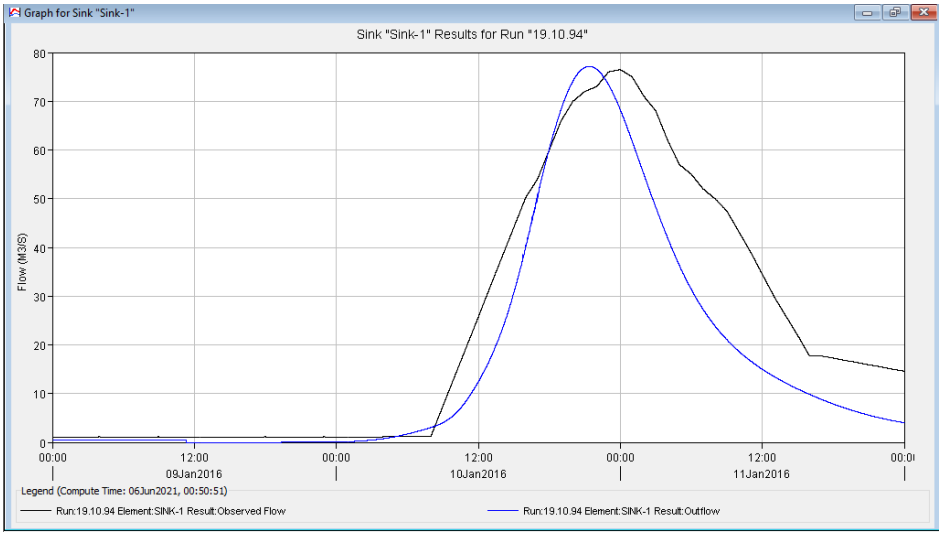
بنابراین، با احتمال ۹۹ درصد اعتماد می‌توان گفت که مدل، داده‌های واقعی را در مرحله واسنجی بازسازی می‌کند. همچنین در مرحله اعتبارسنجی برای یک واقعه سیلاب ۲۰ اسفند ۱۳۹۷ مدل با استفاده از آزمون ضریب همبستگی و آزمون t- استیودنت ارزیابی شد که مقدار ضریب همبستگی برابر با ۰/۹ و مقدار خطا کمتر از ۰/۰۰۱ به‌دست آمد ($r>0.9$; $P<0.001$) که نشان داد تفاوت معنی‌داری میان داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده وجود ندارد. در مجموع پایین بودن مقدار معیار درصد خطای دبی اوج مقادیر برای مرحله واسنجی و اعتبارسنجی، نشان‌دهنده کارایی مدل در شبیه‌سازی دبی پیک سیلاب می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

جدول ۴- ارزیابی کارایی نتایج با استفاده از توابع هدف مختلف واقعه ۱۳۹۴/۱۰/۲۰ با دبی اوج ۷۶/۵ مترمکعب بر ثانیه و حجم ۶۰۶۳/۹ مترمکعب در ایستگاه کردخیل

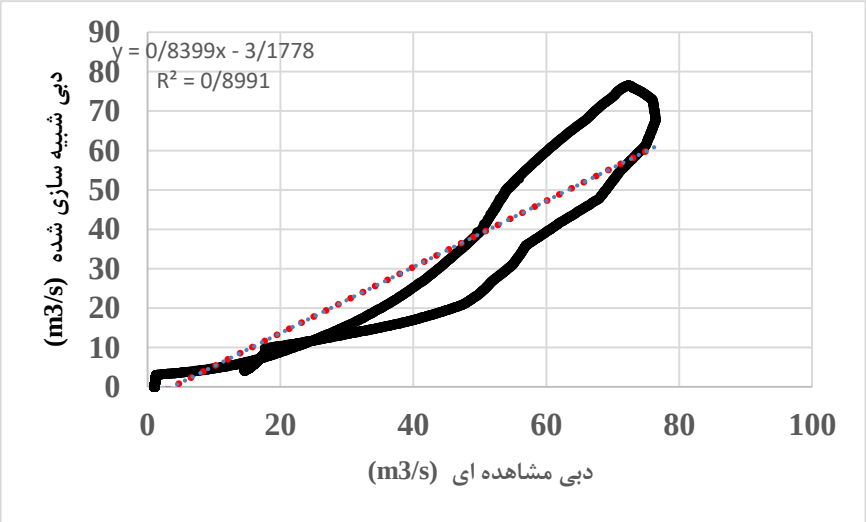
Table 4. Evaluation of effectiveness of model results by different objective function of the event of 2016.01.10 whit a peak flow of 76.5 M^3/s and volume of 6063/9 M^3 in Kordkheil station

