

شناسایی واحدهای هیدرولوژیکی مؤثر بر دبی اوج سیلاب در حوضه همدان- بهار

حامد نوذری^۱، سحرالسادات رضویان^{۲*} و سید معزالدین نبوی همدانی^۳
^۱ استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ^۲ دانش آموخته، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان و ^۳ دانش آموخته،
دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۲

چکیده

به منظور کاهش خسارات ناشی از سیل و اقتصادی نمودن پروژه‌های کنترل سیلاب در یک منطقه، احداث سازه‌های مناسب و انجام عملیات آبخیزداری در مکان‌هایی با پتانسیل سیل‌خیزی بالا امری ضروری است. یکی از راه‌های شناسایی این مناطق، شبیه‌سازی حوضه و ارزیابی نحوه مشارکت زیرحوضه‌های آن در سیلاب خروجی می‌باشد. در این پژوهش، واحدهای هیدرولوژیکی حوضه همدان-بهار با استفاده از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی ArcGIS و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS شبیه‌سازی شد. سپس شاخص‌های سیل‌خیزی محاسبه و نقشه تغییرات این شاخص‌ها در زیرحوضه‌ها استخراج شدند. با مقایسه و بررسی آن‌ها، واحدهای هیدرولوژیکی مؤثر بر دبی اوج سیلاب شناسایی و به منظور اجرای عملیات آبخیزداری اولویت‌بندی شدند. مکان‌یابی حاصل از شاخص‌های سیل‌خیزی نشان دادند که زیرحوضه بهادربگ بیشترین و زیرحوضه قره‌آغاچ کمترین سهم را در دبی اوج سیلاب حوضه دارند. تحلیل نتایج نشان داد که زیرحوضه‌هایی که مساحت یا رواناب بیشتری دارند، لزوماً تأثیر بیشتری بر اوج سیل خروجی حوضه ندارند. اجرای برنامه‌های مدیریتی و احداث سازه‌های هیدرولیکی مناسب در واحدهای هیدرولوژیکی شناسایی شده در این پژوهش، می‌تواند خسارات سیلاب در حوضه همدان-بهار را به‌طور محسوسی کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های سیل‌خیزی، شبیه‌سازی، کنترل سیلاب، ArcGIS، HEC-HMS

مقدمه

اهمیت بسیاری می‌باشد. زیرا انجام عملیات اجرایی و کنترل سیل در سراسر حوضه نه تنها امکان‌پذیر نیست، بلکه ممکن است، اثرات تشدید کننده‌ای نیز در بر داشته باشد (Saghafian و Khosroshahi، ۲۰۰۵).

آگاهی از میزان وقوع سیلاب و بررسی رفتار آن نیازمند وجود آمار و اطلاعات کافی از وضعیت هیدرولوژیکی حوضه و دبی رودخانه‌ها می‌باشد. در عمل، تحقق این هدف در سطح زیرحوضه‌ها با توجه به

نتایج مطالعات انجام شده پیرامون بلایای طبیعی نشان می‌دهد که سیلاب، از لحاظ فراوانی و میزان خسارت وارده بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است (Saghafian و Khosroshahi، ۲۰۰۵). شناخت دقیق این پدیده طبیعی به منظور برنامه‌ریزی، کنترل و بهره‌برداری بهینه از آن، مسئله مهمی در آبخیزداری و حفاظت از منابع آب و خاک است. در این ارتباط شناسایی مناطق سیل‌خیز در درون حوضه دارای

* مسئول مکاتبات: irrigation_razavian@yahoo.com

حوزه آبخیز رود زرد مورد بررسی قرار دادند و با بررسی هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده دریافتند که اختلاف زمانی در رسیدن به دبی اوج، مساوی یا کمتر از یک ساعت می‌باشد. Azagra (۱۹۹۸)، روند تبدیل بارش-رواناب در حوضه رودخانه گوادالوپ را با استفاده از مدل HEC-HMS شبیه‌سازی نمود. این محقق نشان داد که در مناطقی که اطلاعات میدانی مناسب در دسترس نیست، سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند ابزار مناسبی برای تعیین خصوصیات حوضه باشد.

Christopher و همکاران (۲۰۰۱)، به منظور ایجاد شبکه تحلیل هیدرولوژیکی از مدل HEC-GeoHMS و HEC-HMS در حوزه آبخیز بالادست رودخانه سن-جاکینتور و نیز از مدل‌های توزیعی، نیمه توزیعی و یکپارچه به منظور شبیه‌سازی هیدروگراف سیل خروجی استفاده کردند. نتایج ایشان نشان داد که مدل‌سازی جواب‌های منطقی با سیلاب مشاهده‌ای و حجم کل رواناب نشان می‌دهد. همچنین، نتایج مطالعات Soleimani sardo و همکاران (۲۰۱۲)، در حوضه سد جیرفت با مدل HEC-HMS بیانگر نقش مهم سرشاخه‌ها در مقدار دبی خروجی و افزایش میزان سیل‌خیزی از پایین‌دست به سمت بالادست حوضه است. Kazemi و همکاران (۲۰۱۲)، به منظور پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز شرق دامغان از GIS و HEC-HMS استفاده نمودند.

در این پژوهش مشارکت هر یک از زیرحوضه‌ها در سیل خروجی با استفاده از روش پاسخ سیل واحد مشخص و زیرحوضه‌ها اولویت‌بندی شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که روندیابی آبراهه و موقعیت هندسی زیرحوضه‌ها از عوامل مهم مؤثر بر سیل خروجی حوضه است و الزاماً تناسبی بین سیل‌خیزی با دبی حداکثر زیرحوضه وجود ندارد. همان‌طور که از بررسی منابع بر می‌آید، تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیکی می‌تواند ابزار مناسبی در پژوهش‌های مرتبط با مدیریت حوزه آبخیز باشد.

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه پهنه‌بندی سیلاب‌های ایران، در مجموع، پنج استان در طول سال‌های اخیر از نظر میزان خسارات در اولویت

کمبود ایستگاه‌های آب‌سنجی و نبود آمار و اطلاعات ثبت شده از سیل در مناطق فاقد جریانات دائمی مقدور نمی‌باشد. بنابراین، نمی‌توان شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها را به تنهایی از تجزیه و تحلیل داده‌های موجود استنتاج نمود.

