



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲

صفحه‌های ۱۲-۱

بررسی شدت سیل خیزی زیر حوضه‌های کارون و عوامل مؤثر بر آن در شبیه‌سازی مدیریت یکپارچه و نیمه‌توزیعی سیلاب

فاطمه کاراندیش^{۱*}، کیومرث ابراهیمی^۲، جهانگیر پرهمت^۳

۱. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲. دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

۳. استادیار مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۹/۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱/۲۹

چکیده

روند رو به افزایش سیل در بسیاری از مناطق جهان و خسارت‌های ناشی از آن، لزوم چاره‌اندیشی و مقابله با این پدیده طبیعی را آشکار می‌کند. سیل پدیده‌ای طبیعی است و تغییر پارامترهای جوی نیز امکان‌پذیر نیست، اما بررسی شدت سیل خیزی زیر حوضه‌های یک حوضه آبریز و تعیین نواحی مستعدتر از نظر تولید سیل و عوامل تأثیرگذار بر شدت سیل تولیدشده، راهکاری مناسب و مؤثر در کنترل شدت زیان‌ها خواهد بود. در مقاله حاضر، ضمن واسنجی و صحت‌سنجی مدل HEC-HMS و مقایسه رفتار حوضه کارون تا خروجی پل شالو در دو شبیه‌سازی یکپارچه و نیمه‌توزیعی هیدروگراف سیل، شدت سیل خیزی زیر حوضه‌ها و تأثیر عوامل فیزیکی بر هیدروگراف سیل بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که اختلاف هیدروگراف‌های محاسبه‌شده با روش یکپارچه و نیمه‌توزیعی، بسیار ناچیز است و بنابراین در صورت نبود داده‌های مشاهده‌ای کافی، می‌توان به‌جای شبیه‌سازی به‌روش نیمه‌توزیعی، از روش یکپارچه استفاده کرد. همچنین نتایج این تحقیق حاکی از آن است که شدت سیل خیزی زیر حوضه‌ها لزوماً تابع مساحت آنها نیست و عوامل دیگری همچون موقعیت زیر حوضه‌ها نسبت به خروجی و سایر عوامل فیزیکی و اقلیمی نیز در قابلیت تولید دبی زیر حوضه‌ها مؤثر است. بر اساس نتایج اولویت‌بندی شدت سیل خیزی زیر حوضه‌های منطقه مورد بررسی، از نظر سهم مشارکت در دبی خروجی، زیر حوضه‌های بارز و دزک‌آباد و از نظر سهم مشارکت زیر حوضه‌ها در واحد سطح، زیر حوضه‌های بارز و سولکان از میان هشت زیر حوضه منتخب در این تحقیق، هر یک به‌ترتیب در رتبه‌های اول و هفتم قرار دارند. همچنین نتایج آنالیز حساسیت مدل بر اساس پنج پارامتر شیب آبراهه اصلی، شماره منحنی، مساحت، ضریب گراولویوس و شیب متوسط حوضه نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل مؤثر بر سیل زیر حوضه‌ها، شماره منحنی بوده است. از این‌رو مدیریت صحیح تغییر کاربری اراضی زیر حوضه‌ها به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار بر شماره منحنی، نقش مؤثری در کنترل شدت سیل تولیدشده در خروجی حوضه خواهد داشت.

کلیدواژه‌ها: اولویت‌بندی، شماره منحنی، ضریب گراولویوس، مدل HEC-HMS، هیدروگراف سیل.

مقدمه

روند رو به افزایش سیل در بسیاری از مناطق جهان و خسارت‌های ناشی از آن، لزوم چاره‌اندیشی برای مقابله با این پدیده طبیعی را آشکار می‌کند. سیل پدیده‌ای طبیعی است و تغییر پارامترهای جوی نیز امکان‌پذیر نیست، اما بررسی شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌های یک حوضه آبریز و تعیین نواحی مستعدتر از نظر تولید سیل و عوامل مؤثر بر شدت سیل تولیدشده، راهکاری مناسب و مؤثر در کنترل حجم خسارت‌ها خواهد بود. تا کنون از روش‌های متعددی برای تعیین مناطق سیل‌خیز در دنیا استفاده شده که از آن میان می‌توان به کاربرد روابط تجربی تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای، همچون استفاده از رابطه کریگر^۱ در ایالات متحده آمریکا و ژاپن (۸، ۲۳)، فرمول فرانکو-رودیه^۲ در برخی کشورهای آفریقایی (۱۳، ۱۵)، فرمول مایر^۳ در اسپانیا (۷)، تحلیل‌های آماری داده‌های سیلاب، تقسیم حوضه به چند زیرحوضه (۲، ۳) و استفاده از داده‌های دورسنجی و GIS اشاره کرد (۶). همچنین تعیین نقش عوامل مؤثر بر شدت سیل تولیدشده یک منطقه همچون شماره منحنی، خصوصیات حوضه آبریز، اطلاعات خاک، توپوگرافی، وضعیت رطوبت خاک، داده‌های بارش و خصوصیات ژئومورفولوژیکی حوضه در برخی تحقیقات بررسی شده است (۶، ۹، ۱۲، ۲۲). برآورد هیدروگراف سیل از راهکارهای مناسب تعیین شدت سیل‌خیزی و عوامل مؤثر بر آن به‌شمار می‌رود. در این راستا مدل‌های هیدرولوژیکی اهمیت زیادی دارند. مدل HEC-HMS نوعی مدل هیدرولوژیکی تک‌واحه بارش-رواناب و دارای سه بخش اصلی شامل مدل حوضه، مدل بارش و شاخص‌های کنترل است. این مدل تا کنون به‌طور گسترده

در تحقیقات منابع آب، زهکشی شهری، پیش‌بینی سیل، تأثیرات آینده شهرسازی، برآورد دبی طراحی سرریز مخازن، کاهش خطرهای سیل و بررسی دشت‌های سیلابی استفاده شده (۱۰) و کارایی آن در تحقیقات زیادی بررسی شده است (۵، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۹).

