دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

سنجش عملکرد مدل هیدرولوژیکیHEC-HMS برای حوزه‌های نیمه‌توزیعی و یکپارچه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کوه‌سوخته)

سودابه بهیان مطلق[۱]، مهدی پژوهش[۲]، افشین هنر بخش[۳] و نگار صالحی هفشجانی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد، (نویسنده مسوول: sodabehbehyan@gmail.com)
۲ و ۳- استادیار و دانشیار دانشگاه شهرکرد
۴- کارشناسی ارشد، دانشگاه ملایر

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۴

چکیده

برای مدل‌سازی، درک مفهوم سیستم و مرز سیستم لازم است. سیستم را به‌منزله گروهی از اشیاء تعریف می‌کنند که در راستای تحقق مقصودی معین در چارچوب رابطه یا وابستگی متقابل منظم به‌هم‌پیوسته باشند. سیستم بارندگی – رواناب، از بارش در حوزه شروع شده و پس از اعمال انواع تلفات (تبخیر، نفوذ و غیره) روی آن تبدیل به رواناب می‌شود. در این مطالعه از مدل HEC-HMS برای نشان دادن تأثیر زیر حوزه‌ها در میزان رواناب خروجی از حوزه استفاده‌شده است؛ بنابراین از روش شماره‌منحنی SCS برای روش تلفات و هیدروگراف‌واحد SCS جهت روش انتقال استفاده شد. ابتدا مدل حوزه نیمه‌توزیعی با سه زیرحوزه و سپس به‌صورت مدل یکپارچه اجرا شد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که دقت مدل در حوزه با در نظر گرفتن زیر حوزه‌ها در مقایسه با حوزه یکپارچه بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: حوزه یکپارچه، حوزه نیمه‌توزیعی، مدل هیدرولوژیکی، SCS

مقدمه

شبیه‌سازی تقلیدی است از عملکرد فرآیند یا سیستم واقعی باگذشت زمان است. صرف‌نظر از این‌که با دست یا به وسیله کامپیوتر انجام شود، به ایجاد ساختگی سیستم و بررسی آن به‌منظور دستیابی به نتیجه‌گیری‌هایی در مورد ویژگی‌های عملکرد سیستم واقعی مربوط می‌شود (۱۱).

مدل‌هایی از قبیل مدل آبخیزداری دانشگاه کلمبیا (UBCWM)[۱]، مدل ارزیابی آب‌وخاک (SWAT)[۲] هیدروگراف‌واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی (GIUH)[۳] به‌صورت جهانی در حوزه‌های فاقد آمار استفاده می‌شود (۲۱). این مدل‌ها به منظور شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب در ۴ دهه اخیر مورداستفاده قرارگرفتند اما ارائه رواناب دقیق حوزه‌های فاقد آمار هنوز برای هیدرولوژیست‌ها به‌عنوان یک چالش باقی‌مانده است (۴۰).

مدل HEC-HMS[۴] یکی از مدل‌های شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب است. مدل HEC-HMS توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی ارتش آمریکا ارائه‌شده‌است که از قابلیت‌های مهم آن امکان ارتباط با دیگر نرم‌افزارها ازجمله سیستم اطلاعات جغرافیایی (که با استفاده از الحاقیه HEC-GEO HMS انجام می‌گیرد) است. الحاقیه HEC-GEO HMS بسیاری از داده‌های موردنیاز را که نیاز به محاسبه دستی دارند را به صورت اتوماتیک محاسبه می‌کند و مدل حوزه را با آیکون، مسیرها و اتصال‌ها و... موجود در محیط برای ورود به مدل HEC-HMS آماده می‌کند. همچنین آگراوال (۳) به‌منظور ارائه مدلی برای ورود داده‌ها به HEC-HMS از مدل نیمه‌توزیعی استفاده کرد و مدل حاصل را Per-Pro2004[۵] نامید.

در مدل HEC-HMS برای محاسبه روش تلفات، انتقال و روندیابی جریان روابط مختلفی وجود دارد که هر رابطه پارامترهای خاص خود را دارد که با استفاده از روابط تجربی محاسبه می‌شود. این مدل می‌تواند در مناطق فاقد آمار و در مناطقی که نظارت روی داده‌ها محدود است میزان رواناب را به‌خوبی برآورد کند (۲۱).

کابرال موریرا (۱۷) نیز به‌منظور طراحی مدلی جدید برای حوزه رودخانه گرانجریو، از مدل نیمه‌توزیعی HEC-HMS برای به دست‌آوردن پارامترهای موردنیاز استفاده کرد و مدل حاصل را مدل BHG نامید. نتایج حاصل نشان دهنده استفاده از مدل روی این رودخانه نشان‌دهنده دقت رضایت‌بخش آن در برآورد ورودی‌های مدل HEC-HMS بود.

برای جلوگیری از وقوع سیل باید تدابیری اندیشیده شود که با استفاده از این مدل می‌توان وقوع سیل را پیش‌بینی کرد (۱۱). مدل HEC-HMS برای بررسی تغییرات اقلیمی نیز کارایی دارد (۲۹). مدل‌های هیدرولوژیکی ازجمله مدل HEC-HMS ابزار قدرتمندی برای مدیریت منابع آب می‌باشد که البیالی و همکاران (۱۹) آن را بررسی کردند.

دقت برآورد رواناب با مدل‌های هیدرولوژیکی به‌دقت برآورد پارامترهای مدل و متغیرهای مکانی و زمانی بستگی دارد (۲۷،۲۴،۱۴). درواقع می‌توان گفت کلید موفقیت در تعین دقت مدل‌سازی، دقت پارامترهای ورودی و شناخت کاربر از ساختار مدل است (۴۳، ۱۶،۱۵). بهترین راه‌حل این است که داده‌های بارش با توجه به تغییرات زمانی و مکانی باشد. با ارائه اطلاعات دقیق اندازه‌گیری باران‌سنج در نقاط بارش و استفاده از اطلاعات رادار برای بهبود ارزیابی مکانی بارش امکان‌پذیر است (۱۰، ۸، ۳۸).

HEC-HMS مدل بارش- رواناب است که پارامترهای یکپارچه و همچنین پارامترهای نیمه‌توزیعی را پشتیبانی می‌کند (۳). در رویکرد یکپارچه، پارامترهای هیدرولوژیکی ورودی به‌طور متوسط محاسبه می‌شود و تغییرات مکانی آن‌ها مدنظر نیست.

