دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"گزارش فنی"

شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMS درحوزه آبخیز سرباز استان سیستان و بلوچستان

سکینه دامادی[۱]، عبدالحمید دهواری[۲]، محمدرضا دهمرده قلعه نو[۳] و محبوبه ابرهیمیان[۴]

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری و استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران، (نویسنده مسوول: mr.dahmardeh@uoz.ac.ir)
۴- دکتری مدیریت منابع آب، پژوهشکده تالاب بین المللی هامون، دانشگاه زابل، زابل، ایران
تاریخ ارسال: ۹۷/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۱۷
صفحه: ۲۸۷ تا ۲۹۵

چکیده

مدل‌های هیدرولوژیک، نمایش ساده‌شده‌ای از سامانه واقعی آبخیز هستند، که به مطالعه درباره عملکرد حوزه در واکنش به ورودی‌های گوناگون و فهم بهتر فرآیندهای هیدرولوژی کمک می‌کنند. مدل HEC–HMS از مهم‌ترین مدل‌های هیدرولوژیکی برای برآورد حجم و دبی سیلاب حوزه‌های آبخیز می‌باشد. در این پژوهش از مدل هیدرولوژیکی HEC–HMS برای شبیه‌سازی فرآیند بارش–رواناب حوزه آبخیز سرباز در استان سیستان و بلوچستان استفاده گردید و هیدروگراف سیلاب برای دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه شد. برای انجام پژوهش در ابتدا با استفاده از نقشه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و با کمک برنامه‌های الحاقی Arc Hydro و HEC-Geo HMS مدل حوضه و زیرحوضه‌ها تهیه شد. از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک در محیط ARC GIS، نقشه شماره منحنی برای حوضه مورد مطالعه بدست آمد که نتایج حاصل از شماره منحنی نشان می‌دهد این حوزه دارای نفوذپذیری کم و از طرفی حجم رواناب بالایی می‌باشد. نتایج نشان داد که سازگاری خوبی بین حداکثر دبی‌های لحظه‌ای مشاهداتی آماری و شبیه‌سازی‌شده در خروجی حوزه وجود دارد. مقادیر شاخص کارایی مدل در مرحله اعتبارسنجی با ضریب ناش–ساتکلیف و مجذور میانگین مربعات خطا به‌ترتیب برابر با ۰/۹۰ و ۱۶/۳۷ است که نشان‌دهنده‌ی کارایی بالای مدل در برآورد دبی اوج در حوضه و زیرحوضه‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حوضه، دبی، سیلاب، مدل HEC–HMS، واسنجی

مقدمه

سیلاب از جمله فراوان‌ترین و مخرب‌ترین خطرات طبیعی می‌باشد که هر ساله در گوشه و کنار جهان سبب واردشدن خسارت شدید به زندگی و ملزومات زندگی می‌شود، به‌طوری‌که در میان بلایای طبیعی از دو جنبه تعداد افراد تحت تاثیر و نیز ضرر و زیان‌های اقتصادی در سطح جهانی در بالاترین رتبه قرار گرفته است (۱). در دهه‌های اخیر، سیلاب نزدیک به نیمی از بلایای با منشاء آب و هوا را در مقیاس جهانی به‌خود اختصاص داده است و زندگی بیش از دو میلیارد نفر را تحت تاثیر قرار داده است (۴). به‌طوری‌که در طول دوره ۲۰۱۳–۱۹۸۰ بالغ بر یک تریلیون دلار ضرر و زیان مالی وارد کرده و مرگ و میر انسانی ۲۲۰ هزار نفر را در مقیاس جهانی رقم زده است (۵). یکی از توانمندی‌ها و قابلیت‌های مدل‌های هیدرولوژیکی در شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی است که در حوضه‌هایی که دارای آمار کاملی هستند می‌توان فرآیندهای هیدرولوژیکی نظیر رواناب را شبیه‌سازی کرد و با کمترین هزینه و حداقل زمان برای برآورد میزان رواناب در حوضه‌های مشابه فاقد آمار یا دارای آمار ناقص به‌کار برد (۱۷). جهت پیش‌بینی و شبیه‌سازی فرایند بسیار پیچیده رواناب تاکنون مدل‌های زیادی پیشنهاد شده است. تمامی این مدل‌ها به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند: فیزیکی، تحلیلی و تجربی (۶). در این بین HEC-HMS یکی از مدل‌های پرکاربرد بارش–رواناب است که گروه مهندسی ارتش آمریکا آن را تدوین و ارائه کرده است. کاربرد این مدل شبیه‌سازی فرایند بارش رواناب است که با استفاده از نتایج آن می‌توان اقدام به تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی کرد (۳). جعفرنیا و امامقلی‌زاده (۷) به برآورد سیلاب حوزه‌آبریز رودخانه تالار (زیرحوضه کسیلیان) با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که پیش‌بینی دبی اوج سیلاب در وقایع مختلف به روش SCS خطای اندکی داشته است. در مجموع مدل یادشده توانایی بسیار خوبی در پیش‌بینی دبی اوج سیلاب منطقه دارد. بنابراین از این مدل می‌توان برای پیش‌بینی سیلاب منطقه استفاده کرد. شیروی و همکاران (۱۵) در پژوهشی در حوزه آبخیز گاش در شمال استان خراسان رضوی، با استفاده از مدل HEC- HMS تأثیر احداث سازه‌های اصلاحی بر زمان تمرکز و کاهش دبی اوج سیل را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که با احداث سازه‌های پیش‌بینی‌شده بین ۷۵ تا ۹۷ درصد دبی اوج و ۷۳ تا ۹۸ درصد حجم سیل کاهش می‌یابد که این نتیجه بیانگر تأثیر مثبت احداث این سازه‌ها در کاهش دبی اوج و حجم سیل است. نورکرمی و همکاران (۱۲) در مطالعه ای در حوزه آبخیز وردآورد در غرب استان تهران با استفاده از مدل HEC- HMS اثر سدهای تأخیری در کنترل و مهار سیلاب رودخانه های شهری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد که با استفاده از سدهای تأخیری میزان دبی، خروجی از حوضه وردآورد به‌شدت کاهش می‌یابد.
علی و همکاران (۲) فرآیند بارش–رواناب در حوزه آبخیز