لذا امروزه به کارگیری مدل هیدرولوژیکی توزیعی HEC-HMS، که به وسیله مرکز هیدرولوژی مهندسی آمریکا به منظور بررسی فرایند بارش-رواناب از طریق شبیه‌سازی توزیع مکانی خصوصیات بارش و حوزه آبخیز تهیه شده، بسیار سودمند می‌باشد. این مدل، حوزه آبخیز را به عنوان یک سیستم به هم پیوسته با مؤلفه‌هایی نمایش می‌دهد که هر یک جنبه-ای از فرایند بارش-رواناب را در داخل بخشی از حوضه که معمولاً به عنوان زیرحوضه در نظر گرفته می‌شود، شبیه‌سازی می‌کند (Scharffenberger و Fleming، ۲۰۰۸). همچنین، کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی ArcGIS، به منظور نمایش و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی در بسیاری از مطالعات مانند نحوه عملکرد سیستم هیدرولوژیکی منطقه، ابزاری کارآمد می‌باشد.

Mirzakhani (۲۰۰۱)، در تحقیقی تحت عنوان مقایسه مدل شبیه‌سازی شده بارش-رواناب به روش شیب-سطح با مدل HEC-HMS در حوزه آبخیز جاغرق استان خراسان نشان داد که دبی سیل برآورد شده از مدل کامپیوتری HEC-HMS و روش شیب-سطح تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Khosroshahi (۲۰۰۱)، به کمک مدل HEC-HMS و با استفاده از روش تکرار حذف انفرادی زیرحوضه‌ها، مناطق سیل‌خیز در حوزه آبخیز دماوند را اولویت‌بندی نمود. Montazeri (۲۰۰۴)، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS خصوصیات هیدروگرافی حوضه کارده در شمال خراسان را به دست آورد. او هیدروگراف واحد لحظه‌ای کلارک و پارامترهای هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی GIUH را محاسبه نمود. Maryanaji و Maarofi (۲۰۰۵)، از ArcGIS و روش SCS برای برآورد رواناب حوزه آبخیز قره‌چای استفاده نموده و نشان دادند که انطباق بسیار زیادی بین نقشه مدل رقومی و عمق جریان وجود دارد.

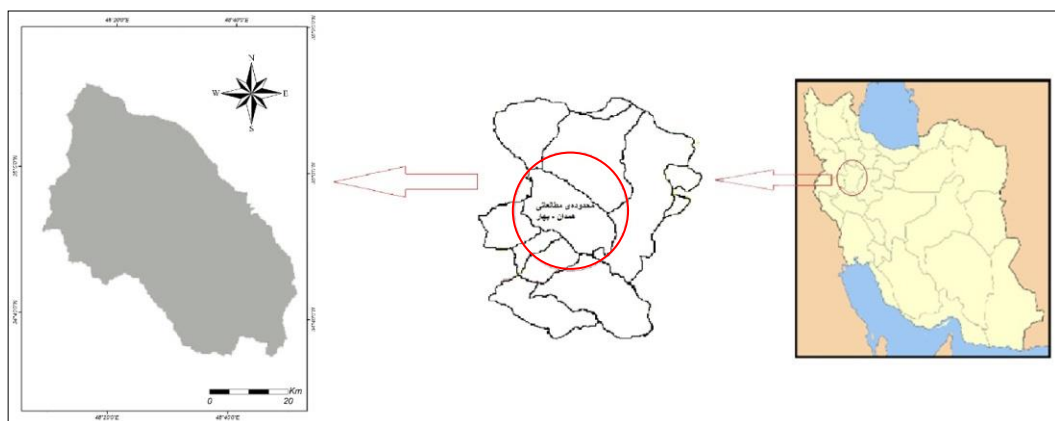
Radmanesh و Porhemat (۲۰۰۶)، مدل HEC-HMS را برای پیش‌بینی سیلاب حاصل از بارش در

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: حوزه آبخیز همدان-بهار در ناحیه مرکزی استان همدان با مختصات جغرافیایی $48^{\circ} 07'$ تا $48^{\circ} 50'$ طول شرقی و $34^{\circ} 34'$ تا $34^{\circ} 11'$ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). مساحت این حوزه $2471/53$ کیلومتر مربع می‌باشد که $12/8$ درصد مساحت استان همدان را تشکیل می‌دهد. مرتفع‌ترین نقطه در این حوزه 3550 متر و پست-ترین نقطه آن 1675 متر از سطح دریا ارتفاع دارد. رواناب سالانه این حوزه برابر $256/5$ میلیون مترمکعب می‌باشد که حدود 30 درصد حجم رواناب‌های استان همدان است. عمده‌ترین رودخانه‌های این حوزه که از ارتفاعات شمالی کوه‌های الوند سرچشمه می‌گیرند، آبشینه، عباس‌آباد، مریانج و صالح آباد هستند. از ارتفاعات غربی دشت نیز رودخانه‌های بهادریبگ و قره‌آغاج سرچشمه می‌گیرند. این رودخانه‌ها در قسمت‌های مرکزی دشت به هم پیوسته و رودخانه اصلی حوزه به نام سیمینه‌رود را تشکیل می‌دهند. این رودخانه عمدتاً در بخش کوهپایه‌ای با شیب کم تا متوسط ($9-0$ درجه) جریان دارد و از تنگه کوشک‌آباد در شمال حوزه خارج می‌شود. همچنین، کمترین و بیشترین میزان بارش در آن به ترتیب $218/7$ و $471/5$ میلی‌متر می‌باشد (Maarofi و Maryanaji، ۲۰۰۵).

می‌باشند که به ترتیب خوزستان، خراسان، کرمان، همدان و گیلان می‌باشند (Jabbari، ۲۰۰۸). در بیشتر مطالعات صورت گرفته در زمینه کنترل سیل در ایران، محاسبه دبی سیل در حوضه، به صورت یکپارچه و بدون لحاظ تغییرات مکانی پارامترهای فیزیوگرافی و بارش در منطقه می‌باشد (Alvankar و همکاران، ۲۰۰۶). در این حالت اثر متقابل رواناب تولید شده در سطح زیرحوضه‌ها روی یکدیگر و همچنین، تأثیر روندبایی رودخانه، نادیده گرفته می‌شود. لذا به منظور برنامه‌ریزی در کاهش اثرات سیل در سطح حوضه و اقتصادی نمودن پروژه‌های کنترل سیل، نیاز به شناسایی مناطق سیل‌خیز و اولویت‌بندی این مناطق می‌باشد.

