

اولویت‌بندی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب با استفاده از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS در حوزه آبخیز سد شیخ بهایی

مسعود نصری¹، فرشاد سلیمانی ساردو²

تاریخ دریافت: 89/11/24 تاریخ پذیرش: 89/12/1

چکیده

سیل یکی از پدیده‌های مخرب طبیعی است که خسارات گاهاً جبران‌ناپذیری را به اکوسیستم‌های طبیعی و غیرطبیعی وارد می‌کند. روند افزایش تعداد و شدت سیل و خسارات جانی و مالی که به‌بار می‌آورد موجب افزایش مطالعات به‌صورت منطقه‌ای در نقاط مختلف در این باره شده است. شبیه‌سازی رفتار آبخیزهای حوزه‌های آبخیز به‌منظور مقابله با خطرات سیلاب امری واجب است و در این راستا مطالعه حاضر در حوزه آبخیز سد شیخ بهایی در شهرستان کاشان استان اصفهان به‌منظور اولویت‌بندی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب یا به‌عبارتی مشخص نمودن مناطقی که دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی هستند صورت گرفته است. در این ارتباط، از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS جهت شبیه‌سازی جریان در واحدهای هیدرولوژیک منطقه استفاده شده است. نتایج نشان‌داد مناطقی که در نزدیکی نقطه خروجی حوضه قرار دارند بیشترین نقش را در تولید سیل داشته و بایستی در اولویت اول فعالیت‌های آبخیزداری قرار گیرند. نتایج به‌دست آمده می‌تواند کمک شایانی به سیستم پایش منطقه نماید.

واژه‌های کلیدی: رواناب، دبی اوج سیلاب، مدل هیدرولوژیک HEC-HMS، سد شیخ بهایی

1- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان m_nasri@iauard.ac.ir

2- عضو هیات علمی دانشگاه جیرفت fsolaimani@gmail.com

مقدمه

سطح وسیعی از کشور تحت تأثیر طغیان آب رودخانه‌ها و جاری شدن سیلاب قرار دارد و در اثر آن تأسیسات عمرانی، امکانات ارتباطی، زمین‌های کشاورزی، شهرها و روستاها تخریب می‌گردد. استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی و تخریب آن افزون بر اقلیم خشک و نیمه‌خشک حاکم بر کشور موجب گردیده تا سیلاب‌ها، چه از نظر- تعداد دفعات و چه از نظر شدت خسارات، افزایش چشم‌گیری داشته‌باشد. این امر کشور ایران را در رتبه هفتم سیل‌خیزی دنیا قرار داده- است [7]. دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های- آبخیز، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن، احتمال سیل‌خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده‌است. در تحقیقات و پژوهش‌های مرتبط با سیل‌خیزی و تعیین مناطق سیل‌خیز در نقاط مختلف دنیا روش واحدی به- کار گرفته نشده‌است. روش‌هایی که برای تعیین مناطق سیل‌خیز استفاده شده بیشتر برپایه فرمول- های تجربی، تحلیل آماری داده‌های سیلاب، استفاده از داده‌های سنجش از دور و GIS و مدل‌های ریاضی رایانه‌ای بارش- رواناب بوده و عمدتاً از دیدگاه تولید سیل در سطح حوضه‌ها به- صورت یکپارچه استفاده شده‌است [2,5]. رواناب یکی از مهمترین متغیرهای هیدرولوژیک است که در مطالعات منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌منظور پیش‌بینی رواناب در مناطق فاقد آمار، مدل‌های تعریف شده همگی نیازمند داده‌های هیدرولوژیک و هواشناسی هستند. سنجش از دور

و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ترکیب با مدل‌های بارش رواناب مناسب، ابزاری ایده‌آل جهت برآورد حجم رواناب، دبی اوج و هیدروگراف می‌باشد. میلورادف و مارجانویک¹ (1991)، دمایو و استیل² (1996)، بلات و همکاران³ (1996).

از کاربردی‌ترین مدل‌های بارش رواناب مدل HEC-HMS می‌باشد. مدل HEC (1998) برای برآورد و شبیه‌سازی واقعه بارش رواناب انتخاب شده است. مطالعاتی که توسط برخی محققین انجام شده‌است از میانگین ضریب- تغییرات سری‌های سیلاب‌های حداکثر سالانه به- عنوان شاخصی برای تعیین شرایط سیل‌خیزی هر منطقه یا هر کشور استفاده شده‌است [5]. جهان‌تیغ‌مقدم (1378) سامانه شبیه‌آشناسی HMS را به‌عنوان شبیه‌آشناسی مناسب برای حوضه کر و سیوند در استان فارس ارائه نمود و به این نتیجه رسید که شبیه‌های مبتنی بر اصول- هیدرولیک دارای قابلیت‌های بیشتر در زمینه پیش‌بینی رواناب هستند. خسروشاهی (1380) به‌منظور تعیین نقش زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوضه دماوند، در پژوهشی از شبیه‌آشناسی HEC-HMS استفاده کرد. پوررضا و همکاران (1386) با استفاده از مدل‌های هیدرولیک و نرم افزار ArcView از طریق الحاقیه HEC-GEOHMS به برآورد و پهنه- بندی سیلاب در قسمتی از رودخانه قره آغاج در استان فارس پرداخته‌اند [1].

