تعیین مناطق مولد سیل و اولویت بندی سیل خیزی زیر حوضه ها (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جاماش استان هرمزگان)

احمد نوحه گر[1]، نسیم قشقایی زاده[2*1]، ارشک حلی ساز[3]

1-استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

2-دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان

3-استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان

پذیرش مقاله: 1391/9/15

تأیید نهایی مقاله: 1392/2/12

چکیده

یکی از راه‌حل‌های اصولی برای پیشگیری و مهار سیل، شناسایی مناطق خطرساز و سیل‌خیز در داخل حوضه آبخیز است و اصولاً مهار و پیشگیری از سیل باید ابتدا در سر منشأ آن یعنی زیرحوضه‌های آبخیز مورد توجه قرار گیرد. از این نظر حوضه آبخیز رودخانه جاماش به علت وقوع سیل های ویرانگر در آن، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این مطالعه مدل حوضه آبخیز با استفاده از نرم افزار *HEC-GeoHMS* تهیه و شبیه سازی هیدرولوژیک حوضه توسط مدل *HEC-HMS* انجام شد. جهت واسنجی پارامتر شماره منحنی و اعتباریابی مدل، از آمار 4 رگبار مشاهده ای و سیل همزمان آنها استفاده شده است. نتایج نشان دادند که این مدل در خصوص پیش بینی دبی اوج و زمان مربوط به آن در خروجی حوضه می تواند نتایج قابل قبولی را ارائه نماید. در این تحقیق، با استفاده از روش حذف متوالی زیر حوضه ها برای دو واقعه بارندگی به عنوان نمونه، نقش کلیه زیرحوضه ها در هیدروگراف سیل خروجی تعیین و بر اساس آن اولویت بندی انجام گرفت. نتایج نشان می دهد میزان مشارکت زیر حوضه ها در سیل خروجی با مساحت آنها رابطه مستقیم ندارد و لزوماً زیرحوضه ای که مساحت بزرگتر و یا دبی اوج بیشتری داشته باشد، در سیل خروجی کل حوضه تاثیر بیشتری ندارد بلکه اثر متقابل عوامل موثر مانند موقعیت مکانی زیرحوضه ها و نقش روندیابی در رودخانه اصلی و نقش شاخص های مورفومتری کانال رود نیز میتواند نقش مهمی داشته باشد.

واژههای کلیدی: مناطق سیل خیز، *HEC-GeoHMS*، *HEC-HMS*، جاماش.

*- نویسنده مسئول : 09357617200 Email: n_ghashghaee@yahoo.com

مقدمه

روند رو به افزایش سیل در سالهای اخیر حاکی از آن است که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلابهای ادواری و مخرب قرار دارند و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته است. چنانچه ابعاد و گستردگی پیامدهای وقوع سیل (مستقیم و غیرمستقیم) از لحاظ اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد آنگاه پرداختن به مسائلی چون سیل در اولویت قرار می‌گیرد. بنابراین برای پیشگیری و مهار سیلاب باید در درجه اول مناطقی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند تعیین و سپس عـــوامل تولید و ایجاد سیل شناسایی شوند. در بروز و یا تشدید سیلاب عوامل متعددی دخالت دارند. این عوامل را می‌توان در حوضه آبخیز و رودخانه مورد بررسی قرارداد. از مهمترین عوامل حوضه‌ای می‌توان به کاربری اراضی، وضعیت زمین‌شناسی، پوشش‌گیاهی، مساحت، شیب و شبکه زهکشی اشاره نمود. در مدیریت سیل برخی از این عوامل قابل کنترل هستند که در طرحهای کنترل سیل بیشتر باید آنها را مد نظر قرار داد. با توجه به اینکه برای جلوگیری از بروز اینگونه پدیده‌های زیانبار در حال حاضر نمی‌توان در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد نمود. بنابراین هرگونه راه‌حل اصولی و چاره ساز را باید در روی زمین و اختصاصاً در حوضه‌های آبخیز جستجو کرد (خسروشاهی، 1382). در این ارتباط اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می‌شود مهار سیل در سر منشاء آن یعنی زیرحوضه‌های آبخیز است. مسلماً برای انجام اینکار نیاز به شناسایی مناطق سیل خیز در داخل حوضه می‌باشد، زیرا به دلیل وسعت زیاد و گستردگی حوضه‌های آبخیز انجام عملیات اجرایی و اصلاحی در سراسر حوضه امکان پذیر نبوده و حتی در صورت عدم بررسی دقیق می‌تواند امکان تشدید دبی اوج را با تغییر همزمانی دبی های اوج زیر حوضه‌ها سبب گردد. لذا باید بطریقی مناطقی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند شناسایی شوند، تا امکان عملیات اجرایی و اصلاحی در سطوح کوچکتر و خطر ساز فراهم شود.