در یک بررسی، ضمن شبیه‌سازی سیل با استفاده از تلفیق منطق فازی و مدل HEC-HMS در یک حوضه آبریز در بهستان، نقش برجسته توزیع زمانی بارش در نتایج خروجی مشخص شد (۱۶). با اینکه کاربرد داده‌های بارش رادار در شبیه‌سازی سیلاب با استفاده از مدل مذکور در برخی تحقیقات نتایج رضایت‌بخشی نداشته است (۱۹)، نقش مؤثر این داده‌ها در شبیه‌سازی سیلابی در تکزاس در یک تحقیق گزارش شده است (۱۴). در یک پژوهش، اثر کاهش حوضه‌های تأخیری^۴ بر حداکثر جریان آبراه‌ها در یک حوضه آبریز با بیش از ۱۰۰ حوضه تأخیری بررسی شد (۵). نتایج این تحقیق نشان داد که حوضه‌های تأخیری هیچ تأثیری در کاهش حداکثر جریان آبراه‌ها ندارند. همچنین در پژوهشی دیگر، پانگانی^۵ مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل حوضه آبریز را با استفاده از مدل HEC-HMS تعیین و کارایی این مدل را در برآورد مقدار هدررفت آب از حوضه مذکور گزارش کرد (۱۷). در برخی دیگر از تحقیقات نقش مؤثر کاربرد داده‌های مرتبط با GIS در مدل‌های سری HEC گزارش شده است. برای نمونه کاربرد مدل HEC-HMS و برنامه جانبی مرتبط با سیستم اطلاعات جغرافیایی آن (HEC-Geo HMS) در تولید مدل توزیعی بارش-رواناب در نتایج پژوهشی گزارش شده است (۱۱).

از طرف دیگر، نبود اطلاعات کافی در بسیاری از

1. Kriger
2. Franco-roudieh
3. Mayer

4. Multi Detention Basins
5. pangani

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲

اطلاعات مدل

با استفاده از مدل رقومی ارتفاع رادار با پیکسل‌های ۸۵ متر و برنامه‌ی جانیی HEC-Geo HMS، مدل حوضه و خصوصیات فیزیوگرافی آن در محیط GIS پردازش و استخراج شد (شکل ۱-ب). به‌منظور تعیین مقدار متوسط بارش در کل حوضه و هر یک از زیرحوضه‌ها، ضمن ارزیابی روش‌های زمین آماری مختلف شامل میانگین متحرک وزنی با توان ۲ تا ۵، TPSS با توان ۲ تا ۵، کریجینگ و کوکریجینگ، عوامل مؤثر بر افزایش دقت نقشه‌های هم‌باران در محدوده تحقیقات (مانند همگن‌بندی و برون‌یابی) بررسی شد. سپس با استفاده از نقشه‌های هم‌باران تهیه‌شده (از روش کریجینگ) و با لحاظ ایستگاه‌های باران‌سنجی موجود و کمکی، مقادیر متوسط بارش محاسبه و وارد مدل شد. همچنین به‌منظور تعیین الگوی توزیع زمانی بارش، به کمک گراف‌های باران‌نگار ایستگاه‌های چلگرد و یاسوج، هیدروگراف‌های بی‌بعد ۴۸ و ۷۲ ساعته استخراج شد. به‌همین ترتیب با در نظر گرفتن دمای بحرانی ۲/۵ درجه سانتی‌گراد و ضریب درجه‌روز ۳/۲ میلی‌متر بر درجه سانتی‌گراد-روز در محدوده تحقیقات (۴) و محاسبه مقادیر عمق آب معادل برف در محدوده‌های ارتفاعی ۱۰۰ متری در شروع سیلاب‌های مورد نظر، امکان محاسبه عمق رواناب ناشی از ذوب برف برای مدل فراهم شد.

اجرای یکپارچه و نیمه‌توزیعی، واسنجی و صحت‌یابی مدل

در تحقیق حاضر، مدل تک‌واقعه HEC-HMS در دو مرحله اجرا شد. در مرحله اول، کل محدوده تحقیقات، منطقه‌ای واحد در نظر گرفته و داده‌ها به‌صورت متوسط کل به مدل وارد شد. در مرحله دوم، محدوده تحقیقات به هشت زیرحوضه (هشت واحد هیدرولوژیکی) تقسیم و

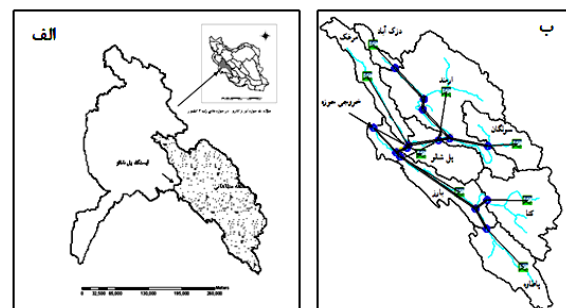
حوضه‌های آبریز کاربرد مدل‌های توزیعی را محدود کرد که در نتیجه آن مقایسه مدل‌های توزیعی و یکپارچه به یکی از مسائل چالش‌برانگیز در تحقیقات تبدیل شده است. برخی از تحقیقات نتایج مشابهی از اجرای هر دو نوع مدل یکپارچه و نیمه‌توزیعی را گزارش کرده‌اند (۲۰).

نظر به اهمیت حوضه آبریز کارون به‌عنوان یکی از حوضه‌های کوهستانی ایران، در مقاله حاضر، ضمن واسنجی و صحت‌یابی مدل HEC-HMS و مقایسه نتایج دو شبیه‌سازی یکپارچه و نیمه‌توزیعی بر هیدروگراف سیل خروجی از حوضه در محل پل شالو، شدت سیل خیزی زیرحوضه‌ها و تأثیر عوامل فیزیکی بر هیدروگراف سیل بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

منطقه مورد بررسی بخشی از حوضه آبریز کارون واقع در جنوب غربی ایران، در محدوده ارتفاعات زاگرس میانی، در بالادست ایستگاه هیدرومتری پل شالو، به مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۵۴ دقیقه و ۲۹ ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۶ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه و ۱۸ ثانیه عرض شمالی است (شکل ۱-الف).