¹ Miloradov and Marjanovic

² Demayo and Steel

³ Bellat et al

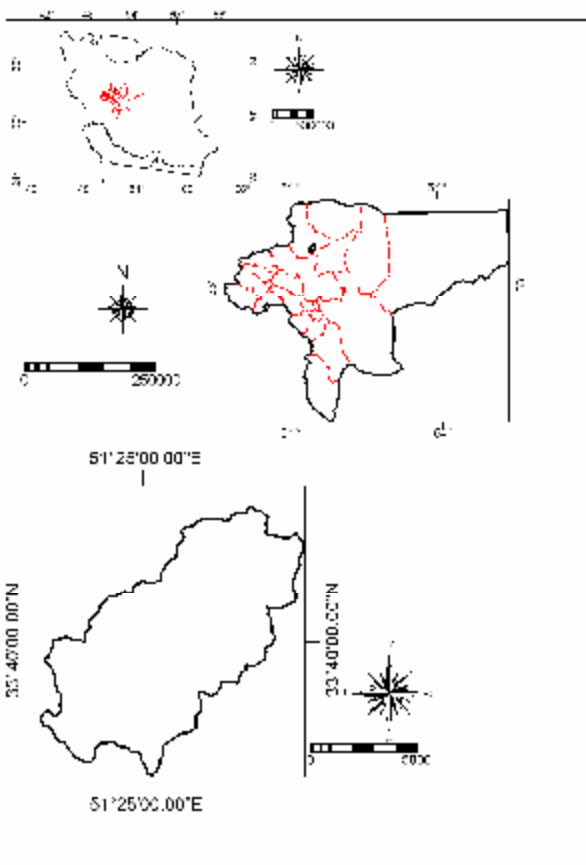
داده و روش‌ها

- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات سیاسی، حوزه آبخیز سد شیخ بهایی در استان اصفهان، شهرستان کاشان، بخش قمصر و دهستان قهرود واقع شده است. حوزه آبخیز سد شیخ بهایی با مساحت 8064/5 هکتار در محدوده $33^{\circ} 36' 34/14''$ تا $30/25''$ $33^{\circ} 44'$ عرض شمالی و $51^{\circ} 21' 52/22''$ تا $51^{\circ} 29' 53/27''$ طول شرقی قرار دارد. سد شیخ بهایی در 40 کیلومتری جنوب کاشان و 5 کیلومتری شمال شرق و پایین دست جویان بر روی رودخانه قهرود احداث گردیده است. این سد در سال 1010 هجری قمری به دستور شیخ بهایی بنا گردیده و هدف آن ذخیره نمودن آب و استفاده از آن در مواقع کم‌آبی بوده و چون قبل از سال 1355 استحصال آب زیرزمینی از طریق حفر چاه و پمپاژ متداول نبوده است. تنها راه بهره‌برداری از آب مازاد روش ذخیره‌سازی در مخزن سد بوده است. پس از احداث، به دفعات، سیل‌های عظیمی به وقوع پیوسته و موجب پرشدن مرحله‌ای مخزن سد گردیده است.

حوضه مورد مطالعه با توجه به قرارگیری به صورت شمالی-جنوبی به گونه‌ای است که ارتفاعات دورتادور آن را احاطه کرده است. حداکثر و حداقل بارندگی سالیانه در این محدوده به ترتیب حدود 228/1 و 199/2 میلی‌متر در سال می‌باشد و متوسط بارندگی سالیانه 209/2 میلی‌متر است. درجه حرارت متوسط سالیانه 10/2 درجه سانتی‌گراد و حداقل مطلق آن 30/7 - درجه سانتی‌گراد و حداکثر مطلق آن 36/7 درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل 1).

برای تهیه نقشه خطر سیل در کشور بنگلادش از داده‌های ماهواره‌ای NOAA-AVHRR و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است [2]. اسلام و سادو (2000)¹ با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و کاربرد GIS نقشه خطر سیل را برای کشور بنگلادش تهیه کردند [13]. برای پهنه‌بندی حوزه آبخیز گاو رود از نظر پتانسیل سیل خیزی در جنوب استان کردستان از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان پایگاه داده‌ها و از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست استفاده گردیده است [10]. مطالعات انجام شده در داخل کشور بیشتر به تعیین سیل‌خیزی زیرحوضه‌های گوناگون با استفاده از شبیه‌های آبشناسی و پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از شبیه‌های هیدرولیک پرداخته‌اند که مطالعات شقایق فلاح (1380) در حوضه محمدآباد استان گلستان، جوکار (1381) در رود شاپور با شبیه HEC-HMS از جمله مطالعاتی است که کارایی شبیه یاد شده را تأیید می‌کنند. توسعه مناطق شهری نیز اثرات معنی‌داری بر رواناب سطحی آبخیزهای کوچک دارد. به‌طورکلی افزایش مناطق شهری باعث افزایش حجم رواناب، دبی اوج سیل و کاهش زمان تأخیر حوزه آبخیز می‌گردد [9]. هدف از این مطالعه، اولویت‌بندی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب در حوزه آبخیز سد شیخ بهایی با استفاده از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS می‌باشد.