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]

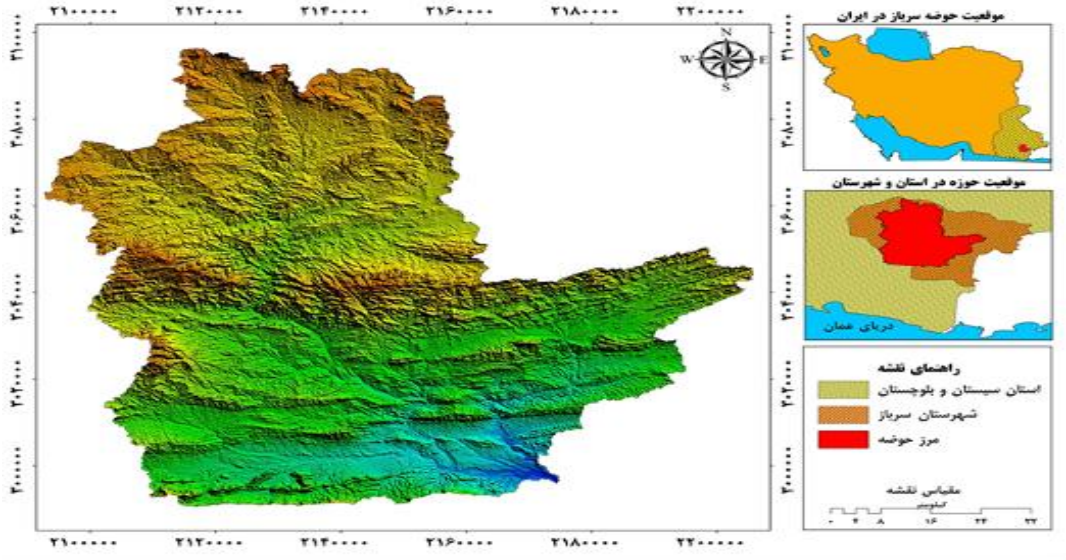
لای‌نولا در اسلام‌آباد پاکستان را با استفاده از مدل HEC-HMS شبیه‌سازی نمودند. نتایج نشان داد که طرح تغییر کاربری اراضی میزان رواناب را بین ۵۱/۶ درصد تا ۱۰۰درصد و میزان دبی اوج سیلاب را بین ۴۵/۴ درصد تا ۸۳/۳ درصد افزایش می‌دهد. زوپ و همکاران (۱۸) به بررسی تاثیر سیل بر مناطق ساحلی با استفاده از HEC-HMS و HEC-RAS در شهر بمبئی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش جزئی در اوج و حجم رواناب در هنگام جزر و مد می‌تواند خسارات زیادی به این مناطق وارد کند. رحمان و همکاران (۱۴) با انجام پژوهشی در سرشاخه‌های وادی اللیث[1] در شرق عربستان به بررسی تاثیر روندیابی بر مقدار تلفات رواناب سطحی پرداختند. این محققان به‌منظور بررسی اثر روندیابی بر کاهش مقادیر رواناب، از مدل HEC-HMS و روش روندیابی ماسکینگام کونژ استفاده کردند. بررسی تاثیر روندیابی نشان داد که بیش‌ترین تلفات بارش کل، مربوط تلفات روندیابی هست و مقادیر این تلفات با افزایش مساحت حوضه و کاهش شیب بیش‌تر می‌شود. در اثر تغییرات اقلیمی طی دهه‌های اخیر مستعد وقوع سیل می‌باشد.

حوزه آبخیز سرباز که در قسمت‌های جنوبی این استان پهناور قرارگرفته، و همواره در این منطقه بارش کم و غالباً اتفاقی و به‌صورت رگبارهای شدید، باعث وقوع سیلاب در منطقه و جاری شدن آب در سطح اراضی منطقه و طغیان رودخانه می‌شود که سبب بروز مشکلات زیادی برای اهالی منطقه شده است. لذا برای پیشگیری خسارات ناشی از وقوع سیل، باید احتمال وقوع و بزرگی سیلاب‌های بزرگ را برآورد نموده و با به‌کارگیری روش‌ها و سازوکارهای مناسب جریان مخرب سیلاب را کنترل کرد. هدف از این تحقیق شبیه‌سازی مدل بارش–رواناب و پیش‌بینی دوره‌های بازگشت سیلاب‌های مخرب و شدید به کمک مدل هیدرولوژیکی HEC- HMS در حوضه مورد مطالعه است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