با توجه به کمبود ایستگاه های آب سنجی در سطح زیرحوضه ها و کم بودن آمار و اطلاعات ثبت شده از سیل در حوضه های آبخیز کشور، به طور عملی نمی توان شدت سیلخیزی زیرحوضه ها را به تنهایی از تجزیه و تحلیل داده های موجود استنتاج نمود. بنابراین نقش مدلهای ریاضی هیدرولوژیک در تعیین سیل خیزی حوضه ها، بسیار بارز است. در مطالعات معمول در ایران برای بررسی سیل خیزی زیرحوضه ها، نه تنها تعریف مشخص و کمی از سیل خیزی ارایه نشده است، بلکه کل آبخیز به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده و به اثرات روندیابی سیل در رودخانه و موقعیت مکانی زیرحوضه ها توجهی نشده است. اما در این خصوص، ثقفیان و همکارش و چیداز و همکاران هرکدام در مطالعه ای به تعیین مناطق مولد سیل و اولویت بندی زیرحوضه ها از نظر سیلخیزی در مناطق مورد مطالعه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سهم زیرحوضه ها در پتانسیل سیلخیزی کل حوضه، تنها تحت تاثیر مساحت آن ها نیست و عواملی چون موقعیت مکانی زیرحوضه ها و روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوضه تاثیر مهمی دارند. فودی و همکاران (2004) به منظور شناسایی مناطق حساس به سیل های شدید در منطقه ای در غرب مصر از مدل HEC-HMS به منظور شبیه سازی سیلاب استفاده کردند که منجر به شناسایی دو منطقه حساس گردید. همچنین حسن‌زاده و عالمی (2005) با استفاده

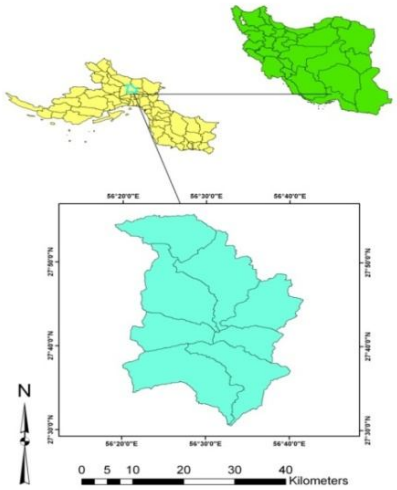
از مدل HEC-HMS در حوضه آبخیز سد گلستان مبادرت به تعیین سیل خیزی زیرحوضه ها پرداختند.

هدف از این پژوهش، تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولوژیک HEC-HMS در تعیین میزان مشارکت زیرحوضه ها در سیل خروجی کل حوضه آبخیز جاماش و شناسایی و اولویت بندی زیرحوضه ها از نظر پتانسیل سیلخیزی می باشد. دستیابی به این هدف می تواند الگوی روشن و مبنای محکمی برای اولویت بندی مکانی – زمانی پروژه های کنترل سیل و تعیین تاثیر کمی آنها بر رژیم سیلخیزی حوضه باشد و از تاثیر منفی احتمالی ناشی از اجرای عملیات مهار سیل در مناطق غیر ضروری پیشگیری به عمل آید.

مواد و روش ها:

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز رودخانه جاماش با وسعت حدود 1001 کیلومتر مربع در شمال شرق بندرعباس و بین طول های جغرافیایی 56 درجه و 20 دقیقه تا 56 درجه و 55 دقیقه شرقی و عرض های جغرافیایی 27 درجه و 8 دقیقه تا 27 درجه و 56 دقیقه شمالی در حوضه آبریز خلیج فارس قرار داشته و از نظر تقسیمات کشوری در شهرستان بندرعباس واقع شده است. بزرگترین طول حوضه در امتداد شمال به جنوب و بزرگترین عرض آن درامتداد شرق به غرب است. تصویر نقشه موقعیت مکانی محدوده مورد مطالعه درکشور و استان هرمزگان در شکل شماره (1) نشان داده شده است.



شکل1: تصویر نقشه موقعیت مکانی محدوده مورد مطالعه درکشور و استان هرمزگان

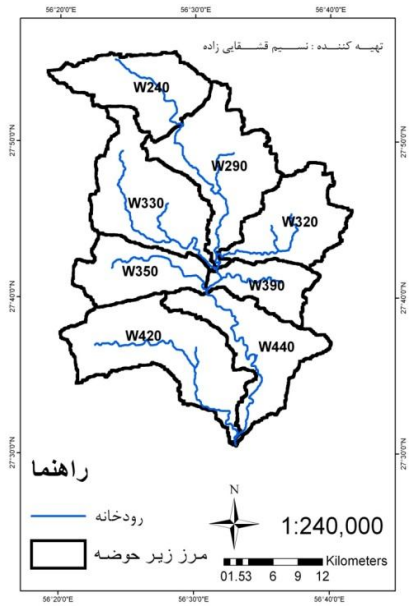
خصوصیات فیزیوگرافیک زیر حوضه ها

برای تهیه دقیق مدل حوضه آبخیز از نرم افزار HEC-GeoHMS استفاده گردید. این نرم افزار در محیط ArcGIS نصب می‌شود. مبنای اطلاعاتی این نرم افزار مدل ارتفاعی رقومی (DEM) حوضه آبخیز است که در این مطالعه از مدل ارتفاعی رقومی با قدرت تفکیک 30 متر استفاده شده است و پس از اجرای مراحل پی درپی حوضه مورد مطالعه به هشت زیر حوضه تقسیم و خصوصیات فیزیوگرافیک آن‌ها مثل مساحت، محیط، شیب متوسط آبراهه، شیب زیر حوضه‌ها، طول آبراهه اصلی و مرکز ثقل در مورد هر زیر حوضه تعیین