بنابراین، در این پژوهش با توجه به اهمیت سیل در استان همدان و به خصوص حوضه همدان-بهار که یکی از حوضه‌های سیل‌خیز استان است، سعی شد تا به کمک تلفیق نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی ArcGIS و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS حوضه را به زیرحوضه‌های کوچک‌تر تقسیم و میزان مشارکت آن‌ها در سیل خروجی حوضه تعیین شود. امید است با مکان‌یابی واحدهای هیدرولوژیکی مؤثر بر دبی اوج سیلاب حوضه همدان-بهار، بتوان به الگویی روشن در اولویت‌بندی مکانی و زمانی پروژه‌های کنترل سیل در این حوضه دست یافت.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان همدان، حوضه مطالعاتی همدان-بهار

ArcHydro13 در محیط ArcGIS9.3 استفاده شد. این برنامه قادر است با دقت مورد نظر کاربر، از طریق شناسایی آبراهه‌ها در خط‌القع‌های هر ناحیه و با توجه

روش پژوهش

تعیین محدوده زیرحوضه‌ها: در این پژوهش، برای شناسایی آبراهه‌ها و تفکیک زیرحوضه‌ها از ابزار جانبی

بندی آنها از لحاظ سیل‌خیزی نیاز به نقشه رقومی شماره منحنی (CN) می‌باشد (Saghafian و Farazjoo, ۲۰۰۷). در این مرحله با تلفیق دو لایه خاک و کاربری اراضی به‌وسیله برنامه ArcGIS جدول مربوط به شماره منحنی ایجاد و به‌کمک آن نقشه رقومی CN تهیه شد (شکل ۳).

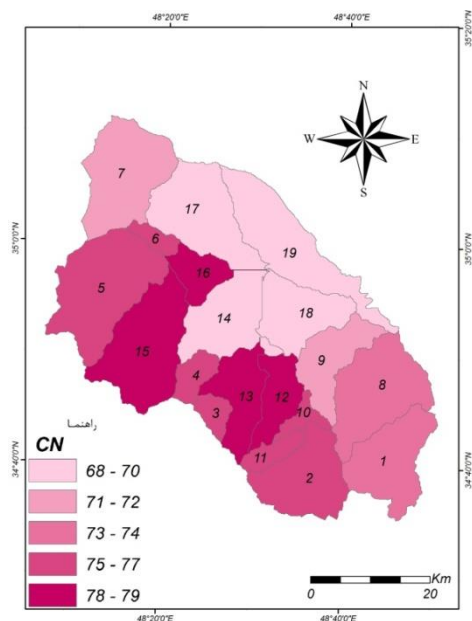
به جهت شیب آن‌ها، به تفکیک زیرحوضه‌ها پردازد. لذا با به‌کارگیری برنامه مذکور، حوضه مورد مطالعه مطابق شکل ۲ به ۱۹ زیرحوضه تقسیم و مشخصات فیزیوگرافی هر کدام در محیط ArcGIS استخراج شده و نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین، به‌منظور شبیه‌سازی سیلاب در زیرحوضه‌ها و اولویت-

جدول ۱- مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها

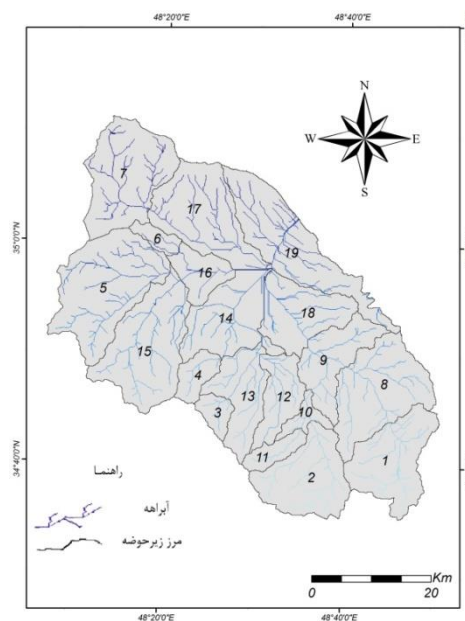
| شماره زیر حوضه | مساحت (کیلومتر مربع) | حداکثر ارتفاع (متر) | متوسط ارتفاع (متر) | حداقل ارتفاع (متر) | شیب حوضه (درصد) | طول آبراهه اصلی (کیلومتر) |
|----------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|
| ۱ | ۱۶۲/۵۵ | ۲۶۰۸ | ۲۰۸۵/۳۴ | ۱۹۲۹ | ۵/۳۰ | ۱۹/۲۹ |
| ۲ | ۱۶۳/۳۲ | ۳۴۶۵ | ۲۵۲۹/۸۳ | ۱۹۵۰ | ۱۱/۸۵ | ۱۹/۰۰ |
| ۳ | ۲۹/۹۶ | ۳۵۵۰ | ۲۶۹۰/۴۰ | ۲۱۰۱ | ۲۶/۴۷ | ۶/۴۳ |
| ۴ | ۴۲/۵۹ | ۳۳۰۰ | ۲۳۹۸/۹۲ | ۱۸۵۴ | ۲۲/۱۵ | ۱۰/۶۴ |
| ۵ | ۲۵۳/۶۵ | ۲۹۵۰ | ۲۰۵۸/۵۸ | ۱۷۵۰ | ۷/۵۳ | ۲۲/۸۰ |
| ۶ | ۲۴/۷ | ۲۰۹۰ | ۱۸۶۹/۸۱ | ۱۷۷۵ | ۶/۳۳ | ۷/۵۶ |
| ۷ | ۲۰۹/۶۱ | ۲۵۵۰ | ۲۱۸۲/۸۱ | ۱۸۵۰ | ۴/۸۳ | ۲۰/۰۵ |
| ۸ | ۲۰۷/۳۷ | ۲۵۵۰ | ۲۰۴۷/۱۹ | ۱۸۰۲ | ۵/۱۹ | ۱۶/۳۴ |
| ۹ | ۱۱۷/۸۲ | ۲۴۰۰ | ۱۸۹۳/۶۴ | ۱۷۵۰ | ۵/۹۸ | ۱۶/۰۱ |
| ۱۰ | ۲۶/۱۵ | ۲۷۱۲ | ۲۰۸۵/۹۳ | ۱۸۵۰ | ۱۶/۸۵ | ۹/۹۷ |
| ۱۱ | ۳۵/۷۷ | ۳۵۵۰ | ۲۵۸۶/۴۵ | ۲۰۱۱ | ۲۵/۷۳ | ۱۱/۵۴ |
| ۱۲ | ۸۴/۵۱ | ۳۲۴۲ | ۲۰۲۴/۸۵ | ۱۷۵۰ | ۱۶/۲۲ | ۱۸/۲۵ |
| ۱۳ | ۱۱۴/۴۷ | ۳۵۲۵ | ۲۲۱۰/۷۲ | ۱۷۲۵ | ۱۶/۸۲ | ۲۰/۷۲ |
| ۱۴ | ۱۹۸/۸۷ | ۲۳۷۵ | ۱۸۷۶/۱۹ | ۱۶۷۸ | ۴/۹۴ | ۲۴/۰۲ |
| ۱۵ | ۲۲۵/۴۸ | ۳۳۷۰ | ۲۱۲۹/۶۱ | ۱۷۲۶ | ۱۰/۹۴ | ۲۵/۵۵ |
| ۱۶ | ۶۲/۳۸ | ۱۸۰۰ | ۱۷۳۹/۹۸ | ۱۷۰۰ | ۱/۲۶ | ۱۲/۲۹ |
| ۱۷ | ۱۵۶/۷۳ | ۲۷۱۵ | ۱۷۸۵/۸۵ | ۱۶۹۱ | ۸/۱۷ | ۲۲/۶۰ |
| ۱۸ | ۱۳۵/۴۹ | ۲۱۷۵ | ۱۷۸۱/۶۰ | ۱۶۸۰ | ۴/۲۵ | ۱۴/۹۹ |
| ۱۹ | ۲۱۹/۱۱ | ۲۲۴۱ | ۱۸۱۴/۴۷ | ۱۶۷۵ | ۳/۸۲ | ۱۰/۵۴ |

