



دانشگاه گولستان و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و دوم، شماره پنجم، ۱۳۹۴

<http://jwsc.gau.ac.ir>

شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب رودخانه حوضه آتشفشان استان اردبیل با بهره‌گیری از الگوی بارش بهینه

*سجاد میرزائی^۱، مجید رئوف^۲، علی رسول‌زاده^۲ و ساناز پوراسکندر^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشیار گروه مهندسی آب،

دانشگاه محقق اردبیلی، ^۲دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: تخمین رواناب در آبخیزهای بدون آمار همواره مورد توجه هیدرولوژیست‌ها و سازمان‌های مدیریت منابع در برنامه‌ریزی، توسعه و اجرای بسیاری از پروژه‌ها بوده است. هدف از این مطالعه شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب با استفاده از سیستم مدل‌سازی حوضه با بهره‌گیری از الگوی بارش برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش هفت الگوی توزیع زمانی بارش (SCS, WMO, Huff1st, Huff2nd, Huff3rd, Huff4th و منطقه‌ای) به منظور شبیه‌سازی دبی حداکثر لحظه‌ای با مدل‌های بارش - رواناب SCS, CLARK و SNYDER در حوضه آتشفشان استان اردبیل ارزیابی گردید. نقشه حداکثر بارش روزانه با مدل‌های درون‌یابی کریجینگ و کوکریجینگ جهانی هر دو با مدل برازش دایره‌ای، کروی، نمایی، گوسی و نرمال و همچنین روش عکس فاصله وزنی، روش تابع شعاع محور، تخمینگر عام و تخمینگر موضعی درون‌یابی گردید.

یافته‌ها: روش کوکریجینگ جهانی با مدل برازش نرمال، با حداقل خطا نسبت به سایر روش‌ها مناسب‌ترین مدل برای درون‌یابی بارش روزانه انتخاب گردید. الگوی توزیع زمانی بارش ۶ ساعته منطقه‌ای از ۷ واقعه بارش با زمان تداوم ۴/۵-۶/۵ ساعت تهیه گردید. برای حوضه متوسط شماره منحنی ۷۶/۵ به دست آمد. نتایج بیانگر آن بود که الگوی بارش Huff4th با داشتن حداکثر بارش در چارک چهارم دارای بیش‌ترین دبی می‌باشد.

نتیجه‌گیری: بررسی دبی شبیه‌سازی شده با الگوهای متفاوت نشان داد در مدل بارش - رواناب SCS، الگوی بارش WMO و در مدل‌های SNYDER و CLARK الگوی Huff2nd نتایج مطوب‌تری را ارائه می‌دهند. الگوی بارش WMO با مدل بارش - رواناب SCS با داشتن حداقل مقادیر درصد خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا در برآورد حداکثر دبی لحظه‌ای به ترتیب برابر ۷ درصد و ۱/۵۷ مترمکعب بر ثانیه، به‌عنوان مدل پیشنهادی برای حوضه آتشفشان انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: سیستم مدل‌سازی حوضه، زمین‌آمار، SCS، توزیع بارش