در تحقیقی که اسدی و بوستانی (۶) به‌منظور بررسی کاربرد

1- University of British Columbia Watershed Model
2- Soil and Soil Water Assessment Tool
3- Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph
4- Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System
5- Pre-and-Post Processor for HEC-HMS, 2004

مدل HEC-HMS انجام دادند، نشان داد نتایج به‌دست‌آمده از مدل نیمه‌توزیعی دقت بیشتری دارد.

امروزه به دلیل افزایش جمعیت، تغیر کاربری اراضی با پوشش طبیعی به مناطق شهری به‌صورت قابل‌توجهی افزایش‌یافته بنابراین ایجاد این تغییرات و به دنبال آن کاهش پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق در اندازه رواناب حاصل از بارش نیز تأثیر گذاشته است (۱۳،۳۳). اگر تغییر کاربری اراضی یا تغییر پوشش به دلیل نرخ بالای جنگل‌زدایی و گسترش کشاورزی باشد، در دبی اوج و حجم رواناب تأثیر بسزایی دارد (۳۵). مرادنژادی و همکاران (۳۱) در رابطه با الویت بندی زیر حوزه‌های مناسب بهره‌برداری جنگل با استفاده از مدل HEC-HMS به مطالعه پرداختند. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت اجرای عملیات بهره‌برداری، نشان داد به ترتیب زیر حوزه‌های B3، A4، B2، A3، B1، A2 و درنهایت A1 در الویت قراردارند. مناطق ذکرشده در مناطقی قرارداشتند که در مسیر عبور سیل نبوده و جنگل‌های انبوه می‌باشند.

والتر داک (۴۲) لزوم کاهش دبی اوج رواناب و جاری شدن سیل در بالادست رودخانه سدار را در به‌کاربردن ترکیبی از پروژه‌های افزایش نفوذ یا ذخیره رواناب اضافی دانست که با استفاده از مدل نیمه‌توزیعی HEC-HMS این مطالعه صورت پذیرفت. طرح‌های مکانیکی و بیولوژیکی در تغییر حجم رواناب و زمان تا اوج دبی تأثیر بسزایی دارند. طبق پژوهش‌های صورت گرفته با افزایش کمیت این طرح‌ها زمان تا اوج دبی به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (۳۴،۵).

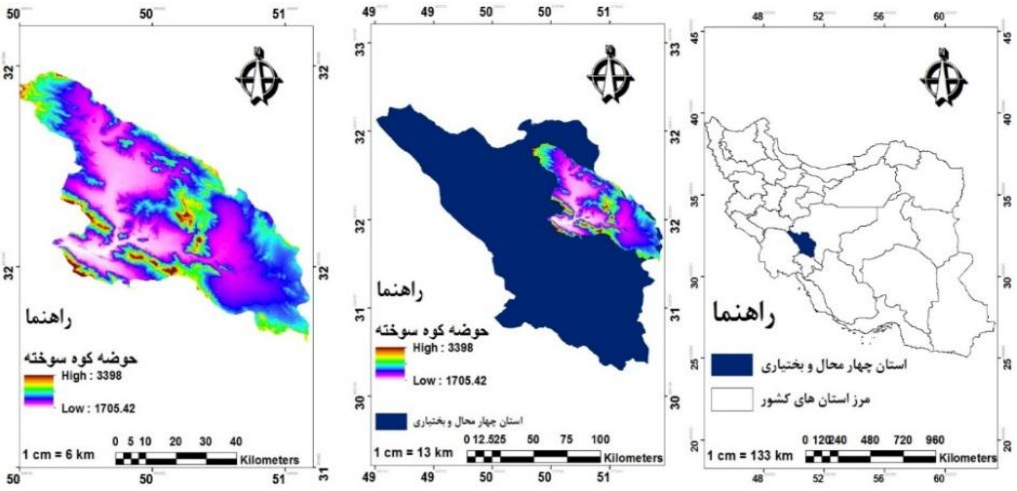
سلیمانی و همکاران (۳۶) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل HEC-HMS به شناسایی مناطق سیل‌خیز پرداختند و به این نتیجه رسیدند که میزان مشارکت حوزه‌ها در سیل خروجی متناسب با دبی اوج نبوده و لزوماً زیر حوزه‌هایی که دبی بیشتری دارند بیشترین مشارکت را در سیل خروجی حوزه ندارند همچنین در تحقیقاتی، خوش‌روش و همکاران فراوانی سیل و خشک‌سالی با استفاده از مدل HEC-HMS را برآورد کردند که نتایج فراوانی خشک‌سالی و سیل نشان‌داد که دبی حداقل هفت‌روزه در دوره آینده (۲۰۶۹-۲۰۴۰) نسبت به دوره ۲۰۱۰- ۱۹۸۱ می‌تواند نزدیک به هفت درصد کاهش داشته باشد (۲۶).

هدف از این تحقیق مقایسه پارامترهای یکپارچه و نیمه‌توزیعی در مدل HEC-HMS است. تفاوت نوع محاسبه پارامترهای مؤثر در رواناب موجب ایجاد تفاوت‌هایی در نتایج اجرای مدل می‌شود. چنانچه در مطالعات فوق‌الذکر به تأثیر دقت پارامترهای ورودی در دقت مدل‌های هیدرولوژیکی اشاره‌شده است در نتایج حاصل از این مطالعه پیش‌بینی اینکه نتایج حاصل متفاوت باشند واضح است. در این مطالعه پارامترهای مدل یکپارچه و نیمه‌توزیعی به‌صورت عمومی و محلی واسنجی گردید و در نهایت دقیق‌ترین پاسخ‌ها برای ورود به مدل انتخاب گردید.