ایستگاه محاسبه شد (جدول ۲). سپس رابطه بین بارش و ارتفاع ایستگاه‌ها استخراج شد. در ادامه به‌کمک رابطه استخراجی مذکور و نرم‌افزار ArcGIS، لایه رستری مربوط تهیه شد و توزیع مکانی بارش طرح در منطقه تعیین شد. همچنین، به‌منظور تعیین توزیع زمانی بارش از منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی ایستگاه اکباتان که از لحاظ موقعیت مکانی و ارتفاعی درون حوضه مناسب و قابل‌تعمیم است، استفاده شد. شکل‌های ۴ و ۵ به‌ترتیب توزیع مکانی بارش طرح در حوضه همدان-بهار و الگوی زمانی بارش منتخب را نشان می‌دهند.

توزیع مکانی و زمانی بارش: در این قسمت به‌منظور محاسبه بارش‌های حداکثر منطقه، با مراجعه به سازمان هواشناسی و ادارات آب منطقه‌ای غرب کشور، ایستگاه‌های باران‌سنجی درون و بیرون محدوده مورد مطالعه شناسایی شد و با مطالعه آمار آن‌ها، مقادیر حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه موجود استخراج شد. پس از آن با بررسی کفایت اطلاعات موجود در هر ایستگاه و ارزیابی آن‌ها بر اساس آزمون کفایت داده‌ها، ۱۶ ایستگاه با طول پایه آماری ۳۰ ساله (۱۳۹۱-۱۳۶۰) مورد تأیید قرار گرفت. در این مرحله به‌کمک مدل SMADA بارش با دوره بازگشت ۲۵ ساله هر



شکل ۳- نقشه توزیعی شماره منحنی حوضه همدان- بهار



شکل ۲- زیرحوضه‌های درون حوضه همدان- بهار

جدول ۲- مختصات ایستگاه‌های باران‌سنجی

| نام ایستگاه | طول جغرافیایی (درجه) | عرض جغرافیایی (درجه) | ارتفاع ایستگاه (متر) | بارش ۲۵ ساله (میلی‌متر) |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| اکباتان | ۴۸/۶۰ | ۳۴/۷۶ | ۱۹۵۷ | ۶۲/۳ |
| آغاجان‌بلاغی | ۴۸/۰۶ | ۳۴/۸۴ | ۱۸۰۲ | ۴۶/۵۶ |
| بابا پیرعلی | ۴۷/۳۵ | ۳۴/۶۳ | ۱۹۱۷ | ۵۶/۳۵ |
| تویسرکان | ۴۸/۶۰ | ۳۴/۵۵ | ۱۷۸۳ | ۴۱/۴۳ |
| درجزین | ۴۹/۰۶ | ۳۵/۳۵ | ۱۸۷۰ | ۵۳/۳ |
| سرابی | ۴۸/۴۸ | ۳۴/۵۲ | ۱۹۲۵ | ۵۴/۹ |
| سولان | ۴۸/۴۶ | ۳۴/۸۲ | ۱۸۴۱ | ۸۳/۰۹ |
| سیاه دره | ۴۷/۹۹ | ۳۴/۲۸ | ۱۷۵۷ | ۷۹/۴ |
| قره‌آکند | ۴۸/۷۷ | ۳۵/۳۶ | ۱۷۶۲ | ۳۶/۲۹ |
| قلعه جوق | ۴۸/۶۳ | ۵۲/۳۵ | ۲۰۸۰ | ۵۳/۱۳ |
| کوشک‌آباد | ۴۸/۵۵ | ۳۵/۰۳ | ۱۷۰۲ | ۴۴/۴۳ |
| ملایر | ۴۸/۸۲ | ۳۴/۲۸ | ۱۷۲۵ | ۷۱/۰۲ |
| نامیله | ۴۸/۸۲ | ۳۴/۲۷ | ۱۷۷۳ | ۷۳/۱ |
| نهادند | ۴۸/۴۰ | ۳۴/۰۲ | ۱۶۵۸ | ۶۷/۰۷ |
| نوزه | ۴۸/۶۸ | ۳۴/۲۰ | ۱۶۷۹ | ۴۵/۶۶ |
| همدان (فرودگاه) | ۴۸/۵۳ | ۳۴/۸۵ | ۱۷۴۹ | ۵۵/۷ |

مورد نیاز برای اجرای مدل به روش انتخابی SCS را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که با توجه به کوچک بودن مساحت زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه، به منظور محاسبه زمان تمرکز از معادله کریپچ استفاده شد (رابطه ۱).

در این پژوهش، به منظور شبیه‌سازی رواناب سطحی حوضه مورد مطالعه نسبت به بارندگی معین، از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS استفاده شد. شمایی از تعریف زیرحوضه‌ها در محیط HEC-HMS در شکل ۶ آورده شده است و جدول ۳ پارامترهای

آن به‌طور کامل (از شروع شاخه اوج تا پایان آن)، بارش آن در تمام ایستگاه‌های داخل حوضه ثبت شده و سیلاب، مربوط به همان واقعه بارش باشد. با توجه به این‌که در بسیاری از موارد تمامی شرایط فوق احراز نشد، لذا بسیاری از سیلاب‌های جمع‌آوری شده را نمی‌توان برای واسنجی مدل بارش-رواناب به‌کار برد.