* مسئول مکاتبه: sajjadmirzaei2014@gmail.com

مقدمه

شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب و طراحی سازه‌های هیدرولیکی غالباً نیازمند ویژگی‌های باران طرح شامل مقدار، تداوم و توزیع زمانی بارش می‌باشد (26). الگوی توزیع زمانی بارش در واقع نحوه تغییرات شدت بارش در طول مدت بارندگی را معرفی می‌کند. تأثیر خصوصیات بارش به‌ویژه توزیع زمانی بارش و شدت آن بر روی شبیه‌سازی رخداد‌های سیلاب حوضه شناخته شده‌تر است (3, 24). بخش بزرگی از خطاهای شبیه‌سازی مدل‌های بارش-رواناب مربوط به عدم قطعیت‌های الگوی توزیع بارش حوضه می‌باشد (25, 18, 23). مقیاس جهانی سیل و توفان مخرب‌ترین وقایع به‌شمار می‌روند که موجب تلفات بسیار بالایی می‌شود (20). به‌دلیل افزایش سطح شهرنشینی، تعداد افراد در معرض وقایع سیلاب رو به فزونی است (7). به‌طوری‌که براساس آمار ارایه شده توسط مرکز تحقیقات بلایای همه‌گیر¹ (2013)، در ایران طول ۲۷ سال گذشته (۱۹۸۶-۲۰۱۲) در حدود ۶۰ واقعه سیل بزرگ رخ داده است که سبب کشته شدن ۳۲۳۷ نفر و در حدود ۷۶۵۳ میلیون دلار خسارت مالی شده است. با افزایش سیل در مقیاس جهانی، بسیاری از مسایل جهانی از جمله بیماری و فشارهای روانی، مرگ‌ومیر، اختلالات اجتماعی و اقتصادی افزایش می‌یابد (6). به‌ویژه در کشورهای کم درآمد، بخش‌های مرتبط با خدمات بهداشتی و درمانی دچار یک فشار مداوم خواهند شد (1). از این‌رو نگرانی‌های جهانی در مورد افزایش مرگ‌ومیر و ضررهای اقتصادی ناشی از سیلاب افزایش یافته است (5, 22). ایران از نظر سیل‌خیزی رتبه ششم دنیا را به خود اختصاص داده است (14). تا به امروز مدل‌های بارش-رواناب فراوانی با قابلیت‌ها و پیچیدگی‌های متفاوت جهت پیش‌بینی سیلاب ساخته و به‌کار برده

شده‌اند که از میان آن‌ها می‌توان به مدل‌های HEC-1، HEC-HMS و WMS اشاره کرد که این مدل‌ها به‌طور گسترده برای شبیه‌سازی سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طوری‌که پژوهش‌های صدرالاشرفی و همکاران، (2008) در ایران نشان داد که سیستم مدل‌سازی حوضه آبخیز با بهینه کردن پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه، می‌تواند در مقیاس منطقه‌ای برآورد قابل‌قبولی از شبیه‌سازی سیلاب را ارایه دهد (20). لالوزایی و همکاران (2013) با مقایسه روش TR-20 و HEC-1 با استفاده از سیستم مدل‌سازی حوضه نشان داد که مدل HEC-1 در صورت قابل دسترس بودن داده‌های ایستگاه بارش و هیدرومتری برآورد صحیح‌تری از شبیه‌سازی هیدروگراف ارایه می‌دهد (15).

حاتمی (2012)، طی پژوهشی در استان اردبیل در برآورد حداکثر دبی لحظه‌ای سیلاب شهرک صنعتی اردبیل با استفاده از سیستم مدل‌سازی حوضه آبخیز به دو روش SCS و استدلالی توسط الگوی بارش WMO و مقایسه آن‌ها با داده‌های مشاهداتی دریافت که مقادیر سیلاب برآورد شده در مقایسه با حداکثر دبی لحظه‌ای مشاهداتی دارای خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا به‌ترتیب در حدود ۶ درصد و ۰/۷۶ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (10).

کریمی و همکاران (2011)، در پژوهش‌های در حوضه ليقوان (زیر حوضه دریاچه ارومیه) اقدام به شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS کردند در این پژوهش تعدادی واقعه بارش-رواناب استخراج و با روش شبیه‌سازی هیدرولوژیکی SCS براساس سه هیدروگراف مشاهده‌ای سیلاب برآورد و براساس دو هیدروگراف مشاهده‌ای دیگر مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت جهت بررسی و ارزیابی نتایج حاصل از شبیه‌سازی از ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده کردند

1- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CREED)