مواد و روش‌ها

مشخصات حوزه مورد مطالعه

به‌منظور این مطالعه حوزه آبخیز کوه‌سوخته که بخشی از حوزه آبخیز بهشت‌آباد است، انتخاب شد. این حوزه در شهرستان‌های شهرکرد، بروجن و کیار قرار می‌گیرد و بین ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه طول جغرافیایی شرقی تا ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۲ درجه عرض جغرافیایی شمالی واقع‌شده است. مساحت منطقه موردمطالعه ۲۷۸۳ کیلومترمربع، کمترین ارتفاع در منطقه ۱۷۰۵ متر و بیشترین ارتفاع ۳۳۹۸ متر و متوسط شیب منطقه ۱۹٪ است. به‌منظور استفاده از داده هواشناسی دو ایستگاه سینوپتیک بروجن و شهرکرد انتخاب گردید که اطلاعات ایستگاه بروجن اختلاف زیادی با منطقه موردمطالعه داشت و درنهایت ایستگاه شهرکرد انتخاب گردید که میانگین بارش سالیانه در این ایستگاه ۳۲۰ میلی‌متر است. در این مطالعه از اطلاعات هیدرومتری ایستگاه هیدرومتری کوه‌سوخته استفاده گردید.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Location of Study area

روش کار

در ابتدا با استفاده از الحاقیه HEC-GEO HMS براساس مدل رقومی ارتفاع (DEM) و گذراندن مراحل متفاوت، مدل حوزه یکپارچه و همچنین مدل نیمه‌توزیعی با سه زیر حوزه تهیه و به‌صورت جداگانه به مدل HEC-HMS معرفی شد. پارامترهای مربوط به روش تلفات، روش انتقال و روندیابی جریان محاسبه و در مدل اعمال گردید. در مدل هواشناسی جهت تعریف زمانی و مکانی بارش مدل، گزینه‌های متفاوتی در مدل HEC-HMS وجود دارد که در این مطالعه، گزینه هیتوگراف مشخص‌شده توسط کاربر انتخاب گردید. در مدل، کنترل سازوکارهای لازم صورت انتقال، زمان‌تأخیر است.

با استفاده از روش برانسبی- ویلیامز زمان‌تأخیر محاسبه

(1)

(2)

که در این معادله، T_C: زمان تمرکز برحسب ساعت، L طول آبراهه اصلی برحسب کیلومتر H: اختلاف ارتفاع برحسب متر، A مساحت حوزه برحسب کیلومترمربع، T_{lag}: زمان تأخیر برحسب ساعت است.

با استفاده از نقشه شماره‌منحنی (CN) که نشان‌دهنده خصوصیات حوزه ازنظر نفوذپذیری است، عدد مربوط به هر زیر حوزه به‌صورت میانگین وزنی محاسبه شد.

(3)

(4)

در رابطه فوق I_a: نگهداشت‌اولیه، S: نگهداشت‌کل، CN: شماره‌منحنی است.

به مناطقی نفوذناپذیر گفته می‌شود که مانند مناطق شهری و صخره‌ای با رواناب بالا و کمترین درصد نفوذ باشند یا نفوذپذیری صفر باشد. با استفاده از نقشه کاربری‌اراضی منطقه، مساحت مناطق غیرقابل‌نفوذ را نسبت به مساحت کل زیرحوزه‌ها به دست آورده و مقادیر محاسبه‌شده را در مدل جایگزین شد. برای این منظور به دلیل قدیمی بودن نقشه کاربری‌های صخره و شهر در این روش به درستی ارزیابی نشد، بنابراین از کاربری‌های بدون آبیاری استفاده‌شد و با اعمال این کاربری دقت لازم جهت اجرای مدل به‌دست‌آمد.

(5)

در رابطه فوق SEN[1] مقدار حساسیت تابع هدف حاصل از تغییر در اندازه پارامتر، New مقدار جدید خروجی مدل حاصل از پارامتر جدید، Old خروجی اولیه مدل، PC قدر مطلق درصد تغیرات است.

گرفت همچنین در این مدل، داده‌های بارش ۶ ساعته و دبی ۶ ساعته استفاده‌شده است. بعد از تحلیل‌حساسیت پارامترها، ۶ رویداد برای واسنجی و دو رویداد برای صحت‌سنجی مدل انتخاب شد. روند مراحل محاسبه پارامترهای مدل HEC-HMS به شرح ذیل است:

مدل حوزه

در این قسمت به‌منظور محاسبه پارامترهای موردنیاز در مدل تلفات و مدل انتقال در زیر حوزه‌ها به ترتیب از روش شماره‌منحنی SCS و هیدروگراف‌واحد SCS استفاده شد. پارامترهای مورد نیاز مدل تلفات شامل نگهداشت اولیه، شماره‌منحنی و نفوذناپذیری است و پارامتر موردنیاز مدل گردید.

$$T_c = \frac{0.96L^{1.2}}{H^{0.2}\,A^{0.1}}$$

$$T_{lag} = 0.6\,Tc$$

S: حداکثر توان نگهداری مربوط به نفوذ در خاک و ذخیره‌سطحی است. مقدار S در رابطه با نوع پوشش و نحوه بهره‌برداری از اراضی و وضعیت سطح خاک ازنظر نفوذپذیری و داخل خاک ازنظر انتقال است. چنانچه ارتفاع بارندگی کمتر از ۰/۲S باشد فرض می‌شود که رواناب به وجود نخواهد آمد؛ بنابراین I_a را به‌عنوان نگهداشت‌اولیه در نظر می‌گیرند (۲۹).

$$I_a = 0.2S$$

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

بعد از ایجاد مدل هواشناسی باید روش ارائه بارش مشخص شود که ما در این مدل هیتوگراف مشخص شده توسط کاربر را انتخاب کرده و مدل حوزه را به آن معرفی نمودیم.

تحلیل‌حساسیت

برای تحلیل‌حساسیت مدل نسبت به پارامترها، دو پارامتر نگهداشت‌اولیه و زمان تأخیر را در نظر گرفتیم. بدین منظور مقدار این دو پارامتر از ۲۰٪- تا ۲۰٪+ با فواصل ۵٪ تغییر داده شد و اثر آن بر دبی اوج سیل اعمال گردید.

حساسیت مدل نسبت به پارامترها با فرمول زیر محاسبه گردید (۱۸):

$$SEN = 100\frac{New - Old}{Old.|PC|}$$

واسنجی

با توجه به اینکه دقت پارامترهای ورودی کلید موفقیت در دقت مدل‌سازی است و پاسخ نهایی مدل به آن وابسته است، بعد از تعیین حساسیت مدل نسبت به پارامترها، پارامتر حساس انتخاب نموده و پارامترها بهینه‌سازی شد درنتیجه مدل بر اساس آن‌ها واسنجی گردید.

1- Sensitivity

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.11.3]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.39]

در این پژوهش از ۶ رویداد بارش برای واسنجی مدل استفاده شد.

صحت‌سنجی

از آنجاکه نتایج حاصل از مدل در تصمیم‌گیری‌ها و طراحی منابع آب و خاک و همچنین مسائل مربوط به سیل و امثال آن کاربرد فراوانی دارد. همواره درجه‌اعتبار آن‌ها مورد سؤال است. در این قسمت با یک سری اطلاعات جدید، مستقل از اطلاعات استفاده‌شده در مرحله واسنجی شبیه‌سازی جریان انجام شد که برای این پروژه صحت‌سنجی مدل، از

(6)

در روابط فوق NSE شاخص Nash-Sutcliffe، O_i داده‌های مشاهده‌ای، P_i داده‌های شبیه‌سازی‌شده، $\bar{O}$ میانگین داده‌های مشاهده‌ای است.