شکل ۱. الف) موقعیت منطقه تحقیق؛ ب) زیرحوضه‌های منطقه

حوضه صورت گرفت. در این مورد دامنه تغییرات شیب ± 50 ، شماره منحنی ± 10 ، ضریب گراولیوس ± 20 و مساحت ± 60 در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

روند تغییرات پارامترهای زمان تأخیر، تلفات اولیه و شماره منحنی، حین واسنجی و برای هر یک از زیرحوضه‌ها در سیلاب‌های ۱۷ تا ۲۲ دی ۱۳۷۱ و ۱۱ تا ۱۶ آذر ۱۳۶۸ در شکل ۲ نمایش داده شده است. مطابق شکل ۲ مقدار تغییرات زمان تأخیر و تلفات اولیه در مجموع بیشتر از شماره منحنی است. در هر یک از زیرحوضه‌ها از تلفیق نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی، نقشه رستری شماره منحنی با پیکسل‌های ۸۵ در ۸۵ متر به دست آمد. بر این اساس، تغییرات محدودتر شماره منحنی نسبت به دو پارامتر دیگر را می‌توان به دقت بیشتر نقشه رستری تهیه‌شده نسبت داد.

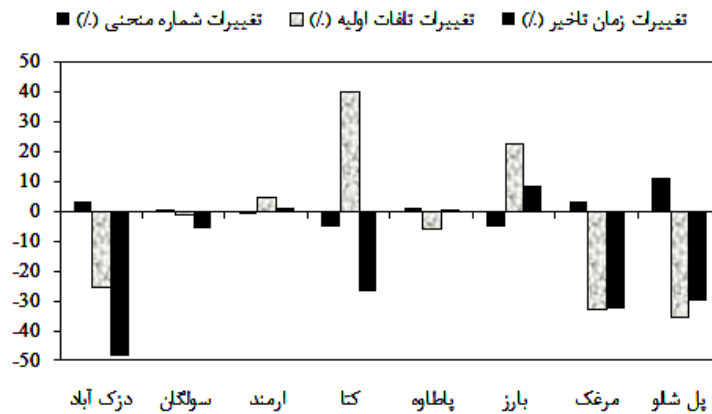
بررسی همزمان تأثیر پارامترهای حوضه بر مقدار تغییرات خصوصیات هیدروگراف سیل حین واسنجی (جدول ۱) حاکی از آن است که در مجموع، افزایش شماره منحنی، سبب افزایش دبی حداکثر لحظه‌ای و عمق متوسط سیل، و کاهش آن موجب کاهش خصوصیات مذکور شده است. این در حالی است که افزایش یا کاهش تلفات اولیه، بر دبی حداکثر لحظه‌ای و عمق متوسط سیل اثر عکس داشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر چه شماره منحنی بیشتر و تلفات اولیه کمتر باشد، عمق متوسط سیل و دبی حداکثر لحظه‌ای بیشتر خواهد شد که دلیلی بر صحت محاسبات است. تأثیر زمان تأخیر بر زمان بروز نقطه اوج هیدروگراف حایز اهمیت است. همان‌طور که از جدول ۱ برمی‌آید، با کاهش زمان تأخیر، لحظه بروز نقطه اوج هیدروگراف زودتر اتفاق می‌افتد.

پارامترهای لازم در هر یک از زیرحوضه‌ها تعیین و مدل برای تولید هیدروگراف سیل ناشی از بارش در خروجی کل حوضه اجرا شد. به منظور افزایش دقت، ابتدا مدل با پارامترهایی که بر اساس داده‌های مشاهده‌ای محاسبه شدند، اجرا شد. سپس با واسنجی پارامترهای شماره منحنی، زمان تأخیر و تلفات اولیه از حوضه که تأثیر بیشتری بر هیدروگراف سیل دارند (۱) اختلاف بین هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و محاسباتی به حداقل رسید. معیار ارزیابی در مقایسه هیدروگراف‌های محاسباتی و مشاهده‌ای نیز سه خصوصیت اصلی هیدروگراف شامل دبی حداکثر لحظه‌ای، عمق متوسط سیل و زمان رسیدن هیدروگراف به نقطه اوج در نظر گرفته شد. پس از واسنجی مدل، صحت‌سنجی بر اساس سیل فروردین ۱۳۷۷ صورت پذیرفت و در نهایت خصوصیات هیدروگراف در دو مرحله اجرای یکپارچه و نیمه‌توزیعی مقایسه شد.

تعیین شدت سیل خیزی و آنالیز حساسیت

به منظور بررسی شدت سیل خیزی زیرحوضه‌ها، پس از واسنجی مدل HEC-HMS با استفاده از واقعه سیل ۲۶ تا ۲۸ اسفند ۱۳۷۶، اولویت‌بندی شدت سیل خیزی زیرحوضه‌ها بر اساس سهم مشارکت در دبی خروجی و سهم مشارکت به ازای واحد سطح صورت گرفت. بدین منظور ابتدا با استفاده از داده‌های مورد نیاز مدل، یک بار دبی خروجی حوضه با مشارکت همه زیرحوضه‌ها برآورد شد و در ادامه در هر بار اجرای مدل یکی از زیرحوضه‌ها حذف و مقدار دبی در خروجی محدوده تحقیقات محاسبه شد. علاوه بر آن به منظور بررسی عوامل مؤثر بر شدت سیل خیزی زیرحوضه‌ها، آنالیز حساسیت مدل برای پنج پارامتر فیزیکی حوضه شامل شماره منحنی، ضریب گراولیوس، شیب آبراهه اصلی، مساحت و شیب متوسط

بررسی شدت سیل خیزی زیرحوضه‌های کارون و عوامل مؤثر بر آن در شبیه‌سازی مدیریت یکپارچه و نیمه‌توزیعی سیلاب

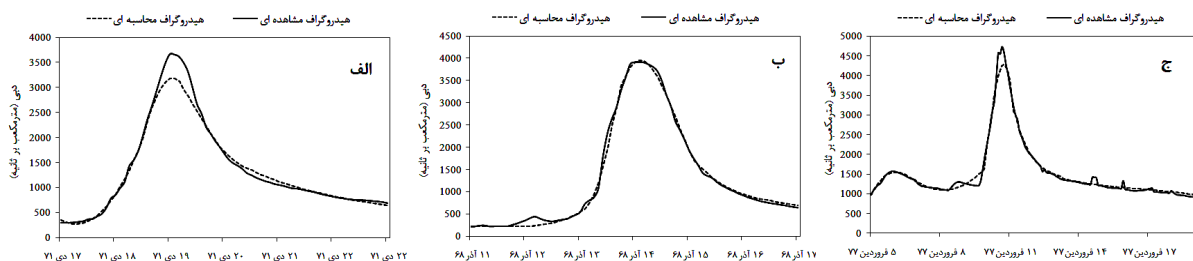


شکل ۲. متوسط درصد تغییرات پارامترهای حوضه حین واسنجی

جدول ۱. متوسط تغییرات خصوصیات هیدروگراف‌های سیل ۱۷ تا ۲۲ دی ۱۳۷۱ و ۱۱ تا ۱۶ آذر ۱۳۶۸ حین واسنجی