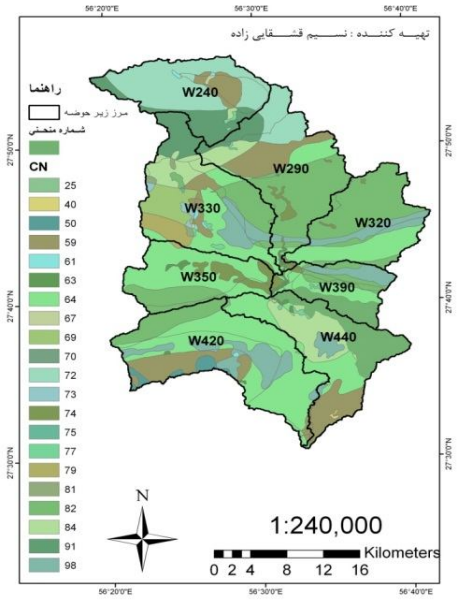
شد. تقسیمات مربوط به زیر حوضه‌ها، شماره آن‌ها و آبراهه اصلی در شکل شماره (2) نشان داد.

تعیین شماره منحنی زیرحوضه ها

شماره منحنی مربوط به هر حوضه آبخیز بر پایه گروههای هیدرولوژیکی خاک، وضعیت بهره وری از زمین، وضعیت هیدرولوژیکی اراضی و وضعیت رطوبت پیشین خاک تعیین می‌شود. برای تهیه نقشه شماره منحنی، نقشه گروههای هیدرولوژیک خاک حوضه آبخیز رودخانه جاماش با نقشه کاربری اراضی در محیط ArcGIS تلفیق و سپس با استفاده از جداول مربوط به تعیین CN (علیزاده، 1390)، شماره منحنی در هر واحد (هر پلیگون حاصل از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک) تعیین شد. سپس شماره منحنی متوسط وزنی در هر زیر حوضه محاسبه گردید. نقشه شماره منحنی حوضه در شکل شماره (3) نشان داده شده است. در جدول شماره (1) خصوصیات فیزیوگرافیک و شماره منحنی مربوط به هر زیر حوضه آورده شده است.



شکل 2 : نقشه تقسیمات زیر حوضه‌ها و شماره آن‌ها



شکل 3 : نقشه شماره منحنی حوضه جاماش

جدول 1 : خصوصیات فیزیوگرافیک و شماره منحنی زیر حوضه های جاماش

نام زیر حوضه	مساحت	محیط	ارتفاع متوسط وزنی	شیب متوسط حوضه	شیب متوسط وزنی آبراهه	طول آبراهه اصلی	شماره منحنی متوسط وزنی
	کیلومتر مربع	کیلومتر	متر	درصد	درصد	کیلومتر	
W240	131/36	76/2	1683/5	51/9	14/07	14/7	77/4
W290	137/56	92/9	998/7	50	4/6	24/7	76/88
W320	110/6	70/7	797/5	40/5	5/37	16/93	80/02
W330	156/05	88/2	545	31/5	8/6	27/4	77/45
W350	91/22	60/02	776/45	46/56	6/9	16/7	70/11
W390	61/75	52/32	746/24	47/92	14/25	13/01	77/98

داده های بارش – رواناب و تعیین توزیع مکانی و زمانی رگبارها

برای واسنجی مدل *HEC-HMS* لازم است که هیدروگراف‌های مشاهداتی و هایتوگراف‌های متناظر آن در حوضه آبخیز جاماش به‌صورت سری‌های زمانی وارد مدل گردند. در این تحقیق از سیلاب‌های ساعتی ثبت شده در خروجی حوضه واقع در ایستگاه "سرمقسم" و بارش‌های ساعتی متناظر آن در مدل استفاده شده است. وقایع بارش-رواناب انتخابی برای شبیه‌سازی در مدل*HMS* - *HEC* با توجه به شرایط ذیل انتخاب گردیده است: 1- سیلاب‌های ساعتی آن به‌طور کامل (از شروع شاخه اوج تا پایان آن) وجود داشته باشد. 2- بارش آن فراگیر باشد. با توجه به این‌که در بسیاری از موارد، شرایط بالا رخ نداده است لذا بسیاری از سیلاب‌های جمع‌آوری شده را نمی‌توان برای شبیه‌سازی استفاده نمود. وقایع انتخابی برای شبیه‌سازی بارش-رواناب در منطقه مورد مطالعه عبارتند از: 74/10/21، 75/11/6، 88/11/16 و 88/01/10 که از این میان، واقعه 74/10/21 برای اعتباریابی و از سه واقعه دیگر برای واسنجی استفاده شده است (جدول 2).

جدول 2 : مشخصات وقایع بارش - رواناب مشاهده ای برای واسنجی و اعتباریابی مدل HEC-HMS

تاریخ وقوع سیل	شرایط رطوبتی خاک	دبی اوج سیلاب
21 تا 23 بهمن 1374	خشک	174
6 تا 8 دی 1375	خشک	74/7
16تا 18 دی 1388	خشک	975
10تا12 فروردین 1388	خشک	166/7

انتخاب اجزای مدل *HEC-HMS*

مدل *HEC-HMS* از انواع مدل های ریاضی رایانه ای برای شبیه سازی وقایع بارش - رواناب است که دارای چندین زیرمدل در اجزاء نفوذ، روندیابی جریان سطحی، آب پایه و روندیابی جریان رودخانه ای میباشد. این مدل دارای سه بخش اصلی به نام های مدل حوضه، مدل اقلیمی و نمایه های کنترلی می باشد. همچنین این مدل دارای قابلیت کالیبراسیون خودکار و بهینه سازی پارامترها نیز می باشد (USACE, 2010). در این مقاله، با استفاده از نرم افزار *HEC-GeoHMS* مدل حوضه تهیه گردید. روش *CN* برای شبیه سازی تلفات اولیه بارش و نفوذ انتخاب شد و برای تعیین آبنمود رواناب مستقیم حوضه از روش هیدروگراف واحد *SCS* استفاده شد. روندیابی سیل در شبکه رودخانه ها از خروجی هر زیرحوضه تا محل ایستگاه "سرمقسم" نیز با استفاده از روش تاخیری[1] صورت گرفت.