محدوده مورد مطالعه، حوضه بالادست سد پیشین است. این حوضه، از زیرحوضه‌های حوزه آبریز رودخانه‌های بلوچستان است که در محدوده استان سیستان و بلوچستان و بین مختصات جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و ۲۶ درجه تا ۲۷ درجه و ۵ دقیقه شمالی واقع شده است. از شرق به کشور پاکستان، از جنوب به باهوکلات و دشتیاری، از غرب به حوزه آبریز کاجو و از شمال به سلسله کوه‌های مکران محدود می‌گردد (۱۰). این حوضه در بالادست ایستگاه هیدرومتری پیشین که دارای ارتفاع متوسط ۹۳۲ متر از سطح دریا می‌باشد، قرار دارد. مساحت این حوضه ۶۳۲۴/۲۹ کیلومترمربع و شیب متوسط آن ۱۶/۸۳ درصد است. دبی رودخانه سرباز بیشتر از نواحی شمال حوضه متأثر است، دبی پایه رودخانه سرباز بسیار کم و دبی سیلابی آن حتی برای دوره‌های بازگشت پایین قابل توجه است. رودخانه سرباز دارای بستر کوچک برای عبور آب پایه و بستر بزرگ برای عبور سیلاب‌ها می‌باشد. شکل (۱) موقعیت حوزه آبخیز سرباز را نشان‌می‌دهد



شکل ۱– موقعیت حوزه آبخیز سرباز
Figure 1. Location of Sarbaz watershed

برای انجام تحقیق در ابتدا مدل ارتفاعی رقومی (DEM) منطقه مورد مطالعه تهیه شد سپس با استفاده از برنامه‌های الحاقی Arc Hydro و HEC-GeoHMS مرز حوضه و زیرحوضه‌ها تهیه شد. یکی از داده‌های مورد نیاز مدل، مقدار شماره منحنی حوضه (CN) حوضه می‌باشد جهت تعیین آن ابتدا نقشهٔ گروه‌های هیدرولوژیکی، از طریق تلفیق نقشه خاک ۱:۲۵۰۰۰۰ و شیب حوضه، در محیط برنامه Arc-GIS تهیه گردید. سپس به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه آبریز سرباز از تصاویر ماهواره‌ای داده‌های لندست ۸ سنجنده OLI استفاده شد بر این اساس قبل از برداشت نمونه‌های تعلیمی، وضعیت عمومی منطقه به‌خوبی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های تعلیمی یا نمونه‌های آموزشی[2] در طبقه‌بندی

1- Al Lith
2- Training sample

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]

تصاویر ماهواره‌ای همچون تولید نقشه‌های کاربری اراضی، کاربرد دارند. سپس نمونه های تعلیمی هر کاربری در محیط برنامه Google Earth برداشت و در محیط برنامه ENVI 5.3 فراخوانی شد سپس با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه کاربری اراضی تولید شد که در نهایت پس از تلفیق نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک نقشه شماره منحنی تهیه گردید.

برآورد دبی اوج سیلاب حوزه آبخیز سرباز

پس از تحلیل فراوانی بارش، مناسب‌ترین توزیع آماری با آزمون نکویی برازش کلموگروف–اسمیرونوف[1] انتخاب گردید. بر این اساس مناسب‌ترین توزیع آماری برای ایستگاه‌های موردمطالعه توزیع گامای ۳ پارامتری می‌باشد. بنابراین با استفاده از تابع توزیع گامای ۳ پارامتری، مقادیر حداکثر بارش روزانه در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ از طریق نرم‌افزار Easy Fit مورد محاسبه قرار گرفت که درنهایت وارد نرم‌افزار HEC-HMS شد.

برآورد اولیه پارامترهای مدل

مدل HEC- HMS یک مدل رایانه‌ای مناسب جهت ارائه سیستم آب‌شناسی است که توسط گروه مهندسین ارتش آمریکا عرضه شده است. ساختار مدل HEC- HMS شامل ۳ بخش اصلی می‌باشد که عبارتند از الف) مدل حوضه، ب) مدل هواشناسی، ج) شاخص کنترلی زمان (۲۰).

الف) مدل حوضه: در این بخش مدل HEC- HMS شامل عناصر و پارامترهای هیدرولوژیکی است و عبارتند از بخش عناصر حوضه مانند زیرحوضه‌ها، بازه‌های روندیابی، محل اتصال آبراهه‌ها، مخزن، چشمه و بخش تلفات که در این مدل روش‌های متعددی برای برآورد تلفات وجود دارد در این تحقیق از مدل تلفات شماره منحنی SCS استفاده شده است.

ب) مدل هواشناسی: در این بخش برای مدیریت داده‌های هواشناسی از روش SCS استفاده شد در این روش با در نظر گرفتن دوره‌های بازگشت حداکثر بارش روزانه برای هر دوره بازگشت به مدل معرفی می‌شود.

ج) مشخصات کنترل: این قسمت شامل تاریخ شروع و پایان فرآیند شبیه‌سازی و انتخاب بازه‌های–زمانی اجرای برنامه است.

واسنجی و اعتبارسنجی مدل HEC-HMS

جهت انطباق هر چه بیشتر مقادیر شبیه‌سازی‌شده با مقادیر مشاهداتی، از واسنجی دستی استفاده گردید. برای این منظور مقادیر مربوط به پارامترهای روندیابی در محدوده مجاز تغییر داده شد تا مقادیر شبیه‌سازی‌شده حداکثر دبی لحظه‌ای به مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای مشاهداتی نزدیک گردید. به این ترتیب امکان واسنجی مدل با استفاده از داده‌های حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری پیشین فراهم گردید. پس از واسنجی مدل بارش–رواناب HEC-HMS، با استفاده از معیارهای آماری نش–ساتکلیف (NS) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) روابط (۱) و (۲) درصد خطا مقادیر حداکثر دبی شبیه‌سازی نسبت به مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای مشاهداتی مورد بررسی قرار گرفت.