ایستگاه هیدرومتری	دزک	سولکان	ارمند	کتا	پاتاوه	بارز	مرغک	پل شالو
متوسط تغییرات دبی شبیه‌سازی شده	۶/۲	۱۷/۹	-۱/۷	۴/۴	۳/۷	-۴/۰	۱/۴	۳۳/۴
متوسط تغییرات عمق شبیه‌سازی شده	-۲/۵	۱۴/۸	-۱۳/۸	۲/۶	-۱۲/۵	-۳/۵	۰/۴	۱۹/۸
متوسط تغییرات زمان اوج هیدروگراف	-۷/۳	-۱۳/۳	۸/۳	-۱/۰	-۸/۳	-۱/۰	-۰/۷	-۱۴/۶

مقدار منفی نشان‌دهنده کاهش پارامتر و مقدار مثبت نشان‌دهنده افزایش آن بعد از واسنجی است.



شکل ۳. هیدروگراف محاسبه‌ای و مشاهده‌ای تاریخ‌های الف) ۱۷ تا ۲۲ دی ۱۳۷۱؛ ب) ۱۱ تا ۱۶ آذر ۱۳۶۸؛ ج) ۵ تا ۱۸

فروردین ۱۳۷۷

به‌دست آمده بعد از واسنجی حاکی از آن است که اختلاف هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای در مورد هر سه پارامتر دبی، عمق و زمان اوج هیدروگراف کمتر از ۵ درصد است. به این ترتیب مقادیر واسنجی شده شماره منحنی، تلفات اولیه و زمان تأخیر در محدوده تحقیق مورد قبول است و می‌توان آنها را برای استفاده در سایر تحقیقات نیز توصیه کرد.

به‌منظور بررسی صحت عملیات واسنجی پارامترها، سیلاب ناشی از بارش ۵ تا ۱۰ فروردین ۱۳۷۷ که در فاصله زمانی ۵ تا ۱۸ فروردین ۱۳۷۷ در خروجی پل شالو مشاهده و ثبت شده است، با استفاده از پارامترهای واسنجی شده شبیه‌سازی شد. هیدروگراف سیل مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل HEC-HMS در شکل ۳ نشان داده شده است. خصوصیات هیدروگراف‌های

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲

روش یکپارچه، در ظاهر تناسب بیشتری با هیدروگراف مشاهده‌ای دارد. در نتیجه می‌توان پذیرفت که شبیه‌سازی سیل در حالت یکپارچه در این منطقه از دقت کافی برخوردار است و در صورت کمبود داده‌های مشاهده‌ای برای شبیه‌سازی نیمه‌توزیعی، می‌توان از روش یکپارچه استفاده کرد. نورداستروم^۲ (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی در تحقیق خود گزارش کرده است. وی در سه حوضه آبریز در تکراس با برقراری ارتباط بین مدل HEC-HMS و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به شبیه‌سازی سیل با استفاده از دو روش توزیعی و یکپارچه پرداخت و نتایجی همانند یافته‌های مقاله حاضر گزارش کرد که بر اساس آن، شبیه‌سازی توزیعی تغییر محسوسی در هیدروگراف شبیه‌سازی شده ایجاد نمی‌کند، بلکه حتی در روش یکپارچه، زمانی که کل حوضه به صورت یک واحد هیدرولوژیکی در نظر گرفته شود، نتایج بهتری به دست می‌آید.

به منظور تعیین شدت سیل خیزی زیرحوضه‌ها، با اجرای مدل بر اساس روش SCS برای سیل ۲۶ تا ۲۸ اسفند ۱۳۷۶، مقدار دبی سیل زیرحوضه‌ها مطابق جدول ۳ برآورد شد. همان گونه که از جدول ۳ مشخص است، بیشترین و کمترین دبی تولیدشده به ترتیب در زیرحوضه‌های بارز با دبی ۲۳۴۰ مترمکعب بر ثانیه و مساحت ۲۲۴۳/۳ کیلومتر مربع و دزک‌آباد با دبی ۳۹۶ مترمکعب بر ثانیه و مساحت ۶۰۹ کیلومتر مربع است. شکل ۵ حد مشارکت زیرحوضه‌ها بر حسب درصد و به‌ازای واحد سطح در تولید کل سیل را نشان می‌دهد. بررسی نتایج جدول ۳ و شکل ۵ گواه این مطلب است که مقدار دبی زیرحوضه‌ها

پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل، سیل ۲۶ تا ۲۸ اسفند ۱۳۷۶ به‌عنوان یکی از سیل‌های مهم حوضه کارون، برای ارزیابی اجرای یکپارچه و نیمه‌توزیعی مدل HEC_HMS در خروجی پل‌شالو انتخاب شد. مقایسه هیدروگراف‌های به‌دست‌آمده و بررسی خصوصیات آنها در هر دو حالت یکپارچه و نیمه‌توزیعی (شکل ۴ و جدول ۲) نشان داد که مدل مذکور توانایی زیادی برای شبیه‌سازی سیل در حوضه کارون دارد. چرا که اختلاف هیدروگراف‌های نیمه‌توزیعی و یکپارچه شبیه‌سازی شده در ایستگاه پل‌شالو بسیار ناچیز است و تفاوت بیشتر در پارامتر زمان رسیدن هیدروگراف به اوج به چشم می‌خورد. روش یکپارچه زمان رسیدن هیدروگراف به دبی اوج را یک ساعت زودتر، و روش توزیعی آن را یک ساعت دیرتر برآورد کرده است، در حالی که حجم سیلاب و نقطه اوج هیدروگراف در روش توزیعی، کمی بیشتر برآورد شده است. این نتایج مشابه نتایج پژوهش پاودل^۱ و همکاران (۲۰۰۹) است. در تحقیق آنان تلفات حوضه به دو روش توزیعی و یکپارچه با استفاده از مدل HEC-HMS محاسبه شده و نتایج شبیه‌سازی حاکی از مقادیر بیشتر حجم سیلاب برآوردشده و نقطه اوج هیدروگراف است. با وجود تفاوت‌هایی در ورود اطلاعاتی مثل بارش و شرایط رطوبتی پیشین و خصوصیات فیزیوگرافی در دو حالت یکپارچه و توزیعی، با بررسی هیدروگراف‌های سیل شبیه‌سازی شده، مشاهده می‌شود که اختلاف سه پارامتر دبی اوج هیدروگراف، زمان رسیدن هیدروگراف به دبی اوج و حجم هیدروگراف بین دو هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده معقول است و هیدروگراف به‌دست‌آمده با