¹ Islam & Sado



شکل 1 - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور، استان و شهرستان



سد شیخ بهائی از نوع وزنی با مصالح سنگ و ساروج است، ارتفاع سد از پی تا روی تاج 28 متر و ارتفاع سد از بستر رودخانه 26 متر و رقوم بستر رودخانه 1881 متر عرض تاج 20 متر طول تاج و عرض سد در کف 30 متر می باشد.

مدل هیدرولوژیک 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: 1- مدل حوضه 2- مدل اقلیمی 3- شاخص های کنترل

جهت محاسبه رواناب در زیر حوضه 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 گبرآباد استفاده شده است. شناسایی عوامل موثر بر پتانسیل سیل خیزی و پهنه بندی حوضه ها از نظر قابلیت تولید رواناب امری ضروری و اجتناب ناپذیر می باشد. برای این منظور داده های سنجش از دور (RS) و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری مفید و توانمند برای شناسایی عوامل موثر بر پتانسیل سیل خیزی حوضه ها و پهنه بندی حوضه ها از نظر پتانسیل سیل خیزی می باشند. از سوی دیگر ارتباط بین رواناب سطحی، بارندگی و مساحت مناطق غیرقابل نفوذ حوضه به

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

نتایج

- کالیبره کردن مدل جهت شبیه سازی جریان
- بهینه سازی پارامترهای ورودی
پارامترهایی که جهت بهینه سازی استفاده شده اند
عبارتند از: 1- شماره منحنی 2- میزان جذب
اولیه 3- زمان تاخیر
1- شماره منحنی زیرحوضه ها
از تلفیق نقشه گروه های هیدرولوژیکی و
کاربری اراضی در محیط برنامه ILWIS نقشه
شماره منحنی حوضه تهیه و مقدار شماره منحنی
هر واحد هیدرولوژیک (SubBasin) استخراج
گردیده و در جدول 1 نشان داده شده است و به-
عنوان مقادیر اولیه وارد مدل گردید. باتوجه به
این که 5 روز قبل از رگبار انتخاب شده هیچ
بارشی ثبت نشده است، مقادیر شماره منحنی برای
شرایط خشک (I) محاسبه گردید و به مدل وارد
شد.

چگونگی توزیع مکانی مناطق غیرقابل نفوذ در
سطح حوزه آبخیز، بستگی دارد که در این میان
وجود اراضی شهری در اطراف رودخانه اصلی
دارای تأثیرات ویژه ای بر افزایش سیل خیزی
می باشد [15].

- مکان یابی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب
با استفاده از شاخص های سیل خیزی

در این تحقیق زیر حوضه ها بر اساس
شاخص های سیل خیزی $F\%$ و f اولویت بندی
شده اند.

الف- اولویت بندی با استفاده از شاخص $F\%$

$$\text{رابطه (1)} \quad \% F = \frac{\Delta Qp}{Qp} * 100$$

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

ΔQp مقدار کاهش دبی خروجی در اثر حذف
زیر حوضه مورد نظر بر حسب مترمکعب بر ثانیه
 Qp دبی خروجی کل حوضه بر حسب مترمکعب.
ب- اولویت بندی با استفاده از شاخص سیل-
خیزی f

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

جدول ۱- مقادیر شماره منحنی واحدهای هیدرولوژیک منطقه

ردیف	زیر حوضه	CN	AMC	CN	AMC	مساحت هر واحد (km ²)
1	SubBasin1	83/1	II	67/8	I	8/5
2	SubBasin2	83/7	II	68/8	I	7/9
3	SubBasin3	82/2	II	66/5	I	8/9
4	SubBasin4	82/7	II	67/2	I	8/7
5	SubBasin5	83/4	II	63/8	I	9/4
6	SubBasin6	83/8	II	68/9	I	8/5
7	SubBasin7	82/7	II	67/2	I	7/8
8	SubBasin8	82/7	II	67/2	I	5/8
9	SubBasin9	82/5	II	66/9	I	6/5
10	SubBasin10	83/5	II	68/5	I	6/1

فرمول SCS:

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

که در آن:

T_C: زمان تمرکز بر حسب ساعت؛

L: طول آبراهه اصلی بر حسب فوت؛

S: حداکثر پتانسیل ذخیره حوضه بر حسب اینچ؛

W_s: شیب متوسط وزنی حوضه بر حسب درصد می‌باشند.