واسنجی و اعتباریابی مدل *HEC-HMS*

برای واسنجی مدل *HEC-HMS* از روش جستجوی نلدر و مید[2] و تابع هدف انحراف معیار وزنی دبی اوج[3] استفاده گردید و مقادیر بهینه پارامتر شماره منحنی به‌دست آمد. همچنین از روش *Simple Split-Sample* برای اعتباریابی مدل استفاده شده است. در این روش هیدروگراف‌های سیل مشاهداتی به دو گروه تقسیم شدند. پارامترهای مدل با یک گروه از

1 -Lag Time
2 -Nelder and Mead Method
3 - Peak-Weighted Root Mean Square Error

داده‌ها واسنجی شد و اعتباریابی مدل با استفاده از اجرای مدل با پارامترهای بهینه شده شماره منحنی برای گروه دوم انجام شد و در نهایت هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده با هم مقایسه گردیدند.

تعیین مناطق مولد سیل و اولویت بندی سیل خیزی زیرحوضه ها

پس از واسنجی مدل بارش – رواناب، مدل با استفاده از دو رویداد در تاریخ 75/11/6 و 88/1/10 که از نظر شرایط رطوبتی به هم نزدیکتر بودند به عنوان مبنای تعیین سیل خیزی زیرحوضه ها اجرا شد و آبنمود سیل در خروجی هر زیر حوضه بدست آمد. سپس با استفاده از روش واکنش سیل واحد[1] در محیط مدل *HEC-HMS* زیرحوضه های آبخیز جاماش از نظر سیل خیزی اولویت بندی شدند. در این روش، با حذف متوالی و یک به یک زیرحوضه ها در هر بار اجرای مدل، دبی خروجی کل حوضه پس از روندیابی سیل در رودخانه اصلی بدون اثر زیرحوضه مورد نظر تعیین می شود. بدین ترتیب میزان تاثیر هر یک از زیرحوضه ها در تولید سیل خروجی بدست می آید. زیرحوضه هایی که بیشترین سهم مشارکت در تولید سیل خروجی حوضه را به عهده داشته باشند، در گام اول به عنوان سیلخیزترین زیرحوضه شناسایی میشوند. سپس سایر زیرحوضه ها، به ترتیب میزان مشارکت آنها در سیل خروجی، اولویت بندی می گردند. دو نمایه سیل

یت بندی سیل خیزی زیر حوضه ها .... 2 تعریف

رابطه 1) $= \frac{\Delta}{} \times 100$

رابطه 2) $= \frac{\Delta}{}$

که در آن F سهم مشارکت زیرحوضه در دبی خروجی کل حوضه به درصد، Δ مقدار کاهش در دبی خروجی کل حوضه در اثر حذف زیرحوضه مورد نظر بر حسب متر مکعب بر ثانیه، دبی خروجی کل حوضه بر حسب متر مکعب بر ثانیه، f سهم مشارکت زیرحوضه در دبی خروجی کل حوضه به ازای واحد سطح و A مساحت زیرحوضه به کیلومتر مربع می باشد.

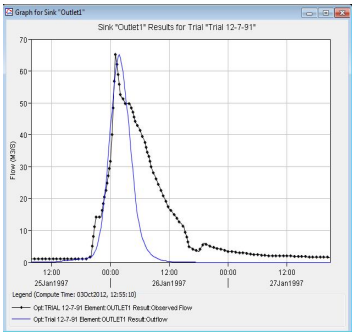
نتایج و بحث

واسنجی و اعتباریابی مدل *HEC-HMS* و تعیین دبی خروجی زیر حوضه ها

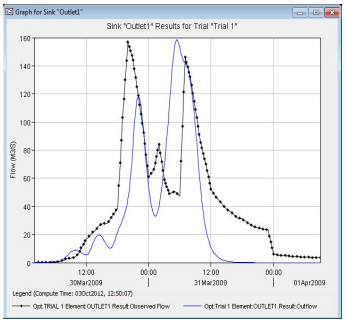
خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه های آبخیز رودخانه جاماش توسط نرم افزار *HEC-GeoHMS* در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی از مدل ارتفاعی رقومی حوضه استخراج گردید. همچنین شماره منحنی متوسط وزنی هر زیرحوضه نیز براساس نقشه شماره منحنی محاسبه شد. در راستای تعیین توزیع مکانی و زمانی رگبارها و بررسی آبنمودهای سیلاب ثبت شده در ایستگاه آبسنجی موجود در منطقه مشخص گردید که علی رغم وجود تعدادی وقایع سیل ثبت شده، به دلیل وجود خشکسالی های اخیر در منطقه و فقدان وجود تعداد زیاد بارش فراگیر در کل حوضه، تعداد رویدادهای بارش-رواناب جهت واسنجی مدل بسیار محدود است. نهایتاً چهار رویداد دارای وقایع بارش رواناب همزمان مناسب تشخیص داده شد. که سه رویداد برای واسنجی و یک رویداد جهت اعتباریابی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از واسنجی و ارزیابی مدل *HEC-HMS* نشان داد که این مدل در خصوص پیش بینی دبی اوج و زمان مربوط به آن می‌تواند نتایج قابل قبولی را ارائه نماید. به طوری که در مراحل واسنجی و ارزیابی

