

مکان یابی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS در حوزه سد جیرفت

• فرشاد سلیمانی ساردو (نویسنده مسئول)
عضو هیات علمی دانشگاه جیرفت دانشکده منابع طبیعی
• سعید سلطانی کوپایی
دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان دانشکده منابع طبیعی
• علی سلاجقه
استادیار دانشگاه تهران دانشکده منابع طبیعی کرج
تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۹۰
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۴۸۳۳۰۴
Email: fsolaimani@gmail.com

چکیده

امروزه سیل به عنوان یک عامل مخرب که سالانه خسارات زیادی به جوامع انسانی وارد می کند و تاثیر بسیار بدی بر زندگی انسان ها می گذارد، مطرح است. احداث سازه های مناسب در مکان هایی با پتانسیل سیل خیزی بالا می تواند خسارات ناشی از سیل را به طور محسوسی کاهش دهد. این مطالعه در حوزه سد جیرفت به منظور شناسایی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب صورت گرفته است. در این تحقیق از تکنیک های GIS و RS و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS و همچنین از دو شاخص $F\% \cdot f$ جهت آنالیز سیلخیزی استفاده شده است. نتایج حاصل از شاخص $F\%$ نشان می دهد زیر حوزه های K_p و سلطانی به ترتیب با مقادیر $16/12$ و $13/24$ در اولویت اول سیل خیزی قرار دارند. اما در روش آنالیز سیل خیزی شاخص f برای اولویت بندی، پارامتر مساحت حذف می گردد و به نوعی دبی ویژه محاسبه می شود و سیل خیزی زیر حوزه ها را بر این اساس بیان می کند. نتایج اولویت بندی با استفاده از این روش در حوزه سد جیرفت نشان داد زیر حوزه K_p با $0/76$ رتبه اول و زیر حوزه هنجان با $0/74$ در رتبه دوم سیل خیزی قرار دارند. همچنین نتایج نشان می دهد میزان سیل خیزی از پایین دست حوزه به سمت بالا دست افزایش پیدا می کند و سرشاخه ها در مقدار دبی خروجی نقش به سزایی ایفا می کنند. اجرای برنامه های مدیریتی و احداث سازه های هیدرولیکی مناسب در قسمت های بالادست حوزه می تواند خسارات ناشی از سیل را به طور محسوسی کاهش دهد.

کلمات کلیدی: سیل، مدل HEC-HMS، سیل خیزی، مناطق بالادست، زیر حوزه K_p ، حوزه سد جیرفت

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 95 pp: 32-44

Site selection of effective places on flood peak generation using hydrological model of HEC-HMS in Jiroft Dam basin

By: Farshad Solaimani Sardou, (Corresponding Author; Tel: +989132483304), Instructor of Natural Resources University of Jiroft, Saeid Soltani, Kopaei, Associate Professor of Natural Resources Faculty of Industrial University Isfahan, Ali Salajeghe, Associate Professor of Natural Resources Faculty of Tehran University.

Today, flood is considered as one of the destructive factors which devastates human communities adversely and remains bad effect on human life. Therefore establishment of appropriate structures in places with high potential of flooding can reduce flood damages. In this study, in order to identify of effective places on flood peak generation, we use RS&GIS techniques, hydrological model of HEC-HMS and two flooding indices (of F% and f) in Jiroft Dam basin. The results of F% index showed that K4 and soltani sub-basins are the first priority of flooding potential with values of 16.12 and 13.24 respectively. But in prioritizing of flood potential according to the f index that area factor of basins is eliminated and special discharge is considered, results showed that sub-basins of K6 and Hanjan are first places from flood generation point of view with values of 0.76 and 0.74 respectively. Results showed that the rate of flooding potential increases from downstream to upstream and upward streams play an important role in generation of outflow. On the whole, results show that performance of management programs and construction of hydraulic structures in upstream areas could reduce flood damages markedly in Jiroft Dam basin.

Keywords: Site selection, Flooding potential, HEC-HMS, Jiroft Dam basin

مقدمه

امروزه سیلاب‌ها یکی از مهمترین بلایای طبیعی هستند که جوامع بشری را تهدید می‌کنند و به اکوسیستم‌های طبیعی خسارات جبران ناپذیری را وارد می‌کنند. بررسی شمار وقوع سیل در سال‌های اخیر نشان می‌دهد، دیگر سیل نه یک مصیبت اتفاقی نادر، بلکه پدیده‌ای فزاینده است. بنابراین برای شناخت پدیده سیل، علل و عوامل مؤثر و راه‌های پیشگیری از آن باید مطالعات لازم در حوزه‌های مختلف صورت پذیرد. بنابراین برای مدیریت جامع یک حوزه، شناخت مناطقی که بر روی دبی اوج سیلاب تأثیر زیادی می‌گذارند الزامی به نظر می‌رسد. استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی و تخریب آن افزون بر اقلیم خشک و نیمه خشک حاکم بر کشور موجب گردیده تا سیلاب‌ها سال به سال چه از نظر تعداد دفعات و چه از نظر شدت خسارات افزایش چشمگیری داشته باشد. این امر کشور ایران را در رتبه هفتم سیل‌خیزی دنیا قرار داده است (Khosroushahi و Ghavami، ۱۹۹۹). به علت دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز احتمال سیل‌خیزی در مناطق گوناگون افزایش یافته است (Jalali، ۱۳۶۸). Rodel (۲۰۰۲) بیان می‌کند که در تحقیقات و پژوهش‌های مرتبط با سیل‌خیزی و تعیین مناطق سیل‌خیز در نقاط مختلف دنیا روش واحدی بکار گرفته نشده است. روش‌هایی که برای تعیین مناطق سیل‌خیز استفاده شده بیشتر بر پایه فرمول‌های تجربی، تحلیل آماری داده‌های سیلاب، استفاده از داده‌های سنجش از دور، GIS و مدل‌های ریاضی رایانه‌ای بارش - رواناب بوده و عمدتاً از دیدگاه تولید سیل در سطح حوزه‌ها به صورت یکپارچه مطرح شده است (Farazjou، Saghafian، ۱۳۶۸). Steel و Demayo (۱۹۹۶) بیان می‌کنند پیش‌بینی رواناب در مناطق فاقد آمار بسیار مشکل و زمان