نتایج و بحث

نقشه‌های مدل حوزه به‌صورت یکپارچه و نقشه مدل حوزه‌نیمه‌توزیعی با استفاده از الحاقیه HEC-GeoHMS حاصل گردید (شکل ۲ و ۳). بنابراین نقشه حاصله به‌عنوان اولین گام مدل‌سازی، وارد برنامه HEC-HMS گردید.

بررسی پارامترهای مدل نشان‌داد که پارامتر نفوذناپذیری و زمان‌تأخیر دارای حساسیت بالایی می‌باشد درصورتی‌که سایر پارامترها حساسیت کمتری نسبت به تغییر تابع هدف در مدل HEC-HMS دارند. با توجه اینکه هر چه شیب نمودار بیشتر باشد حساسیت مدل نسبت به پارامتر بیشتر است و یک تغییر کوچک در پارامتر موردنظر باعث تغییرات زیادی در مدل می‌شود و بالعکس اگر شیب نمودار کم باشد تغییرات زیاد پارامتر اثر کمی روی پاسخ نهایی مدل خواهد داشت (۳۹). با توجه به مطالب فوق و همان‌طور که در شکل ۴ و ۵ نشان داده‌شده مدل در هر دو حوزه یکپارچه و نیمه‌توزیعی نسبت به پارامتر زمان‌تأخیر و نفوذناپذیری حساسیت بیشتری نشان می‌دهد.

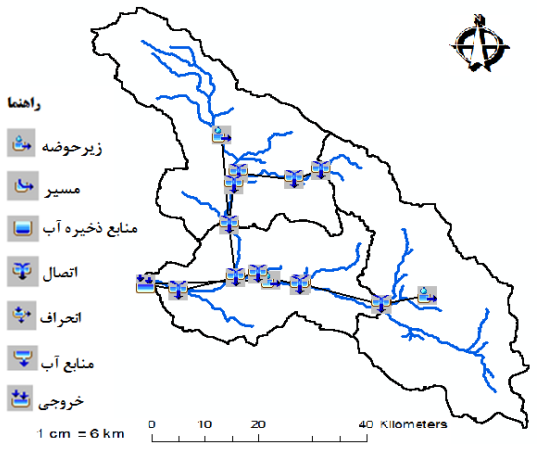
طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه‌شده برای دو رویداد بارش و مقایسه با داده‌های مشاهده‌ای صورت گرفت.

ارزیابی صحت داده‌ها

برای ارزیابی عملکرد از شاخص Nash-Sutcliffe به‌عنوان معیاری برای سنجش تفاوت میان داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده‌است هرچه مقدار شاخص به یک نزدیک‌تر باشد داده‌های شبیه‌سازی‌شده به داده‌های مشاهده‌ای شباهت بیشتری دارند.

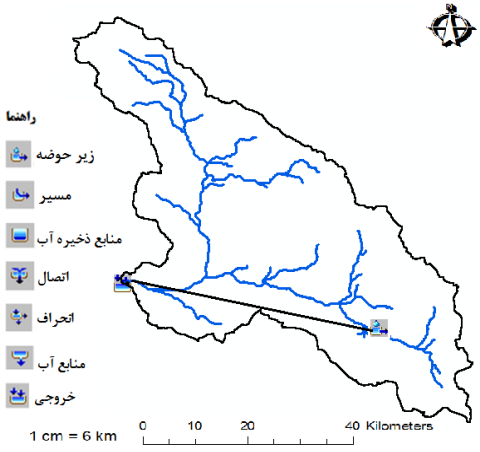
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}$$

اشکال ۶ و ۷ نشان‌دهنده اختلاف بین دبی اوج مشاهده‌ای و دبی اوج شبیه‌سازی‌شده است. تصاویر ۸، ۶ و ۱۰ مربوط به مقایسه دبی اوج مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مدل حوزه نیمه‌توزیعی است و همچنین تصاویر ۷، ۹ و ۱۱ اختلاف بین دبی اوج مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مدل حوزه یکپارچه را نشان می‌دهد.



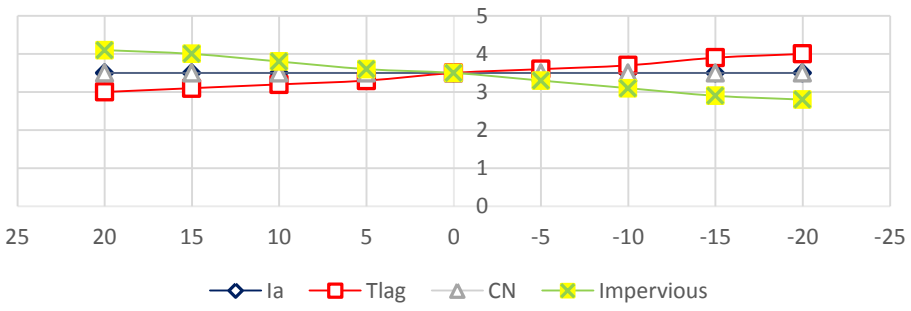
شکل ۲- نقشه حوزه نیمه‌توزیعی کوه‌سوخته به‌منظور ورود به مدل HEC-HMS

Figure 2. The semi-distributive watershed map of Kohsukhteh for enter to the HEC-HMS model



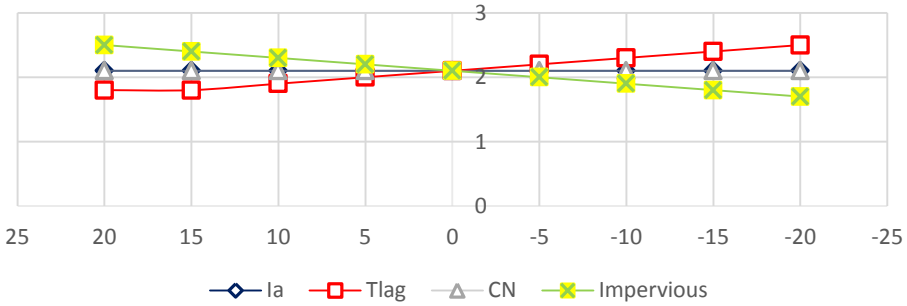
شکل ۳- نقشه حوزه یکپارچه کوه‌سوخته به‌منظور ورود به مدل HEC-HMS