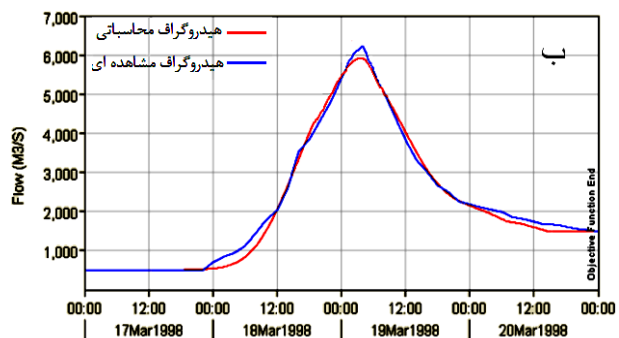
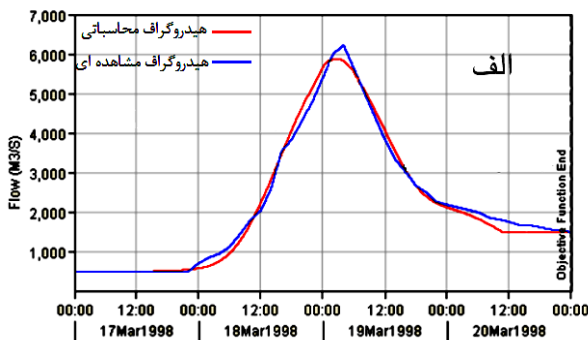
2 . Nordstrom

1 . Paudel

بررسی شدت سیل خیزی زیرحوضه‌های کارون و عوامل مؤثر بر آن در شبیه‌سازی مدیریت یکپارچه و نیمه‌توزیعی سیلاب

شالو به خروجی حوضه (شکل ۱-ب)، از نظر سهم، این زیرحوضه در تولید دبی خروجی در رتبه ششم قرار دارد. این مسئله ممکن است به دلیل همزمان نبودن دبی اوج این زیرحوضه با سایر زیرحوضه‌ها در خروجی حوضه باشد که سبب شده مشارکت نهایی آن در دبی اوج کل حوضه شایان توجه نباشد. بنابراین نتایج ارائه شده در جدول ۳ و شکل ۵، منعکس‌کننده تأثیرات متقابل مساحت، موقعیت زیرحوضه و خصوصیات فیزیکی آن در دبی اوج کل است. خسروشاهی و همکاران (۱۳۸۱) نیز در بررسی شدت سیل خیزی زیرحوضه‌های دماوند، غیرخطی بودن تأثیر هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها در دبی خروجی کل حوضه را گزارش کرده‌اند.

الزاماً تابع مساحت آنها نیست و عوامل دیگری همچون موقعیت زیرحوضه‌ها نسبت به خروجی و سایر عوامل فیزیکی و اقلیمی نیز در قابلیت دبی زیرحوضه‌ها مؤثر است. به عبارت دیگر می‌توان ادعا کرد تأثیر هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها در دبی خروجی کل حوضه، رفتاری غیرخطی داشته است، به نحوی که زیرحوضه وسیع‌تر یا حتی دبی بیشتر، الزاماً به ایجاد دبی بیشتر در خروجی کل حوضه نمی‌انجامد. برای مثال زیرحوضه ارمند با مساحت ۷۲۵۴ کیلومتر مربع و دبی بیشتر (۲۱۰۲ مترمکعب بر ثانیه) سهم کمتری در مقدار دبی خروجی حوضه در مقایسه با زیرحوضه مرغک با مساحت ۲۱۷۳ کیلومتر مربع و دبی کمتر (۱۴۸۰ مترمکعب بر ثانیه) داشته است. به علاوه ملاحظه می‌شود که با وجود موقعیت نزدیک زیرحوضه



شکل ۴. هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسباتی در خروجی پل شالو به روش الف) یکپارچه، ب) نیمه‌توزیعی

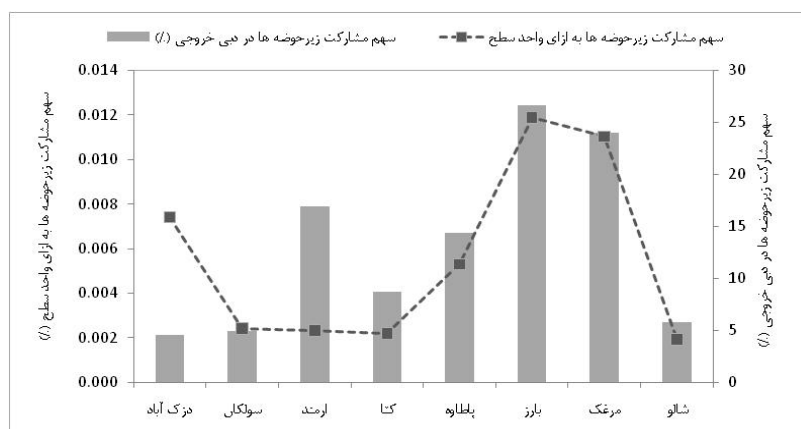
جدول ۲. مقایسه خصوصیات هیدروگراف سیل ۲۶ تا ۲۸ اسفند ۷۶ در دو حالت یکپارچه و نیمه‌توزیعی

پارامترهای حوضه	دبی حداکثر لحظه‌ای	عمق متوسط سیل	زمان رسیدن هیدروگراف به اوج
حالت یکپارچه	۵۹۰۰	۳۱/۵	۱۹ مارس ۱۹۹۸ ساعت ۰۲:۵۰
حالت توزیعی	۵۹۸۰	۳۱/۷	۱۹ مارس ۱۹۹۸ ساعت ۰۵:۰۴
درصد تغییرات*	۱/۴	۰/۶	۸/۳