بر است. بدین منظور مدل‌های تعریف شده که همگی نیازمند داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی هستند. (Bellal، Zeck و Sillen، ۱۹۹۶) و Miloradov و Marjanovic (۱۹۹۱) اظهار دارند که سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در ترکیب با مدل‌های بارش رواناب ابزاری ایده‌آل جهت برآورد حجم رواناب، دبی اوج و هیدروگراف می‌باشند. در بعضی از مطالعات صورت گرفته از میانگین ضریب تغییرات سری‌های سیلاب‌های حداکثر سالانه به عنوان شاخصی برای تعیین شرایط سیل‌خیزی هر منطقه یا هر کشور استفاده شده است (Jalali، ۱۳۶۸). شناسایی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌ها و پهنه‌بندی حوزه‌ها از نظر قابلیت تولید رواناب امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد برای این منظور تکنیک‌های GIS&RS ابزاری مفید و توانمند برای شناسایی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی پهنه‌بندی حوزه می‌باشند (Molaii، ۱۳۸۱). اطلاعات مورد نیاز جهت بررسی خصوصیات هیدرولوژیکی می‌تواند از داده‌های سنجش از دور به دست آید (Engman و Gurney، ۱۹۹۱). Foody (۲۰۰۴). یکی از پارامترهایی که به‌کار برار به عنوان یک متغیر مهم با استفاده از تکنیک سنجش از دور استخراج می‌شود پارامترهای مربوط به پوشش گیاهی است در نتیجه نقشه‌های پوشش گیاهی که از داده‌های سنجش از دور به دست می‌آید اغلب برای برآورد متغیرها در مدل‌های هیدرولوژیکی به کار می‌روند (Douglas، Bidin، Balamurugan، Chappell، Walsh Greer، Sinuh، ۱۹۹۹). Sharma، Singh (۱۹۹۲). Sinuh مدل‌های هیدرولوژیکی می‌توانند جهت پیش‌بینی واکنش‌های مکانی به واقعه‌های حدی از قبیل باران به کار روند.

مرکز مهندسی ارتش ایالات متحده (USACE) (۲۰۰۰) و سازمان کشاورزی ایالات متحده (USDA) (۱۹۸۶) بیان می‌کنند که مدل

۵۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی در جنوب شرقی ایران قرار دارد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه از شمال غرب به ارتفاعات بافت-ساردوئیه و لاله زار و از شرق به رشته کوه های جبالبارز تا خروجی آن که سد مخزنی هلیل رود جیرفت است، راه پیدا می کند.

ارتفاع متوسط این حوزه ۱۷۴۱/۲ متر می باشد. بالغ بر ۸۰ درصد آن را مناطق کوهستانی و حداکثر ارتفاع آن در نواحی کوهستانی شمال حوزه به ۳۷۵۴/۱ متر می رسد.

مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS

مدل بارش - رواناب HEC-HMS توسط مرکز هیدرولوژی ایالات متحده آمریکا جهت شبیه سازی جریان برای مناطق کوهستانی برنامه نویسی شده است این مدل از سه زیر مدل تشکیل شده است که عبارتند از ۱- مدل حوزه ۲- مدل اقلیمی ۳- شاخص های کنترل جهت محاسبه رواناب در زیر حوزه ها از روش SCS، انتقال رواناب از روش هیدروگراف SCS و از روش زمان تاخیر جهت روندیابی سیل در این مطالعه استفاده شد و همچنین از رگبار SCS جهت وارد کردن داده های هواشناسی به مدل استفاده گردید و داده های هیدرومتری ایستگاه کناروئیه که تنها ایستگاه مجهز به لیمنوگراف در منطقه بود با فواصل زمانی ۲ ساعته به مدل وارد شداند.

کالیبره کردن و صحت سنجی مدل HEC-HMS

جهت کالیبره کردن و صحت سنجی مدل از دو واقعه سیلابی ۱۳۷۱/۱۱/۱۰ و ۱۳۷۱/۱۲/۱۵ استفاده گردید. ۲- مکان یابی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب با استفاده از شاخص های سیل خیزی در این تحقیق زیر حوزه ها بر اساس شاخص های سیلخیزی f و F اولویت بندی شداند.

$$\%F = \frac{\Delta Q_p}{Q_p} * 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

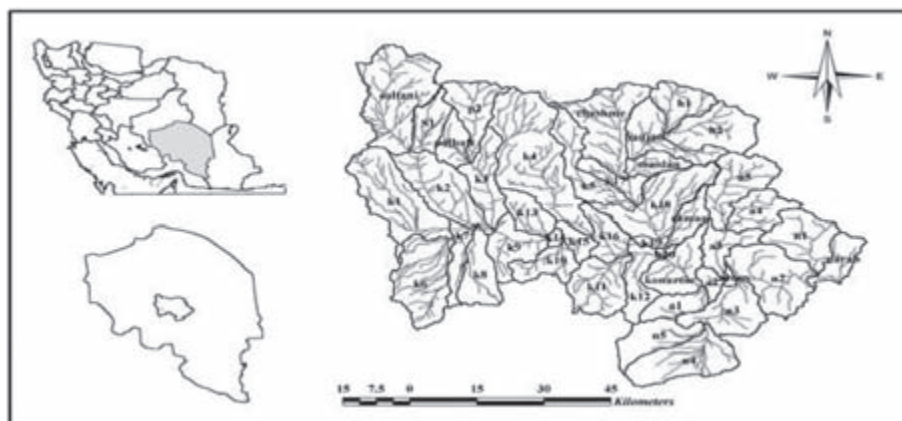
F : سهم مشارکت زیر حوزه ها در دبی خروجی کل حوزه به درصد

HEC برای برآورد و شبیه سازی واقعه بارش رواناب طراحی شده و در آن از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) روش شماره منحنی استفاده می شود. در همین ارتباط Radwan (۱۹۹۱) استفاده از مدل ۱-HEC به بررسی نقش اقدامات مختلف کنترل سیلاب شامل جنگل کاری، تراس بندی، سد های ذخیره ای، کنترلی و ترکیب آنها در منطقه Petra در اردن پرداخت. Ahrens و Maidment (۱۹۹۹) از طریق استخراج اطلاعات مربوط به بارندگی با استفاده از تصاویر رادار و تجزیه و تحلیل اطلاعات در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و استفاده از مدل هیدرو لوژیکی HEC-HMS، سیستمی برای پیش بینی سیل در حوزه آبریز بوفالو باگو در آمریکا طراحی کرداند که امکان مدیریت مخازن تاخیری احداث شده در این حوزه را فراهم نمود. Shaghaieghi (۱۳۸۰) سیستم مدل های هیدرولوژیکی HEC-HMS را برای شبیه سازی دبی حداکثر در شاخه های فرعی حوزه آبریز محمد آباد (گلستان) بکار برد و با استفاده از آمار بارندگی مقادیر رواناب حاصل را برآورد نمود و آن را با مقدار مشاهداتی واقعی مورد مقایسه قرار داد. Azari, Sadeghi Taloori (۱۳۸۴) مطالعه ای جهت پهنه بندی خطر سیلاب بر روی حوزه آبخیز جاعرق در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل های HEC-HMS و HEC-RAS انجام دادند و با استفاده از تلفیق این دو مدل نقشه پهنه بندی خطر سیلاب منطقه مورد مطالعه را تهیه کردند. هدف از این مطالعه مکان یابی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب در حوزه سد جیرفت می باشد به عبارتی در هنگام وقوع سیل در حوزه آبخیز تمام قسمت های مختلف حوزه تاثیر یکسانی در میزان دبی خروجی سیل ندارند. بعضی از مناطق به لحاظ شرایط خاص ادا فیزیکی، هیدرولوژیکی و بیولوژیکی تشدید کننده سیل هستند و دبی خروجی سیلاب در هنگام عبور از این مناطق به صورت چشم گیری افزایش پیدا می کند. شناسایی این مناطق در مدیریت حوزه آبخیز از اهمیت خاصی برخوردار است.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوزه سد جیرفت با مساحتی بالغ بر ۵۰۰ هزار هکتار در محدوده بین ۲۸ درجه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

هیچ بارشی ثبت نشده است، مقادیر شماره منحنی برای شرایط خشک (I) محاسبه گردید و به مدل وارد شد.