Figure 3.The Lumped watershed map of Kohsukhteh for enter to the HEC-HMS model



شکل ۴- تحلیل‌حساسیت پارامترها در زیرحوزه۳، (رویداد ۹۱/۱۰/۰۱)

Figure 4. Analysis of the sensitivity of parameters in sub-catchment 3 (event 2012/12/21)

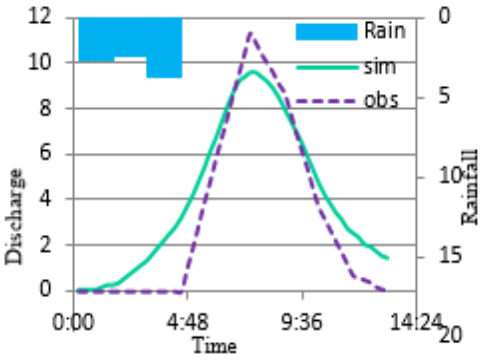


شکل ۵- تحلیل‌حساسیت پارامترها در حوزه یکپارچه کوه‌سوخته، (رویداد ۹۱/۱۰/۰۱)

Figure 5. Analysis of the sensitivity of parameters in the Lumped Kohsukhteh watershed (event 2012/12/21)

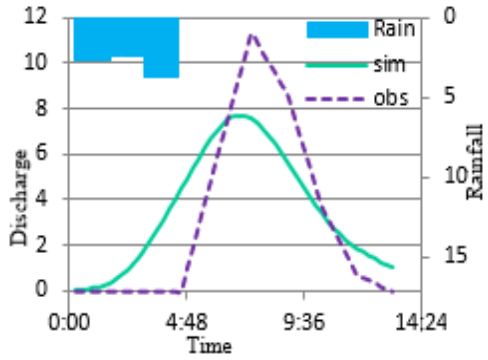
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.11.3]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.39]



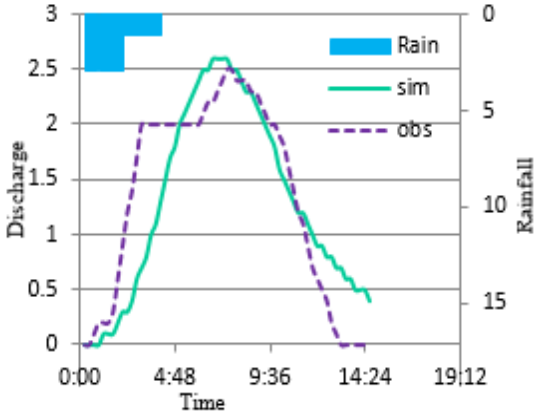
شکل ٦- دبی مشاهده ای و شبیه‌سازی‌شده در رویداد ۹۰/۱۱/۱۲ در حوزه نیمه‌توزیعی کوه‌سوخته-زیر حوزه ۱

Fig. 6. Observational and simulated discharge in the event of 2012/2/1 in the semi-distributive Kohsukhteh watershed-sub-catchment1



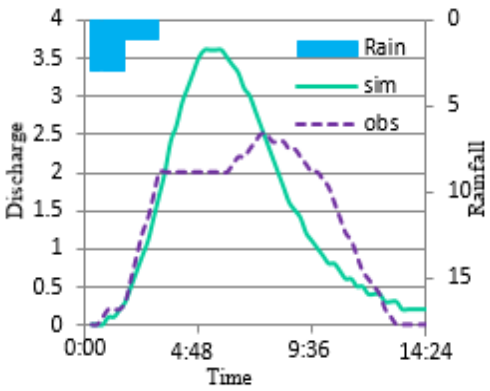
شکل ۷- دبی مشاهده ای و شبیه‌سازی‌شده در رویداد ۹۰/۱۱/۱۲ در حوزه یکپارچه کوه‌سوخته

Fig. 7 . Observational and simulated discharge in the event of 2012/2/1 in the Lumped Kohsukhteh watershed.



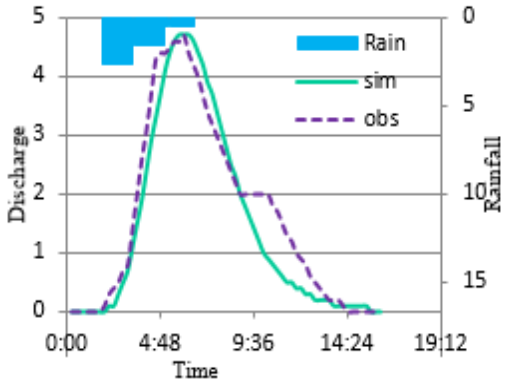
شکل ۸- دبی مشاهده ای و شبیه‌سازی‌شده در رویداد ۹۱/۰۹/۲۱ در حوزه نیمه‌توزیعی کوه‌سوخته-زیر حوزه ۲

Fig. 8. Observational and simulated discharge in the event of 2012/12/11 in the semi-distributive Kohsukhteh watershed-sub-catchment 2



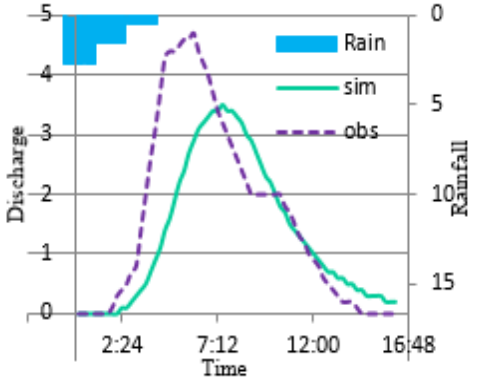
شکل ۹- دبی مشاهده ای و شبیه‌سازی‌شده در رویداد ۹۱/۰۹/۲۱ در حوزه یکپارچه کوه‌سوخته

Fig. 9 . Observational and simulated discharge in the event of 2012/12/11 in the Lumped Kohsukhteh watershed.



شکل ۱۰- دبی مشاهده ای و شبیه‌سازی‌شده در رویداد ۹۱/۱۰/۰۵ در حوزه نیمه‌توزیعی کوه‌سوخته-زیر حوزه ۳

Fig. 10. Observational and simulated discharge in the event of 2012/12/25 in the semi-distributive Kohsukhteh watershed-sub-catchment 3



شکل ۱۱- دبی مشاهده ای و شبیه‌سازی‌شده در رویداد ۹۱/۱۰/۰۵ در حوزه یکپارچه کوه‌سوخته

Fig. 11 . Observational and simulated discharge in the event of 2012/12/25 in the Lumped Kohsukhteh watershed.