در نهایت تعداد چهار واقعه با شرایط لازم انتخاب شد و در این بین، از سه واقعه (۱۷-۱۳۸۵/۰۸/۱۵ و ۲۱-۱۳۸۶/۰۱/۲۰ و ۸-۱۳۸۶/۰۲/۰۶) برای واسنجی و از واقعه (۱۶-۱۳۸۶/۰۹/۱۵) برای اعتباریابی استفاده شد. جدول ۳، پارامترهای بهینه اعتباریابی (شماره منحنی، جذب اولیه و زمان تأخیر) را برای زیرحوضه‌های منطقه نشان می‌دهد.

پس از مقایسه هیدروگراف‌های سیل مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و حصول اطمینان از مقادیر SCS ورودی، مدل هیدرولوژیکی حوضه برای تمام زیرحوضه‌ها برای بارش طرح هر یک از آن‌ها به‌ازاء دوره برگشت ۲۵ سال اجرا و به‌کمک مدل، دبی پیک و هیدروگراف سیل هر یک از زیرحوضه‌ها و روندیابی موج سیلابی به‌روش زمان تأخیر در رودخانه‌های اصلی از محل خروجی زیرحوضه‌ها تا خروجی کل حوضه برآورد شد. سپس در هر بار اجرای مدل، یکی از زیرحوضه‌ها حذف و روندیابی به‌صورت مشابه صورت گرفت. پس از آن، میزان کاهش در دبی اوج هیدروگراف خروجی بر اثر حذف هیدروگراف زیرحوضه محاسبه شد. به‌منظور بررسی میزان تأثیرگذاری زیرحوضه‌ها بر دبی اوج خروجی و اولویت‌بندی آن‌ها، از دو شاخص زیر استفاده شد (Saghafian و همکاران، ۲۰۰۵).

$$f_i = \frac{\Delta Q_i}{A_i} \quad (2)$$

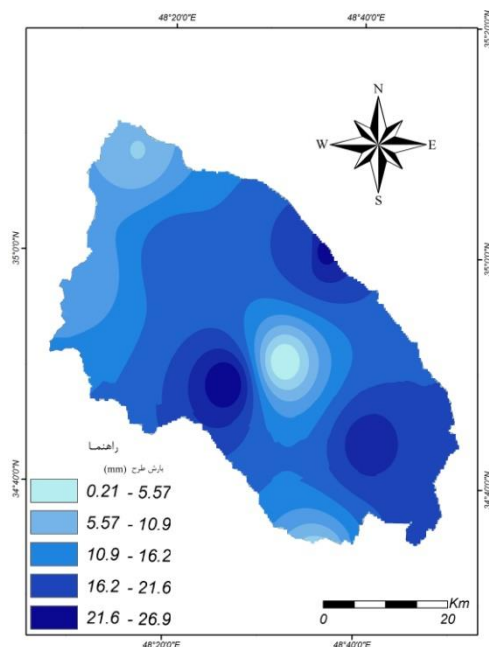
که در آن، f_i شاخص سیل‌خیزی زیر حوضه i ام (مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع)، ΔQ تغییر دبی اوج خروجی حوضه با حذف زیرحوضه i ام (مترمکعب بر ثانیه) و A مساحت زیرحوضه i ام (کیلومتر مربع) است.

$$F_i = \frac{\Delta Q_i}{Q} \times 100 \quad (3)$$

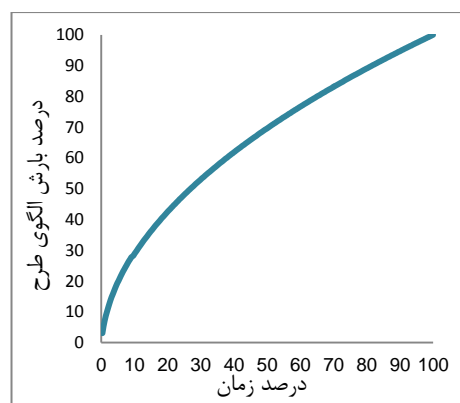
که در آن، F_i درصد سیل‌خیزی، ΔQ تغییر دبی اوج خروجی حوضه با حذف زیرحوضه i ام (مترمکعب

$$T_c = 0.949 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (1)$$

که در آن، T_c زمان تمرکز (ساعت)، L طول مسیر آبراهه اصلی (کیلومتر) و H اختلاف ارتفاع بین نقطه تمرکز تا بلندترین نقطه حوضه (متر) می‌باشد.



شکل ۴- توزیع مکانی بارش طرح در حوضه همدان- بهار



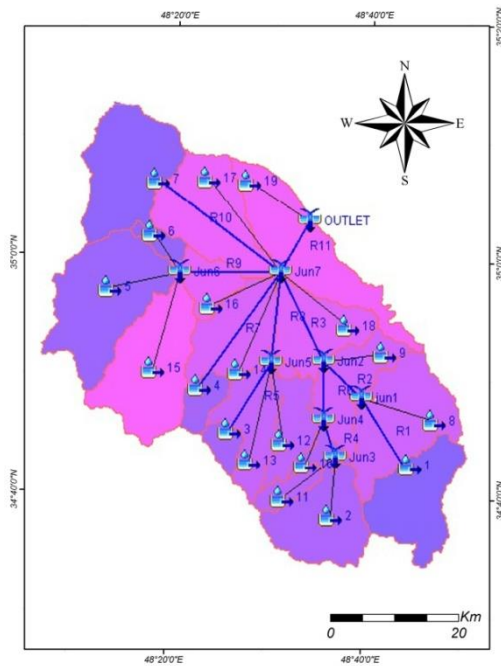
شکل ۵- الگوی زمانی بارش طرح در حوضه همدان- بهار

با توجه به هدف پژوهش، بایستی صحت پارامترهای SCS استخراجی زیرحوضه‌ها مورد ارزیابی قرار بگیرد. به همین منظور اقدامات واسنجی و اعتباریابی مدل به‌ترتیب زیر صورت پذیرفت. ابتدا اطلاعات کلیه سیلاب‌های ساعتی ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری جدول ۴ جمع‌آوری شد. سپس از وقایع همزمان بارش-رواناب استفاده شد، بدین معنی که علاوه بر موجود بودن سیلاب ساعتی

بر ثانیه) و Q دبی اوج کل حوضه (مترمکعب بر ثانیه) است (Saghafian و همکاران، ۲۰۰۵).

