



انتخاب شاخص سیل خیزی مناسب با استفاده از مدل بارش-رواناب HEC-HMS و تکنیک‌های GIS و RS (مطالعه موردی: حوزه سد جیرفت)

فرشاد سلیمانی ساردو^۱، سعید سلطانی کوپایی^۲ و علی سلاجقه^۳

۱- مربی، دانشگاه جیرفت، (نویسنده مسوول: fsolaimani@ujiroft.ac.ir)

۲- دانشیار، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۲

چکیده

بررسی پتانسیل سیل خیزی حوزه‌های آبخیز به منظور مکان‌یابی پروژه‌های آبخیزداری از اهمیت قابل توجهی برخوردار است به طوری که برای شناسایی مکان‌هایی با پتانسیل سیل خیزی بالا از شاخص‌های متفاوتی استفاده می‌شود. از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در این ارتباط شاخص‌های f و $F\%$ می‌باشند که بر اساس دبی‌های اوج استخراج شده از مدل‌های ریاضی کار می‌کنند. هدف از این مطالعه انتخاب مناسب‌ترین شاخص سیل خیزی در حوزه سد جیرفت به منظور مکان‌یابی مناطق حساس به تولید سیل می‌باشد. در این راستا از مدل بارش-رواناب HEC-HMS و تکنیک‌های GIS و RS استفاده شد و نتایج نشان داد که مقادیر استخراج شده با استفاده از شاخص f با مقادیر شماره منحنی ضریب همبستگی $0/813$ دارند. به طوری که با تغییر شماره منحنی مقدار شاخص هم به صورت خطی تغییر می‌کند. در نتیجه این شاخص به عنوان مناسب‌ترین شاخص سیل خیزی منطقه انتخاب گردید و نقشه اولویت بندی مناطق موثر در دبی اوج سیل در محیط GIS ترسیم شد.

واژه‌های کلیدی: سیل خیزی، مدل HEC-HMS، شاخص‌های f و $F\%$ ، تکنیک‌های GIS و RS، حوزه سد جیرفت

مقدمه

سیل خیزی دنیا قرار داده است (۷). هم چنین به علت دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز احتمال سیل خیزی در مناطق گوناگون افزایش یافته است (۶). رودل (۱۲) بیان می‌کند که در تحقیقات و پژوهش‌های مرتبط با سیل خیزی و تعیین مناطق سیل خیز در

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

(SCS) روش شماره منحنی استفاده می‌شود. همچنین در بعضی از مطالعات صورت گرفته از میانگین ضریب تغییرات سری‌های سیلاب‌های حداکثر سالانه به عنوان شاخصی برای تعیین شرایط سیل خیزی هر منطقه یا هر کشور استفاده شده است (۶). پور رضا شهری (۱۱) بیان می‌کند با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی و نرم افزار ArcView از طریق الحاقیه HEC-GeoHMS می‌توان به آنالیز سیل خیزی و پهنه‌بندی سیلاب پرداخت.

شناسایی عوامل موثر بر پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌ها و پهنه‌بندی حوزه‌ها از نظر قابلیت تولید رواناب امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد. برای این منظور تکنیک‌های RS و GIS ابزاری مفید و توانمند برای شناسایی عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی پهنه‌بندی حوزه می‌باشند (۹). اسلام و سادو (۵) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و کاربرد GIS نقشه خطر سیل را برای کشور بنگلادش تهیه کردند. در آنالیز سیل‌خیزی حوزه آبخیز گاو در استان کردستان از سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان پایگاه داده‌ها و از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست استفاده شد (۱۰). هدف از این مطالعه انتخاب مناسب‌ترین شاخص سیل‌خیزی در حوزه سد جیرفت می‌باشد و با توجه به شاخص انتخاب شده نقشه اولویت‌بندی مناطق حساس به تولید سیل در منطقه مورد مطالعه استخراج شده است.

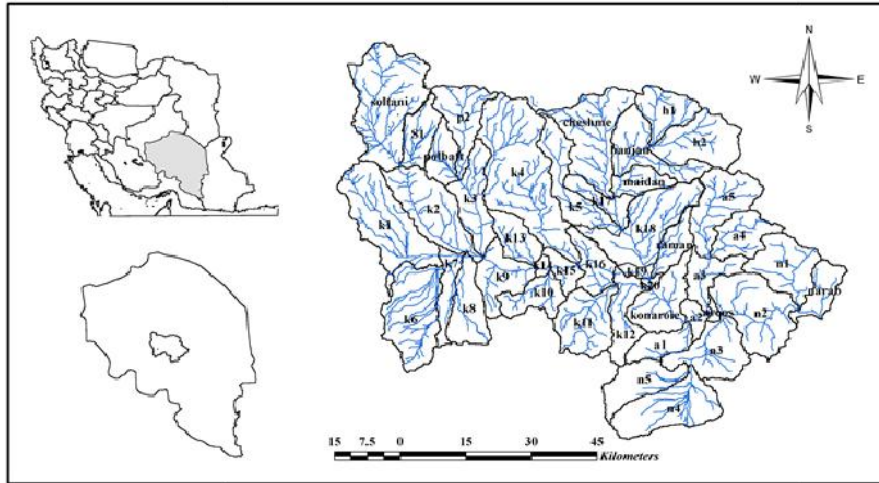
نقاط مختلف دنیا روش واحدی به کار گرفته نشده است. توسعه مناطق شهری نیز اثرات معنی‌داری بر رواناب سطحی آبخیزهای کوچک دارد و وجود اراضی شهری در اطراف رودخانه اصلی دارای اثرات ویژه‌ای بر افزایش سیل‌خیزی می‌باشد (۴). به طور کلی افزایش مناطق شهری باعث افزایش حجم رواناب، دبی اوج سیل و کاهش زمان تأخیر حوزه می‌گردد (۲). روش‌هایی که برای تعیین مناطق سیل‌خیز استفاده شده بیشتر بر پایه روابط 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 (۱۳). دمایو و استیل (۳) بیان می‌کنند پیش‌بینی رواناب در مناطق فاقد آمار بسیار مشکل و زمان‌بر است. بدین منظور مدل‌هایی تعریف شده که همگی نیازمند داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی هستند. بلال و همکاران (۱) و میلورادف و مارجانویچ (۸) اظهار داشتند که سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ترکیب با مدل‌های بارش رواناب مناسب ابزاری ایده‌ال جهت برآورد حجم رواناب، دبی اوج و هیدروگراف می‌باشند. مرکز مهندسی ارتش ایالات متحده و سازمان کشاورزی ایالات متحده مدل HEC را برای برآورد و شبیه سازی واقعه بارش- رواناب طراحی نموده و در آن از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی در جنوب شرقی ایران قرار دارد. (شکل ۱).