(۱)

$$NS = 1 - \sum_{i=1}^{n}(Q_{si} - Q_{oi})^2 / \sum_{i=1}^{n}(Q_{oi} - Q_{avo})^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Q_{si} - Q_{oi})^2}$$

(۲)

Q_{oi}: داده‌های مشاهداتی

Q_{si}: داده‌های شبیه‌سازی‌شده

Q_{avo}: میانگین داده‌های مشاهداتی

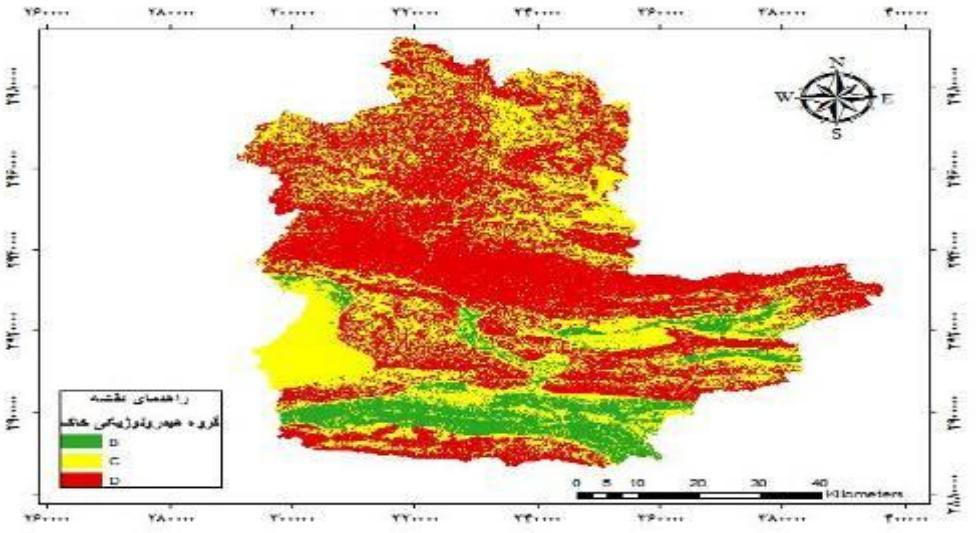
n: تعداد داده‌ها

نتایج و بحث

پس از تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی، شکل (۲) و جدول (۱) مساحت تحت پوشش هر گروه هیدرولوژیکی را نشان می‌دهد. براساس این جدول حوضه دارای سه گروه هیدرولوژیکی است و گروه D بیش‌ترین درصد مساحت (۵۳ درصد) و گروه هیدرولوژیکی A در این حوضه وجود ندارد. در جدول (۲) مشخصات کاربری‌های حوزه آبخیز سرباز نشان داده شده است که به‌ترتیب بیش‌ترین و کمترین درصد مساحت حوضه را مراتع ضعیف (۵۴ درصد) و سطوح آبی (۰/۰۱ درصد) شامل می‌شوند. از تلفیق نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی با استفاده از داده‌های جدول (۳)، در محیط برنامه Arc-GIS نقشه رستری شماره منحنی با قدرت تفکیک ۳۰ متر تهیه شد که در شکل (۴) نشان داده شده است. بر این اساس متوسط وزنی شماره منحنی در حوزه آبخیز سرباز در حدود ۸۹ به‌دست آمد که در این حوضه نفوذپذیری کم و حجم رواناب حوضه زیاد است.

1- Kolmogorov-Smirnov

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]



شکل ۲- نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی حوزه آبخیز سرباز
Figure 2. Hydrological Groups Map of Sarbaz watershed

جدول ۱- مشخصات هر یک از گروه‌های هیدرولوژیکی خاک
Table 1. Characteristics of soil Hydrological Groups

گروه‌هیدرولوژیکی	مساحت (کیلومترمربع)	مساحت (درصد)	توانایی تولید رواناب
B	۶۳۱/۹۸	۱۰	متوسط
C	۲۳۶۲/۶۵	۳۷/۳۷	نسبتا زیاد
D	۳۳۲۷/۷۳	۵۲/۶۳	خیلی زیاد

جدول ۲- مشخصات کاربری اراضی حوزه آبخیز سرباز
Table 2. Land use characteristics of Sarbaz watershed

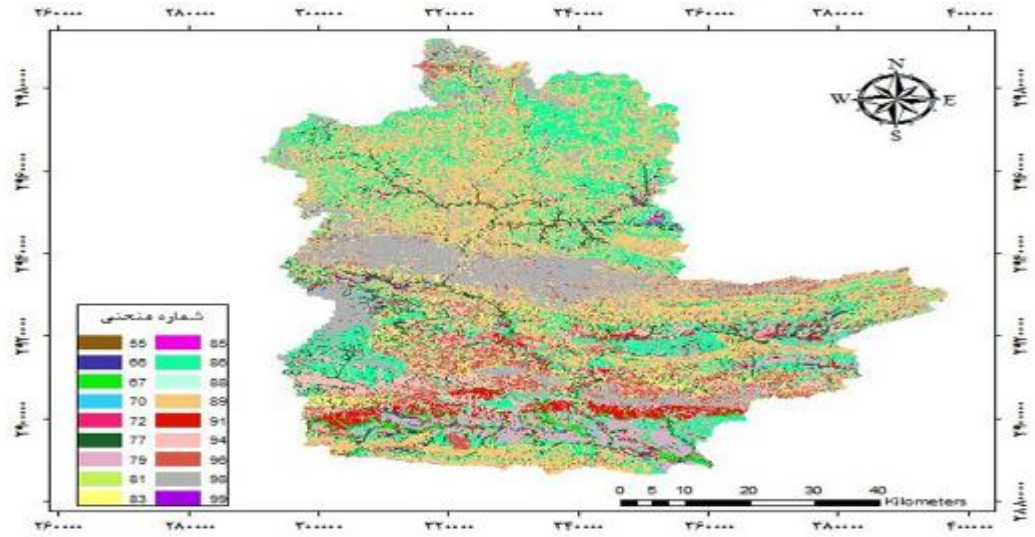
کاربری	توضیحات	مساحت (کیلومترمربع)	درصد کاربری
B	باغ (عمدتاً نخلستان)	۴/۹۸	۰/۰۷
IF	اراضی کشاورزی آبی عمدتاً بر روی خطوط تراز	۳۸/۳۷	۰/۶۱
R3	مراتع با چرای سنگین و پوشش کم‌تر از ۵۰ درصد	۳۴۱۸/۳۲	۵۴/۰۵
SH	درختچه (عمدتاً در داخل مسیل)	۲۰۶/۵۶	۳/۲۷
BL	اراضی بایر و فاقد پوشش	۱۰۹۹/۴۹	۱۷/۳۹
UR	اراضی مسکونی (عمدتاً روستایی)	۲۱/۶۲	۰/۳۴
R	مناطق توده سنگی و صخره‌ای	۱۱۰۲/۴۳	۱۷/۴۳
SL	اراضی شوره‌زار	۳۰/۲۹	۰/۴۸
FS	رسوبات آبراهه‌ای (مسیل)	۴۰۱/۳۸	۶/۳۵
W	سطوح آبی (مخزن سدها)	۰/۷۱	۰/۰۱