۲- زمان تأخیر

به منظور محاسبه زمان تأخیر در ابتدا بایستی زمان تمرکز حوزه محاسبه گردد. در این راستا از فرمول SCS جهت محاسبه زمان تمرکز هر یک از زیر حوزه‌ها استفاده گردید و با استفاده از رابطه ۴ زمان تمرکز به زمان تأخیر تبدیل گردید. برای تعیین زمان تمرکز می‌توان از هیئوگراف بارش و هیدروگراف رواناب مربوطه استفاده نمود. برای تعیین این پارامتر فرمول‌های تجربی زیادی نیز ارائه شده که در این مطالعه از روش SCS استفاده شده است.

$$T_C = \frac{L^{0.8} (S+1)^{0.7}}{1140W_S^{0.5}} \quad \text{فرمول SCS:} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن: T_C : زمان تمرکز بر حسب ساعت، L : طول آبراهه اصلی بر حسب فوت، S : حداکثر پتانسیل ذخیره حوزه بر حسب اینچ، W_S : شیب متوسط وزنی حوزه بر حسب درصد. سازمان حفاظت خاک آمریکا رابطه زیر را برای محاسبه زمان تأخیر حوزه پیشنهاد کرده است:

$$T_{lag} = 0.6T_C \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن T_{lag} زمان تمرکز و T_C زمان تأخیر می‌باشد.

۳- مقدار اولیه نفوذ (Ia)

به منظور برآورد مقدار اولیه نفوذ در هر یک از زیرحوزه‌های مطالعاتی، ۲۰ درصد نگهداشت حوزه (S) که با استفاده از شماره منحنی بدست آمده بود، به عنوان مقدار اولیه Ia به مدل معرفی گردید.

در ادامه با استفاده از مقادیر اولیه پارامترهای مورد نظر، مدل برای اولین بار اجرا گردید (RUN_1) و نتایج بدست آمده در ایستگاه کنارویبه مورد بررسی قرار گرفت و میزان اختلاف هیئوگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی محاسبه شد. این روند را تا زمانی که مقدار تابع خطا بین دو هیئوگراف مذکور به حداقل ممکن برسد بایستی ادامه پیدا کند. در این مطالعه در RUN_4 تابع خطا به حداقل ممکن رسید و هیئوگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در ایستگاه کنارویبه بیشترین تطابق را با هم نشان دادند. شکل ۶ موقعیت هیئوگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را

ΔQP : مقدار کاهش دبی خروجی در اثر حذف زیر حوزه مورد نظر بر حسب مترمکعب بر ثانیه

QP دبی خروجی کل حوزه بر حسب متر مکعب

ب- اولویت بندی با استفاده از شاخص سیلخیزی

$$f = \frac{\Delta Qp}{A}$$

رابطه (۲)

ΔQP : مقدار کاهش دبی خروجی در اثر حذف زیر حوزه مورد نظر

بر حسب مترمکعب بر ثانیه

A: مساحت هر زیر حوزه بر حسب کیلو متر مربع

نتایج

به منظور تهیه نقشه واحد‌های همگن هیدرولوژیکی از برنامه ArcHydro استفاده گردید تنها ورودی این برنامه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) می‌باشد که با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در محیط نرم افزار ArcView تهیه گردید و با استفاده از برنامه ArcHydro شبیه‌سازی آبراهه حوزه سد جیرفت ترسیم گردید و بر اساس شبکه آبراهه، واحدهای همگن هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه استخراج گردید (شکل ۳).

در ادامه با استفاده از نرم افزار HEC-HMS و نقشه شبکه آبراهه، حوزه مورد نظر جهت برآورد جریان، شبیه‌سازی شد که در شکل ۴ نشان داده شده است.

کالیبره کردن مدل جهت بدست آوردن دبی‌های اوج

بهینه‌سازی پارامترهای ورودی

پارامترهایی که جهت بهینه‌سازی استفاده شدند عبارتند از: ۱- شماره منحنی ۲- میزان جذب اولیه ۳- زمان تأخیر ۱- شماره منحنی زیرحوزه‌ها

از تلفیق نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی و کاربری اراضی در محیط برنامه Ilwis نقشه شماره منحنی حوزه تهیه شد و مقدار شماره منحنی هر واحد استخراج گردید که در جدول ۱ نشان داده شده است و به عنوان مقادیر اولیه وارد مدل گردیدند. با توجه به اینکه ۵ روز قبل از رگبار انتخاب شده



شکل ۳- نقشه زیرحوزه‌های همگن هیدرولوژیکی منطقه مطالعاتی



شکل ۴- طرح شماتیک المان های هیدرولوژیکی مربوط به زیرحوزه های هیدرولوژیکی

شاخص F را برای هر زیر حوزه نشان می دهد. با توجه به این جدول مقدار شاخص سیل خیزی در زیر حوزه K_4 دارای بیشترین مقدار بوده و رتبه اول سیل خیزی را به خود اختصاص می دهد. در ادامه با استفاده از نرم افزار های ArcGIS نقشه مربوط به پتانسیل سیل خیزی منطقه بر اساس شاخص F تهیه شد که در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

اولویت بندی زیر حوزه ها با استفاده از شاخص f

شاخص سیل خیزی f شاخصی است که پارامتر مساحت را حذف می کند و سیل خیزی را در واحد سطح بیان می کند. نتایج سیلخیزی با این شاخص نشان می دهد که زیر حوزه k_6 و هنجان دارای بالاترین پتانسیل سیلخیزی در منطقه هستند (جدول ۶). در ادامه با استفاده از نرم افزار های ArcGIS نقشه مربوط به پتانسیل سیلخیزی منطقه بر اساس شاخص f تهیه شد که در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد در بخش اجرایی کنترل سیلاب میزان کاهش سیل خروجی به ازای واحد سطح از اهمیت بالایی برخوردار است. زمانی که میزان تاثیر دبی زیر حوزه ها پس از حذف در دبی خروجی کل منطقه در نظر گرفته می شود نسبت تاثیر آنها به مساحت حوزه بستگی ندارد بلکه به عوامل موثر مثل موقعیت مکانی زیر حوزه بستگی دارد بنابراین لزوماً زیر حوزه ای که دارای مساحت بزرگتر و یا دبی بیشتری داشته باشد در سیل خروجی کل تاثیر بیشتری ندارد همچنین نتایج این تحقیق نشان می دهد که با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل های هیدرولوژیکی می توان تاثیر متقابل عوامل فیزیوگرافی و اقلیمی یک حوزه را بر پتانسیل سیل خیزی آن بررسی کرد. به عبارتی زمانی که یک واقعه سیل در منطقه رخ می دهد عوامل مختلفی بر روی شدت و حجم آن اثر می گذارند که این عوامل در شرایط و مناطق مختلف متفاوت بوده و به زمان و مکان بستگی دارند. در بررسی پتانسیل سیل خیزی در حوزه سد جیرفت مشخص گردید، مناطقی که در سر شاخه های هلیل رود قرار دارند دارای پتانسیل سیل خیزی بالایی هستند به عبارتی دیگر زمانی که یک واقعه سیل در

نسبت به هم در ایستگاه مذکور را نشان می دهد.