حوزه سد جیرفت با مساحتی بالغ بر ۵۰۰ هزار هکتار در محدوده بین ۲۸ درجه تا ۲۹



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه سد جیرفت

روش تحقیق

یکی از مهم‌ترین پارامترهای ورودی به مدل HEC-HMS شماره منحنی واحدهای هیدرولوژیک می‌باشد. بدین منظور ابتدا نقشه بافت خاک منطقه در محیط نرم افزار ArcView تهیه گردید و با استفاده از جدول مربوطه نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی حوزه استخراج گردید. در ادامه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور نقشه گروه‌های کاربری اراضی منطقه تهیه و از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی در محیط نرم افزار ILWIS نقشه شماره منحنی منطقه مورد مطالعه استخراج گردید.

داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده

تصاویر مورد استفاده جهت استخراج نقشه کاربری اراضی در منطقه مطالعاتی مربوط به سنجنده ETM+ در سال ۲۰۰۷ از ماهواره لندست ۷ می‌باشد.

الف- پردازش اطلاعات ماهواره‌ای

اطلاعات ماهواره‌ای در حالت اولیه به دلیل داشتن اعوجاجات هندسی و اتمسفری نیاز به تصحیحات دارند که این تصحیحات بایستی بر روی کلیه باندها اعمال گردد. بدین منظور تصحیح هندسی، تصحیح اثر توپوگرافی و تصحیح اتمسفریک صورت پذیرفت.

ب- بارزسازی و پردازش تصاویر

در این مطالعه، جهت افزایش تفاوت بین درجات روشنایی پیکسل‌ها به منظور بالا بردن تباین عوارض برای تشخیص بهتر آنها، از روش‌های مختلف بارزسازی و پردازش‌های مختلف، استفاده گردید. جهت افزایش کنتراست تصاویر از روش‌های کشش خطی و غیرخطی استفاده شد. آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) به عنوان یک روش متراکم‌سازی جهت تغییر بهتر اطلاعات ماهواره‌ای به کار برده شد. همچنین برای فشرده سازی داده‌ها از روش Tassed cup استفاده گردید.

از شاخص‌های نسبتی مهم که در این مطالعه جهت تشخیص انواع مختلف پوشش‌های گیاهی به کار برده شد، شاخص NDVI است. ادغام باندهای مختلف با باند پانکروماتیک (فیوژن) در این مطالعه برای افزایش دقت باندهای چند طیفی در تصاویر استفاده شده و بهره‌گیری از اطلاعات باند PAN در سایر باندها، از عمل فیوژن استفاده گردید. در این پروسه قدرت تفکیک مکانی باندها از ۳۰ متر به ۱۵ متر تبدیل و اطلاعاتی معادل ۴ برابر باندهای چند طیفی + ETM به دست آمد.

ج- طبقه‌بندی نظارت شده

در این مطالعه برای طبقه بندی عوارض و پدیده‌های مختلف موجود در منطقه از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده گردید. پس از انجام پردازش و تصحیحات مختلف و همچنین بارزسازی تصاویر ماهواره‌ای جهت

طبقه بندی و جداسازی عوارض مختلف، از منطقه مورد مطالعه جهت تعیین نواحی تعلیمی دقیق بازدید به عمل آمد. پس از انتخاب این نقاط روی FCC های حاصل از آنالیزهای مختلف، فایل Signature کلاس‌های مختلف به تعداد مناسب تهیه گردید و نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه شد.

استخراج واحدهای هیدرولوژیک

در این مطالعه از برنامه‌های ArcHydro و HEC-GeoHMS به منظور ترسیم شبکه هیدروگرافی، استخراج واحدهای هیدرولوژیک و محاسبه زمان تمرکز استفاده شده است.

شاخص‌های سیل خیزی

در این مطالعه واحدهای هیدرولوژیک منطقه بر اساس شاخص‌های سیل خیزی $F\%$ و f اولویت‌بندی شده اند.

الف- اولویت‌بندی با استفاده از شاخص $F\%$

$$\% F = \frac{\Delta Qp}{Qp} \times 100 \quad (1)$$

F : سهم مشارکت زیرحوزه‌ها در دبی خروجی کل حوزه به درصد

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

ب- اولویت‌بندی با استفاده از شاخص سیل خیزی f

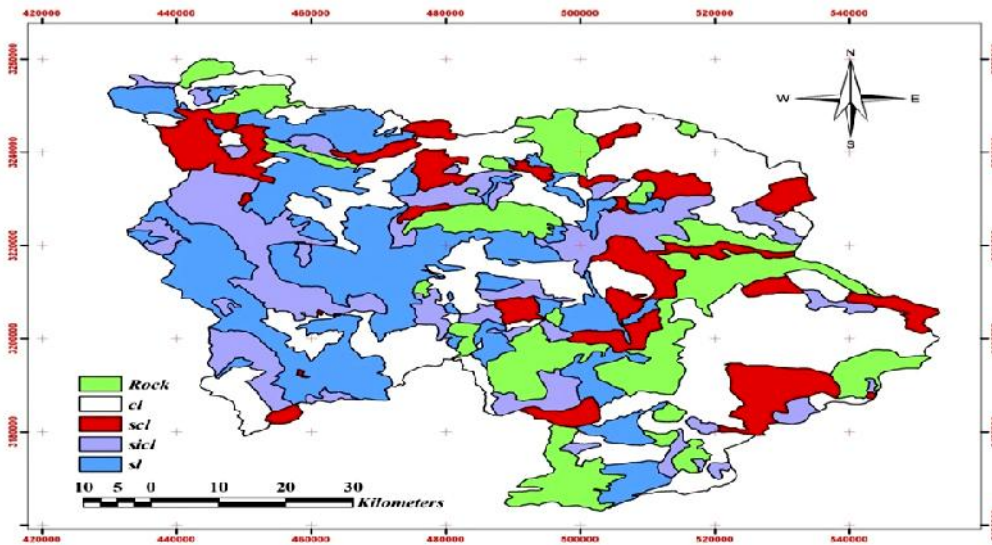
$$f = \frac{\Delta Qp}{A} \quad (2)$$

Arcview نقشه رقومی بافت خاک منطقه تهیه و کلاس‌های بافتی منطقه استخراج شد و در ادامه با استفاده از جدول نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی تهیه گردید که در اشکال ۲ و ۳ نشان داده شده است.