معیار ارزیابی	دبی شبیه‌سازی شده						
	حجم	اختلاف	درصد اختلاف	دبی اوج M^3/s	اختلاف	درصد اختلاف	زمان وقوع دبی اوج
خطای میانگین مربعات وزنی اوج	۴۸۰۱/۲	−۱۲۶۲	−۲۰/۸	۸۵/۳	۸/۸	۱۱/۵	۲۱:۲۳ ۱۳۹۴/۱۰/۲۰
درصد خطا در دبی اوج	۴۲۶۹/۷	−۱۷۹۴/۱	−۲۹/۶	۷۷/۱	۰/۶	۰/۸	۲۱:۲۳ ۱۳۹۴/۱۰/۲۰
درصد خطا در حجم جریان	۶۰۶۳/۸	−۰/۱	۰	۷۷/۱	۰/۶	۰/۸	۲۱:۱۱ ۱۳۹۴/۱۰/۲۰
خطای لوگ میانگین مربعات	۱۴۱	−۵۹۲۲/۹	−۹۷/۷	۱/۷	−۷۴/۸	−۹۷/۷	۱۲:۱۳ ۱۳۹۴/۱۰/۲۰
مجموع باقی‌مانده قدر مطلق	۴۶۴۳/۹	−۱۴۱۹/۹	−۲۳/۴	۸۰	۳/۵	۴/۵	۲۱:۲۳ ۱۳۹۴/۱۰/۲۰
مجموع باقی‌مانده مربعات	۴۹۲۳/۶	−۱۱۴۰/۳	−۱۸/۸	۸۷/۸	۱۱/۳	۱۴/۸	۲۱:۲۴ ۱۳۹۴/۱۰/۲۰
تابع وزنی زمان رسیدن دبی اوج	۴۹۹۷/۸	−۱۰۶۶	−۱۷/۶	۹۰/۳	۱۳/۸	۱۸/۱	۲۱:۲۴ ۱۳۹۴/۱۰/۲۰



شکل ۵- هیدروگراف شبیه‌سازی شده پس از عملیات واسنجی پارامتر شماره منحنی در تاریخ ۲۰ دی ۱۳۹۴ ایستگاه کردخیل

Figure 5. Simulated hydrograph after calibration operation of curve number parameter, 2016-01-10, kordkheil station



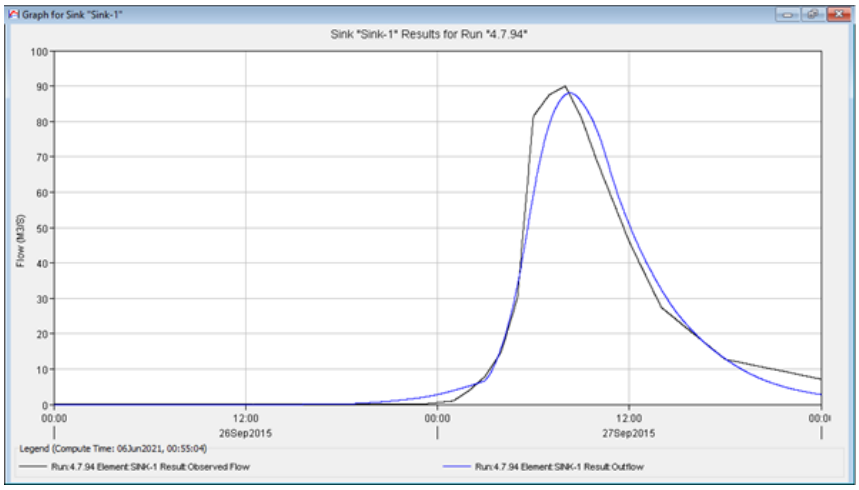
شکل ۶- نمودار پراکنش واسنجی سیلاب ۲۰ دی ۱۳۹۴