* درصد تغییرات نسبت به حالت یکپارچه بیان شده است

جدول ۳. خصوصیات زیرحوضه‌ها و اولویت‌بندی آنها در تولید سیل کل حوضه

نام زیرحوضه	مساحت km ²	دبی زیرحوضه	دبی خروجی باحذف زیرحوضه	مقدار کاهش در خروجی	کاهش خروجی ٪	اولویت‌بندی بر اساس خروجی	دبی ویژه m ³ /s/ km ²	اولویت‌بندی بر اساس ویژه	کاهش در واحد سطح زیرحوضه		اولویت‌بندی در واحد سطح
									٪	٪	
دزک آباد	۶۰۹	۳۹۶	۵۶۳۳/۵	۲۶۶/۵	۴/۵	۸	۰/۶۵	۲	۰/۰۰۷۴	۲	
سولکان	۲۰۳۵/۴	۴۳۱	۵۶۱۰/۰	۲۹۰/۰	۴/۹	۷	۰/۲۱	۸	۰/۰۰۲۴	۵	
ارمند	۷۲۵۴/۵	۲۱۰۲	۴۹۰۴/۱	۹۹۵/۹	۱۶/۹	۳	۰/۲۹	۵	۰/۰۰۲۳	۶	
کنا	۳۹۵۱/۳	۱۲۵۸	۵۰۵۳/۵	۵۱۲/۱	۸/۷	۵	۰/۳۲	۴	۰/۰۰۲۲	۷	
پاٹاوه	۲۷۰۴/۳	۷۶۱	۵۳۸۷/۹	۸۴۶/۵	۱۴/۳	۴	۰/۲۸	۶	۰/۰۰۵۳	۴	
بارز	۲۲۴۳/۴	۲۳۴۰	۴۳۲۵/۴	۱۵۷۴/۶	۲۶/۷	۱	۱/۰۴	۱	۰/۰۱۱۹	۱	
مرغک	۲۱۷۳/۶	۱۴۸۰	۴۴۸۵/۶	۱۴۱۴/۴	۲۴/۰	۲	۰/۶۸	۲	۰/۰۱۱۰	۲	
شالو	۳۰۱۹/۸	۸۰۰	۵۵۵۷/۸	۳۴۲/۲	۵/۸	۶	۰/۲۶	۷	۰/۰۰۱۹	۸	
کل حوضه	۲۳۹۹۱/۳	۵۹۰۰	-	-	-	-	۰/۲۵	-	-	-	



شکل ۵. اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر تأثیر در سیل خروجی حوضه

گرفت. نتایج تحلیل حساسیت دبی خروجی حوضه به عامل شیب متوسط زیرحوضه و شیب متوسط آبراهه، حاکی از آن است که علی‌رغم تغییر هم‌جهت مقدار دبی خروجی حوضه در مقابل تغییرات شیب در تمام زیرحوضه‌ها به جز زیرحوضه شالو، تغییر شیب در

به‌منظور تعیین مهم‌ترین عامل فیزیکی در تولید رواناب زیرحوضه‌های محدوده تحقیق، تحلیل حساسیت دبی خروجی حوضه در مقابل پنج پارامتر شیب متوسط زیرحوضه، شیب متوسط آبراهه اصلی زیرحوضه، شماره منحنی، ضریب گراولوس و مساحت زیرحوضه‌ها انجام

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲

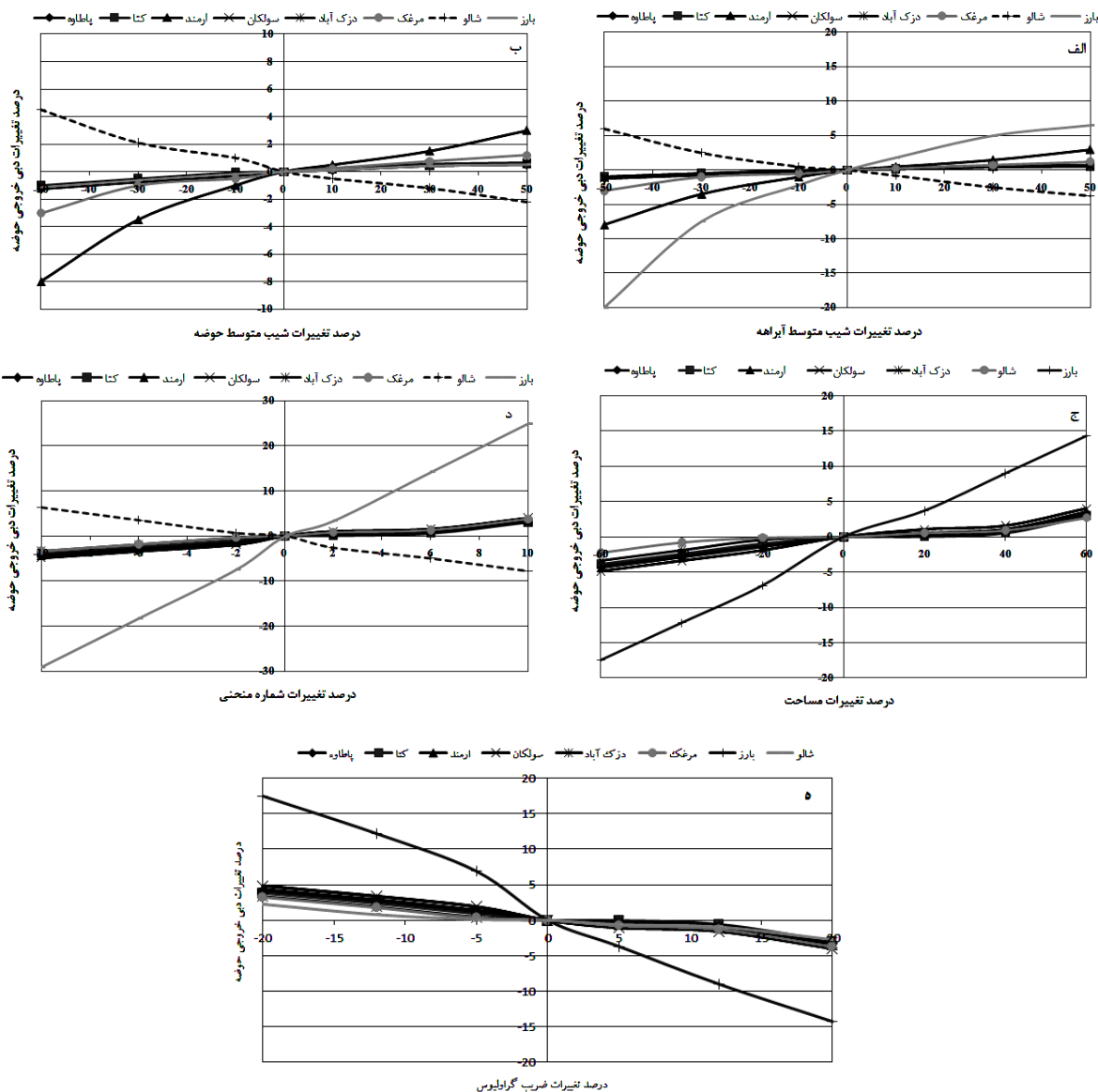
تولیدشده در خروجی حوضه کاهش می‌یابد (شکل ۶-ه). با وجود این، تأثیر ضریب گراولیوس در سیل تولیدشده بیشتر از تأثیر مساحت به‌تنهایی بوده است. همچنین موقعیت حوضه نسبت به خروجی نیز نقش این پارامتر در تولید سیل را تحت تأثیر خود قرار داده است. بررسی نتایج نشان داد که تغییر ضریب گراولیوس در زیرحوضه بارز سهم بزرگ‌تری در مقدار تغییرات دبی خروجی از حوضه در مقایسه با دیگر زیرحوضه‌ها داشته است.