همانطور که در شکل ۶ نشان داده شد، هیدروگراف مشاهداتی و شبیه سازی شده برازش خوبی نسبت به هم دارند و با توجه به شکل ۷ تفاوت بین مقدار دبی اوج شبیه سازی شده و مشاهداتی بسیار کم می باشد. بنابراین مقادیر ورودی در این مرحله به عنوان مقادیر بهینه پارامترها انتخاب می گردند. جدول ۳ مقادیر بهینه شده پارامترها را نشان می دهد.

نتایج مدل HEC-HMS با استفاده از مقادیر بهینه شده

بعد از کالیبره کردن مدل و وارد کردن مقدار بهینه پارامترهای شماره منحنی، نفوذ اولیه و زمان تاخیر، مقادیر دبی اوج شبیه سازی شده در مدل HEC-HMS مربوط به هر زیرحوزه استخراج گردید. اطلاعات مربوط به دبی های اوج در جدول ۴ نشان داده شده است و هیدروگراف زیر حوزه های K_4 و K_{18} به عنوان نمونه آورده شده است (شکل ۸).

اعتبار یابی مدل HEC-HMS

به منظور اعتبار سنجی مدل HEC-HMS از اطلاعات سیلاب رخ داده در تاریخ ۷۱/۱۲/۱۵ استفاده شد. به این صورت که پارامترهای بهینه شده در مرحله قبل به مدل وارد گردید و در قسمت هواشناسی مدل اطلاعات مربوط به بارندگی در تاریخ ۷۱/۱۲/۱۵ به مدل وارد شد و سیلاب شبیه سازی شده با سیلاب مشاهده شده در تاریخ ۷۱/۱۲/۱۵ مقایسه شد. شکل ۹ وضعیت هیدروگراف شبیه سازی شده مربوط به اعتباریابی مدل در ایستگاه کناروئی را نشان می دهد. همانگونه که در شکل ۹ نشان داده شده است اختلاف این دو هیدروگراف از لحاظ مقدار تابع خطا قابل قبول بوده و بیانگر آن است که پارامترهای ورودی به درستی بهینه شده اند.

اولویت بندی زیرحوزه های همگن

اولویت بندی زیر حوزه ها با استفاده از شاخص سیل خیزی F

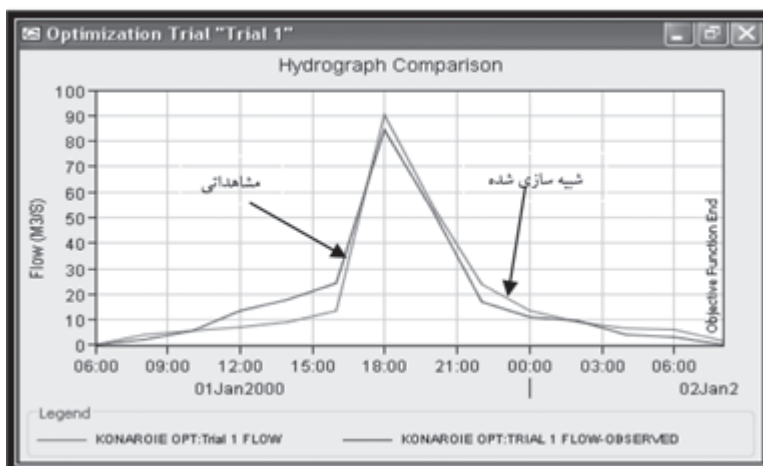
شاخص f یکی از شاخص هایی سیل خیزی است که پارامتر مساحت را در آنالیز سیلخیزی دخالت می دهد به عبارتی هر زیر حوزه ای که مساحت بیشتری داشته باشد پتانسیل سیل خیزی بالاتری هم دارد. جدول ۵ مقدار

جدول ۱- مقادیر شماره منحنی واحد های هیدرولوژیک منطقه

مساحت هرواحد (km ^۲)	AMC	CN	AMC	CN	زیر حوزه	ردیف
۷۸/۹	I	۸۱/۳۲	II	۹۱/۲	a۱	۱
۳۴/۴۱	I	۸۳/۴۳	II	۹۲/۳	a۲	۲
۹۳/۲	I	۸۹/۰۷	II	۹۵/۱	a۳	۳
۱۱۲/۴	I	۷۹/۳۴	II	۹۰/۱۴	a۴	۴
۱۷۵/۵	I	۸۱/۳۲	II	۹۱/۲	a۵	۵
۱۰/۴	I	۷۸/۱۷	II	۸۹/۵	aross	۶
۲۵۴/۹	I	۷۶/۱۹	II	۸۸/۴	cheshme	۷
۱۰۷/۷	I	۷۴/۷۹	II	۸۷/۶	H۱	۸
۱۸۱/۵	I	۷۵/۸۴	II	۸۸/۲	h۲	۹
۱۵۶/۱	I	۹۱/۶۲	II	۹۶/۳	hanjan	۱۰
۲۸۷/۷	I	۸۳/۸۲	II	۹۲/۵	k۱	۱۱
۹۴	I	۸۸/۰۴	II	۹۴/۶	k۱۰	۱۲
۱۶۷/۵	I	۸۱/۵۱	II	۹۱/۳	k۱۱	۱۳
۱۰۸	I	۷۹/۴۵	II	۹۰/۲	k۱۲	۱۴
۸۸/۹	I	۸۷/۲۱	II	۹۴/۲	k۱۳	۱۵
۱۲/۷	I	۸۵/۲۲	II	۹۳/۲۱	k۱۴	۱۶
۴۸/۶	I	۸۱/۵۱	II	۹۱/۳	k۱۵	۱۷
۹۱/۴	I	۷۷/۲۶	II	۸۹	k۱۶	۱۸
۶۷/۴	I	۷۹/۵	II	۹۰/۲۳	k۱۷	۱۹
۲۸۴/۴	I	۹۰/۱۲	II	۹۵/۶	k۱۸	۲۰
۱۹/۱	I	۸۷/۴۶	II	۹۴/۳۲	k۱۹	۲۱
۲۱۷/۲	I	۷۹/۴۷	II	۹۰/۲۱	k۲	۲۲
۸/۳	I	۷۷/۰۷	II	۸۹/۸۸	k۲۰	۲۳
۱۴۲/۵	I	۷۷/۶۸	II	۸۹/۲۳	k۳	۲۴
۴۴۶/۵	I	۸۱/۳۷	II	۹۱/۲۳	k۴	۲۵
۱۵۵/۴	I	۹۰/۰۴	II	۹۵/۵۶	k۵	۲۶
۲۴۴/۵	I	۹۴/۳۸	II	۹۷/۵۶	k۶	۲۷
۷۲/۳	I	۸۷/۲۸	II	۹۴/۲۳	k۷	۲۸
۱۲۸/۴	I	۸۹/۴۱	II	۹۵/۲۶	k۸	۲۹
۱۲۸/۳	I	۹۱/۷۳	II	۹۶/۳۵	k۹	۳۰
۱۴۶/۹	I	۸۳/۰۸	II	۹۲/۱۲	konaroi	۳۱
۶۷/۸	I	۸۹/۶۲	II	۹۵/۳۶	maidan	۳۲
۱۶۵/۵	I	۸۱/۳۲	II	۹۱/۲	n۱	۳۳
۲۴۲/۶	I	۷۹/۵	II	۹۰/۲۳	n۲	۳۴
۱۶۳/۲	I	۷۷/۶۸	II	۸۹/۲۳	n۳	۳۵
۲۳/۱	I	۷۳/۹۶	II	۸۷/۱۲	n۴	۳۶
۱۳/۲	I	۶۸/۹۹	II	۸۴/۱۲	n۵	۳۷
۸۰/۸	I	۷۳/۹۶	II	۸۷/۱۲	narab	۳۸
۹۵/۴	I	۷۳/۹۶	II	۸۷/۱۲	P۱	۳۹
۷۱/۷	I	۸۷/۳	II	۹۴/۲۴	Pol-baft	۴۰
۱۴۰/۱	I	۸۲/۲۱	II	۹۱/۶۷	raman	۴۱
۷۶/۹	I	۸۵/۴۳	II	۹۳/۲۳	S۱	۴۲
۳۳۸/۹	I	۸۴/۳	II	۹۲/۷۵	soltani	۴۳