Figure 6. Diagram of scatterplot of flood calibration for 2016-01-09 event

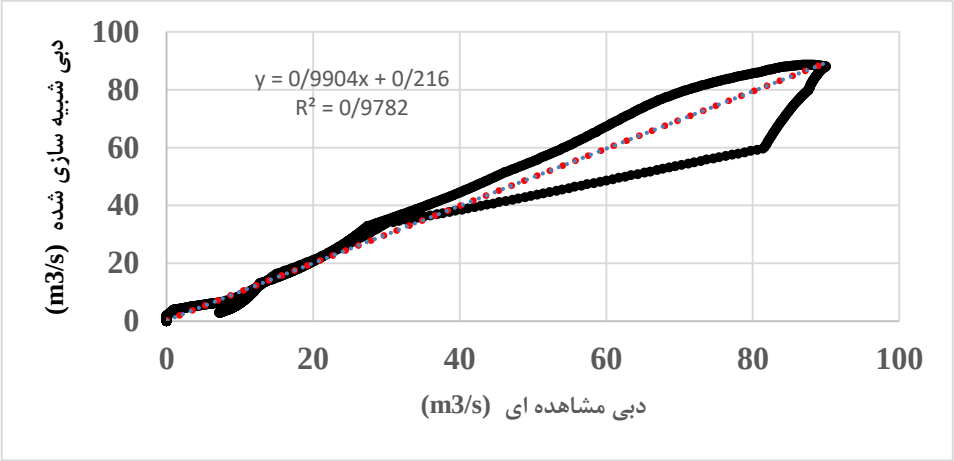
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]

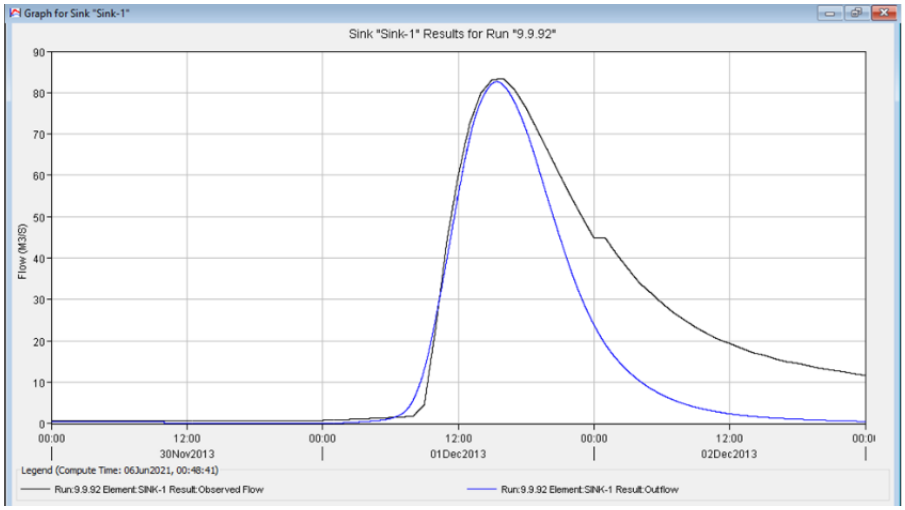
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]



شکل ۷- هیدروگراف شبیه‌سازی شده پس از عملیات واسنجی پارامتر شماره منحنی در تاریخ ۶ مهر ۱۳۹۴ ایستگاه کردخیل
Figure 7. Simulated hydrograph after calibration operation of curve number parameter, 2015-09-28 , kordkheil station