جدول ۳- شماره منحنی به ازای تلفیق کاربری و گروه هیدرولوژیکی خاک
Table 3. Curve number for land use and soil hydrologic group integration

علامت کاربری	توضیحات	شماره منحنی بر اساس گروه هیدرولوژیکی		
		D	C	B
B	باغ (عمدتا نخلستان)	۷۷	۷۰	۵۵
IF	اراضی کشاورزی آبی عمدتا بر روی خطوط تراز	۸۵	۸۱	۷۲
R3	مراتع با چرای سنگین و پوشش کم‌تر از ۵۰ درصد	۸۹	۸۶	۷۹
SH	درختچه (عمدتا در داخل مسیل)	۸۳	۷۷	۶۶
BL	اراضی بایر و فاقد پوشش	۹۶	۹۴	۹۱
UR	اراضی مسکونی (عمدتا روستایی)	۹۴	۹۴	۹۴
R	مناطق توده سنگی و صخره‌ای	۹۸	۹۸	۹۸
SL	اراضی شوره‌زار	۸۸	۸۵	۷۷
FS	رسوبات آبراهه‌ای (مسیل)	۸۳	۷۷	۶۷
W	سطوح آبی (مخزن سدها)	۹۹	۹۹	۹۹

منبع: مهدوی (۱۳۸۸)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]



شکل ۴- نقشه شماره منحنی حوزه آبخیزسرباز
Figure 4. Curve number Map of Sarbaz Basin

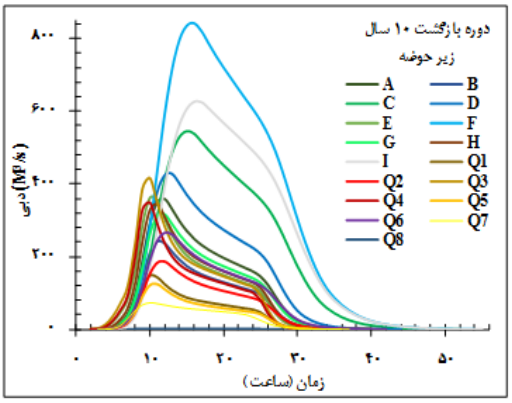
با توجه به عملکرد مطلوب مدل، هیدروگراف زیر حوضه و حوضه‌ها در دوره‌های بازگشت مذکور شبیه‌سازی گردید. مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای حوضه و زیرحوضه‌ها و همچنین دبی ویژه به ازای دوره بازگشت ۲۵ سال در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۴- دبی حداکثر لحظه‌ای در حوضه و زیرحوضه‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف (m^3/s)
Table 4. Instantaneous peak flows in the basin and sub-basins during different return periods (m^3/s)

زیرحوضه	مساحت (km^2)	دبی ویژه (m^3/s) ۲۵سال	۱۰ سال	۲۵ سال	۵۰ سال	۱۰۰ سال
A	۳۵۷/۷۷	۱/۳۴	۳۵۸/۵	۴۸۰/۵	۵۷۲/۲	۶۶۴/۵
B	۲۶۰/۳۹	۱/۲۷	۲۴۱/۲	۳۳۰/۹	۳۹۹	۴۶۷/۱
C	۷۵۴/۹۱	۰/۹۸	۵۴۴/۷	۷۴۰/۵	۸۸۹	۱۰۳۷/۳
D	۴۹۴/۳۳	۱/۱۷	۴۲۷/۸	۵۸۰/۶	۷۰۰/۲	۸۱۹/۸
E	۲۷۵/۴۱	۱/۷۲	۳۶۰/۸	۴۷۵/۳	۵۶۰/۸	۶۴۵/۳
F	۱۱۶۲/۳۱	۰/۹۷	۸۴۱/۸	۱۱۳۱/۹	۱۳۵۷/۲	۱۵۸۲/۲
G	۳۲۰/۶۰	۱/۳۲	۳۱۶/۴	۴۲۵/۳	۵۰۹/۸	۵۹۵/۳
H	۳۰۳/۳۸	۱/۵۱	۳۴۴/۹	۴۶۰/۸	۵۴۷/۹	۶۳۴/۲
I	۹۹۹/۳۳	۰/۸۶	۶۲۵/۹	۸۶۳/۵	۱۰۴۵	۱۲۲۷/۱
Q۱	۱۳۴/۶۰	۱/۵	۱۴۷/۵	۲۰۲/۶	۲۴۴/۳	۲۸۶
Q۲	۲۰۱/۹۵	۱/۲۵	۱۸۶/۶	۲۵۴	۳۰۶/۳	۳۵۹/۸
Q۳	۲۷۸/۰۳	۱/۹۴	۴۱۶/۲	۵۴۰/۷	۶۳۳/۱	۷۲۴/۲
Q۴	۲۴۸/۴۸	۱/۸۴	۳۴۸/۹	۴۵۹/۴	۵۴۱/۷	۶۲۳
Q۵	۱۱۳/۶۷	۱/۴۷	۱۲۴/۴	۱۶۷/۵	۱۹۹/۹	۲۳۳/۷
Q۶	۲۸۸/۲۶	۱/۲۴	۲۶۵/۱	۳۵۹/۷	۴۳۱/۲	۵۰۲/۵
Q۷	۱۲۳/۲۴	۰/۸۷	۷۲/۷	۱۰۸	۱۳۵/۹	۱۶۴/۳
Q۸	۳/۶۳	۱/۳۸	۱/۶	۲/۶	۳/۵	۴/۵
کل‌حوضه	۲۹/۶۳۲۴	۵۸/۲۴	۴۶۲۷/۹	۶۲۹۳/۳	۷۵۶۵/۸	۸۸۴۰/۵