سازمان حفاظت خاک آمریکا رابطه زیر را

برای محاسبه زمان تأخیر حوضه، پیشنهاد کرده- است:

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

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

2- زمان تأخیر

به منظور محاسبه زمان تأخیر، در ابتدا بایستی زمان تمرکز حوضه محاسبه گردد. در این راستا از فرمول SCS جهت محاسبه زمان تمرکز هر یک از زیرحوضه‌ها استفاده گردید و با استفاده از رابطه 4 زمان تمرکز به زمان تأخیر تبدیل شد. برای تعیین زمان تمرکز می‌توان از هیدروگراف 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.

جدول 2- اطلاعات مربوط به مقادیر زمان تمرکز و زمان تاخیر زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی

ردیف	زیر حوضه	زمان تمرکز (t _c). min	زمان تاخیر (t _i). min	ردیف	زیر حوضه	زمان تمرکز (t _c). min	زمان تاخیر (t _i). min
1	SubBasin1	51	30/6	6	SubBasin6	25/2	15/12
2	SubBasin2	47/4	28/44	7	SubBasin7	21	12/6
3	SubBasin3	46/8	28/08	8	SubBasin8	34/2	20/52
4	SubBasin4	39/6	23/76	9	SubBasin9	21/6	12/96
5	SubBasin5	32/4	19/44	10	SubBasin10	20/4	12/24

3- مقدار اولیه نفوذ (I_a) به دست آمده بود، به عنوان مقدار اولیه I_a به مدل

معرفی گردید.

$$La=0.2S$$

رابطه (5)

به منظور برآورد مقدار اولیه نفوذ در هر یک از

زیرحوضه‌های مطالعاتی، 20 درصد نگهداشت

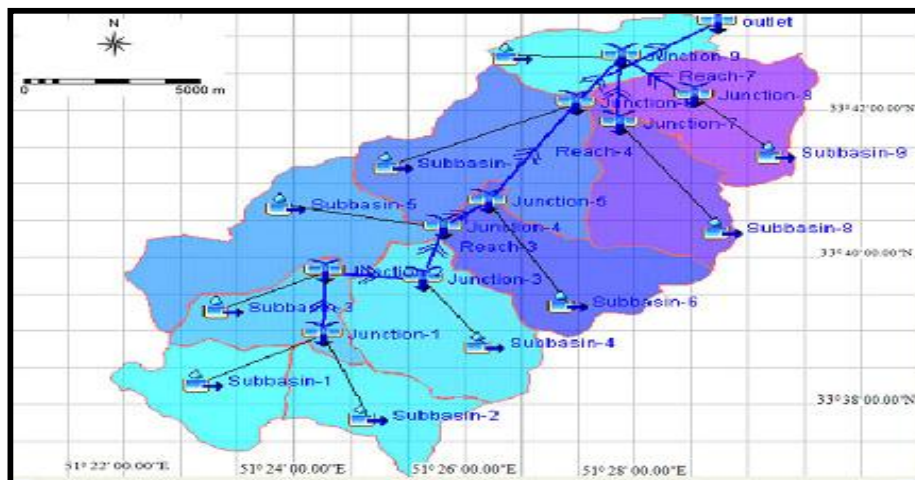
حوضه (S) که با استفاده از شماره منحنی

جدول 3- اطلاعات مربوط به مقادیر نگهداشت اولیه (S) و مقدار نفوذ اولیه (I_a) حوضه‌های منطقه مطالعاتی

ردیف	زیر حوضه	S	I _a (mm)	ردیف	زیر حوضه	S	I _a (mm)
1		120/6	24/1	6	SubBasin6	114/6	22/9
2	SubBasin1	115/5	23/1	7	SubBasin7	124	24/8
3	SubBasin2	128/4	25/7	8	SubBasin8	124	24/8
4	SubBasin3	124	24/8	9	SubBasin9	125/8	25/2
5	SubBasin4	126/6	25/3	10	SubBasin10	117/1	23/2

در ادامه، در محیط نرم افزار، حوضه مورد مطالعه ترسیم شد و عناصر هیدرولوژیک برای حوضه مورد نظر