جدول ۲- اطلاعات مربوط به زمان تاخیر و زمان تمرکز حوزه سد جیرفت

زمان تاخیر (min) t_1	زمان تمرکز (min) t_c	زیر حوزه	ردیف	زمان تاخیر (min) t_1	زمان تمرکز (min) t_c	زیر حوزه	ردیف
۱۶/۵	۲۷/۵	k۲۰	۲۳	۲۵/۲	۴۲	a۱	۱
۲۰/۳	۳۳/۸۳	k۳	۲۴	۲۳/۲۱	۳۵/۳۸	a۲	۲
۲۴/۶	۴۱	k۴	۲۵	۳۱/۲	۵۲	a۳	۳
۲۳/۵	۳۹/۱۷	k۵	۲۶	۲۱/۵	۳۵/۸۲	a۴	۴
۲۴/۶	۴۱	k۶	۲۷	۴۱/۲	۶۸/۶۷	a۵	۵
۲۸/۷	۴۷/۸۳	k۷	۲۸	۲۱/۳	۳۵/۵	aroos	۶
۲۶/۵	۴۴/۱۷	k۸	۲۹	۲۴/۵	۴۰/۸۲	cheshme	۷
۴۲/۸	۷۱/۳۳	k۹	۳۰	۲۵/۶	۴۲/۶۷	H۱	۸
۳۵/۶	۵۹/۳۳	konaroi	۳۱	۲۲/۳	۱۷/۳۷	h۲	۹
۴۱/۲	۶۸/۶۷	maidan	۳۲	۲۲/۱	۳۶/۸۲	hanjan	۱۰
۴۵/۳۲	۷۵/۵۳	n۱	۳۳	۲۴/۲	۴۰/۳۳	k۱	۱۱
۴۰/۲۱	۶۷/۰۲	n۲	۳۴	۳۸/۵	۶۴/۱۷	k۱۰	۱۲
۴۰/۳	۶۷/۱۷	n۳	۳۵	۲۸/۷	۴۷/۸۲	k۱۱	۱۳
۳۸/۴۵	۶۴/۰۸	n۴	۳۶	۲۱/۳	۳۵/۵	k۱۲	۱۴
۵۱/۲۳	۸۵/۳۸	n۵	۳۷	۱۶/۹	۲۸/۱۷	k۱۳	۱۵
۲۰/۱	۳۳/۵	narab	۳۸	۲۴/۳	۴۰/۵	k۱۴	۱۶
۴۲/۳۶	۷۰/۶	P۱	۳۹	۲۱/۳	۳۵/۵	k۱۵	۱۷
۳۱/۳	۵۲/۱۷	Pol-baft	۴۰	۲۰/۶	۳۴/۳۳	k۱۶	۱۸
۲۵/۶	۴۲/۶۷	raman	۴۱	۱۸/۷	۳۱/۱۷	k۱۷	۱۹
۲۴/۸	۴۱/۳۳	S۱	۴۲	۱۷/۳۶	۲۸/۹۳	k۱۸	۲۰
۲۷/۷۸	۴۶/۳	soltani	۴۳	۲۰/۵	۳۴/۱۷	k۱۹	۲۱
				۱۸/۷	۳۱/۱۷	k۲	۲۲



شکل ۶- هیدروگراف مشاهده ای و شبیه سازی شده در ایستگاه کناروئیه

Objective Function Results for Trial "Trial 1"				
Project: dam		Optimization Trial: Trial 1		
Start of Trial:	01Jan2000, 06:00	Basin Model:	dam-hall-rood	
End of Trial:	02Jan2000, 08:00	Meteorologic Model:	Met 1	
Compute Time:	11May2009, 00:53:50	Control Specifications:	Control 1	
Objective Function at Basin Element "konaroiie"				
Start of Function : 01Jan2000, 06:00		Type : Peak-Weighted RMS Error		
End of Function : 02Jan2000, 08:00		Value : 5.6		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3				
Measure	Simulated	Observed	Difference	Percent Difference
Volume (MM)	11.96	12.04	-0.08	-0.63
Peak Flow (M3/S)	90.6	84.3	6.3	7.5
Time of Peak	01Jan2000, 18:00	01Jan2000, 18:00		
Time of Center of Mass	01Jan2000, 19:16	01Jan2000, 18:31		