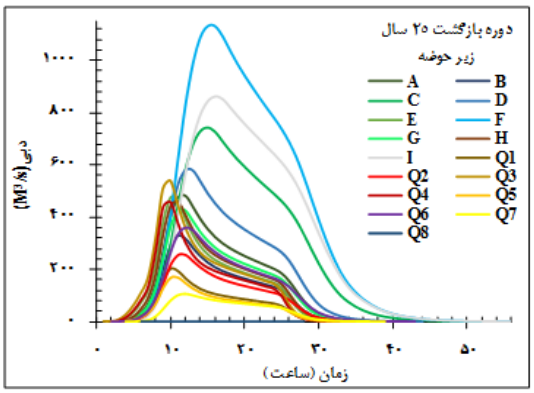
در شکل های ۵ تا ۸ هیدروگراف خروجی شبیه‌سازی‌شده زیرحوضه‌ها و در شکل (۹) هیدروگراف خروجی شبیه‌سازی‌شده حوضه، در بالادست ایستگاه هیدرومتری پیشین به‌ترتیب در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ نشان داده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]



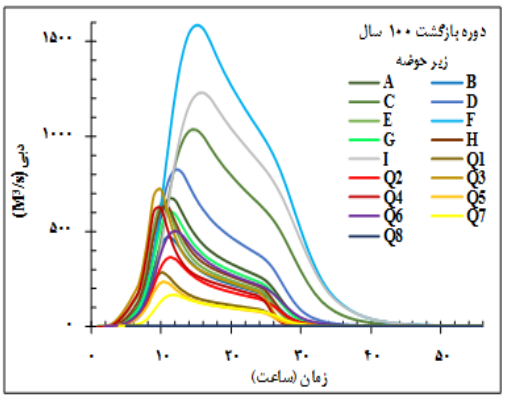
شکل ۵- هیدروگراف خروجی ۱۰ساله زیرحوضه‌ها

Figure 5. 10-year outlet hydrograph of sub-basins



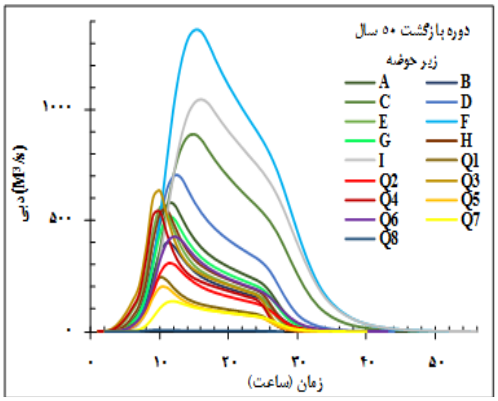
شکل ۶- هیدروگراف خروجی ۲۵ساله زیرحوضه‌ها

Figure 6. 25-year outlet hydrograph of sub-basins



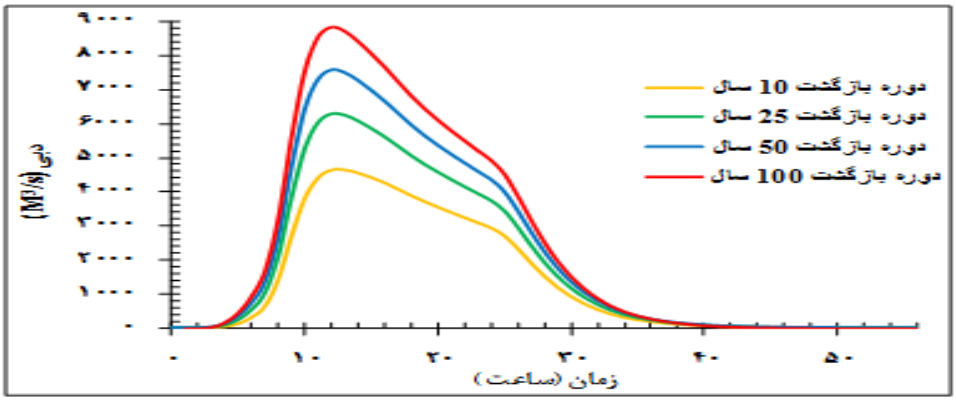
شکل ۷- هیدروگراف خروجی ۵۰ساله زیرحوضه‌ها

Figure 7. 50-year outlet hydrograph of sub-basins



شکل ۸- هیدروگراف خروجی ۱۰۰ساله زیرحوضه‌ها

Figure 8. 100-year outlet hydrograph of sub-basins



شکل ۹- هیدروگراف خروجی در ایستگاه پیشین در دوره‌های بازگشت مختلف

Figure 9. Outlet hydrograph at the previous gauge during different return periods