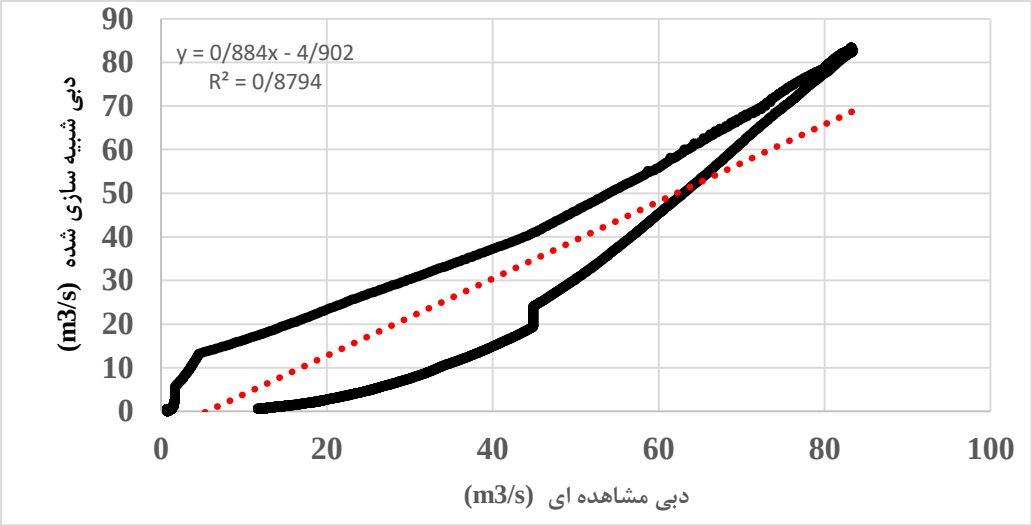


شکل ۸- نمودار پراکنش واسنجی سیلاب ۶ مهر ۱۳۹۴
Figure 8. Diagram of scatterplot of flood calibration for 2015-09-28 event

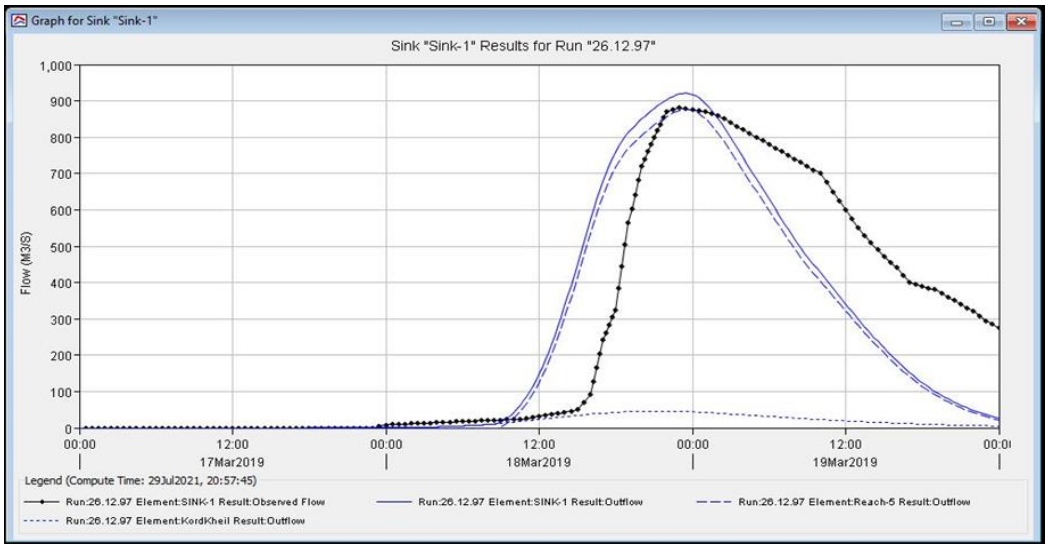


شکل ۹- هیدروگراف شبیه‌سازی شده پس از عملیات واسنجی پارامتر شماره منحنی در تاریخ ۱۰ آذر ۱۳۹۲ ایستگاه کردخیل
Figure 9. Simulated hydrograph after calibration operation of curve number parameter, 2013-11-30, kordkheil station

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]



شکل ۱۰- نمودار پراکنش واسنجی سیلاب ۱۰ آذر ۱۳۹۲
Figure 10. Diagram of scatterplot of flood calibration for 2013-11-30 event



شکل ۱۱- هیدروگراف شبیه‌سازی شده پس از عملیات اعتباریابی در تاریخ ۲۶ اسفند ۱۳۹۷ ایستگاه کردخیل
Figure 11. Simulated hydrograph after validation operation of curve number parameter, 2019-03-17, kordkheil station