جدول ۳- پارامترهای SCS زیرحوضه‌ها

| شماره زیرحوضه | شماره منحنی | جذب اولیه (میلی‌متر) | زمان تمرکز (ساعت) | زمان تأخیر (دقیقه) | بارش طرح (میلی‌متر) |
|------------------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| ۱ | ۷۳ | ۱۸/۳ | ۲/۳۵ | ۹۴/۵ | ۶۷/۵ |
| ۲ | ۷۶ | ۱۵/۷ | ۱/۷۰ | ۶۸/۲ | ۵۲/۳ |
| ۳ | ۷۵ | ۱۶/۸ | ۰/۴۹ | ۱۹/۸ | ۵۵/۵ |
| ۴ | ۷۵ | ۱۶/۰ | ۰/۸۸ | ۳۵/۵ | ۶۴/۸ |
| ۵ | ۷۵ | ۱۶/۴ | ۲/۲۹ | ۹۲/۱ | ۵۶/۱ |
| ۶ | ۷۵ | ۱۶/۸ | ۱/۰۷ | ۴۳/۰ | ۵۳/۷ |
| ۷ | ۷۲ | ۱۹/۶ | ۲/۴۳ | ۹۷/۷ | ۴۹/۰ |
| ۸ | ۷۴ | ۱۷/۴ | ۱/۸۷ | ۷۵/۲ | ۷۰/۲ |
| ۹ | ۷۲ | ۱۹/۳ | ۱/۹۳ | ۷۷/۵ | ۵۳/۹ |
| ۱۰ | ۷۶ | ۱۶/۰ | ۱/۰۰ | ۴۰/۲ | ۵۸/۶ |
| ۱۱ | ۷۷ | ۱۵/۱ | ۰/۹۵ | ۳۸/۱ | ۷۸/۱ |
| ۱۲ | ۷۸ | ۱۳/۸ | ۱/۶۳ | ۶۵/۵ | ۸۸/۲ |
| ۱۳ | ۷۸ | ۱۳/۶ | ۱/۷۶ | ۷۰/۵ | ۶۷/۳ |
| ۱۴ | ۶۹ | ۲۲/۴ | ۳/۰۰ | ۱۲۰/۶ | ۶۶/۳ |
| ۱۵ | ۷۷ | ۱۴/۶ | ۲/۳۲ | ۹۳/۱ | ۱۰۵/۰ |
| ۱۶ | ۷۸ | ۱۴/۲ | ۲/۹۲ | ۱۱۷/۴ | ۶۹/۱ |
| ۱۷ | ۶۹ | ۲۱/۹ | ۲/۴۱ | ۶۹/۹ | ۶۶/۵ |
| ۱۸ | ۶۸ | ۲۳/۵ | ۱/۹۹ | ۷۹/۸ | ۹۱/۳ |
| ۱۹ | ۶۸ | ۲۳/۵ | ۱/۲۶ | ۵۰/۴ | ۵۲/۳ |



شکل ۶- شمای مدل زیرحوضه‌ها در HEC-HMS

جدول ۴- مختصات ایستگاه‌های هیدرومتری

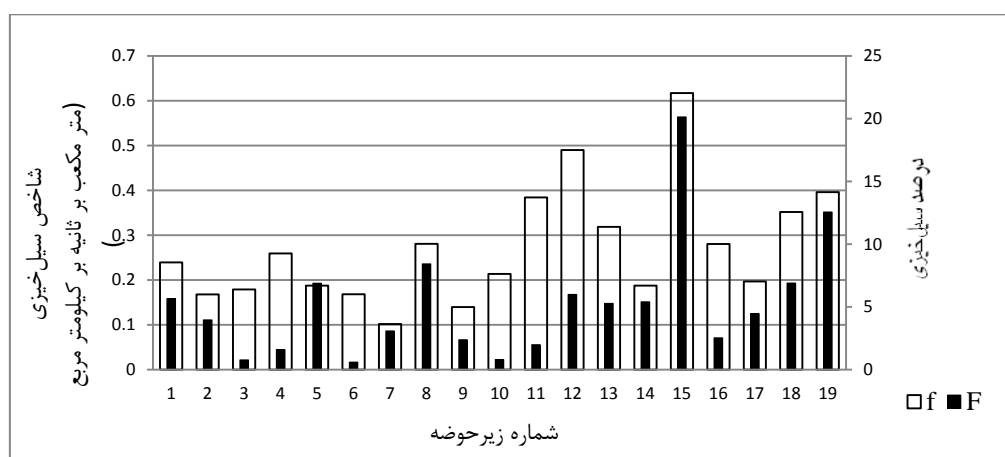
| نام ایستگاه | طول جغرافیایی (درجه) | عرض جغرافیایی (درجه) | ارتفاع ایستگاه (متر) | نوع ایستگاه | طول دوره آماری (سال) |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|
| بهدر بیگ | ۴۸/۳۰۷ | ۳۴/۹۵۴ | ۱۷۹۶ | درجه ۱ | ۴۴ |
| تقسیم آب | ۴۸/۴۵۴ | ۳۴/۷۶۶ | ۲۰۸۸ | درجه ۲ | ۴۴ |
| توفیجین | ۴۸/۴۱۶ | ۳۴/۸۲۵ | ۱۹۷۹ | درجه ۴ | ۴۴ |
| سیاه کمر | ۴۸/۷۴۱ | ۳۴/۷۳۷ | ۱۹۶۳ | درجه ۴ | ۱۰ |
| صالح آباد | ۴۸/۳۰۵ | ۳۴/۹۷۴ | ۱۷۸۶ | درجه ۱ | ۴۴ |
| قره آغاج | ۴۸/۳۰۲ | ۳۵/۰۱۶ | ۱۸۷۹ | درجه ۱ | ۳۱ |
| کوشک آباد | ۴۸/۵۶۰ | ۳۵/۰۱۲ | ۱۶۹۸ | درجه ۱ | ۴۰ |
| یلغان | ۴۸/۶۱۱ | ۳۴/۷۲۹ | ۱۹۹۹ | درجه ۴ | ۵۸ |

نتایج و بحث

در جریان انتقال دبی‌های مناطق بالادست به طرف پایاب حوضه، به دلیل عبور از دشت‌های سیلابی ممکن است، بخش قابل توجهی از حجم جریان به طور موقت در بستر اصلی و دشت‌های سیلابی نگهداری شوند. این بخش از دبی اوج که در کناره‌ها ذخیره می‌شود، ارتفاع اوج را کاهش داده و زمان پایه هیدروگراف را طولانی‌تر می‌کند. اما چگونگی وقوع این وضعیت برای تمامی زیرحوضه‌ها یکسان نیست. لذا به همین منظور با حذف انفرادی واحدهای داخل حوضه، روندیابی رواناب ناشی از بارش طرح و چگونگی اثر هر کدام از واحدها در سیل خروجی از کل حوضه انجام گرفت.