ΔQp : مقدار کاهش دبی خروجی در اثر حذف زیرحوزه مورد نظر بر حسب مترمکعب بر ثانیه
 ΔQp
 A: مساحت هر زیرحوزه بر حسب کیلومتر مربع

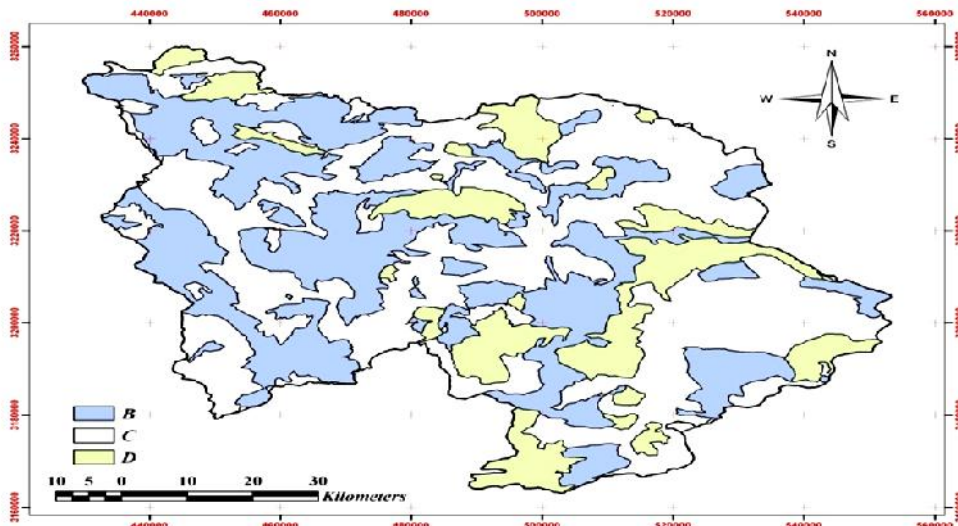
نتایج و بحث

با توجه به نقشه پایه‌ای و نرم افزار



شکل ۲- نقشه بافت خاک حوزه سد جیرفت

(Rock=صخره ای، cl=لومی رسی، scl=لومی رسی شنی، siel=لومی رسی سیلتی، sl=لومی شنی)

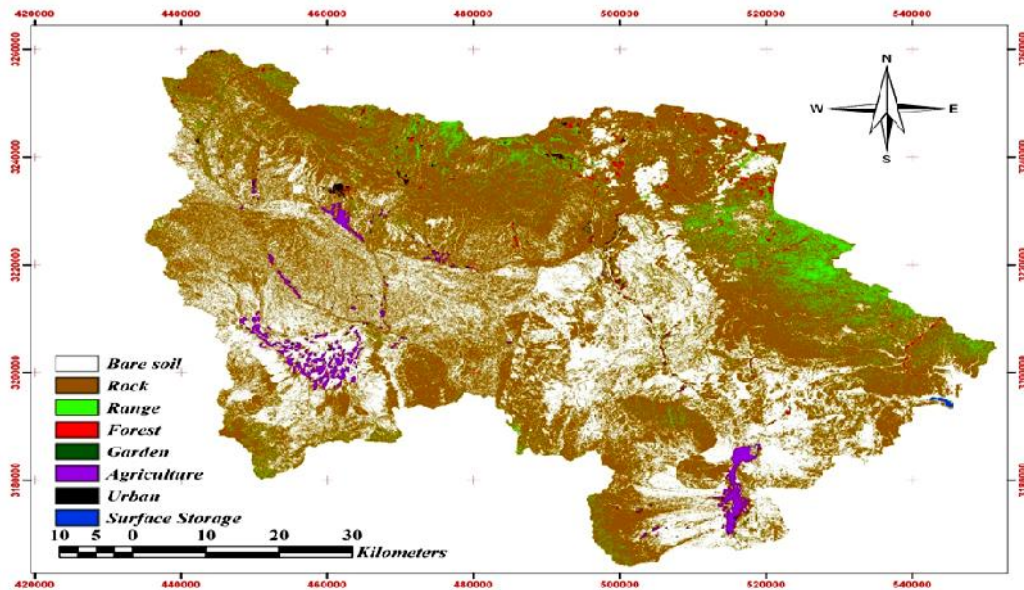


شکل ۳- نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه سد جیرفت

(B=گروه هیدرولوژیکی خاک با شدت نفوذپذیری ۱/۵-۲ اینچ، C=گروه هیدرولوژیکی خاک با شدت نفوذپذیری ۱/۵-۰/۵، D=گروه هیدرولوژیکی خاک با شدت نفوذپذیری کمتر از ۰/۵)

نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه گردید که در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که قسمت اعظم منطقه را رخنمون سنگی، که توان تولید سیل بالایی دارد، تشکیل می‌دهد.

با توجه به نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی قسمت اعظم منطقه را گروه‌های B و C تشکیل می‌دهند. در گام بعدی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور



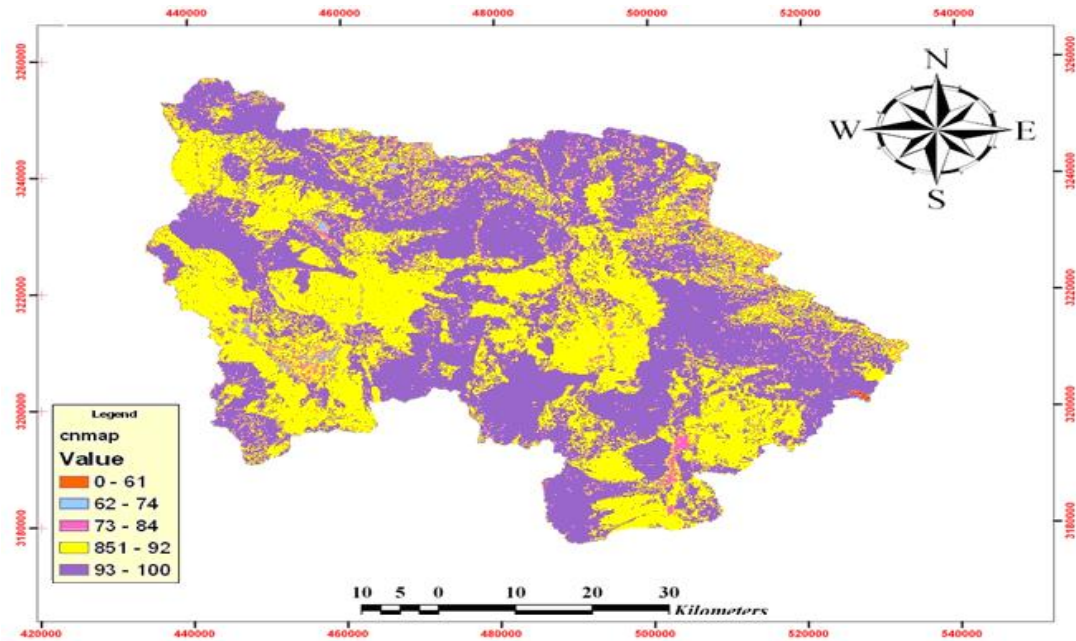
شکل ۴- نقشه کاربری های مختلف اراضی حوزه سد جیرفت

انتخاب شده هیچ بارشی ثبت نشده است، مقادیر شماره منحنی برای شرایط خشک (I) محاسبه گردید و به مدل وارد شد و در جدول ۲ نشان داده شده است.