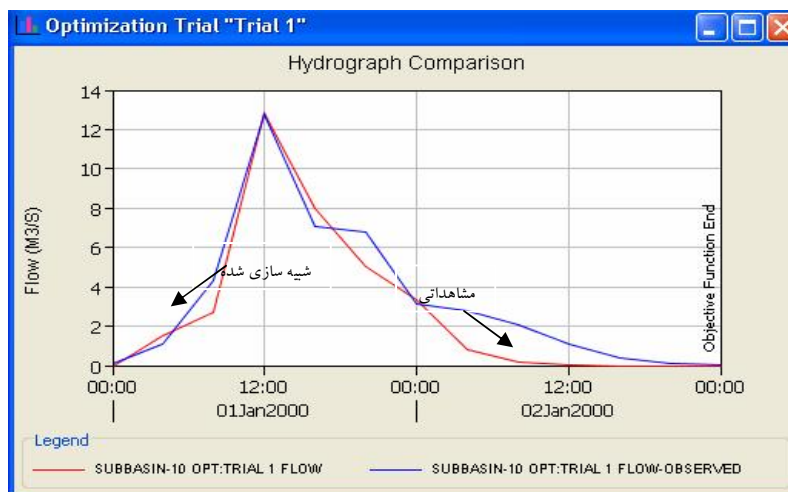
تعریف گردید. در شکل 2، حوزه آبخیز سد شیخ بهایی با عناصر هیدرولوژیک نشان داده شده است.



شکل 2- حوزه آبخیز سد شیخ بهایی با استفاده از عناصر هیدرولوژیک در محیط نرم افزار HEC-HMS

مطالعه در RUN₄ تابع خطا به حداقل ممکنه رسید و هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در ایستگاه گبرآباد بیشترین تطابق را با هم نشان دادند. شکل 3، موقعیت هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را نسبت به هم در ایستگاه مذکور را نشان می‌دهد.

با استفاده از مقادیر اولیه پارامترهای موردنظر، مدل برای اولین بار اجرا گردید (RUN₁) و نتایج به دست آمده در ایستگاه گبرآباد مورد بررسی قرار گرفت و میزان اختلاف هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی محاسبه شد. این روند تا زمانی که مقدار تابع خطا بین دو هیدروگراف مذکور به حداقل ممکن برسد بایستی ادامه پیدا کند. در این



شکل 3- هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در ایستگاه گبر آباد

مشاهداتی بسیار کم می‌باشد. بنابراین مقادیر ورودی در این مرحله به عنوان مقادیر بهینه پارامترها انتخاب می‌گردند. جدول 4 مقادیر بهینه شده پارامترها را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل 3 نشان داده شد، هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده برآزش خوبی نسبت به هم دارند و با توجه به شکل 4 تفاوت بین مقدار دبی اوج شبیه‌سازی شده و

جدول 4- مقادیر بهینه‌شده پارامترها با استفاده از مدل HEC-HMS

مقادیر بهینه شده			زیر حوضه	ردیف	مقادیر بهینه شده			زیر حوضه	ردیف
CN	t_f	I_a			CN	t_f	I_a		
78/1	25/3	23	SubBasin6	6	85/1	27/8	24/8	SubBasin1	1
69/2	25/25	24/2	SubBasin7	7	86/2	26/14	23/6	SubBasin2	2
78/3	28/7	21/3	SubBasin8	8	70/4	27/28	25/1	SubBasin3	3
84/2	24/3	25/2	SubBasin9	9	84/5	23/78	24/0	SubBasin4	4
87/4	23/2	20	SubBasin10	10	76/2	21/1	25/9	SubBasin5	5

Project: bahaii Optimization Trial: Trial 1

1 Start of Trial: 01Jan2000, 00:00 4 Basin Model: Basin 1
 2 End of Trial: 03Jan2000, 00:00 5 Meteorologic Model: Met 1
 3 Compute Time: 09Aug2010, 01:43:40 6 Control Specifications: Control 1

Objective Function at Basin Element "Subbasin-10"

7 Start of Function: 01Jan2000, 00:00 9 Type: Peak-Weighted RMS Error
 8 End of Function: 03Jan2000, 00:00 10 Value: 1.1

Volume Units: MM 1000 M3

Measure 11	Simulated 12	Observed 13	Difference 14	15 Percent Difference
Volume (MM)	62.77	76.11	-13.34	-17.52
Peak Flow (M3/5)	12.9	12.8	0.1	0.4
Time of Peak	01Jan2000, 12:00	01Jan2000, 12:00		
Time of Center of Mass	01Jan2000, 15:05	01Jan2000, 17:17		

شکل 4 - اطلاعات به دست آمده از واسنجی مدل HEC-HMS

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 زیرحوضه استخراج گردید. اطلاعات مربوط به دبی های اوج در جدول 4 نشان داده شده است.

توضیح عبارات عنوان شده در خروجی نرم افزار مربوط به واسنجی مدل:

- 1- شروع آزمون 2- پایان آزمون 3- زمان محاسبه
- 4- مدل حوضه 5- مدل اقلیمی 6- مشخصات کنترل
- 7- شروع عملکرد 8- پایان عملکرد 9- نوع خطای میانگین ریشه مربعات دبی وزنی 10- مقدار
- 11- اندازه گیری 12- شبیه سازی شده 13- مشاهداتی
- 14- تفاوت 15- درصد تفاوت

جدول 5- مقادیر دبی اوج شبیه سازی زیرحوضه های مطالعاتی در مدل HEC-HMS

ردیف	زیر حوضه	دبی اوج (m ³ /s)	ردیف	زیر حوضه	دبی اوج (m ³ /s)
1		15/18	6		13
2	SubBasin1	15/1	7	SubBasin6	9/6
3	SubBasin2	12/5	8	SubBasin7	9/5
4	SubBasin3	15/7	9	SubBasin8	16/1
5	SubBasin4	14/2	10	SubBasin9	16/2
	SubBasin5			SubBasin10	

در ادامه با استفاده از رابطه ۱ و ۲ مقادیر شاخص‌های سیل‌خیزی محاسبه گردید و در جداول ۶ و ۷ نشان داده شده است.