حساسیت دبی خروجی حوضه به تغییرات مقدار شماره منحنی در زیرحوضه بارز بیشتر از سایر زیرحوضه‌ها بوده است (شکل ۶-د). همچنین بررسی همزمان تحلیل حساسیت دبی خروجی به تغییرات عوامل فیزیکی شیب متوسط زیرحوضه، شیب آبراهه، مساحت و شماره منحنی زیرحوضه‌ها (شکل ۶) نشان می‌دهد که دامنه تغییرات دبی خروجی حوضه در مقابل تغییرات شماره منحنی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. این دامنه در زیرحوضه بارز که بیشترین سهم را در تولید رواناب خروجی حوضه داشته است، بین ۲۹- تا ۲۵ درصد قرار داشته که در حد شایان توجهی بیشتر از تغییرات دبی به ازای سایر عوامل بررسی شده در زیرحوضه مذکور است. به این ترتیب می‌توان گفت مهم‌ترین عامل در شدت سیل خیزی زیرحوضه کتا در محدوده تحقیق، عامل شماره منحنی است. از این رو تغییر کاربری اراضی در زیرحوضه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر مقدار شماره منحنی، نقش مهمی در کنترل شدت سیل تولیدشده در خروجی حوضه خواهد داشت. بر این اساس، جلوگیری از تغییر کاربری اراضی در مقایسه با هزینه‌های زیاد اصلاح شیب آبراهه‌های فرعی و اصلی و شیب متوسط زیرحوضه‌ها، مقرون‌به‌صرفه خواهد بود. نتایج تحلیل حساسیت دبی خروجی به پارامترهای منتخب با نتایج تحقیق خسروشاهی و همکاران (۱۳۸۱) مطابقت دارد.

زیرحوضه‌ها تأثیرات متفاوتی بر تغییرات دبی آنها داشته است (شکل ۶-الف و ب). بیشترین حساسیت دبی خروجی به عامل شیب در زیر حوضه بارز مشاهده شد. شکل ۶-الف و ب نشان می‌دهد که زیرحوضه شالو بر خلاف سایر زیرحوضه‌ها عمل کرده و افزایش شیب در آن، موجب کاهش دبی خروجی حوضه شده است. با توجه به موقعیت زیرحوضه شالو به‌عنوان نزدیک‌ترین زیرحوضه به خروجی حوضه، می‌توان گفت کاهش شیب متوسط زیرحوضه و آبراهه، سبب شده زمان تخلیه رواناب زیرحوضه افزایش یابد و رواناب زیرحوضه مذکور همزمان با رواناب سایر زیرحوضه‌ها به خروجی حوضه برسد و موجب افزایش دبی اوج در خروجی حوضه شود؛ در حالی که افزایش شیب آن سبب تخلیه سریع‌تر رواناب تولیدشده از منطقه و بی‌تأثیر بودن آن در مقدار دبی اوج در خروجی حوضه شده است.

تحلیل حساسیت دبی خروجی حوضه به تغییر مساحت زیرحوضه‌ها نیز نشان داد که شدت سیل تولیدشده تابع مستقیم شدت مساحت زیرحوضه‌ها نیست (شکل ۶-ج). توزیع غیریکنواخت بارش‌های شدید در تمام سطح زیرحوضه و تأثیر بیشتر روندیابی سیل در مساحت‌های بزرگ‌تر، به رفتار غیرخطی زیرحوضه‌ها در تولید سیل خروجی در مقابل تغییر مساحت منجر می‌شود. به‌عبارت دیگر می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سطح زیرحوضه، اهمیت ذخیره آبراهه‌ای بیشتر مشهود می‌شود. بر اساس شکل ۶-ج، بیشترین حساسیت دبی خروجی حوضه به تغییر مساحت در زیرحوضه بارز بوده است. همچنین بررسی روند تغییرات دبی خروجی حوضه در مقابل پارامتر ضریب گراولیوس به‌عنوان ضریب کشیدگی حوضه نشان داد که در مجموع، هرچه ضریب کشیدگی در یک زیرحوضه بیشتر و در نتیجه ضریب گراولیوس آن بزرگ‌تر شود، سهم مشارکت آنها در حداکثر سیل

فاطمه کاراندیش، کیورث ابراهیمی، جهانگیر پرهت



شکل ۶. نتایج آنالیز حساسیت دبی خروجی حوضه در مقابل تغییرات الف) شیب متوسط آبراهه؛ ب) شیب متوسط حوضه؛ ج) مساحت؛ د) شماره منحنی زیرحوضه‌ها؛ ه) ضریب گراولوس

نتیجه گیری

اختلاف هیدروگراف‌های محاسبه شده با روش یکپارچه و نیمه توزیعی بسیار ناچیز است و بین مقادیر عمق متوسط سیل، دبی اوج و زمان رسیدن به اوج در این دو شیوه شبیه سازی به ترتیب $0/6$ ، $1/4$ و $8/3$ درصد اختلاف وجود دارد. از این رو می توان در صورت نبود داده های مشاهده ای کافی برای شبیه سازی به روش نیمه توزیعی، از روش