در ادامه، از تلفیق نقشه‌های گروه‌های هیدرولوژیکی و کاربری اراضی، نقشه شماره منحنی حوزه ترسیم شد (جدول ۱ و شکل ۵). در مرحله بعد CN هر واحد محاسبه گردید و با توجه به این که پنج روز قبل از رگبار

جدول ۱- وضعیت رطوبت پیشین خاک

فصل خواب	فصل رشد	گروه رطوبتی
کمتر از ۱۳ میلی‌متر	کمتر از ۳۶ میلی‌متر	I
۱۳-۲۸ میلی‌متر	۳۶-۵۳ میلی‌متر	II
بیش از ۲۸ میلی‌متر	بیش از ۵۳ میلی‌متر	III



شکل ۵ - نقشه شماره منحنی حوزه سد جیرفت

در این مطالعه از روش SCS در زیر استفاده شد.

$$T_C = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1140W_S^{0.5}} \quad (3)$$

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

$$T_{lag} = 0.6T_C \quad (4)$$

T_C : زمان تمرکز و T_{lag} : زمان تأخیر می باشد.

زمان تاخیر به عنوان یکی از پارامترهای ورودی با استفاده از نرم افزار HEC-GeoHMS محاسبه گردید و به مدل وارد شد که مقادیر زمان تاخیر برای هر واحد در جدول ۳ نشان داده شده است. به منظور محاسبه زمان تاخیر در ابتدا باید زمان تمرکز حوزه محاسبه گردد. در این راستا از فرمول SCS جهت محاسبه زمان تمرکز هر یک از زیر حوزه ها استفاده گردید و با استفاده از رابطه ۵ زمان تمرکز به زمان تاخیر تبدیل گردید. برای تعیین زمان تمرکز می توان از هیتوگراف بارش و هیدروگراف رواناب مربوطه استفاده نمود. برای تعیین این پارامتر فرمول های تجربی زیادی نیز ارائه شده که

جدول ۲- مقادیر شماره منحنی واحدهای هیدرولوژیک حوزه سد جیرفت

مساحت هر واحد (km ²)	AMC	CN	AMC	CN	زیر حوزه	ردیف
۷۸/۹۰	I	۸۱/۳۲	II	۹۱/۲۰	a ₁	۱
۳۴/۴۰	I	۸۳/۴۳	II	۹۲/۳۰	a ₂	۲
۹۳/۲۰	I	۸۹/۰۷	II	۹۵/۱۰	a ₃	۳
۱۱۲/۴۰	I	۷۹/۳۴	II	۹۰/۱۴	a ₄	۴
۱۷۵/۵۰	I	۸۱/۳۲	II	۹۱/۲۰	a ₅	۵
۱۰/۴۰	I	۷۸/۱۷	II	۸۹/۵۰	aroots	۶
۲۵۴/۹۰	I	۷۶/۱۹	II	۸۸/۴۰	cheshme	۷
۱۰۷/۷۰	I	۷۴/۷۹	II	۸۷/۶۰	H ₁	۸
۱۸۱/۵۰	I	۷۵/۸۴	II	۸۸/۲۰	h ₂	۹
۱۵۶/۱۰	I	۹۱/۶۲	II	۹۶/۳۰	hanjan	۱۰
۲۸۷/۷۰	I	۸۳/۸۲	II	۹۲/۵۰	k ₁	۱۱
۹۴/۰۰	I	۸۸/۰۴	II	۹۴/۶۰	k ₁₀	۱۲
۱۶۷/۵۰	I	۸۱/۵۱	II	۹۱/۳۰	k ₁₁	۱۳
۱۰۸/۰۰	I	۷۹/۴۵	II	۹۰/۲۰	k ₁₂	۱۴
۸۸/۹۰	I	۸۷/۲۱	II	۹۴/۲۰	k ₁₃	۱۵
۱۲/۷۰	I	۸۵/۲۲	II	۹۳/۲۱	k ₁₄	۱۶
۴۸/۶۰	I	۸۱/۵۱	II	۹۱/۳۰	k ₁₅	۱۷
۹۱/۴۰	I	۷۷/۲۶	II	۸۹/۰۰	k ₁₆	۱۸
۶۷/۴۰	I	۷۹/۵	II	۹۰/۲۳	k ₁₇	۱۹
۲۸۴/۴۰	I	۹۰/۱۲	II	۹۵/۶۰	k ₁₈	۲۰
۱۹/۱۰	I	۸۷/۴۶	II	۹۴/۳۲	k ₁₉	۲۱
۲۱۷/۲۰	I	۷۹/۴۷	II	۹۰/۲۱	k ₂	۲۲
۸/۳۰	I	۷۷/۰۷	II	۸۹/۸۸	k ₂₀	۲۳
۱۴۲/۵۰	I	۷۷/۶۸	II	۸۹/۲۳	k ₃	۲۴
۴۴۶/۵۰	I	۸۱/۳۷	II	۹۱/۲۳	k ₄	۲۵
۱۵۵/۴۰	I	۹۰/۰۴	II	۹۵/۵۶	k ₅	۲۶
۲۴۴/۵۰	I	۹۴/۳۸	II	۹۷/۵۶	k ₆	۲۷
۷۲/۳۰	I	۸۷/۲۸	II	۹۴/۲۳	k ₇	۲۸
۱۲۸/۴۰	I	۸۹/۴۱	II	۹۵/۲۶	k ₈	۲۹
۱۲۸/۳۰	I	۹۱/۷۳	II	۹۶/۳۵	k ₉	۳۰
۱۴۶/۹۰	I	۸۳/۰۸	II	۹۲/۱۲	konaroi	۳۱
۶۷/۸۰	I	۸۹/۶۲	II	۹۵/۳۶	maidan	۳۲
۱۶۵/۵۰	I	۸۱/۳۲	II	۹۱/۲۰	n ₁	۳۳
۲۴۲/۶۰	I	۷۹/۵	II	۹۰/۲۳	n ₂	۳۴
۱۶۳/۲۰	I	۷۷/۶۸	II	۸۹/۲۳	n ₃	۳۵
۲۳/۱۰	I	۷۳/۹۶	II	۸۷/۱۲	n ₄	۳۶
۱۳/۲۰	I	۶۸/۹۹	II	۸۴/۱۲	n ₅	۳۷
۸۰/۸۰	I	۷۳/۹۶	II	۸۷/۱۲	narab	۳۸
۹۵/۴۰	I	۷۳/۹۶	II	۸۷/۱۲	P ₁	۳۹
۷۱/۷۰	I	۸۷/۳۰	II	۹۴/۲۴	Pol-baft	۴۰
۱۴۰/۱۰	I	۸۲/۲۱	II	۹۱/۶۷	raman	۴۱
۷۶/۹۰	I	۸۵/۴۳	II	۹۳/۲۳	S ₁	۴۲
۳۳۸/۹۰	I	۸۴/۳۰	II	۹۲/۷۵	soltani	۴۳