1 - Unit Flood Response

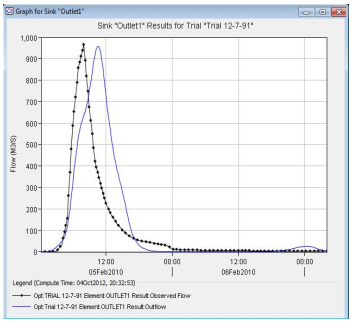
مدل، اختلاف دبی اوج هیدروگراف مشاهده ای و هیدروگراف شبیه سازی شده عمدتا کمتر از 1 درصد بوده است. اعتباریابی مدل با مقادیر بهینه شده شماره منحنی بیانگر 6/3- درصد اختلاف بین دبی‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده در رویداد 74/10/21 می‌باشد که در محدوده 20 درصد خطای مجاز مدل قرار دارد (1). نتایج حاصل از اعتباریابی مدل و مقایسه هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی و همبستگی بین مقادیر دبی مشاهداتی و محاسباتی (0/869=) نشان داد که مدل با تقریب قابل قبولی می‌تواند در شبیه‌سازی بارش-رواناب در حوضه‌آبخیز جاماش به‌کار رود. داده های ورودی به مدل حوضه برای واسنجی و اعتباریابی در جدول شماره (3) و نیز نتایج واسنجی مدل برای رویدادهای مختلف با مقادیر شماره منحنی بهینه در شکل های (4) الی (6) و نتایج اجرای مدل و نیز همبستگی بین مقادیر دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده بعد از اعتباریابی به ترتیب در شکل های شماره (7) و (8) آورده شده است.



شکل 4 : نمودار نتیجه واسنجی اجرای مدل HEC-HMS در رویداد 75/11/6 برای حوضه جاماش



شکل 5 : نمودار نتیجه واسنجی اجرای مدل HEC-HMS در رویداد 88/1/10 برای حوضه جاماش

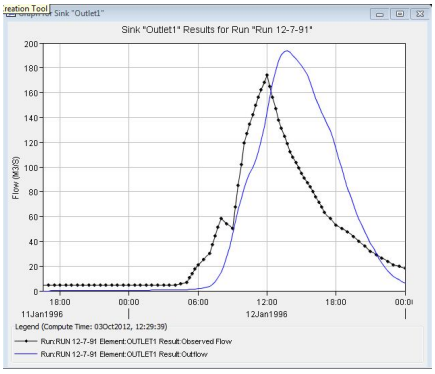


شکل 6 : نمودار نتیجه واسنجی اجرای مدل HEC-HMS در رویداد 88/11/16 برای حوضه جاماش

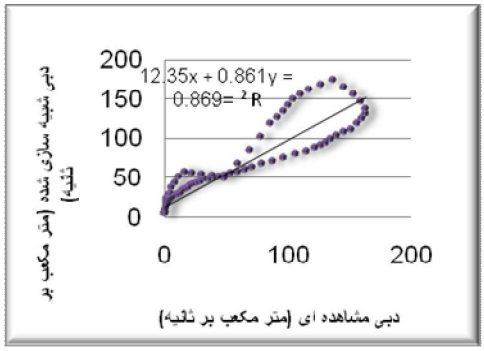
جدول 3 : داده های ورودی به مدل حوضه در زیرحوضه های بالادست ایستگاه هیدرومتری "سرمقسم"

شماره زیر حوضه	داده های ورودی در بخش مدل حوضه			
	مساحت	شماره منحنی	تلفات اولیه	زمان تاخیر
	کیلومتر مربع		میلیمتر	دقیقه
W240	131/36	77/4	14/833	89
W290	137/56	76/88	15/277	150/464
W320	110/6	80/02	12/68	109/8
W330	156/05	77/45	14/79	181/028
W420	181/73	70/82	20/93	190/08
W440	130/44	73/29	18/51	179/57

تعیین مناطق مولد سیل و اولویت بندی سیل خیزی زیر حوضه ها ....



شکل 7 : اجرای مدل در رویداد 74/10/21 جهت اعتباریابی مدل HEC-HMS در حوضه جاماش



شکل 8 : همبستگی بین مقادیر دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده بعد از اعتباریابی