میزان مشارکت آن‌ها در سیل خروجی حوضه

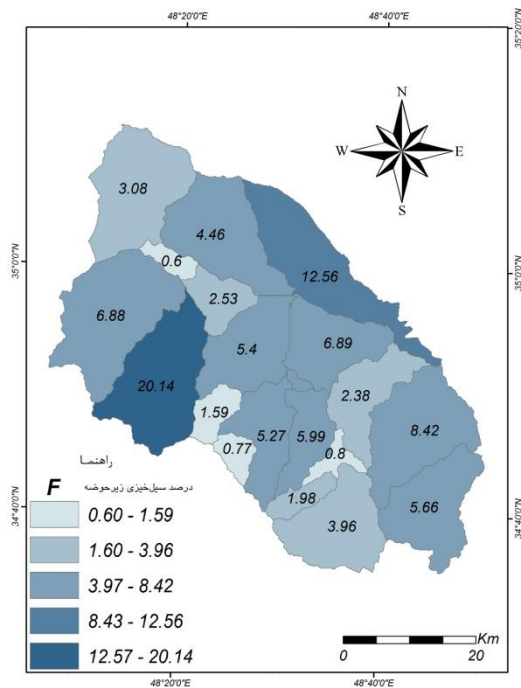
تعیین شد و با توجه به معیار شاخص سیل خیزی f_i به دست آمده و درصد سیل خیزی F_i ، زیرحوضه‌های مولد از نظر سیل خیزی به منظور اعمال مدیریت اولویت بندی شدند. شکل‌های ۸ و ۹ با توجه به شاخص‌های مذکور درصد سیل خیزی هر یک از زیرحوضه‌ها تحت بارش مذکور و جدول ۵ میزان مشارکت هر یک از زیرحوضه‌ها در دبی اوج سیل خروجی در بارش طرح را نشان می‌دهند. مقایسه بین درصد سیل خیزی F_i و شاخص سیل خیزی f_i برای هر کدام از زیرحوضه‌ها نیز در شکل ۷ نشان داده شده است.



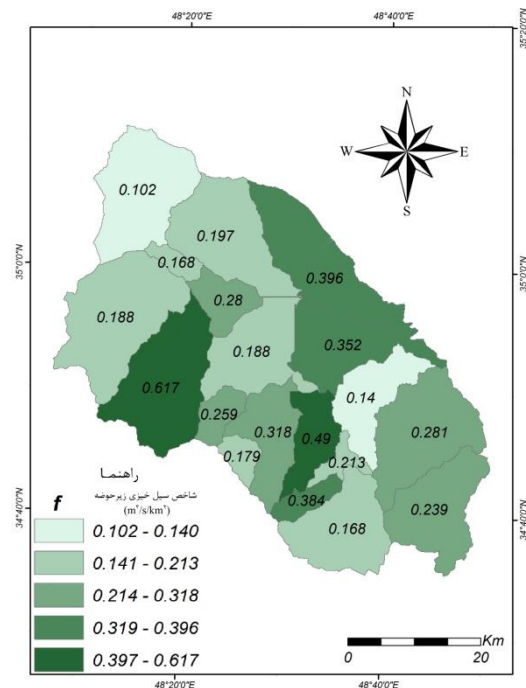
شکل ۷- مقایسه نتایج مربوط به درصد سیل خیزی F و شاخص سیل خیزی f زیرحوضه‌ها

در واقعیت نیز شرایط مورفولوژیک و بارندگی نقش بسزایی در پتانسیل سیل خیزی یک منطقه دارند. بنابراین، در پژوهش حاضر برای بارش طرح با دوره بازگشت ۲۵ ساله از این شاخص بهره برده شد.

با توجه به این که در شاخص f اثر مساحت زیرحوضه حذف شده و تأثیر عوامل مهم دیگر از قبیل نفوذ و بارش در سیل خیزی اهمیت خود را بیشتر نشان می‌دهد، لذا اولویت بندی زیرحوضه‌ها از لحاظ سیل خیزی مطابق با این شاخص صورت می‌گیرد. زیرا



شکل ۹- نقشه درصد سیل خیزی زیرحوضه‌ها



شکل ۸- نقشه شاخص سیل خیزی زیرحوضه‌ها

جدول ۵- اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از لحاظ سیل‌خیزی به دو روش درصد سیل‌خیزی F و شاخص سیل‌خیزی f

| شماره زیرحوضه | مساحت (کیلومتر مربع) | درصد سیل‌خیزی F | اولویت بر اساس F | شاخص سیل‌خیزی f | اولویت بر اساس f |
|---------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| ۱ | ۱۶۳/۵۵ | ۵/۶۶۸ | ۷ | ۰/۳۳۹ | ۱۰ |
| ۲ | ۱۶۳/۳۲ | ۳/۹۶۸ | ۱۱ | ۰/۱۶۸ | ۱۷ |
| ۳ | ۲۹/۹۶ | ۰/۷۷۶ | ۱۸ | ۰/۱۷۹ | ۱۵ |
| ۴ | ۴۲/۵۹ | ۱/۵۹۸ | ۱۶ | ۰/۲۵۹ | ۹ |
| ۵ | ۲۵۳/۶۵ | ۶/۸۸۷ | ۵ | ۰/۱۸۸ | ۱۴ |
| ۶ | ۲۴/۷ | ۰/۶۰۱ | ۱۹ | ۰/۱۶۸ | ۱۶ |
| ۷ | ۲۰۹/۶۱ | ۳/۰۸۷ | ۱۲ | ۰/۱۰۲ | ۱۹ |
| ۸ | ۲۰۷/۳۷ | ۸/۴۲۴ | ۳ | ۰/۲۸۱ | ۷ |
| ۹ | ۱۱۷/۸۲ | ۲/۳۸۳ | ۱۴ | ۰/۱۴۰ | ۱۸ |
| ۱۰ | ۲۶/۱۵ | ۰/۸۰۸ | ۱۷ | ۰/۳۱۳ | ۱۱ |
| ۱۱ | ۳۵/۷۷ | ۱/۹۸۹ | ۱۵ | ۰/۳۸۴ | ۴ |
| ۱۲ | ۸۴/۵۱ | ۵/۹۹۲ | ۶ | ۰/۴۹۰ | ۲ |
| ۱۳ | ۱۱۴/۴۷ | ۵/۲۷۷ | ۹ | ۰/۳۱۸ | ۶ |
| ۱۴ | ۱۹۸/۸۷ | ۵/۴۰۲ | ۸ | ۰/۱۸۸ | ۱۳ |
| ۱۵ | ۲۲۵/۴۸ | ۲۰/۱۴ | ۱ | ۰/۶۱۷ | ۱ |
| ۱۶ | ۶۲/۳۸ | ۲/۵۳۱ | ۱۳ | ۰/۲۸۰ | ۸ |
| ۱۷ | ۱۵۶/۷۳ | ۴/۴۶ | ۱۰ | ۰/۱۹۷ | ۱۲ |
| ۱۸ | ۱۳۵/۴۹ | ۶/۸۹۷ | ۴ | ۰/۳۵۲ | ۵ |
| ۱۹ | ۲۱۹/۱۱ | ۱۲/۵۶ | ۲ | ۰/۳۹۶ | ۳ |