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.11.3]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.39]

در مدل حوزه یکپارچه بعد از انتخاب پارامترها در مرحله تحلیل‌حساسیت، پارامترهای زمان‌تأخیر، نگهداشت‌اولیه، نفوذناپذیری و شماره منحنی واسنجی گردید. نتایج حاصل از واسنجی مطابق جدول (۱) به دست آمد.

جدول ۱- پارامترهای واسنجی شده در حوزه یکپارچه کوه‌سوخته

Table 1. Calibrated parameters in the lumped watersheh Kohsukhteh watershed

نفوذناپذیری (٪)	زمان تأخیر (min)	نگهداشت اولیه (mm)	شماره‌منحنی (CN)	مساحت (km^2)	حوزه
۲/۱	۵۸۸/۹	۲۷/۶	۷۳/۹۸	۲۷۸۳	کوه‌سوخته

پارامترهای موردنیاز اجرای مدل که در قسمت مواد و روش‌ها نحوه محاسبه آن‌ها شرح داده شد محاسبه گردید. به‌منظور دقت بیشتر مدل در برآورد رواناب پارامترها مورد واسنجی قرار گرفتند. پارامترهای نگهداشت‌اولیه، زمان‌تأخیر، نفوذناپذیری و شماره‌منحنی مطابق اطلاعات جدول (۲) در هر سه زیر حوزه مدل حوزه نیمه‌توزیعی واسنجی گردید.

جدول ۲- پارامترهای واسنجی شده در حوزه نیمه‌توزیعی کوه‌سوخته

Table 2. Calibrated parameters in the semi-distributive Kohsukhteh watersheh

زمان تأخیر (min)	نفوذناپذیری (٪)	نگهداشت اولیه (mm)	شماره‌منحنی (CN)	مساحت (km^2)	زیر حوزه
۱۰۰۸/۵	۱/۲۵	۵۰	۶۹	۱۰۰۷/۵۳	۱
۱۰۰۵/۷	۲	۵۰	۵۸	۷۴۱/۵۵	۲
۹۶۱.۴۲	۱/۴	۵۰	۶۶	۱۰۳۳/۹۲	۳

نتایج حاصل از واسنجی در ۶ رویداد و نتایج صحت‌سنجی در ۲ رویداد مطابق جدول (۳) حاصل گردید. مقادیر حجم رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مدل حوزه یکپارچه و نیمه‌توزیعی در مراحل واسنجی و صحت‌سنجی مطابق با جدول (۴) مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۳- نتایج واسنجی و صحت‌سنجی حوزه یکپارچه و نیمه‌توزیعی کوه‌سوخته

Table 3. Calibration and validation results of the lumped and semi-distributive Kohsukhteh watersheh

مرحله	تاریخ	شبیه‌سازی		مشاهده‌ای
		حجم(m^3)		حجم(m^3)
		نیمه‌توزیعی	یکپارچه	
واسنجی	۱۳۹۰/۰۸/۲۹	۰/۸۱	۰/۹	۰/۶۵
	۱۳۹۰/۱۱/۱۲	۱/۲	۱/۸	۱/۱
	۱۳۹۱/۰۱/۱۱	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳
	۱۳۹۱/۰۹/۲۱	۰/۳۹	۰/۵۵	۰/۴
	۱۳۹۱/۱۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۲۳	۰/۴
	۱۳۹۱/۱۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۴	۰/۲۵
صحت‌سنجی	۱۳۹۱/۱۲/۱۸	۱/۱	۰/۹	۱/۲
	۱۳۹۲/۱/۲۶	۰/۶۱	۰/۳۵	۰/۶

جدول ۴- ارزیابی نتایج مدل‌های نیمه‌توزیعی و یکپارچه حوزه کوه‌سوخته

Table 4. Evaluation of the results of semi-distributive and lumped models of Kohsukhteh watersheh

حوزه	مرحله	رویداد	NAS	
			مدل یکپارچه	مدل نیمه‌توزیعی
کوه‌سوخته	واسنجی	۱۳۹۰/۰۸/۲۹	۰/۳۱	۰/۸
		۱۳۹۰/۱۱/۱۲	۰/۴۸	۰/۸۳
		۱۳۹۱/۰۱/۱۱	۰/۵۳	۰/۷۷
		۱۳۹۱/۰۹/۲۱	۰/۴۲	۰/۸۸
		۱۳۹۱/۱۰/۰۱	۰/۶	۰/۹۱
		۱۳۹۱/۱۰/۰۵	۰/۶۵	۰/۹۴
	صحت‌سنجی	۱۳۹۱/۱۲/۱۶	۰/۵	۰/۸
		۱۳۹۲/۰۱/۲۴	۰/۶۴	۰/۸۵

نتایج حاصل از واسنجی و بهینه‌سازی نشان داد که در خصوص برآورد دبی اوج و زمان رسیدن به دبی اوج هیدروگراف، مدل‌سازی با استفاده از مدل حوزه نیمه‌توزیعی برتری دارد (جداول ۳ و ۴) (تصاویر ۸، ۶ و ۱۰). ازلحاظ ارتفاع رواناب کمترین اختلاف بین رواناب مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده مربوط به مدل‌سازی با استفاده از حوزه نیمه‌توزیعی است (جدول ۳).

نتایج حاصل از مدل سازی بارش-رواناب توسط مدل HEC-HMS در حوزه مورد مطالعه، گویای این مطلب است که استفاده از مدل حوزه نیمه‌توزیعی نسبت به مدل حوزه

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.11.3]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.39]

یکپارچه دقت بیشتری دارد. آماره Nash-sutcliffe برای بررسی صحت مدل انتخاب گردید، در این آماره هرچه عدد Nash-sutcliffe به یک نزدیک‌تر باشد مدل از دقت بیشتری برخوردار است. در این مطالعه، مقدار Nash-sutcliffe مدل حوزه نیمه‌توزیعی نسبت به مدل حوزه یکپارچه بیشتر است که نشان از دقت بیشتر مدل در این روش دارد. دبی اوج رواناب شبیه‌سازی‌شده در مدل حوزه نیمه‌توزیعی در مقایسه با رواناب مشاهده‌ای و همچنین حجم رواناب شبیه‌سازی‌شده در مدل حوزه نیمه‌توزیعی در مقایسه با رواناب مشاهده‌ای اختلاف کمتری نسبت به این پارامترها در مدل حوزه یکپارچه دارد که این مقایسه نشان از برتری مدل نیمه‌توزیعی دارد.