اولویت بندی سیل خیزی زیرحوضه ها

جهت اولویت بندی زیرحوضه ها، از نظر سیل خیزی دو واقعه که از نظر شرایط رطوبتی به هم نزدیکتر بودند، انتخاب شدند. روش مورد نظر در بخش رواناب هیدروگراف واحد *SCS*، در بخش تلفات شماره منحنی و در بخش روندیابی از روش تاخیری استفاده شد. در ابتدا اولویت بندی زیر حوضه ها بر اساس درصد مشارکت دبی آنها در سیل خروجی برآورد گردید. در مرحله بعد، با از بین بردن اثر مساحت بر دبی، این اولویت بندی مورد بررسی قرار گرفت. به این صورت که ابتدا هیدروگراف سیل خروجی با مشارکت کلیه زیر حوضه‌ها با کاربرد مدل مربوطه محاسبه و سپس با حذف متوالی و یک به یک زیرحوضه‌ها از فرآیند روندیابی داخل حوضه، میزان مشارکت هر یک از آنها در دبی اوج خروجی حوضه بدست آمد. زیرحوضه‌ای که بیشترین کاهش را در دبی خروجی کل حوضه از خود نشان داد بیشترین سهم را در ایجاد سیل خروجی بعهده داشته و بعنوان اولویت اول شناخته شد. بدین ترتیب کلیه زیر حوضه‌ها با توجه به میزان مشارکت آنها در دبی خروجی حوضه اولویت بندی می‌شوند. جداول 5 و 6 و نمودارهای 9 تا 12 نشان دهنده این اولویت بندی به روش های مختلف می باشند.

براین اساس، زیرحوضه شماره w240 در قسمت شمال حوضه، بیشترین مقدار (در یک رویداد در رتبه اول و دیگری دوم) و زیرحوضه های با شماره w420 و w440 واقع در خروجی حوضه، کمترین میزان مشارکت در دبی خروجی حوضه را به خود اختصاص می دهند. با توجه به نتایج تحقیق حاضر و با عنایت به این موضوع که زیر حوضه های آبخیز رودخانه جاماش از نظر شکل و میزان شیب و پوشش گیاهی و همچنین نفوذ پذیری، بسیار شبیه به هم هستند، به مطالعاتی که در حوضه جاماش اولویت بندی براساس دبی اوج زیرحوضه بدون روندیابی آبنمود سیل از محل زیرحوضه تا خروجی کل حوضه انجام می گیرد، تقریبا می توان اعتماد داشت.

در مواردی که مساحت زیرحوضه ها اولویت بندی سیل خیزی را تحت تاثیر قرار میدهند، می توان این اولویت بندی را به ازای واحد سطح زیرحوضه انجام داد. زمانی که میزان تاثیر دبی زیرحوضه ها پس از حذف در روندیابی در دبی اوج خروجی کل حوضه در نظر گرفته می شود، نسبت تاثیر آنها تنها به مساحت زیرحوضه بستگی ندارد. بلکه اثر متقابل عوامل موثری مثل موقعیت مکانی زیرحوضه ها، می تواند نقش مهمی را ایفا نماید. بنابراین لزوماً زیرحوضه ای که مساحت بزرگتری

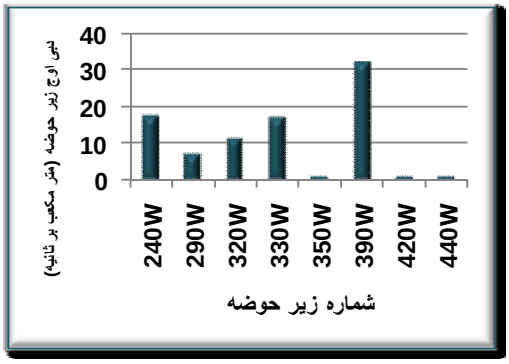
دارد، در سیل خروجی کل حوضه تاثیر بیشتری ندارد. به عنوان مثال، زیرحوضه شماره w390 از نظر مساحت در رده هشتم و از نظر دبی اوج زیرحوضه در یک رویداد در رتبه دوم و در رویداد بعدی در رتبه اول و از لحاظ مشارکت در سیل خروجی کل حوضه در ردیف اول قرار می گیرد. این امر نشان دهنده اثرات متقابل روندیابی سیل در رودخانه، موقعیت مکانی و خصوصیات زیرحوضه ها در تعیین سهم مشارکت در دبی اوج کل حوضه می باشد که این اثرات بدون شبیه سازی توسط مدل و تنها بر مبنای عواملی مانند مساحت قابل تعیین نیست. با توجه به نقشه اولویت بندی سیل خیزی زیرحوضه ها بر اساس کاهش دبی اوج در واحد سطح زیرحوضه، مشاهده می شود که زیرحوضه با شماره w390 اولین رتبه و زیرحوضه w420 آخرین رتبه را به خود اختصاص می دهد. شایان ذکر است که زیرحوضه w390 در دو رویداد، در اولویت اول قرار دارد که نشان دهنده پتانسیل سیل خیزی زیاد این منطقه می باشد. که از نظر خصوصیات فیزیوگرافیک، دلیل آن شیب زیاد در ازای طول کم آبراهه و نیز کوتاه بودن زمان تمرکز و مساحت کم آن می باشد. و از همه مهمتر اینکه از نظر موقعیت مکانی باید به این نکته اشاره کرد که خروجی چهار زیر حوضه بالادست آن، به صورت متمرکز به این زیر حوضه وارد می شود.