جدول ۳- اطلاعات مربوط به مقادیر زمان تمرکز و زمان تاخیر حوزه سد جیرفت

ردیف	زیر حوزه	زمان تمرکز (t_c) min	زمان تاخیر (t_i) min	ردیف	زیر حوزه	زمان تمرکز (t_c) min	زمان تاخیر (t_i) min
۱	a ₁	۴۲/۰۰	۲۵/۲۰	۲۳	k ₂₀	۲۷/۵۰	۱۶/۵۰
۲	a ₂	۳۵/۳۸	۲۳/۲۰	۲۴	k ₃	۳۳/۸۳	۲۰/۳۰
۳	a ₃	۵۲/۰۰	۳۱/۲۰	۲۵	k ₄	۴۱/۰۰	۲۴/۶۰
۴	a ₄	۳۵/۸۳	۲۱/۵۰	۲۶	k ₅	۳۹/۱۷	۲۳/۵۰
۵	a ₅	۶۸/۶۷	۴۱/۲۰	۲۷	k ₆	۴۱/۰۰	۲۴/۶۰
۶	aroes	۳۵/۵۰	۲۱/۳۰	۲۸	k ₇	۴۷/۸۳	۲۸/۷۰
۷	cheshme	۴۰/۸۳	۲۴/۵۰	۲۹	k ₈	۴۴/۱۷	۲۶/۵۰
۸	H ₁	۴۲/۶۷	۲۵/۶۰	۳۰	k ₉	۷۱/۳۳	۴۲/۸۰
۹	h ₂	۱۷/۳۷	۲۲/۳۰	۳۱	konarobie	۵۹/۳۳	۳۵/۶۰
۱۰	hanjan	۳۶/۸۳	۲۲/۱۰	۳۲	maidan	۶۸/۶۷	۴۱/۲۰
۱۱	k ₁	۴۰/۳۳	۲۴/۲۰	۳۳	n ₁	۷۵/۵۳	۴۵/۳۰
۱۲	k ₁₀	۶۴/۱۷	۳۸/۵۰	۳۴	n ₂	۶۷/۰۲	۴۰/۲۰
۱۳	k ₁₁	۴۷/۸۳	۲۸/۷۰	۳۵	n ₃	۶۷/۱۷	۴۰/۳۰
۱۴	k ₁₂	۳۵/۵۰	۲۱/۳۰	۳۶	n ₄	۶۴/۰۸	۳۸/۴۰
۱۵	k ₁₃	۲۸/۱۷	۱۶/۹۰	۳۷	n ₅	۸۵/۳۸	۵۱/۲۰
۱۶	k ₁₄	۴۰/۵۰	۲۴/۳۰	۳۸	narab	۳۳/۵۰	۲۰/۱۰
۱۷	k ₁₅	۳۵/۵۰	۲۱/۳۰	۳۹	P ₁	۷۰/۶۰	۴۲/۳۰
۱۸	k ₁₆	۳۴/۳۳	۲۰/۶۰	۴۰	Pol-baft	۵۲/۱۷	۳۱/۳۰
۱۹	k ₁₇	۳۱/۱۷	۱۸/۷۰	۴۱	raman	۴۲/۶۷	۲۵/۶۰
۲۰	k ₁₈	۲۸/۹۳	۱۷/۳۶۰	۴۲	S ₁	۴۱/۳۳	۲۴/۸۰
۲۱	k ₁₉	۳۴/۱۷	۲۰/۵۰	۴۳	soltani	۴۶/۳۰	۲۷/۷۰
۲۲	k ₂	۳۱/۱۷	۱۸/۷۰				

این دو نمودار بیشترین تطابق را داشتند در نتیجه مقادیر شماره منحنی، زمان تاخیر و کاهش اولیه در این هنگام تصحیح شده و به عنوان پارامترهای بهینه مدل جهت شبیه‌سازی جریان استخراج شد و در جدول ۴ نشان داده شده‌اند.

در ادامه با استفاده از هیدروگراف سیلاب مشاهداتی و سیلاب شبیه‌سازی شده توسط مدل HEC-HMS مقادیر بهینه شده پارامترهای ورودی، برآورد گردید به طوری که تابع خطا میان هیدروگراف‌های سیل شبیه‌سازی شده و مشاهداتی به کمترین مقدار رسید.