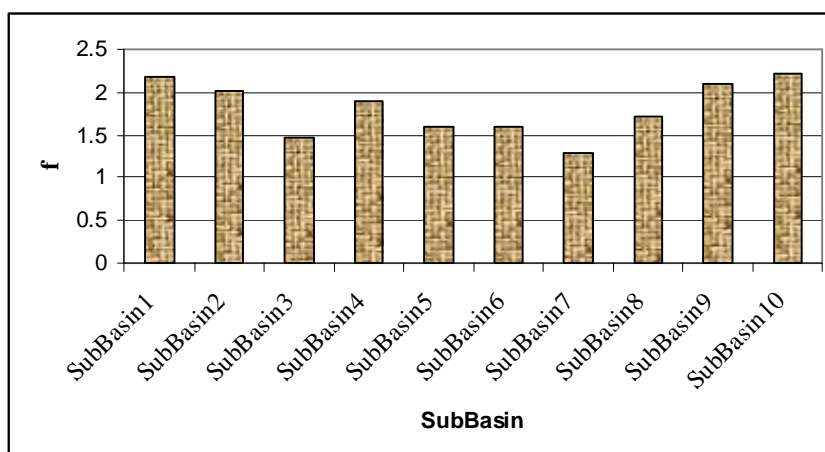
جدول ۶- اطلاعات مربوط به شاخص سیل‌خیزی $F\%$ در زیر حوضه‌های مطالعاتی

ردیف	مقدار شاخص $F\%$	زیر حوضه	ردیف	مقدار شاخص $F\%$
1	16/1		6	13/4
2	15/6	SubBasin1	7	10/1
3	13/3	SubBasin2	8	9/8
4	16/8	SubBasin3	9	16/4
5	14/5	SubBasin4	10	17/17
		SubBasin5		
				SubBasin6
				SubBasin7
				SubBasin8
				SubBasin9
				SubBasin10

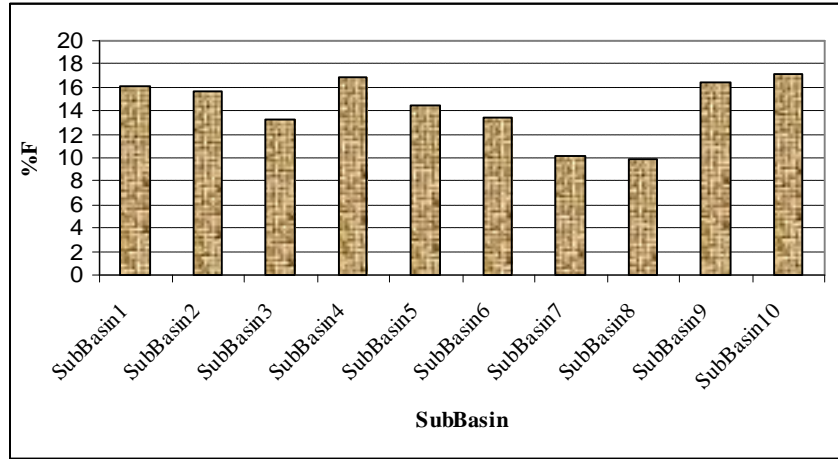
جدول ۷- اطلاعات مربوط به شاخص سیل‌خیزی $f\%$ در زیر حوضه‌های مطالعاتی

ردیف	مقدار شاخص f	زیر حوضه	ردیف	مقدار شاخص f
1	2/18		6	1/6
2	2/01	SubBasin1	7	1/29
3	1/47	SubBasin2	8	1/72
4	1/89	SubBasin3	9	2/1
5	1/59	SubBasin4	10	2/22
		SubBasin5		
				SubBasin6
				SubBasin7
				SubBasin8
				SubBasin9
				SubBasin10

نتایج نشان داد که زیر حوضه‌های ۱، ۲، ۹ و ۱۰ دارای بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی می‌باشند که در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