و مدیریت سیل در سرمنشأ آن است. مکان‌یابی حاصل از شاخص سیل‌خیزی f در تحقیق حاضر برای بارش طرح، مطابق شکل ۸ نشان داد که حوضه بهادریگ و

از جمله مهم‌ترین پیش‌نیازهای پروژه‌های مهار سیل و عملیات آبخیزداری، شناسایی مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی بالا در داخل حوضه برای کنترل

باشد. تحلیل نتایج نشان داد که زیرحوضه‌هایی که مساحت یا رواناب بیشتری دارند، لزوماً تأثیر بیشتری بر اوج سیل خروجی حوضه ندارند. اجرای برنامه‌های مدیریتی و احداث سازه‌های هیدرولیکی مناسب در واحدهای هیدرولوژیکی شناسایی شده در این تحقیق، می‌تواند خسارات ناشی از سیل در حوضه همدان-بهار را به‌طور محسوسی کاهش دهد.

قره‌آغاج به‌ترتیب با ۰/۶۱۷ و ۰/۱۰۲ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع، بیشترین و کمترین سهم را در دبی اوج سیلاب حوضه دارند. عوامل روندیایی، موقعیت مکانی و ترکیب عواملی چون نوع خاک، پوشش گیاهی و سایر عوامل فیزیکی مانند شرایط بستر رودخانه در بالادست می‌تواند در چگونگی مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی حوضه مؤثر

منابع مورد استفاده

1. Alvankar, S.R., B. Saghafian and H. Sedghi. 2006. Effect of pixel size of a hydrologic model on simulation of flood peak. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(2): 95-107 (in Persian)
2. Azagra, E. 1998. Rainfall off in the Guadalupe river basin. CE 397 GIS in water Resource, Department of Civil Engineering, The University of Texas at Ausstin Spring Semester.
3. Christopher, A., C. Johnson and A. Young. 2001. The use of HEC-GeoHMS and HEC-HMS to perform grid-based hydrologic analysis of a watershed. ASFPM Conference, Computational Geosciences, Dodson and Associates Inc., Houston, Texas, USA.
4. Jabbari, A. 2008. Spatial Iran flood risk and identify pattern change in flood areas. *Journal of Summary of Research Projects*, Iran Water Resources Management Company (in Persian).
5. Kazemi, M., A. Nohegar and P. Rezaei. 2012. The use of GIS, HEC-HMS in zoning flood-prod using regions and prioritizing flooding potentials, case study: watershed basin of east DAMGHAN, SEMNAN Province, North of IRAN. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2(2): 349-359.
6. Khosroshahi, M. 2001. Determining the role of watershed sub-basins in the intensity of floods rising basin, a case of study in Damavand watershed basin, The doctoral thesis of climate-hydrology. Irrigation Department, Tarbiat Modarres University (in Persian).
7. Maryanaji, Z., and S. Maarofi. 2005. Survey of the runoff due maximum 24 hours precipitation in the Ghareh-Chay watershed basin using the SCS method and GIS application. *Journal of Agricultural Research*, 5(3): 71-83 (in Persian).
8. Mirzakan, H. 2001. Comparison of rainfall-runoff simulated model by Gradient-surface method with the model of Jaghargh basin (Khorasan province). MSc Thesis in watershed management, Department of Range and Watershed, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (in Persian).
9. Montazeri, S. 2004. Calculating the hydrograph of Clark moment unit and parameters of hydrograph unit moment Geomorphologic GIUH using GIS. Thesis of MSc, Martyr Bahonar University of Kerman (in Persian).
10. Radmanesh, F. and J. Porhemat. 2006. Calibration and evaluation HEC-HMS model in Roodzard Basin. 7th international seminar of River engineering, Chamran, University of Ahvaz (in Persian).
11. Saghafian, B. and H. Farazjoo. 2007. Determination producing flood areas and prioritization flooding hydrologic units Golestan dam basin. *Iran Watershed management Science and engineering Journal*, 1(1): 85-96 (in Persian).
12. Saghafian, B., B. Ghermez Cheshmeh and H. Nozari. 2005. Spatial distributions of intensity of floods rise in hydrologic units (Roodzard basin case study). Fifth Conference of Hydraulics of Iran, Martyr Bahonar University of Kerman-Engineering Department (in Persian).
13. Saghafian, B., M. Khosroshahi. 2005. Unit response approach for priority determination of flood source areas. *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE*, 10(4): 270-277.
14. Scharffenberger, W.A. and M.J. Fleming. 2008. Hydrologic modeling system HEC-HMS user's manual. USACE, 1: 1-290.
15. Soleimani sardo, F., S. Soltani kopae and A. Salajegheh. 2012. Site selection of effective places on flood peak generation using hydrological model of HEC-HMS in Jiroft dam basin. *Journal of watershed Management Research*, 95: 32-44 (in Persian).

The study of effective hydrological units on flood peak discharge in Hamedan-Bahar basin

Hamed Nozari¹, Sahar Alsadat Razavian^{*2} and Seyed Moezaddin Nabavi Hamedani³

¹ Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Iran, ² MSc, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Iran, ³ MSc, Faculty of Agriculture, Sciences and Researches Unit, Islamic Azad University, Iran

Received: 23 November 2013

Accepted: 11 June 2014

Abstract

In order to reduce the losses caused by floods and economize flood control projects in an area, construction of appropriate structures and operating watershed practices in areas with high risk of flooding is essential. One of the approaches to identify high risk flooding regions is watershed simulation and evaluation of sub-watersheds participation in outlet discharge. In this research, hydrological units of Hamedan-Bahar basins were simulated using ArcGIS and HEC-HMS hydrological model. Then, flooding indexes were calculated and their changes in all sub-basins were mapped. Effective hydrological units on peak discharge were identified and prioritized for watershed management, by reviewing and comparing these indexes. Site selection of flooding indexes showed that Bahador Beyg and Qareh Aghaj sub-basins had the highest and the lowest effect on flood peak, respectively. Analyzing results demonstrated that sub-basins with large areas or with huge amount of runoff not necessarily cause more effect on flood peak. Performance of management practices and construction of suitable hydraulic structures in studied hydrological units efficiently reduce flood damages in Hamedan-Bahar basin.

Key words: ArcGIS, Flood control, Flooding index, HEC-HMS, Simulation.

* Corresponding author: irrigation_razavian@yahoo.com