نتیجه گیری کلی

داده‌های هیدرولیکی به‌عنوان یکی از متداول‌ترین داده‌ها می‌تواند راه‌گشای روابط تجربی جهت تخمین رواناب باشد، لذا با توجه به اطلاعات هیدرولوژی موجود و داده‌های مربوط به حوزه آبخیز تجن برای ایجاد رابطه بین رواناب و سایر پارامترها از روش‌های مدل‌سازی در نرم‌افزار HEC-HMS استفاده‌شده است. هدف اصلی این تحقیق، کاربرد روش‌های مختلف ارزیابی مدل در واسنجی جهت تخمین دبی اوج به کمک داده‌های حاصل از مطالعات هیدرولوژیکی و با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS است. به‌منظور ارزیابی حساسیت مدل واسنجی شده به پارامترهای سراسری، و ارزیابی اهمیت آن‌ها در حوزه تجن، با داشتن مقادیر بهینه‌ی پارامترهای سراسری، آنالیز حساسیت مدل انجام شد، به‌این صورت که تاثیر هر یک از پارامترهای مدل بر دقت نتایج ارزیابی گردید. نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که پارامتر شماره منحنی و تلفات اولیه حساسیت بالایی دارند که تغییرات این پارامترها موجب تغییرات زیادی در دبی اوج سیلاب می‌شود، که نتایج مطاله حاضر با نتایج تحقیق خوش‌روش و همکاران (۱۵) که در حوزه آبخیز شمالی تحقیق کردند، مطابقت دارد. همچنین نتایج شبیه‌سازی مدل HEC-HMS مطالعه بنی هاشمی (۲۱) در حوزه آبخیز نکارود نشان می‌دهد که رابطه نزدیکی بین دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی وجود دارد که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. هم‌چنین نتایج پژوهش بهمنی و همکاران (۴)، برای پیش‌بینی سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMS، در حوزه رود زرد نشان می‌دهد که پیش‌بینی به‌دست آمده از مدل برای دبی اوج حوزه از دقت بالایی برخوردار بوده و با دبی اوج مشاهده‌ای تطابق مناسبی دارد که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. نتایج پژوهش کریمی و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

همکاران (۱۴) به‌منظور شبیه‌سازی سیلاب لحظه‌ای با استفاده از مدل HEC-HMS در حوزه آبخیز لیقوان نشان داد که اختلاف پیش‌بینی زمان وقوع و اندازه حداکثر سیلاب اتفاق افتاده و محاسبه شده توسط مدل کمتر از ۱۰ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده این است که می‌توان به نتایج به‌دست آمده اطمینان داشته و از مدل برای پیش‌بینی سیلاب‌های احتمالی بهره گرفت که با نتایج حاصله از این تحقیق نیز مطابقت دارد. انجام نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تاثیر شماره منحنی بر نتایج مدل به نسبت سایر پارامترها بسیار بیشتر است. همچنین نتایج واسنجی مدل نشان داد که بهترین تابع هدف برای برآورد دبی اوج سیلاب درصد خطای دبی اوج (Percent Error Peak) می‌باشد که مدل با اختلاف ۰/۸ درصد دبی اوج را در ایستگاه کردخیل پیش‌بینی می‌کند. همچنین تابع هدف درصد خطای حجم جریان (Percent Error Volume) به‌عنوان بهترین برآوردکننده حجم سیلاب با اختلاف صفر برآورد می‌نماید. همچنین در مرحله اعتبارسنجی برای یک واقعه سیلاب با استفاده از آزمون ضریب همبستگی و آزمون t– استیودنت نشان داد که تفاوت معنی‌داری میان داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده وجود ندارد. از آنجایی که درصدهای محاسبه شده اختلاف مابین سیلاب اتفاق افتاده و پیش‌بینی‌شده توسط نرم‌افزار HEC-HMS، بسیار جزئی بوده بنابراین می‌توان به نتایج به‌دست آمده اطمینان کامل داشته و از آن برای پیش‌بینی سیلاب‌های احتمالی بهره جست.