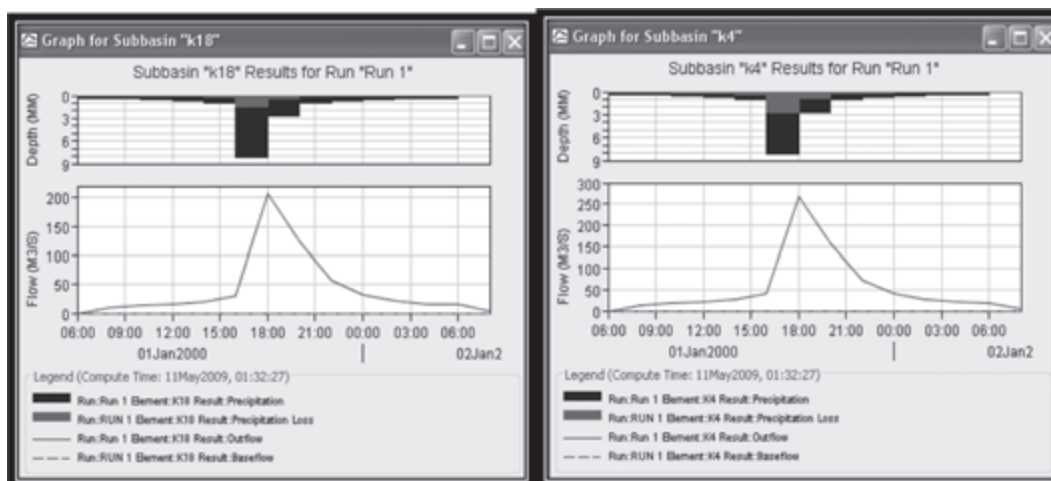
شکل ۷ - اطلاعات بدست آمده از واسنجی مدل HEC-HMS

جدول ۳ - مقادیر بهینه شده پارامترها با استفاده از مدل HEC-HMS

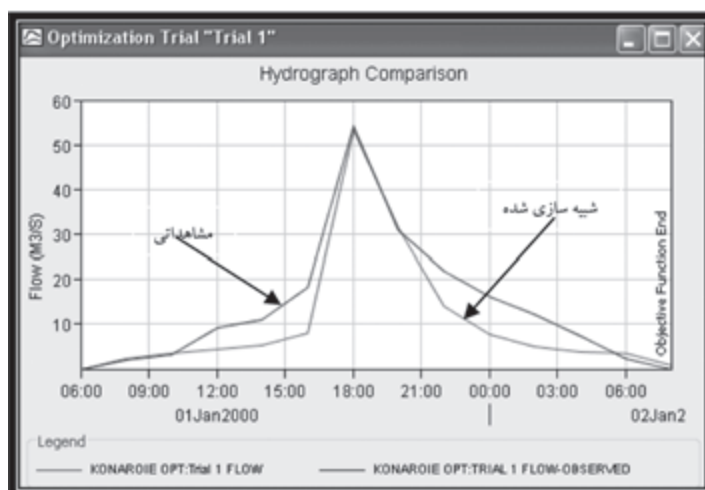
مقادیر بهینه شده			زیر حوزه	ردیف	مقادیر بهینه شده			زیر حوزه	ردیف
CN	tl	Ia			CN	tl	Ia		
۷۷	۱۸/۶	۱۵/۲	k۲۰	۲۳	۸۲/۱	۲۴/۱	۱۰/۱	a۱	۱
۷۷/۱	۲۱/۶	۱۴/۹	k۳	۲۴	۸۱/۳	۲۰/۳	۱۱/۱	a۲	۲
۷۸/۱	۲۱/۴	۱۰/۶	k۴	۲۵	۹۰/۱	۳۴/۴	۵/۱	a۳	۳
۹۱/۱	۲۲/۶	۴/۶۸	k۵	۲۶	۸۷/۱	۱۹/۸	۱۵/۱	a۴	۴
۹۴/۱	۲۳/۴	۳	k۶	۲۷	۸۲/۱	۳۸/۳	۱۰/۱	a۵	۵
۸۸/۱	۲۶/۷	۶	k۷	۲۸	۷۸	۲۲/۳	۱۵	aroos	۶
۹۰/۱	۲۴/۵	۵/۱	k۸	۲۹	۷۵/۲	۲۳/۱	۱۶/۲	cheshme	۷
۹۲/۱	۳۹/۸	۳/۸	k۹	۳۰	۷۳/۱	۲۱/۳	۱۹/۱	H۱	۸
۸۴/۱	۳۴/۲	۹/۳	konaroiie	۳۱	۷۵	۲۰/۴	۱۵/۳	h۲	۹
۹۰/۱	۴۰/۳	۵/۱	maidan	۳۲	۹۲	۲۰/۸	۴/۲	hanjan	۱۰
۸۲/۱	۴۴/۳	۱۰/۶۷	n۱	۳۳	۸۴/۱	۲۵/۶	۸/۷	k۱	۱۱
۷۸/۱	۳۹/۸	۱۴/۲	n۲	۳۴	۸۸	۳۴/۵	۶/۸	k۱۰	۱۲
۷۷/۲	۴۰/۱	۱۵/۱	n۳	۳۵	۹۳/۱	۲۶/۵	۳/۱	k۱۱	۱۳
۷۴/۱	۳۷/۶	۱۸/۱	n۴	۳۶	۷۸/۱	۱۹/۵	۱۴/۵	k۱۲	۱۴
۶۷/۸	۴۹/۳	۲۳/۱	n۵	۳۷	۸۸/۱	۱۶/۳	۶/۲۶	k۱۳	۱۵
۷۴/۴	۱۹/۷	۱۷/۴	narab	۳۸	۸۴/۳	۲۳/۵	۹/۲	k۱۴	۱۶
۷۳/۲	۴۰/۵	۱۸	P۱	۳۹	۸۲/۱	۲۱/۴	۱۰/۵	k۱۵	۱۷
۸۷/۱	۳۰/۲	۷/۵	Pol-baft	۴۰	۷۶/۵	۱۹/۹	۱۵/۱	k۱۶	۱۸
۸۳/۱	۲۴/۶	۹/۴	raman	۴۱	۷۸/۵	۱۹/۸	۱۴/۱	k۱۷	۱۹
۸۴/۲	۲۳/۲	۷/۶	S۱	۴۲	۹۱/۱	۱۸/۷	۶/۲	k۱۸	۲۰
۸۴/۵	۲۵/۶	۵/۹	soltani	۴۳	۸۸/۱	۲۰/۹	۶	k۱۹	۲۱
					۷۹/۲	۱۶/۸	۱۳/۱	k۲	۲۲