ایستگاه هیدرومتری می‌باشد از طرف دیگر عموماً حوضه‌های آبخیز فاقد ایستگاه هیدرومتری یا دارای اطلاعات ناکافی بوده و عملاً امکان واسنجی و اعتبارسنجی مدل‌های بارش-رواناب میسر نمی‌باشد. اگرچه استفاده از داده‌های حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه سبب افزایش کارایی و صحت شبیه‌سازی غالب مدل‌های بارش-رواناب می‌شود، اما با توجه به این‌که معمولاً حوضه‌های آبخیز ایران دارای آمار ناقص و یا فقدان آمار می‌باشد امکان بهینه‌سازی مدل‌های بارش-رواناب وجود ندارد. در این مطالعه به‌منظور بررسی کارایی روش‌های شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب، هیدروگراف خروجی (حداکثر دبی لحظه‌ای) روش‌های SCS، SNYDER و CLARK توسط الگوهای بارش Huff1st، SCS، WMO، Huff2nd، Huff3rd، Huff4th و الگوی منطقه‌ای با به‌کارگیری سیستم مدل‌سازی حوضه آبخیز با دبی حداکثر لحظه‌ای مشاهداتی مورد مقایسه قرار گرفت. هدف از این مطالعه بررسی میزان تغییرات دبی سیلاب با تغییر الگوی بارش و تعیین الگوی مناسب بارش از طریق شبیه‌سازی دبی و هیدروگراف سیلاب از بین روش‌های یاد شده با مقایسه داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای مشاهداتی می‌باشد تا بتوان مناسب‌ترین مدل بارش-رواناب و الگوی بارش را برای این منطقه پیشنهاد کرد.

مواد و روش‌ها

حوضه آتشفشان در جنوب غربی شهرستان اردبیل در موقعیت ۴۷ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و از ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. سرشاخه‌های این حوضه از ارتفاعات سبلان در غرب حوضه سرچشمه می‌گیرد. مساحت این حوضه در