جدول ۴- مقادیر بهینه شده پارامترها با استفاده از مدل HEC-HMS

مقادیر بهینه شده			زیر حوزه	ردیف	مقادیر بهینه شده			زیر حوزه	ردیف
CN	t_1	I_a			CN	t_1	I_a		
۷۷/۰	۱۸/۶	۱۵/۲	k ₂₀	۲۳	۸۲/۱	۲۴/۱	۱۰/۱	a ₁	۱
۷۷/۱	۲۱/۶	۱۴/۹	k ₃	۲۴	۸۱/۳	۲۰/۳	۱۱/۱	a ₂	۲
۷۸/۱	۲۱/۴	۱۰/۶	k ₄	۲۵	۹۰/۱	۳۴/۴	۵/۱	a ₃	۳
۹۱/۱	۲۲/۶	۴/۶	k ₅	۲۶	۸۷/۱	۱۹/۸	۱۵/۱	a ₄	۴
۹۴/۱	۲۳/۴	۳/۰	k ₆	۲۷	۸۲/۱	۳۸/۳	۱۰/۱	a ₅	۵
۸۸/۱	۲۶/۷	۶/۰	k ₇	۲۸	۷۸/۰	۲۲/۳	۱۵	aroos	۶
۹۰/۱	۲۴/۵	۵/۱	k ₈	۲۹	۷۵/۲	۲۳/۱	۱۶/۲	cheshme	۷
۹۲/۱	۳۹/۸	۳/۸	k ₉	۳۰	۷۳/۱	۲۱/۳	۱۹/۱	H ₁	۸
۸۴/۱	۳۴/۲	۹/۳	konaroi	۳۱	۷۵/۰	۲۰/۴	۱۵/۳	h ₂	۹
۹۰/۱	۴۰/۳	۵/۱	maidan	۳۲	۹۲/۰	۲۰/۸	۴/۲	hanjan	۱۰
۸۲/۱	۴۴/۳	۱۰/۶	n ₁	۳۳	۸۴/۱	۲۵/۶	۸/۷	k ₁	۱۱
۷۸/۱	۳۹/۸	۱۴/۲	n ₂	۳۴	۸۸/۰	۳۴/۵	۶/۸	k ₁₀	۱۲
۷۷/۲	۴۰/۱	۱۵/۱	n ₃	۳۵	۹۳/۱	۲۶/۵	۳/۱	k ₁₁	۱۳
۷۴/۱	۳۷/۶	۱۸/۱	n ₄	۳۶	۷۸/۱	۱۹/۵	۱۴/۵	k ₁₂	۱۴
۶۷/۸	۴۹/۳	۲۳/۱	n ₅	۳۷	۸۸/۱	۱۶/۳	۶/۲	k ₁₃	۱۵
۷۴/۴	۱۹/۷	۱۷/۴	narab	۳۸	۸۴/۳	۲۳/۵	۹/۲	k ₁₄	۱۶
۷۳/۲	۴۰/۵	۱۸	P ₁	۳۹	۸۲/۱	۲۱/۴	۱۰/۵	k ₁₅	۱۷
۸۷/۱	۳۰/۲	۷/۵	Pol-baft	۴۰	۷۶/۵	۱۹/۹	۱۵/۱	k ₁₆	۱۸
۸۳/۱	۲۴/۶	۹/۴	raman	۴۱	۷۸/۵	۱۹/۸	۱۴/۱	k ₁₇	۱۹
۸۴/۲	۲۳/۲	۷/۶	S ₁	۴۲	۹۱/۱	۱۸/۷	۶/۲	k ₁₈	۲۰
۸۴/۵	۲۵/۶	۵/۹	soltani	۴۳	۸۸/۱	۲۰/۹	۶/۰	k ₁₉	۲۱
					۷۹/۲	۱۶/۸	۱۳/۱	k ₂	۲۲

زمان تأخیر، مقادیر دبی اوج شبیه سازی شده در مدل HEC-HMS مربوط به هر زیر حوزه استخراج گردید. اطلاعات مربوط به دبی‌های اوج در جدول ۵ نشان داده شده است.

نتایج مدل HEC-HMS با استفاده از مقادیر بهینه شده بعد از واسنجی مدل و وارد کردن مقدار بهینه پارامترهای شماره منحنی، نفوذ اولیه و

جدول ۵- مقادیر دبی اوج شبیه سازی زیرحوزه‌های مطالعاتی در مدل HEC-HMS

ردیف	زیر حوزه	دبی اوج (m ³ /s)	ردیف	زیر حوزه	دبی اوج (m ³ /s)
۱	a ₁	۴۴/۶	۲۳	k ₂₀	۴/۵
۲	a ₂	۱۸/۸	۲۴	k ₃	۷۳/۹
۳	a ₃	۵۷/۴	۲۵	k ₄	۲۶۶/۴
۴	a ₄	۵۳/۶	۲۶	k ₅	۱۰۴/۰
۵	a ₅	۹۴/۷	۲۷	k ₆	۱۴۸/۸
۶	aross	۴/۸	۲۸	k ₇	۴۴/۹
۷	cheshme	۱۲۱/۸	۲۹	k ₈	۸۲/۳
۸	H ₁	۴۹/۴	۳۰	k ₉	۹۱/۴
۹	h ₂	۸۰/۳	۳۱	konaroi	۹۰/۷
۱۰	hanjan	۱۱۵/۹	۳۲	maidan	۴۸/۰
۱۱	k ₁	۱۷۸/۳	۳۳	n ₁	۱۰۲/۱
۱۲	k ₁₀	۶۰/۳	۳۴	n ₂	۱۳۹/۲
۱۳	k ₁₁	۹۶/۰	۳۵	n ₃	۹۲/۳
۱۴	k ₁₂	۵۴/۷	۳۶	n ₄	۱۲/۲
۱۵	k ₁₃	۴۹/۲	۳۷	n ₅	۵/۱
۱۶	k ₁₄	۶/۹	۳۸	narab	۳۸/۶
۱۷	k ₁₅	۲۵/۸	۳۹	P ₁	۴۵/۸
۱۸	k ₁₆	۴۱/۳	۴۰	Pol-baft	۴۸/۱
۱۹	k ₁₇	۳۱/۰	۴۱	raman	۸۷/۹
۲۰	k ₁₈	۲۰۶/۱	۴۲	S ₁	۵۰/۶
۲۱	k ₁₉	۱۲/۷	۴۳	soltani	۲۱۸/۹
۲۲	k ₂	۱۲۲/۹	-	-	-

اولویت بندی زیرحوزه‌های همگن

اولویت بندی زیر حوزه‌ها با استفاده از

شاخص‌های سیل خیزی F و f شاخص F یکی از شاخص‌های

سیل خیزی است که پارامتر مساحت را در

آنالیز سیل خیزی دخالت می‌دهد به عبارتی هر

زیر حوزه‌ای که مساحت بیشتری داشته باشد

پتانسیل سیل خیزی بالاتری هم دارد. اما

شاخص سیل خیزی پارامتر مساحت را حذف

می‌کند و سیل خیزی را در واحد سطح بیان

می‌کند. نتایج سیل خیزی با این شاخص نشان

می‌دهد که زیر حوزه k_6 و هنجان دارای

بالاترین پتانسیل سیل خیزی در منطقه

هستند. اطلاعات مربوط به شاخص‌های مذکور

در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶- مقادیر شاخص F برای واحدهای هیدرولوژیک حوزه سد جیرفت