منابع

1. Ahrens, S.R. and D.R. Maidment. 1999. Flood forecasting for the Buffalo Bayou using CRWR-PrePro and HEC-HMS (CRWR Report 99-6). Center for Research in Water Resources, 139 pp, University of Texas, Austin.
2. Alizadeh, A. 2015. Principles of applied hydrology. 40th ed., Imam Reza University, Mashhad, Iran, 942pp (In Persian).
3. Asgari, H.M. and A. Hosseinzadeh. 2008. Hydrological modeling of Shirvan dam watershed using HEC-HMS model in GIS environment. Third Water Resources Management conference, 9 pp, Tabriz, Iran (In Persian).
4. Bahmani, R., F. Radmanesh and M. Rezaei. 2011. Zard river basin flood prediction using HEC-HMS and HEC-GeoHMS hydrological models. Fourth Iran Water Resources Management conference, 8 pp, Tehran, Iran (In Persian).
5. Behyan Motlagh, S., M. Pajoohesh., A. Honarbakhsh and N. Honarbakhsh. 2017. Assessment Performance of HEC-HMS Hydrological Model for the Lumped and Semi-distributive Watershed (Case Study: Kohsukhteh Catchment). Journal of Watershed Management Research, 9(17): 39–48 (In Persian).
6. Chang, CH. and W. Huang. 2013. Hydrological modeling of typhoon-induced extreme storm runoffs from Shihmen watershed to reservoir, Taiwan. Nat Hazards 67: 747-761.
7. Hedayati, L. 2014. Impact of climate change on flood characteristics (Case study: Haraz river basin). M.Sc. thesis, University of Zanjan, Zanjan, 158 pp (In Persian).
8. Hejazizadeh, Z., E. Fatahi., A.R. Massah Bavani and M.H. Naserzadeh. 2012. Assessing the effects of climate change on flood hydrograph in future periods, Case study: Bakhtiari catchment. Geography, 10 (34): 5-24 (In Persian).
9. Hosseinzadeh, M.M. and S. Amini. 2016. Modeling hydrological Ghochak Roodak catchment by using HEC-HMS model. Earth knowledge research, 7(1): 31–34 (In Persian).
10. Hydrologic Engineering Center. 2013. HEC-GeoHMS Geospatial hydrologic modeling extention users manual, U.S. Army Corps of Engineers, Institute for water resources.
11. Joo, J., T. Kjeldsen, H. Kim and H. Lee. 2014. A comparison of two event-based flood models (ReFH-rainfall runoff model and HEC-HMS) at two Korean catchments. KSCE Journal of Civil Engineering, 18(1): 330-343.
12. Kafle T.P., M.K. Hazarika, S. Karki, R.M. Shrestha, R. Sharma and L. Samarakoon. 2007. Basin scale rainfall-runoff model for flood forecasts. Proceeding of the 5th Annual Mekong flooding forum, Ho chi Minh city Vietnam, 17-18 May, 245-253.
13. Khalighi Sigaroodi, SH., A. Rafiei Sardoei, A. Azareh and M. Rostami Khalaj. 2015. Application of HEC-HMS model in prioritizing flood potential of upper watershed of Karaj dam. Iran watershed management science and engineering, 9(28): 53-56 (In Persian).
14. Karimi, M., G. Ghafari and M. Azizian. 2011. Simulation of rainoff-runoff precipitation process using HEC-HMS model, Case study of Lighvan watershed. Seventh national conference on watershed management science and engineering of Iran. 9 pp, Esfahan, Iran (In Persian).
15. Khoshravesh, M., M. Raeini, E. Nikzad-Tehrani and M. Koulaian. 2015. The impacts of urbanization and impervious surfaces on runoff of Sardaabrud basin Kalardasht using HEC-HMS rainfall-runoff model. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 9(1): 209–220 (In Persian).
16. Mazidi, M. and S. Kooshki. 2015. Simulation of runoff precipitation and flood estimation in Khorramabad watershed whit HEC-HMS model. Geography and development, (41): 1–10 pp (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