اساس کار مدل HEC-HMS استفاده از پارامترهای نیمه‌توزیعی است. همان‌طور که در راهنمای استفاده از مدل HEC-HMS که توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی آمریکا (۲۲) منتشرشده‌است صحت این مطلب را بیان می‌کند. در این راهنما برای مدل حوزه از حوزه آبخیزی که شامل چند زیر حوزه است استفاده‌شده‌است. در اکثر پژوهش‌های صورت گرفته از مدل نیمه‌توزیعی استفاده‌شده است ازجمله ساپ و همکاران (۳۷)، آهن (۲) و محمود و همکاران (۲۹) که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات فوق، این مدل از دقت بالایی برخوردار است. نتایج این مطالعه با نتایجی که گراو و همکاران (۲۰) به دست آوردند مطابقت دارد. گراو و همکاران به این نتیجه رسیدند که روانابی که بر اساس CN نیمه‌توزیعی برآورد شده صد در صد دقت بیشتری نسبت به مواردی که از CN یکپارچه استفاده کرده بودند داشت، درصورتی‌که نتایج والگا و کسیازک (۴۱) عملکرد بهتر پارامترهای یکپارچه را نشان می‌دهد نتایج آن عکس نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه است همچنین در مطالعه‌ای که خوش‌روش و همکاران(۲۶)به منظور برآورد رواناب و فراوانی خشکسالی‌ها و سیلاب‌های حوزه نکا با استفاده از مدل پیوسته HEC-HMS انجام دادند از پارامترهای یکپارچه استفاده گردید که نتایج مطلوبی را ارئه داد و عکس نتایج به دست مده در مطالعه حاضر است.

علت تفاوت بین نتایج تحقیقات ذکرشده را می‌توان در مساحت حوزه موردمطالعه دید. حوزه مورد مطالعه والگا و کسیازک مساحت کمتری دارد و مدل یکپارچه در مساحت‌های کوچک پاسخ بهتری ارائه می‌دهد. در مناطق بامساحت بیشتر به دلیل تغییر پوشش‌گیاهی، شیب حوزه، مورفولوژی حوزه و کاربری اراضی، استفاده از مدل یکپارچه دقت لازم را ندارد بنابراین با تفکیک منطقه به زیرحوضه‌ها، پارامترهای ورودی مدل به‌صورت جداگانه و با دقت بیشتری برآورد می‌گردد درنتیجه مدل نیمه‌توزیعی دقت بهتری خواهد داشت. در مطالعه گراو و همکاران (۲۰)، منطقه موردمطالعه داری وسعت بیشتری نسبت به منطقه موردمطالعه والگا و کسیازک (۴۱) است، بنابراین نیاز به تفکیک مساحت داشته و مدل در حالت نیمه‌توزیعی بهتر عمل کرده است. با بررسی این نتایج و بررسی منابع دیگر (۷،۲۳،۱۸) به نظر می‌رسد که استفاده از مدل نیمه‌توزیعی در حوزه آبخیز کوه‌سوخته نسبت به مدل یکپارچه در این حوزه و حوزه‌های مشابه ازنظر دقت برآورد رواناب، برتری دارد.

منابع

1. Adamowski, J. 2013. Using support vector regression to predict direct runoff, base fl ow and total fl ow in a mountainous watershed with limited data in Uttaranchal, India. Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Land Reclamation, 45(1): 71-83.
2. Ahn, G. 2007. The effect of urbanization on the hydrologic regim of the bigdarby creek watershed, Ohio. (PHD) Thesis, Ohio State University, Ohio,USA, 189 pp.
3. Agrawal, A. 2005. A data model with pre-and-post processor for HEC-HMS. (MSc) Thesis, Texas A&M University, Texas, USA, 210 pp.
4. Alexander Braud, J. 2009. Impact of watershed delineation detail on hydrologic process modeling in low slop areas. M.Sc. Thesis, Louisiana State University, Louisiana, USA. 123 pp.
5. Ariapour, A. and K. Karami. 2013. Anticipated effect of change in rangland in amount runoff using HEC-HMS in Golrod Boroujerd watershed. Journal of Iran's Natural Ecosystems, 9: 97-115 (In Persian).
6. Asadi, A. and F. Boustani. 2013. Performance evaluation of the HEC-HMS hydrologic model for lumped and semi-distributed stormflow simulation (StudyArea: Delibajak Watershad). American Journal of Engineering Research (AJER), 2(11): 115-121.
7. Azagra E. 1998. Rainfall runoff in the Guadalupe River Basin. CE 397 GIS in Water Resources.
8. Bardossy, A. and T. Das. 2008. Rainfall network on model calibration and application. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 12: 77-89.
9. Behnam, P., M. Sayannegad and A. Ebrahimi. 2012. The effect of land use on flood hydrograph of Zayanderod river in Esfahan metropolitan area. Journal Water and Wastewater, 4: 103-111 (In Persian).
10. Bendient, P.B., W.C. Huber and B.E. Vieux. 2013. Hydrology and floodplain analysis. Pearson, england.780,297-339pp.
11. Beven, K. 2012. Rainfall-Runoff Modeling: The Primer. John Wiley & Sons.450,51-79pp.
12. Bhadra, A., N. Panigrahy, R. Singh, N.S. Raghuwanshi, B.C. Mal and M.P. Tripathi. 2008. Development of a geomorphological instantaneous unit hydrograph model for scantily gauged watersheds. Journal of Environmental Modelling and Software, 23: 1013-1025.
13. Boggs, J.L. and G. Sun. 2011. Urbanization alters watershed hydrology in the Piedmont of North Carolina. Ecohydrology, 4(2): 256-264.
14. Booij, M.J. 2003. Determination and integration of appropriate spatial scales for river basin modeling. Hydrol Process, 17: 2581-2598.