جدول 5 : اولویت بندی زیرحوضه های جاماش به روش های مختلف در رویداد 75/11/6

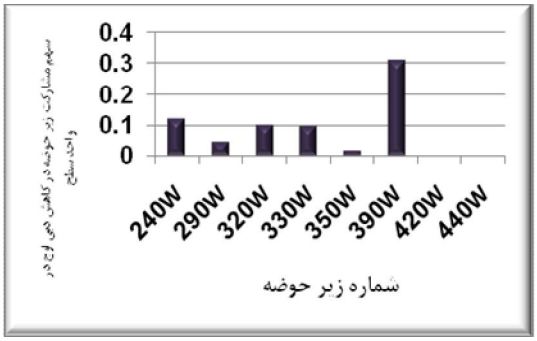
نام زیر حوضه	مساحت)	اولویت بر اساس مساحت زیرحوضه	دبی اوج زیرحوضه	اولویت بر اساس دبی اوج زیرحوضه	دبی اوج خروجی با حذف زیرحوضه	کاهش در دبی خروجی حوضه	اولویت بر اساس کاهش در دبی خروجی	کاهش دبی اوج در واحد سطح زیرحوضه	اولویت بر اساس کاهش دبی اوج در واحد سطح زیرحوضه
W240	131/36	4	17/4	3	58/7	16	2	0/122	2
W290	137/56	3	7/7	5	68/2	6/5	5	0/047	5
W320	110/6	6	11/7	4	63/5	11/2	4	0/101	3
W330	156/05	2	17/7	2	59/8	14/9	3	0/095	4
W350	91/22	7	1/6	6	73/2	1/5	6	0/016	6
W390	61/75	8	32/3	1	55/5	19/2	1	0/31	1
W420	181/73	1	1/3	8	73/8	0/9	8	0/0049	8
W440	130/44	5	1/5	7	73/6	1/1	7	0/008	7
کل حوضه	1000/7		74/7						

جدول 6 : اولویت بندی زیرحوضه های جاماش به روش های مختلف در رویداد 88/1/10

نام زیر حوضه	مساحت (	اولویت بر اساس مساحت زیرحوضه	دبی اوج زیرحوضه	اولویت بر اساس دبی اوج زیرحوضه	دبی اوج خروجی با حذف زیرحوضه	کاهش در دبی خروجی حوضه	اولویت بر اساس کاهش در دبی خروجی حوضه	کاهش دبی اوج در واحد سطح زیرحوضه	اولویت بر اساس کاهش دبی اوج در واحد سطح زیرحوضه
W240	131/36	4	45/4	1	131/7	35/1	1	0/267	2
W290	137/56	3	30/3	4	138/4	28/4	2	0/206	4
W320	110/6	6	34/6	3	139/7	27/1	3	0/245	3
W330	156/05	2	27/4	5	143/3	23/5	4	0/15	6
W350	91/22	7	17/6	6	152/5	14/3	6	0/157	5
W390	61/75	8	40/8	2	143/6	23/2	5	0/376	1
W420	181/73	1	0/3	8	166/7	0/1	8	0/0005	8
W440	130/44	5	12/3	7	161/9	4/9	7	0/037	7
کل حوضه	1000/7		166/8						



شکل 9 : مقایسه دبی اوج خروجی زیر حوضه ها در رویداد 75/11/6

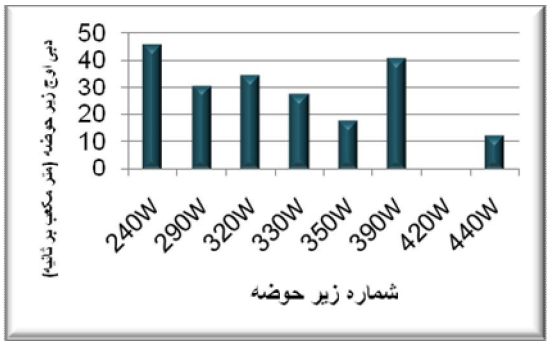


شکل 10 : مقایسه مشارکت زیرحوضه ها در دبی اوج خروجی کل حوضه به ازای واحد سطح در رویداد 75/11/6

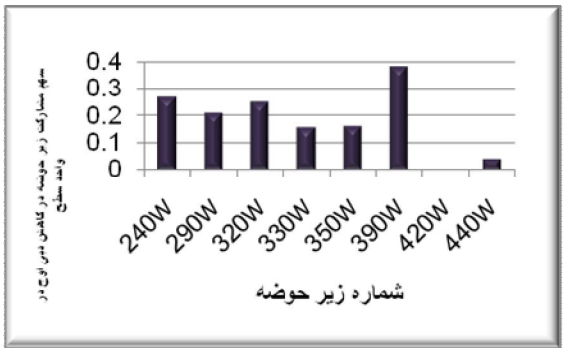
تاکنون مطالعات زیادی در مورد عوامل مؤثر بر سیلاب در یک حوضه آبخیز انجام شده است ولی بررسی اینگونه عوامل بیشتر بصورتی کیفی مطرح شده و از آن گذشته عوامل مورد نظر بصورت یکپارچه بررسی شده است. لذا ضمن اینکه نقاط خطرساز در داخل حوضه مشخص نمی شود بالطبع عواملی که در ایجاد این مناطق مؤثر بوده و یا نسبت به سایر عوامل تاثیر بیشتری در بروز سیل در خروجی کل حوضه داشته اند، تعیین نمی شود. با توجه به نتایج این تحقیق در شکل (13) تصویر دو منطقه پر خطر و دو منطقه ای که از نظر پتانسیل سیل خیزی دارای خطر کمتری