با توجه به شکل‌های ۵ تا ۸ مشاهده می‌شود با ثابت‌بودن میزان تلفات اولیه حوضه، مقادیر رواناب نیز افزایش می‌یابد. شیب زیاد شاخه صعودی هیدروگراف نشان‌دهنده آن است که در دوره‌های بازگشت مختلف، زمان رسیدن دبی به اوج سریع می‌باشد، درحالی‌که در شاخه نزولی، مقادیر کمتر شیب نشان‌دهنده آن است که در اثر خروج تدریجی ذخایر سطحی و زیرقشری رواناب، دبی سیلاب در فاصله زمانی بیشتری نسبت به شاخه صعودی فروکش می‌کند. به‌همین دلیل با افزایش دوره بازگشت و درنتیجه افزایش تولید رواناب، زمان پایه هیدروگراف و زمان فروکش سیل نیز افزایش می‌یابد. شکری و همکاران (۱۶) نیز ضمن مطالعه تخمین سیلاب حوزه آبخیز ایدینک استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از مدل HEC HMS، به این نتیجه رسیدند که با افزایش دوره بازگشت، زمان پایه هیدروگراف و زمان فروکش سیل نیز

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]

افزایش می‌یابد. همچنین در این تحقیق زیرحوضه F با توجه به این که بیشترین مساحت را دارا می باشد، مشاهده شد که رواناب بیشتری تولید می‌کند و بیشترین تاثیر را در دبی حوضه دارد البته میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در رواناب ایجادشده با مساحت آن همیشه رابطه مستقیمی ندارد. مرادی نژاد و همکاران (۱۰) در تحقیقی به‌منظور بررسی هیدروگراف سیل با استفاده از مدل HEC HMS در حوزه آبخیز ایوان نیز به‌همین نتیجه رسیدند. در جدول ۵ دبی ویژه هر زیر حوضه براساس دوره بازگشت ۲۵ساله بدست آمد که زیرحوضه I کمترین دبی ویژه و زیرحوضه Q3 بیشتری دبی ویژه را دارا می‌باشند. زیرحوضه F با توجه به این‌که بیشترین دبی و مساحت حوضه را دارا است بیشترین دبی ویژه را به خود اختصاص نداده است، پس عامل مساحت باعث تولید رواناب بیشتری در آن شده است. یعنی اگر چه تولید رواناب در واحد سطح آن بیشترین مقدار نیست، اما به‌دلیل وسعت بزرگ، در نهایت رواناب بیشتری از آن خارج می‌شود. براساس نتایج به‌دست‌آمده نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی نشان می‌دهد بیش‌ترین درصد مساحت حوضه را گروه هیدرولوژیکی D دارا است و همچنین متوسط وزنی شماره منحنی در حوزه آبخیز سرباز در حدود ۸۹ به‌دست آمده است که نشان می‌دهد این حوضه دارای نفوذپذیری کم و در نتیجه در هر رویداد بارندگی حجم زیادی از آن در سطح زمین جاری می شود که حجم رواناب و پتانسیل سیل‌خیزی در این حوضه بیشتر خواهد بود. لذا باید اقدامات اساسی در جلوگیری از ایجاد رواناب و سیل در مواقع بارش صورت گیرد هم‌چنین نتایج ارزیابی نشان داد که ضریب نش–ساتکلیف ۰/۹۰ و مجذور میانگین مربعات خطا ۱۶/۳۷ برای حوضه مورد نظر می‌باشد. مقادیر نسبتا بالای معیارهای ارزیابی نشان می‌دهد که بین مقادیر شبیه‌سازی‌شده دبی حداکثر لحظه‌ای و دبی حداکثر لحظه‌ای به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل آماری ایستگاه هیدرومتری پیشین، اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد. بنابراین کارایی مدل بارش–رواناب HEC-HMS برای حوزه آبخیز سرباز مطلوب است. در بررسی آنالیز حساسیت مدل جهت تعیین حساسیت پارامترهای دخیل در تولید رواناب مشخص گردید پارامترهای CN (شماره منحنی) و زمان تاخیر بیشترین حساسیت را در تولید سیلاب دارا می‌باشند. نورعلی و همکاران (۱۱) ضمن بررسی تخمین عدم قطعیت مدل HEC-HMS در حوزه آبخیز تمر استان گلستان، با مشاهده مقادیر پایین ضریب تغییرات برای شماره منحنی در تمامی سیلاب‌ها، این پارامتر به‌عنوان حساس‌ترین پارامتر به‌حساب آمد.

در این مطالعه حوزه آبخیز سرباز بالادست سد پیشین در استان سیستان و بلوچستان به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. در این تحقیق از مدل HEC-HMS برای شبیه‌سازی فرآیند بارش–رواناب حوزه آبخیز استفاده گردید و هیدروگراف‌های سیل برای دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ سال محاسبه شد. مقادیر نسبتا کم معیارهای ارزیابی نشان داد که بین مقادیر شبیه‌سازی‌شده دبی حداکثر لحظه‌ای و دبی حداکثر لحظه‌ای به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل آماری ایستگاه هیدرومتری پیشین، اختلاف قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد. بنابراین کارایی مدل بارش–رواناب HEC-HMS برای حوزه آبخیز سرباز مطلوب ارزیابی شد هم‌چنین با افزایش دوره بازگشت در برآورد دبی، میزان دبی‌های شبیه‌سازی‌شده نزدیک به دبی های مشاهداتی بوده و خطای آن کم‌تر می‌باشد.