15. Bormann, H. 2006. Impact of spatial data resolution on simulated catchment water balances and model performance of the multiscale TOPLATS model. Hydrology and earth System Science, 10: 165-179.
16. Butts, M.B., J.T. Payne, M. Kristensen and H. Madsen. 2004. An evaluation of the impact of model structure on hydrological modeling uncertainty for streamfl ow prediction. Journal of Hydrology, 298: 242-266.
17. Cabral Moreira, A.A. 2013. Modelagem hidrologica da bacia hidrografica do Rio Granjeiro- Crato-CE. (MSc) Thesis, Universidade Federal do Ceara, 164 pp.
18. Chu, X., A.M. ASCE and A. Steinman. 2009. Event and Continuous Hydrologic Modeling with HEC-HMS. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 135: 119-125.
19. Elbialy, S., A. Mahmoud, B. Pradhan and M. Buchroithner. 2013. Application of spaceborne synthetic aperture radar data for exteaction soil moisture and its use in hyrological modeling at gottleuba. Journal of Flood rick management, 7(2): 159-175.
20. Grove, M., J. Harbor and B. Engle. 1998. Composite vs. distributed curve numbers:effects on estimates of storm runoff depths. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 34(5):1015-1023.
21. Ibrahim-Bathis, K. and S.A. Ahmed. 2016. Rainfall-runoff modelling of Doddahalla watershed. Arabian Journal of Geosciences, 9(3): 170.
22. Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modelig System. 2013. Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modelig System (HEC-HMS) Users manual (Version 4.0). US Army Crops of Engineers.
23. Kabiri, R., V. Ramani Bai and A. Chan. 2015. Assessment of hydrologic impacts of climate change on the runoff trend in Klang Watershed, Malaysia. Environmental Earth Sciences, 73: 27-37.
24. Karabowa, B., A.E. Sikorska, K. Banasik and S. Kohnova. 2012. Parameters determination of a conceptual rainfall-runoff model for a small catchment in Carpathians. Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Land Reclamation, 44(2): 155-162.
25. Karimi, M., H. Maleki Nejad, A. Abghari and M.S. Aziziyan. 2011. Assess different methods simulation of flood hydrograph using HEC-HMS package (Case Study: Chehelgazi Watershed), Journal of Iran Water Research, 9: 29-38 (In Persian).
26. Khoshravesh, M., M. Raeeni and E. Nikzad Tehrani. 2016. Application Continuous rainfall-runoff models HMS-SMA And Frequency Droughts and floods in Neka Watershed under climate scenarios A_2 Model HadCM3, Journal of Watershed Management Research , 7(14): 128-140 (In Persian).
27. Lu, H., T. Hou, R. Horton, Y. Zhu, X. Chen, Y. Jia, W. Wang and X. Fu. 2013. The stream flow estimation using the xinanjiang rainfall runoff model and dual state-parameter estimation method. Journal of Hydrology, 480: 102-114.
28. Mahdavi, M. 2007. Applied Hydrology, Tehran University Press, 425 (2):135-145
29. Mahmood, R., S. Jia and M.S. Babel. 2016. Potential impacts of climate change on water resources in the Kunhar river basin, Pakistan. Water, 8(1): 2-24.
30. Meenu, R., S. Rehana and P.P. Muju. 2013. Assesment of hydrological impacts of change in Tunga-Bhadra river basin India with HEC-HMS and SDSM. Journal of Hydrological Processes, 27(11): 1572-1589.
31. Moradnejadi, M., M. Jor Gholami and A. Malekian. 2015. Sub-basins prioritize the right to exploit the forest using HEC-HMS model (Case Study: Kheirood forest), Forest and wood products, Iranian Journal of Natural Resources, 2: 405-418 (In Persian).
32. Nadala, H. and U.R. Ratanayke. 2011. Flood risk analysis using Fuzzy models. Journal of Flood risk management, 2: 121-128.
33. Noori, N., L. Kalin, S. Sen, P. Srivastava and C. Lebleu. 2016. Identifying areas sensitive to land use/land cover changefor downstream flooding in a coastal Alabama watershed. Regional Environmental change, 16(6): 1833-1845.
34. Norali, 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).
35. Olang, L.O. and J. Furst. 2011. Effects of land cover change on flood peak discharges and runoff volumes: model estimates for the Nyando River Basin, Kenya. Hydrological Processes, 25(1): 80-89.
36. Soleimani, K., M.B. Gonbad, S.R. Mousavi, Sh. Khaliq. 2008. The potential for flooding in catchments using HEC-HMS model in GIS (Case Study kasilian catchment). Physical Geography Researches, 65: 51-60 (In Persian).
37. Sup, M.S., S.M. Taley and M.U. Kale. 2015. Rainfall-runoff modeling using HEC-HMS for Wan river basin. Internatinal Journal of Research in Engineering, Science and Technologies, 28: 21-30.
38. Szalinska, W. and T. Zawislak. 2005. The use of radar data for spatial interpolation ofprecipitation. In: Hydrology, meteorology, climatology- research and forecasts in the era of computerization. Institute of Meteorology and water Management, Monograph, 195-205.
39. Telveri, A. 1996. Hydrologic models in a simple word, The Research institute of forests and Rangelands, (In Persian).
40. Vassova, D. 2013. Comparison of rainfall-runoff models for design discharge. Soil and Water Research, 8(1): 26-33.
41. Walega, A. and L. Ksiazek. 2015. The effect of a hydrological model structure and rainfall data. Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, 47(4): 305-321.
42. Walter Drake, Chad. 2014. Assesment of flood Mitigation Strategies For Reducing Peak Discharges in The Upper Cedar River Watershed. (M.Sc.) Thesis, University of Iowa, Iowa. 229 pp.
43. Zhang, C., J. Chu and G. fu. 2013. Sobol's sensitivity analysis for a distributed hydrological model of Yichun River Basin. China Journal of Hydrology, 480: 58-68.

Assessment Performance of HEC-HMS Hydrological Model for the Lumped and Semi-distributive Watershed (Case Study: Kohsukhteh Catchment)

Sodabeh Behyan Motlagh[1], Mehdi Pajoohesh[2], Afshin Honarbakhsh[3] and Negar Salehi Hafshejani[4]

1- M.Sc. Student, Shahrekord University (Corresponding author: sodabehbehyan@gmail.com)
2 and3- Assistant Professor and Associate Professor, Shahrekord University
4- Graduate Master Malayer University
Received: May 5, 2016 Accepted: September 5, 2017

Abstract

For modeling, the concept of the system and the system boundary is necessary. The system is defined as a group of objects that in order to fulfill a specific purpose in the framework relationship or interdependence of regularly are interconnected. Systems rainfall - runoff from rainfall in the basin is started and after applying the types of losses (evaporation, infiltration, etc) it will become runoff. In the study of the HEC-HMS model for show the effectiveness of the sub-basin in runoff of the watershed is used; so SCS curve number method for losses method and SCS unit hydrograph method for transmission method were used. In beginning distribution basin model with three sub-basin then as an lumped basin model was run. The results show that the accuracy of the model in the watershed by taking sub-basin is more than lumped basin model.

Keywords: Lumped basin, Semi Distribution basin, Hydrologic model, SCS

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.11.3]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.39]