جدول ۴- مقادیر دبی اوج شبیه سازی زیرحوزه های مطالعاتی در مدل HEC-HMS

دبی اوج (s/m ²)	زیر حوزه	ردیف	دبی اوج (s/m ²)	زیر حوزه	ردیف
۴/۵	k۲۰	۲۳	۴۴/۶	a۱	۱
۷۳/۹	k۳	۲۴	۱۸/۸	a۲	۲
۲۶۶/۴	k۴	۲۵	۵۷/۴	a۳	۳
۱۰۴	k۵	۲۶	۵۳/۶	a۴	۴
۱۴۸/۸	k۶	۲۷	۹۴/۷	a۵	۵
۴۴/۹	k۷	۲۸	۴/۸	aross	۶
۸۲/۳	k۸	۲۹	۱۲۱/۸	cheshme	۷
۹۱/۴	k۹	۳۰	۴۹/۴	H۱	۸
۹۰/۷	konaroi	۳۱	۸۰/۳	h۲	۹
۴۸	maidan	۳۲	۱۱۵/۹	hanjan	۱۰
۱۰۲/۱	n۱	۳۳	۱۷۸/۳	k۱	۱۱
۱۳۹/۲	n۲	۳۴	۶۰/۳	k۱۰	۱۲
۹۲/۳	n۳	۳۵	۹۶	k۱۱	۱۳
۱۲/۲	n۴	۳۶	۵۴/۷	k۱۲	۱۴
۵/۱	n۵	۳۷	۴۹/۲	k۱۳	۱۵
۳۸/۶	narab	۳۸	۶/۹	k۱۴	۱۶
۴۵/۸	P۱	۳۹	۲۵/۸	k۱۵	۱۷
۴۸/۱	Pol-baft	۴۰	۴۱/۳	k۱۶	۱۸
۸۷/۹	raman	۴۱	۳۱	k۱۷	۱۹
۵۰/۶	S۱	۴۲	۲۰۶/۱	k۱۸	۲۰
۲۱۸/۹	soltani	۴۳	۱۲/۷	k۱۹	۲۱
-	-	-	۱۲۲/۹	k۲	۲۲



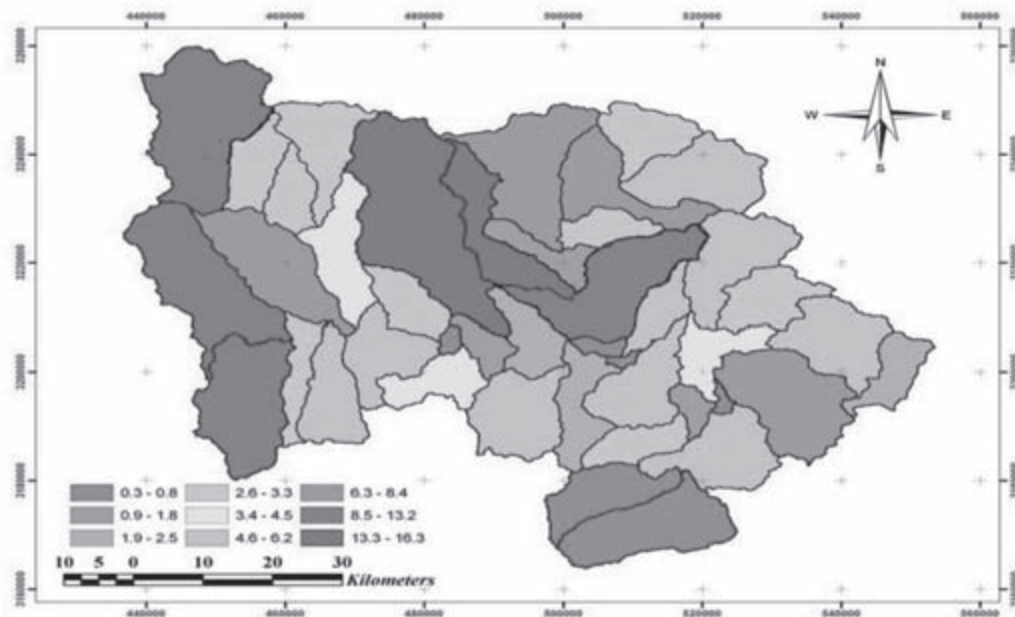
شکل ۸- هیدروگراف های شبیه سازی شده زیر حوزه های K۴ و K۱۸



شکل ۹- هیدروگراف جریان مربوط به اعتبار یابی مدل در ایستگاه کناروئیه

جدول ۵- مقادیر شاخص F برای واحد های هیدرولوژیک حوزه سد جیرفت

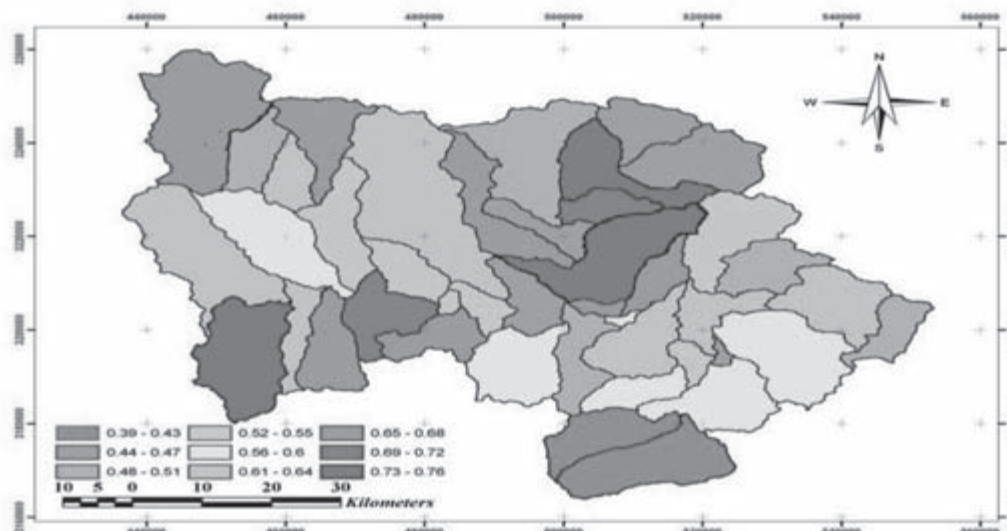
رتبه	%F	زیر حوزه	ردیف	رتبه	%F	زیر حوزه	ردیف
	۰/۲۷	k۲۰	۲۳		۲/۷	a۱	۱
	۴/۴۷	k۳	۲۴		۱/۱۴	a۲	۲
۱	۱۶/۱۲	k۴	۲۵		۳/۴۷	a۳	۳
	۶/۲۹	k۵	۲۶		۳/۲۴	a۴	۴
	۱۱/۱۸	k۶	۲۷		۵/۷۳	a۵	۵
	۲/۷۲	k۷	۲۸		۰/۲۹	عروس	۶
	۴/۹۸	k۸	۲۹		۷/۳۷	چشمه	۷
	۵/۵۳	k۹	۳۰		۲/۹۹	H۱	۸
	۵/۴۹	کنارویی	۳۱		۴/۸۶	h۲	۹
	۲/۹۰	میدان	۳۲		۷/۰۱	هنجان	۱۰
	۶/۱۸	n۱	۳۳		۱۰/۷۹	k۱	۱۱
	۸/۴۲	n۲	۳۴		۳/۶۵	k۱۰	۱۲
	۵/۵۸	n۳	۳۵		۵/۸۱	k۱۱	۱۳
	۰/۷۴	n۴	۳۶		۳/۳۱	k۱۲	۱۴
	۰/۳۱	n۵	۳۷		۲/۹۸	k۱۳	۱۵
	۲/۳۴	نراب	۳۸		۰/۴۲	k۱۴	۱۶
	۲/۷۷	P۱	۳۹		۱/۵۶	k۱۵	۱۷
	۲/۹۱	پل یافت	۴۰		۲/۵۰	k۱۶	۱۸
	۵/۳۲	رمان	۴۱		۱/۸۸	k۱۷	۱۹
	۳/۰۶	S۱	۴۲	۳	۱۲/۴۷	k۱۸	۲۰
۲	۱۳/۲۴	سلطانی	۴۳		۰/۷۷	k۱۹	۲۱
		-	-		۷/۴۳	k۲	۲۲