منابع

1. Al-Abadi, A.M., S. Shahid and A.K. Al-Ali. 2016. A GIS-based integration of catastrophe theory and analytical hierarchy process for mapping flood susceptibility: a case study of Teeb area, Southern Iraq. Environmental Earth Sciences, 75(8): 687.
2. Ali, M., S. Jamal Khan, I. Aslam and K. Khan. 2011. Simulation of the impacts of land-use change on surface runoff of Lai Nullah Basin in IsIamabad, Pakistan. Land scape and Urban Planning, 102: 271-279.
3. Badri, B., R. Zare bidaki, A. Honarbakhsh and F. Atashkhar. 2016. Prioritization of Beheshtabad watersheds in terms of flood potential. Physical Geography Research, 48(1): 143-158 (In Persian).
4. Do, H.X., S. Westra and M. Leonard. 2017. A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow. Journal of Hydrology, 552: 28-43
5. Dottori, F., P. Salamon, A. Bianchi, L. Alfieri, F.A. Hirpa and L. Feyen. 2016. Development and evaluation of a framework for global flood hazard mapping. Advances in Water Resources, 94: 87-102.
6. Ebrahimian, M., A. Ainuddin Nuruddin, M.A. Mohd Soom and A.M. Sood. 2012. Application of NRCS-curve number method for runoff estimation in a mountainous watershed. Caspian Journal of Environmental Sciences (CJES), 10(1): 103-114.
7. Jafarnia, C. and P. Imamgholizadeh. 2014. Flood estimation of the river basin (Kasilian sub basin) using HEC-HMS. National Conference on Flood Management, Tehran, 46-57 (In Persian).
8. Mahdavi, M. 2009. Applied Hydrology. Tehran University Publication, 2(6):147-165 (In Persian).
9. Ministry of Builder Jihad. 1994. A brief description of the watershed of the Sarbaz River, Jahad Engineering Services Co., Zahedan, 27 (In Persian).
10. Moradnejadee, M., K. Karimi, M. Nakhaee and H. Khosravi. 2015. Assessing Flood Hydrograph by Using Simulated Runoff-Rainfall (Case Study: Evan Watershed). Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi), (103): 52-60 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]

11. Nourali, M., B. Ghahraman, M. Pourreza 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).
12. Nourkarami, B., M. Amelsadeghi and H. Vatandost. 2017. The Effect of Detention Dams on the River Urban Flood Control Case Study (Vardavard River Catchment). Journal of Engineering and Construction Management, 1(3): 16-19 (In Persian).
13. Patil, J.P., A. Sarangi, O.P. Singh, A.K. Singh and T. Ahmad. 2008. Development of a GIS Interface for Estimation of Runoff from Watershed. Water Resource Manage, 22(9): 1221-1239.
14. Rahaman, S.A., S.A. Ajeez, S. Aruchamy and R. Jegankumar. 2015. Prioritization of Sub Watershed Based on Morphometric Characteristics Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Geographical Information System-A Study of Kallar Watershed, Tamil Nadu. Modeling Earth Systems and Environment, 3(1): 1-9.
15. Shirovi, B., E. Galkarian and E. Abutalebi. 2016. Effect of Correctional Structures on the Time of Focus and Reduction of Flood peak (Case Study of Gash Basin Basin). Journal of Range and Watershed and Management, 68(2): 307-322 (In Persian).
16. Shokri, S., A.A. Behnia, F. Radmanesh and A.M. Akhond-Ali. 2017. Watershed Flood Hydrograph Estimation Using HEC-HMS and Geographic Information System (Case Study: Idanak Watershed). Journal of Watershed Management Research, 3(5): 63-80 (In Persian).
17. US Department of Agriculture, Soil Conservation Service (USDA, SCS). 1972. Hydrology, National Engineering Handbook, Section 4.
18. Zope, P.E., T.I. Eldho and V. Jothiprakash. 2015. Impacts of urbanization on flooding of a coastal urban catchment: a case study of Mumbai City, India, Nat Hazards, 75: 887-908.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]

"Technical Report"

Flood Hydrograph Simulation Using HEC-HMS Model in Sarbaz River Basin of Sistan and Baluchestan Province

Sakineh Damadi[1], Abdolhamid Dehvari[2], Mohammad Reza Dahmardeh Ghaleno[3] and Mahboobeh Ebrahimian[4]

1 and 2- M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran
3- Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran, (Corresponding Author: mr.dahmardeh@uoz.ac.ir)
4- Research Institute of Hamoon International Wetland, University of Zabol, Zabol, Iran
Received: 3 February, 2019 Accepted: 8 September, 2019

Abstract

Hydrological models are simplified representation of the real basin system, which helps to assess basin function in response to different inputs and better understanding of hydrological processes. The HEC-HMS model is one of the most important hydrological models for Flood estimating volumes and discharge in watersheds. In this research, the HEC-HMS hydrologic model was used to simulate the runoff flow in the Sarbaz river basin in Sistan and Baluchestan province. For this, basin and sub-basins models were prepared using the Digital Elevation Model (DEM) map and using Arc Hydro and HEC-geo HMS extensions. Next, through integration of land use maps and soil hydrologic groups in the Arc GIS, the curve number map for the studied basin was obtained. The results suggest that this basin has low permeability and high runoff volume. The results showed that there is a good consistency between observed and simulated hydrographs at the basin outlet and values of model efficiency index at the validation stage with Nash-Sutcliffe efficiency and were 0.90 and 16.37respectively which indicates the high efficiency of the model in estimating peak flow in basins and sub-basins. Also, according to the results, in this basin, as returns period increases, the runoff volume and basin discharge will be increased.

Keywords: Basin, Calibration, Discharge, Flood, HEC-HMS model

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.13.9]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.287]