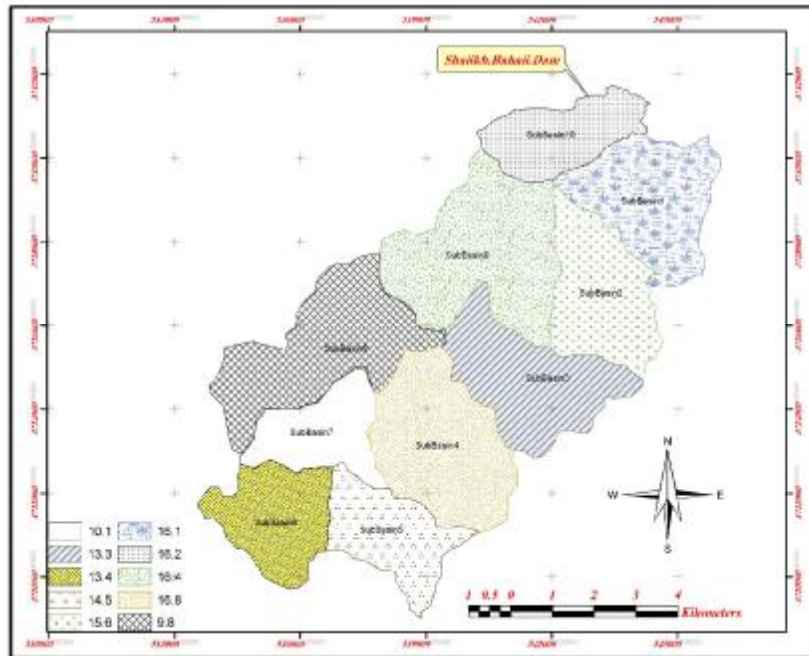


شکل ۵- نمودار میزان شاخص سیل‌خیزی f در زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی

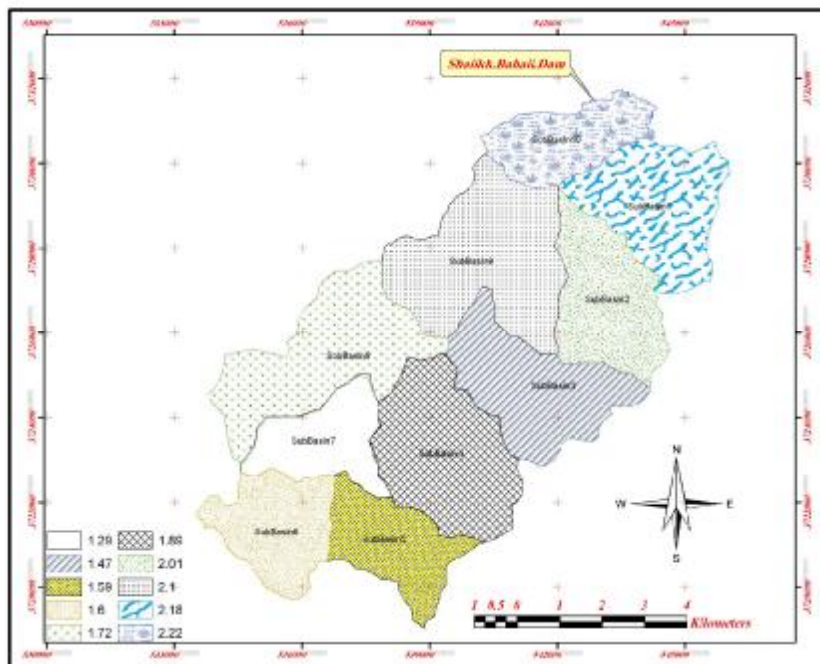


شکل 6- نمودار میزان شاخص سیل خیزی F % در زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی

در ادامه با استفاده از مقادیر به دست آمده، نقشه‌های سیل خیزی منطقه با استفاده از دو شاخص کارآمد و معتبر در تجزیه و تحلیل پتانسیل سیل خیزی استخراج گردید که در شکل‌های 7 و 8 نشان داده شده است.



شکل 7- نقشه سیل خیزی حوزه آبخیز سد شیخ بهایی با استفاده از شاخص F %



شکل 8- نقشه سیل خیزی حوزه آبخیز سد شیخ بهایی با استفاده از شاخص f

بحث و نتیجه گیری

HEC-HMS دارای بالاترین دبی اوج می باشد و در ادامه با توجه به آنالیز پتانسیل سیل خیزی این واحد هیدرولوژیک در اولویت اول مطالعات هیدرولوژی، فعالیت های بیولوژیک و مکانیکی قرار دارد و همچنین از بین دو شاخص سیل-خیزی استفاده شده نتایج شاخص f با مقادیر شماره منحنی همبستگی بسیار بالایی دارد. شماره منحنی هر منطقه نمایی از شرایط خاک، رطوبت و کاربری اراضی منطقه است که رابطه مستقیم با تولید سیل دارد در نتیجه استفاده از نتایج شاخص f در مطالعات بعدی منطقه می تواند درجه صحت را بالاتر ببرد. لازم به یادآوری است نمی توان لزوماً تمرکز فعالیت های آبخیزداری حوضه را بر روی زیرحوضه 10 قرار داد،