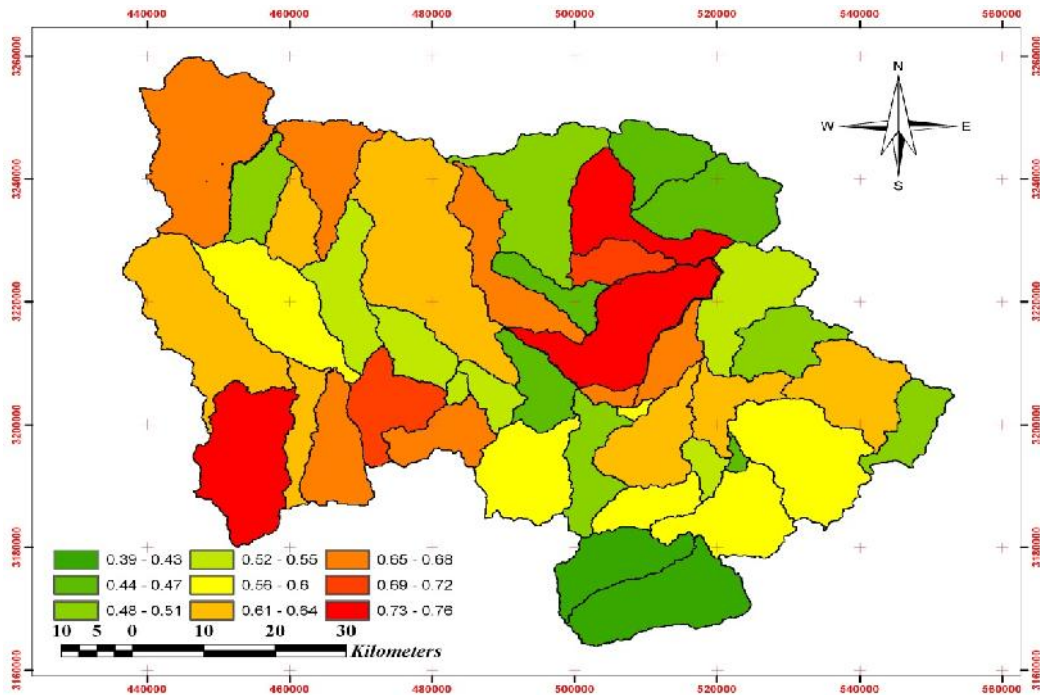
<i>f</i>	F%	زیر حوزه	ردیف	<i>f</i>	F%	زیر حوزه	ردیف
۰/۵۴	۰/۲۷	k ₂₀	۲۳	۰/۵۷	۲/۷۰	a ₁	۱
۰/۵۲	۴/۴۷	k ₃	۲۴	۰/۵۵	۱/۱۴	a ₂	۲
۰/۶۰	۱۶/۱۲	k ₄	۲۵	۰/۶۲	۳/۴۷	a ₃	۳
۰/۶۷	۶/۲۹	k ₅	۲۶	۰/۴۸	۳/۲۴	a ₄	۴
۰/۷۶	۱۱/۱۸	k ₆	۲۷	۰/۵۴	۵/۷۳	a ₅	۵
۰/۶۳	۲/۷۲	k ₇	۲۸	۰/۴۶	۰/۲۹	aroes	۶
۰/۶۴	۴/۹۸	k ₈	۲۹	۰/۴۸	۷/۳۷	cheshme	۷
۰/۷۱	۵/۵۳	k ₉	۳۰	۰/۴۶	۲/۹۹	H ₁	۸
۰/۶۲	۵/۴۹	konaroe	۳۱	۰/۴۴	۴/۸۶	h ₂	۹
۰/۷۱	۲/۹۰	maidan	۳۲	۰/۷۴	۷/۰۱	hanjan	۱۰
۰/۶۲	۶/۱۸	n ₁	۳۳	۰/۶۲	۱۰/۷۹	k ₁	۱۱
۰/۵۷	۸/۴۲	n ₂	۳۴	۰/۶۴	۳/۶۵	k ₁₀	۱۲
۰/۵۷	۵/۵۸	n ₃	۳۵	۰/۵۷	۵/۸۱	k ₁₁	۱۳
۰/۵۳	۰/۷۴	n ₄	۳۶	۰/۵۱	۳/۳۱	k ₁₂	۱۴
۰/۳۹	۰/۳۱	n ₅	۳۷	۰/۵۵	۲/۹۸	k ₁₃	۱۵
۰/۴۸	۲/۳۴	narab	۳۸	۰/۵۴	۰/۴۲	k ₁₄	۱۶
۰/۴۸	۲/۷۷	P ₁	۳۹	۰/۵۳	۱/۵۶	k ₁₅	۱۷
۰/۶۷	۲/۹۱	Polbaft	۴۰	۰/۴۵	۲/۵۰	k ₁₆	۱۸
۰/۶۳	۵/۳۲	Raman	۴۱	۰/۴۶	۱/۸۸	k ₁₇	۱۹
۰/۶۶	۳/۰۶	S ₁	۴۲	۰/۷۲	۱۲/۴۷	k ₁₈	۲۰
۰/۶۵	۱۳/۲۴	soltani	۴۳	۰/۶۶	۰/۷۷	k ₁₉	۲۱
		-	-	۰/۵۷	۷/۴۳	k ₂	۲۲

اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها با استفاده از شاخص *f*

در ادامه با استفاده از رابطه رگرسیونی میان مقادیر شماره منحنی و شاخص‌های F و f مشخص گردید که شاخص f هر واحد هیدرولوژیک همبستگی بسیار بالایی با مقدار شماره منحنی آن واحد دارد و از تابع زیر پیروی می‌کند و در نهایت نقشه سیل‌خیزی منطقه با استفاده از شاخص مورد نظر ترسیم شد.

مقدار ضریب همبستگی به دست آمده با درجه آزادی ۴۲ با جدول مقادیر بحرانی ضریب همبستگی در آزمون مقایسه گردید. نتایج نشان داد که رابطه بین شماره منحنی و شاخص سیل‌خیزی در سطح ۱٪ معنی‌دار است. ضمناً مقدار بحرانی ضریب همبستگی در درجه آزادی فوق از جدول، ۰/۲۵۱ استخراج گردیده است (شکل ۶).

$$f = 0.0109CN - 0.32 \quad (5)$$



۶- نقشه اولویت‌بندی حوزه سد جیرفت با استفاده از شاخص سیل خیزی f

ادامه با استفاده از شاخص f میزان سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک منطقه مشخص گردید که نتایج نشان داد میزان سیل‌خیزی به سمت بالادست سد افزایش می‌یابد. به عبارتی از سد به سمت بالادست مقدار سیل‌خیزی افزایش یافته و باید پروژه‌های آبخیزداری و کنترل سیلاب را در این مناطق متمرکز نمود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که زیر حوزه‌های K_6 ، K_{18} و هنجان نقش بسیار بالایی در تولید سیل منطقه دارند دلیل این امر در زیر حوزه هنجان، فشار بیش از اندازه دام و چرای مفرط در این مراتع بوده که باعث تخریب و سیر قهقرایی در پوشش گیاهی آن منطقه شده است. اما در مناطق دیگر به علت عارضه رخنمون سنگی و بالا بودن قدرت تولید سیل