در این مقاله، ضمن واسنجی و صحت سنجی مدل HEC-HMS و مقایسه رفتار حوضه کارون تا خروجی پل شالو در دو شبیه سازی یکپارچه و نیمه توزیعی هیدروگراف سیل، شدت سیل خیزی زیرحوضه ها و تأثیر عوامل فیزیکی مؤثر بر هیدروگراف سیل بررسی شد. نتایج نشان داد که

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۳ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲

۳. قائمی، ه.؛ مرید س (۱۳۷۵). «مدل سیل خیزی زیرحوضه‌های کرخه»، مجله نیوار، شماره ۳۰. انتشارات سازمان هواشناسی کشور.
۴. کاراندیش، ف.؛ ابراهیمی، ک.؛ پرهمت ج (۱۳۸۷). واسنجی پارامترهای ذوب برف در حوضه کارون، پل شالو. دومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه های آبی. وزارت نیرو، تهران.

5. Emerson H, Welty C, Traver RG (2003) Application of HEC-HMS to Model the Additive Effects of Multiple Detention Basins Over a Range of Measured Storm Volumes, World Water and Environment Resource Congress and Related Symposia. Available at <http://www.worldcat.org/title/world-water-congress-2003-world-water-environmental-resources-congress-2003-and-related-symposia/oclc/65287603>.
6. Francise NC, Rego FC, Gracasaraiva MD and Ramos I (1998) Coupling GIS with hydrologic and hydraulic flood modeling management. Water resources management. 12: 229-249.
7. Garcia JD (1988) Basic criteria for sizing large dam spillways. ICOLD 16th Congress. ICOLD, Paris.
8. Grippen JR (1982) Envelope curves for extreme flood events. ASCE. 108:1208-1212.
9. Hawkins RH (1997) Runoff curve number with varying site moisture. Journal of irrigation and drainage division. 104: 389-398.
10. HEC (2008) HEC HMS Users Manual Version 3.3. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. 149p.
11. Johnson CA, Yange AC, Nixon KR and Legates DR (2001) The Use of HEC-Geo HMS and HEC-HMS To Perform Grid-Based Hydrologic Analysis of a Watershed, Dodson and Associates, INC-Hovston, Texas, USA. Pp:4.

یکپارچه استفاده کرد. بر اساس نتایج اولویت‌بندی شدت سیل خیزی زیرحوضه‌های محدوده تحقیقات، از نظر سهم مشارکت زیرحوضه‌ها در دبی خروجی، زیرحوضه‌های بارز و دزک‌آباد و از نظر سهم مشارکت زیرحوضه‌ها در واحد سطح، زیرحوضه‌های بارز و سولکان به ترتیب در رتبه‌های اول و هفتم قرار دارند. همچنین نتایج آنالیز حساسیت مدل بر اساس پنج پارامتر شیب آبراهه اصلی، شماره منحنی، ضریب گراولیس، مساحت و شیب متوسط حوضه، حاکی از آن است که مهم‌ترین عامل مؤثر بر سیل خروجی از زیرحوضه‌ها، عامل شماره منحنی بوده است. بر این اساس تغییر کاربری اراضی در زیرحوضه‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر مقدار شماره منحنی، نقش مهمی در کنترل شدت سیل تولیدشده در خروجی حوضه خواهد داشت.

منابع

۱. خسروشاهی، م (۱۳۸۰). تعیین نقش زیر حوضه‌ها در شدت سیل خیزی حوضه، مطالعه موردی: حوضه آبخیز دماوند. دانشگاه تربیت مدرس. تهران. رساله دکتری.
۲. روغنی، م (۱۳۷۶). بررسی تأثیر مکانی مناطق مؤثر در دبی اوج حوضه آبخیز رودک با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل روندیابی رواناب RAFTS. دانشگاه تهران. تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری.

12. Juracek KE (1999) Estimation of potential runoff contributing areas in Kansas using topographic and soil infiltration: U. S. Geological survey water resources investigations report. 99-4242, 29p.
13. Kovacs L (1988) Regional maximum flood peaks in southern Africa. Republic of south Africa, department of water affairs, Director of Hydrology. Technical reports. TR 137. Pretoria, South Africa.
14. Kneble MR, Yange ZL, Hutchison K and Maidment DR (2005) Regional Scale Flood Modeling Using NEXRAD Rainfall, GIS and HEC-HMS/RAS: A Case Study for The San Antonio River Basin, Summer 2002 Storm Event. Journal of Environmental Management. 75: 325-336.
15. Marlin J (1992) Modeling the hydrologic response of extreme flood in Sweden, Nordic Hydrology. 23: 227-244.
16. Maskey Sh, Guinot V and Price RK (2004) Treatment of Precipitation Uncertainty in Rainfall-Runoff Modeling: A Fuzzy Set Approach, Advances in Water Resources. 27: 889-898.
17. Moges SA and Katambara BK (2003) Decision Support System of Estimation of Potential Evapo-Transpiration in Pangani Basin, Physics and Chemistry of The Earth, Parts A/B/C. 28(20-27): 927-934.
18. Nordstrom (2009) Distributed Modeling Using HEC-HMS: A Continuum of Water Droplets Partial Fulfillment of the Requirements for The Degree of Master of Science in Civil Engineering. Texas Tech University.
19. Neary VS, Asce M, Habib E and Fleming M (2004). Hydrologic Modeling With NEXRAD Precipitation in Middle Tennessee. Journal of hydrology engineering. 9(5): 339-349.
20. Onyando JO, Schumann AH and Schultz GA (2003) Simulation of Flood Hydrographs Based on Lumped and Semi-Distributed Models For Two Tropical Catchments in Kenya, Hydrological Sciences Journal, Vol. 78, No. 4, pp. 511-524.
21. Paudel M, Nelson EJ and Scharenberg W (2009) Comparison of Lumped and Quasi distributed Clark Runo Models Using the SCS Curve Number Equation. Journal of Hydrologic Engineering. 14 (10): 1098 – 1106.
22. Singh VP (1997) Kinematic wave modeling in water resources, chapter 18. 1420p.
23. Takebayash S (1992) Inflow design floods for dams in Japan. IntL Symposium on dams and extreme floods, Granada, 16th Sep. ICOLD. Spain.