شکل ۱۰- نقشه اولویت بندی زیر حوزه ها با استفاده از شاخص F

جدول ۶- اطلاعات مربوط به شاخص سیلخیزی در حوزه سد جیرفت

رتبه	f	زیر حوزه	ردیف	رتبه	f	زیر حوزه	ردیف
	۰/۵۴	k۲۰	۲۳		۰/۵۷	a۱	۱
	۰/۵۲	k۳	۲۴		۰/۵۵	a۲	۲
	۰/۶۰	k۴	۲۵		۰/۶۲	a۳	۳
	۰/۶۷	k۵	۲۶		۰/۴۸	a۴	۴
۱	۰/۷۶	k۶	۲۷		۰/۵۴	a۵	۵
	۰/۶۳	k۷	۲۸		۰/۴۶	aroots	۶
	۰/۶۴	k۸	۲۹		۰/۴۸	cheshme	۷
	۰/۷۱	k۹	۳۰		۰/۴۶	H۱	۸
	۰/۶۲	konaroi	۳۱		۰/۴۴	h۲	۹
	۰/۷۱	maidan	۳۲	۲	۰/۷۴	hanjan	۱۰
	۰/۶۲	n۱	۳۳		۰/۶۲	k۱	۱۱
	۰/۵۷	n۲	۳۴		۰/۶۴	k۱۰	۱۲
	۰/۵۷	n۳	۳۵		۰/۵۷	k۱۱	۱۳
	۰/۵۳	n۴	۳۶		۰/۵۱	k۱۲	۱۴
	۰/۳۹	n۵	۳۷		۰/۵۵	k۱۳	۱۵
	۰/۴۸	narab	۳۸		۰/۵۴	k۱۴	۱۶
	۰/۴۸	P۱	۳۹		۰/۵۳	k۱۵	۱۷
	۰/۶۷	Polbaft	۴۰		۰/۴۵	k۱۶	۱۸
	۰/۶۳	Raman	۴۱		۰/۴۶	k۱۷	۱۹
	۰/۶۶	S۱	۴۲	۳	۰/۷۲	k۱۸	۲۰
	۰/۶۵	soltani	۴۳		۰/۶۶	k۱۹	۲۱
		-	-		۰/۵۷	k۲	۲۲



شکل ۱۱- نقشه اولویت بندی حوزه سد جیرفت با استفاده از شاخص سیل خیزی

Sadeghi (۱۳۸۸) جهت مکان یابی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب از مدل HEC-HMS استفاده کردند و بعد از واسنجی مدل با استفاده از پارامترهای شماره منحنی، زمان تاخیر و نگهداشت اولیه و بدست آوردن مقادیر دبی اوج میزان مشارکت زیر حوزه ها را در دبی خروجی حوزه با استفاده از حذف متوالی و یک به یک زیر حوزه ها بدست آوردند. نتایج نشان داد که میزان سیل خیزی از قسمت های پایین دست به سمت بالادست حوزه افزایش پیدا می کند در نتیجه مناطق مورد نظر را جهت اجرای برنامه های مدیریتی و پروژه های آبخیزداری شناسایی کردند.

پاورقی ها

- 1- United States Army Corps of Engineers
- 2- United States Army Corps of Engineers (United States Department of Agriculture)

منابع مورد استفاده

- 1- Azari, M., Sadeghi, H., Telvari, A., (2005) "Integrating HEC-HMS & HEC-RAS models for flood simulation in Jaghrq basin", *Journal of Range and Desert*: 53, pp. 42-54.
- 2-Bellal M. Sillen X. Zeck Y. (1996) Coupling GIS with a distributed hydrological model for studying the effect of various urban planning options on rainfall-runoff relationship in urbanised basins, in Kovar, K. Nachtnebel, H.P. (eds.) *Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management: International Association of Hydrological Sciences Series of Proceedings and Reports 235*: 99-106.
- 3- Demayo A. Steel A. (1996) *A Guide to the Use of Biota*

محدوده مورد مطالعه رخ می دهد سرشاخه ها نقش به سزایی در تولید آن ایفا می کنند. دربررسی پتانسیل سیل خیزی با استفاده از شاخص F پارامتر مساحت نقش به سزایی ایفا می کند و واحدی که دارای بیشترین مساحت باشد نتیجتاً دارای بیشترین دبی اوج بوده و رتبه اول سیل خیزی را به خود اختصاص می دهد در صورتی که مساحت در پتانسیل سیل خیزی یک منطقه تاثیر کمی دارد شاید مکان هایی وجود داشته باشند که بسیاری از شرایط سیل خیزی را دارا باشند ولی در این روش نقش آنها در بالا بردن دبی سیلاب نادیده گرفته شود. در حوزه مورد مطالعه با استفاده از شاخص F زیر حوزه های K_p و سلطانی که دارای بیشترین مساحت بودند بالاترین دبی اوج را هم در فرایند شبیه سازی بارش- رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS به خود اختصاص داده و در اولویت اول سیل خیزی قرار گرفتند هر چند این مسئله نمی تواند مبین میزان پتانسیل سیل خیزی این دو منطقه باشد. در استفاده از روش برای اولویت بندی پارامتر مساحت حذف می گردد و به نوعی دبی ویژه را محاسبه می کند و پتانسیل سیل خیزی زیر حوزه ها را بررسی می نماید. نتایج اولویت بندی با استفاده از این روش در حوزه سد جیرفت نشان داد که زیر حوزه K_p رتبه اول و زیر حوزه هنجان در رتبه دوم قرار دارد. با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص های مربوطه زیر حوزه های K_p و K_p و سلطانی و هنجان دارای بالاترین پتانسیل سیل خیزی در منطقه می باشند و باید در برنامه های مدیریتی و اجرای پروژه های آبخیزداری در اولویت قرار گیرند. در تایید مطالب گفته شده Ghazanfarpour, Dehdashti, Amiri و Sadaii (۱۳۸۸) جهت اولویت بندی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب در حوزه سمیرم از مدل HEC-HMS استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که زیر حوزه S در منطقه دارای بالاترین پتانسیل سیل خیزی بوده و باید پروژه های آبخیزداری را در این منطقه متمرکز نمود و همچنین زیر حوزه S۱۱۱ منطقه دارای کمترین دبی اوج بوده است و اجرای طرح های آبخیزداری در این منطقه اشتباه به نظر می رسد. Izanlou, Moradi و