با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که شاخص f جهت اولویت‌بندی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب مناسب بوده و نتایج حاصل از آن از صحت بیشتری برخوردار هستند اما شاخص F به علت دخالت دادن پارامتر مساحت در برآورد پتانسیل سیل‌خیزی نتایج غیر واقعی ارائه می‌دهد. همان‌طور که ذکر شده است از پارامتر شماره منحنی جهت نمایش این اختلاف استفاده گردید. مشخص است هر منطقه‌ای که توان تولید سیل بالاتری داشته باشد حتماً دارای شماره منحنی بالایی است و افزایش تولید سیل با شماره منحنی رابطه مستقیم دارد و بعد از رگرسیون‌گیری میان مقادیر دو شاخص و شماره منحنی مشخص گردید که مقادیر شاخص f با شماره منحنی ضریب همبستگی $0/813$ دارند و در

فوق را تایید کرده و نشان دادند که با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیکی می‌توان اثر متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی را بر پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار داد و همچنین بیان داشتند لزوماً زیرحوزه‌ای که مساحت بزرگتر و یا دبی اوج بیشتری داشته باشد در سیل خروجی کل حوزه تاثیر بیشتری ندارد بلکه اثر متقابل موقعیت مکانی زیرحوزه‌ها و نقش روندیابی رودخانه نیز می‌تواند نقش مهمی داشته باشد (۱۳).

در این کاربری مقدار شاخص سیل افزایش یافته است. لذا احداث سدهای تاخیری در این مناطق پیشنهاد می‌گردد. اما در مناطقی که دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی هستند و قسمت اعظم آنها را خاک لخت تشکیل می‌دهد، احداث سدهای رسوب‌گیر مفید می‌باشد. همچنین باید مناطقی مانند زیر حوزه هنجان در برنامه‌های مدیریت مراتع جزء مناطق حفاظت شده قرار گیرند تا با احیای پوشش گیاهی، خسارات ناشی از سیل در آنها کاهش یابد. در همین راستا نتایج حاصل از مطالعه سیل‌خیزی حوزه آبخیز گلستان نتایج

منابع

1. Bellal, M., X. Sillen and Y. Zeck. 1996. Coupling GIS with a distributed hydrological model for studying the effect of various urban planning options on rainfall-runoff relationship in urbanized basins, In: Kovar, K. and H.P. Nachtnebel, (eds.). Application of geographic Information Systems in hydrology and water resources management; 99-106 pp. International Association of Hydrological Sciences, Series of Proceedings and Reports.
2. Daftari, B. 2004. Housing the enjaved people from accident and other happening and management of camps. Red Crescent of reaseawchand education Alcester. pp. 12 pp. (In Persian)
3. Demayo, A. and A. Steel. 1996. Data handling and presentation. In hapman, D. (ed), Water quality assessments, a Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring: London, United Nations educational, Scientific c and Cultural Organization, 511-612 pp. World Health organization, United nations Environment Programmed.
4. Hjelmtelt, A. 1999. Modeling hydrologic and water quality responses to grass waterway. Journal of Hydrologic Engineering, 4(3): 251-256.
5. Islam, M. and K. Sado. 2000. Development of flood hazard maps Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS. Hydrological Sciences Journal, 45(3): 337-355.
6. Jalali, H. 1989. Inspecting Iran's flood. First Iran's hydrology conference force, 37-102 pp. Electricity Ministry Publication. (In Persian)
7. Khosroshahi, M. and Sh. Ghavami. 1998. Range and forests society of Iran. Third publication, 108 pp. (In Persian)

8. Miloradov, M. and P. Marjanovic. 1991. Geographic information system in environmentally sound river basin development, 3rd Rhine-Danube Workshop, Proceedings, 7-8 October: Delft, the Netherlands.
9. Mollaie, A. 2002. Determination of curve number for estimating of rang of volume by GIS. 6th International River Engineering Conference, Ahvaz 1139-1144 pp. (In Persian)
10. Nosrati, A. 2000. Zoning of flooding capability in Gaveh rood catchment by remote sensing and GIS. MSc Thesis Tarbiat Modares University, 80 pp. (In Persian)
11. Pour Reza Shahri, M. 2007. Trending of flooding capability in Gaveh rood catchment by GIS. Some part of Ghareh Agahaj River in Fars Providence project. GIS conference, Tehran. (In Persian)
12. Rodel, R. 2002. Stability and variability of global runoff as a reaction to climatic and anthropogenic control mechanisms. Third International Conference on Water Resources and Environment Research, Dresden University of Technology, 264-268 pp.
13. Saghafian, B. and H. Farazjou. 2007. Determination of place causing flood and respecting the floating of hydrologic units of Golestan Dam catchment. Journal of Iran Watershed Management, 1: 1-11 pp. (In Persian)

Selection of Appropriate Flooding Potential Index by Using Rainfall-Runoff (HEC-HMS) Model and RS & GIS Techniques in Jiroft Dam Basin

Farshad Solaimani Sarood¹, Saeid Soltani Kopaii² and Ali Salajeghe³

1- Instructor, University of Jiroft

(Corresponding author: fsolaimani@ujiroft.ac.ir)

2- Associate Professor, Isfahan University of Technology

3- Associate Professor, University of Tehran

Received: October 25, 2011

Accepted: July 2, 2012

Abstract

Investigation of flooding potential of watershed basins is has considerable importance for identifying of site selection of watershed projects. For this purpose many different indices are used. Two of the most important and applicable indices are F and f indices which are based on derived peak flow from mathematical models. The objective of this study is selection of appropriate index of flooding potential for identifying of site selection of sensitive area to flood production in Jiroft dam basin. In this regard, we used rainfall-runoff (HEC-HMS) model and RS & GIS techniques. Results showed that the values derived using f index had a high correlation coefficient about 81% with values of curve number index, so that by varying of the modified curve number, values of this index also varies linearly. In this way f index was selected as a suitable index for flooding potential of region. Finally prioritize map of effective areas in flood peak was plotted in GIS environment.

Keywords: Flooding Potential, HEC-HMS Model, F and f Indices, RS & GIS Techniques, Jiroft Dam