نتایج نشان داد زیر حوضه هایی که نزدیک به خروجی منطقه قرار دارند نقش بیشتری در تولید سیل منطقه دارا هستند و اجرای پروژه های آبخیزداری در این مناطق از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. از سوی دیگر نظارت ادارات و نهادهای متولی امور کاربری اراضی و واگذاری اراضی به اشخاص در این منطقه از حوضه با توجه به حساسیت هیدرولوژیک منطقه می بایست دارای دقت بیشتری باشد. زیر حوضه 10 که در انتهای آن، سازه سد شیخ بهایی قرار دارد بایستی در اولویت اول فعالیت های مبارزه با سیل و فرسایش و رسوب قرار گیرد زیرا با توجه به دبی های اوج شبیه سازی شده توسط مدل

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نگارندگان بر خود لازم می دانند از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان در اجرای طرح پژوهشی "بررسی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS و تکنیک‌های GIS&RS جهت مدیریت بهینه‌حوزه‌های آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد شیخ بهایی)" و تحقیق حاضر تشکر و قدردانی نمایند.

همچنان‌که با توجه به جدول 7 و شکل 5 زیرحوضه‌های 1، 9 و 2 نیز در اولویت‌های بعدی انجام اقدامات حفاظت آب و خاک قرار دارند، از سوی دیگر همزمان می‌بایست شرایط سایر زیرحوضه‌ها نیز از حیث میزان تولید رواناب، تغییرات کاربری، شدت چرا و بهره‌برداری‌های دیگر از عرصه، وقایع فرین بارش رخ داده و سایر مشخصات خاک و پوشش گیاهی در بازه‌های زمانی حداکثر یک‌ساله پایش و ارزیابی گردد تا بلکه بدین طریق بتوان از افزایش حساسیت زیرحوضه‌ها و بالا رفتن میزان شاخص سیل‌خیزی f در آنها جلوگیری کرد.

منابع

- ها"، مرکز آموزش و تحقیقات هلال احمر، ص 12، تهران
- 8- شقایب فلاح، ر. 1380، "شبیه‌سازی دبی حداکثر سیلابی در شاخه‌های فرعی رودخانه با استفاده از مدل HEC-HMS مطالعه موردی در حوزه‌های آبخیز محمد آباد (استان گلستان)"، دانشگاه علوم و کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، 175 ص.
- 9- ملائی، ع، 1381، "تعیین شماره منحنی برای برآورد حجم رواناب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)"، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه، جلد دوم، ص ص 1139 تا 1144، اهواز.
- 10- نصرتی، ع، 1379، "پهنه‌بندی قابلیت سیل‌خیزی حوزه آبخیز گاو رود با استفاده از سنجش از دور و GIS"، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس،
- 11- 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.
- 1- پور رضا، م، شهری 1386 "پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از سیستم ساماندهی جغرافیایی (GIS) طرح مطالعاتی: قسمتی از رودخانه قره آغاچ در استان فارس"، همایش GIS، ص ص 24، تهران
- 2- جلالی، ح، 1368، "بررسی سیلاب‌های ایران"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، ص ص 102-37، انتشارات وزارت نیرو
- 3- جوکار، ج. 1381، "بررسی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های رود شاپور با استفاده از شبیه‌سازی جریانهای سیلابی"، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، 126 ص.
- 4- جهان تیغ، ع. 1378، "سیستم پیش‌بینی و هشدار سیلاب در حوزه‌های آبخیز کرسیوند"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- 5- خسروشاهی، م، قوامی، ش، 1377، "هشدار"، انتشارات سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، چاپ سوم، ص 108.
- 6- خسروشاهی، م. 1380، "تعیین نقش زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوضه (مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند)"، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، رساله دکتری جغرافیا، 177 ص.
- 7- دفتری، ب، 1383، "اسکان آسیب دیدگان از حوادث و سوانح و مدیریت اردو گاه-

12-Demayo, A., Steel, A., 1996, Data handling and presentation, in Chapman, D. (ed), Water Quality Assessments, A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring: London, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization, United Nations Environment Programme, 2nd edition, Chapter 10, 511-612.

13-Hjeltnelt, A., 1999., Modeling hydrologic and water quality responses to grass waterway, journal of Hydrologic Engineering, 4(3):251-256

14- Miloradov, M., Marjanovic, P., 1991, Geographic information system in environmentally sound river basin development, in 3rd Rhine-Danube Workshop, Proceedings, 7-8 October: Delft, the Netherlands, Technische Universiteit Delft. Olivera, F., Maidment, D.R., 1998a, HEC-PrePro v.

15- 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, pp.264-268

16-United States Army Corps of Engineers (USACE), 2000, Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Davis, CA, United States Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center,

Technical Reference Manual, CPD-74B, 149 p.

17-United States Department of Agriculture (USDA), 1986, Urban Hydrology for Small Watersheds: Springfield, VA, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Services, Conservation Engineering Division, Technical Release TR-55