پژوهشهای دانش زمین، سال سوم، شماره 9 ، بهار 1391، صفحات 14- 25

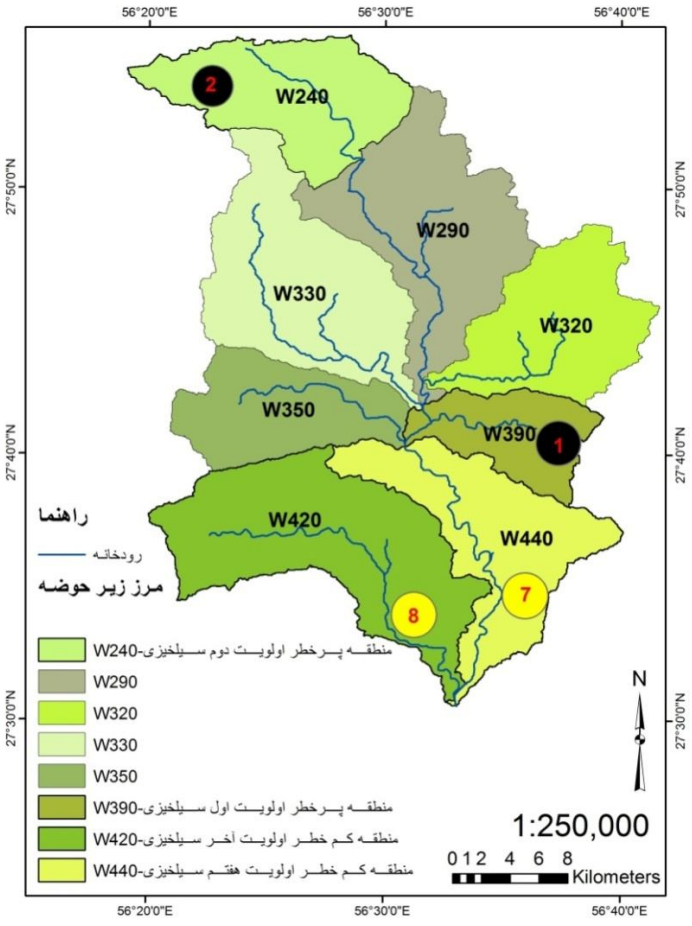
هستند و در اولویت آخر قرار می گیرند نشان داده شده است.



شکل 11 : مقایسه دبی اوج خروجی زیر حوضه ها در رویداد 88/1/10



شکل 12 : مقایسه مشارکت زیرحوضه ها در دبی اوج خروجی کل حوضه به ازای واحد سطح در رویداد 88/1/10



شکل 13 : نقشه اولویت های اول و آخر زیرحوضه های جاماش از نظر سیل خیزی

نتایج این پژوهش نشان می دهند که با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدلهای هیدرولوژیک، می توان اثر متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی را بر پتانسیل سیل خیزی حوضه های آبخیز مورد بررسی قرار داد و با در نظر گرفتن همزمانی دبی اوج زیرحوضه ها و نقش روندیابی سیل در رودخانه ها، اولویت بندی سیل خیزی زیرحوضه ها را به نحو مطلوب انجام داد. نتایج نشان دادند که لزوماً زیرحوضه ای که مساحت بزرگتر و یا دبی اوج بیشتری داشته باشد، در سیل خروجی کل حوضه تاثیر بیشتری ندارد بلکه اثر متقابل عوامل موثر مانند موقعیت مکانی زیرحوضه ها و نقش روندیابی در رودخانه اصلی و نقش شاخص های مورفومتری کانال رود نیز میتواند نقش مهمی داشته باشد. از نتایج حاصل از این مقاله میتوان در برنامه ریزی عملیات کنترل سیلاب از نوع سازه های کوچک و یا تقویت و مدیریت پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود. همچنین در تعیین مکان نصب ادوات اندازه گیری و هشدار سیل در زیرحوضه های سیل خیز، می توان از نتایج پژوهش بهره برد.

منابع:

- ثقفیان، ب.، و فرازجو، ح.، 1386. تعیین مناطق مولد سیل و اولویت بندی سیل خیزی واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد گلستان، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال اول. شماره 1. ص 1-11.

- چیداز، آ. ، محسنی ساروی، م. ، و وفاخواه، م.، 1388. ارزیابی مدل HEC-HMS به منظور برآورد هیدروگراف سیلاب در حوضه آبخیز کسیلیان، مجله پژوهش های آبخیزداری، شماره 84، ص 71-59.

- خسروشاهی، م. ، و ثقفیان، ب.، 1382. بررسی نقش مشارکت زیرحوضه های آبخیز در شدت سیل خیزی حوضه، مجله پژوهش و سازندگی، شماره 59، ص 75-67.

- عباسی، م.، خیرخواه، م.، حسینی، م.، محسنی، م.، روغنی، م.، و قرمزچشمه، ب.، 1388. ارزیابی اقدامات فنی آبخیزداری به‌کمک مدل HEC-HMS (مطالعه موردی حوضه کن استان تهران)، گزارش طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، 136 ص.

- علیزاده، ا.، 1390. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، 912 ص.

- مهدوی، م.، 1388. هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، جلد2، 439ص.

-Foody, g.m., ghoneim. E.m., and arnell. W.n., 2004. Predicting location sensitive to flash flooding in arid environment, journal of hydrology, v. 292, p. 48-58

-Hassanzadeh, y., and alami, m.t., 2005. An investigation of reasons for the occurance of golestan flood and the methods of its preventation, in, proceedings of the international conference on geohazards, natural disasters and methods of confronting with them , Tabriz, iran, sep.27-29, p.39-40.

- USACE., 2010. HEC-HMS Technical Manual, Hydrologic ENGINEERING Center. Davis, CA, 318 P