17. Mirzaei, P. 2015. Prediction of runoff in Chalous basin by using HEC-HMS software and artificial neural network. M.Sc. thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, 148 pp (In Persian).
18. Moojerloo, F. 2018. Determination the best pattern of operation and allocation of water resources in the watershed of Tajan River under different climate change scenarios using weap model. M.Sc. thesis. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, 123 pp (In Persian).
19. Nourali, M., B. Ghahraman, M. Purreza Bilondi and K. Davary. 2017. Uncertainty estimation of HEC-HMS flood simulation model using Markov chain Monte Carlo algorithm. Journal of Watershed Management Research, 8(15): 235–249 (In Persian).
20. Nourali, M. and B. Ghahreman. 2017. Assessing the impact of watershed management operation on flood hydrograph model HEC-HMS (Case Study: Watershed Gosh and Bahre), Journal of Watershed Management Research, 7(13): 60-71 (In Persian).
21. Rasooli, A., M. Banihashemi and R. Delirhassannia. 2008. Hydrological modeling of watershed using satellite image of the study of legshay nekarud basin. Third water resources management conference. 9 pp, Tabriz, Iran (In Persian).
22. Shaabani Bazneshin, A., A. Emadi and R. Fazloula. 2014. Investigation the flooding potential of basins and determination flood producing areas (Case study: Neka basin). Journal of Watershed Management Research, 14(7): 20-28 (In Persian).
23. Saghafian, B. and H. Farazjoo. 2007. Determination of flood source areas and flooding priorization of hydrologic units in Golestan dam watershed. Iranian journal of watershed management science and engineering, 1: 1-11 (In Persian).
24. Sarangi D., D.K. Singh and A.K. Singh 2008. Evaluation of curve number and geomorphology-based models for surface runoff predication from ungauged watersheds. Water Technology Centre, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi 110 012, India, Current science, 94(12): 1620-1627.
25. Taluri, A. 1996. Hydrological models in simple language. 1st ed., Forest and Rangeland Research Institute, Tehran, Iran, 100 pp (In Persian).
26. Teimori Moghadam. A., Gh. Rahnama and M. Ahmadian. 2009. Calibration hydrologic model of HEC-HMS in rainfall-runoff simulation of Mahidasht watershed. The national conference on water crisis management. 11 pp, Marvdasht, Iran (In Persian).
27. Yong, Z., C. Yanpeng, J. Peng and J. Hoogkee 2012. Development of a web-based decision support system for supporting integrated water resources management in Daegu city, South Korea. Expert Systems with Applications, 39: 10091-10102.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]

Calibration and Evaluation of HEC-HMS Hydrological Model Parameters in Simulation of Single Rainfall-Runoff Events (Case Study: Tajan Watershed)

Fatemeh Heidari Chenari[1], Ramin Fazloula[2] and Esmaeil Nikzad Tehrani[3]

1- M.Sc. Student of Water Resources, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, (Corresponding author: r.fazloula@sanru.ac.ir)
3- Graduated in Watershed Engineering and Expert of GIS group, Mazandaran Regional Water Company Studies Office
Received: 12 August, 2021 Accepted: 13 September, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Flood is one of the main natural disasters that has affected different regions of the country in recent years and caused a lot of damage. Scientists have always invented different methods to know the magnitude and time of flood and to estimate the height of runoff. Rainfall-runoff models are among the useful and powerful tools in achieving flood characteristics. The purpose of this research is to calibrate and validate the HEC-HMS model as well as to simulate floods as a single event in Tajan basin.

Material and Methods: In this study, firstly the variables of precipitation and temperature were entered into the model, then the model was calibrated based on 3 single events and its parameters were calculated. Also, the parameters of curve number (CN) and impermeable surfaces were analyzed in Geographic Information System (GIS) environment and finally based on another single event the model was validated and its accuracy was estimated .The hydrographs generated from the scenarios of the adjusted model parameters were compared with the observed hydrographs of Kordkheil station.

Results: Calibration results showed that the simulated data has a high correlation with the observed data (R>0.9). Also, the validation results using the correlation coefficient test and Student's t test showed that the correlation coefficient of the observation and simulation discharge is equal to 0.9, which shows an acceptable significance. Sensitivity analysis of the model was performed to determine the exact value of a sensitive parameter in exchange for changes of increase and decrease of parameters by 20%. The results of the sensitivity analysis of the model showed that the parameter of the curve number and the amount of initial losses are highly sensitive, so that in the range of -20 to +20% change of the parameter of the curve number and the initial losses, respectively, the sensitivity of the model varied from -2.33 to 7.15 and from 0.79 to -0.73. On the other hand, the model simulation results showed that the best objective function for estimating flood peak flow is Percent Error Peak, which the model predicted with a difference of 0.8% peak flow at Kordkheil station. Also, the objective function of the Percent Error Volume as the best estimator for estimated the flood volume with a difference of 0.

Conclusion: In general, the results of the study showed that the use of the hydrological model system using the geographic information system, rainfall–runoff modelling, flood simulation and predict the peak flow and flood volume, was very efficient and the obtained results are citable. Therefore, the tested models can be used in watershed management.

Keyword: Flood, HEC-HMS, Rainfall-Runoff, Simulation, Single Events

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.24.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.69]