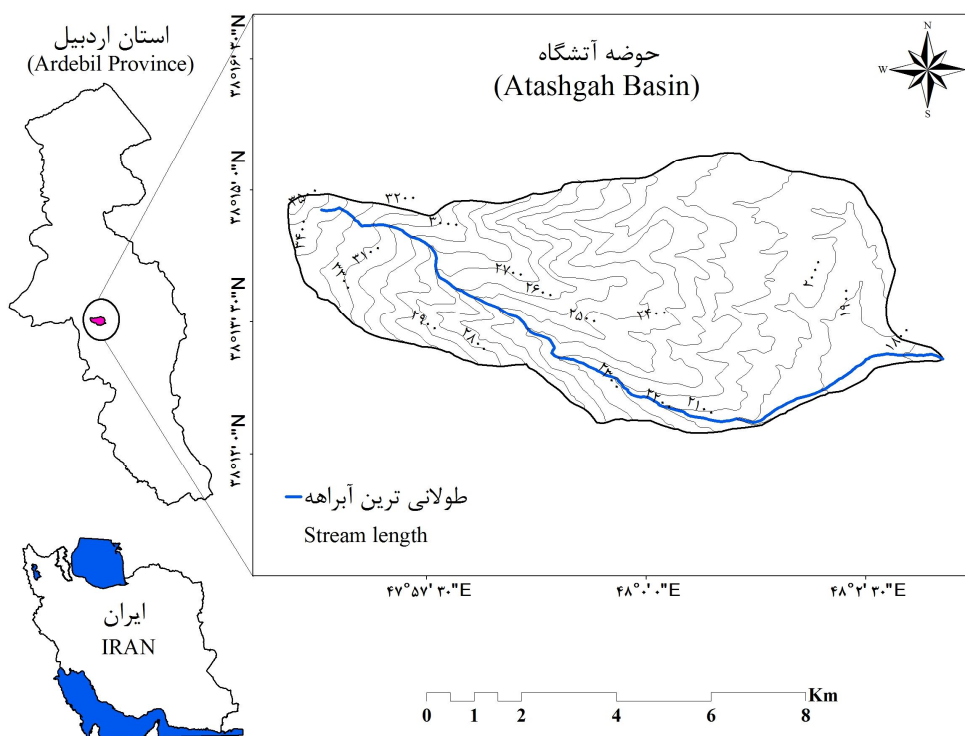
نتایج نشان داد اختلاف پیش‌بینی زمان وقوع حداکثر سیلاب اتفاق افتاده و محاسبه شده توسط مدل کم‌تر از ۱۰ درصد می‌باشد (13). بالستروس و همکاران (2010) به‌منظور بازسازی عدم داده‌های ایستگاه هیدرومتری سیلاب در حوضه آبخیز آلبرچ^۱ در استان آویلا^۲ در کشور اسپانیا اقدام به کالیبره دشت‌های سیلابی ناهموار و بازسازی دبی پایه سیلابی بر اثر قطع درختان به‌وسیله مدل‌های هیدرولیکی کردند نتایج نشان داد که ارتفاع پوسته تنه درختان که کنده شده می‌تواند بهترین معیار برای بازسازی سیلاب در عدم داده‌های ایستگاه هیدرومتری در منطقه مورد مطالعه باشد (4). جهان‌دیده و همکاران (2010)، با استفاده از سیستم مدل‌سازی حوضه و مدل HEC-HMS، پژوهشی را برای پیش‌بینی سیلاب حاصل از بارش در حوضه آبریز قره‌سو انجام دادند آن‌ها برای کالیبره کردن مدل‌ها از سه رگبار مشاهده‌ای در زیرحوضه‌های مورد مطالعه به همراه سه سیل هم‌زمان در خروجی هر زیر حوضه استفاده کردند، نتایج نشان از برازش مناسب دبی اوج هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده داشت (12). اسحق تیموری و همکاران (2009)، از سیستم مدل‌سازی حوضه برای آنالیز حساسیت و تخمین دبی پیک ناشی از آن با توجه به شرایط رطوبتی خاک و زمان تمرکز (به روش SCS) در حوضه آبخیز خیرود واقع در شهرستان نوشهر استان مازندران استفاده کردند نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که شرایط رطوبتی خاک فاکتوری مهم و تأثیرگذار در تخمین دبی پیک می‌باشد (8). معمولاً تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی اعم از ثبات و غیرثبات بیش‌تر از تعداد ایستگاه‌های هیدرومتری می‌باشد و همچنین اکثر حوضه‌های آبخیز فاقد

1- Alberche

2- Avila

دارای مساحت کم‌تر و با توجه به اختلاف ارتفاع ۱۸۴۵ متری، شیب بسیار زیاد می‌باشد. از این‌رو زمان واکنش بارش-رواناب بسیار کوتاه می‌باشد. شکل ۱ موقعیت حوضه آبخیز آتشگاه را نشان می‌دهد.

حدود ۴۰/۵ کیلومترمربع و حداکثر ارتفاع این حوضه ۳۶۱۵ متر در منتهی‌الیه قسمت غربی حوضه و حداقل ارتفاع آن ۱۷۷۰ متر در خروجی حوضه در قسمت شرقی می‌باشد. به دلیل حاکم بودن شرایط کوهستانی در منطقه مورد مطالعه حوضه زهکشی این رودخانه،



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. Location of the study area.

۵۰ و ۱۰۰ سال شبیه‌سازی شد و در مرحله سوم با مقایسه مقادیر دبی شبیه‌سازی شده هر یک از روش‌ها با مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای مشاهداتی به بررسی خطای برآوردی پرداخته شد. در ادامه هر یک از این مراحل به تشریح بیان می‌گردد.

بررسی الگوی توزیع زمانی بارش: جهت تعیین الگوی توزیع بارش منطقه‌ای از سه ایستگاه باران‌نگار استان اردبیل، شامل اردبیل، سرعین و آتشگاه پس از استخراج بارش‌های با تداوم شش ساعته استفاده گردید. عموماً در ایران داده‌های مربوط به ایستگاه‌های

روش پژوهش: این پژوهش شامل سه مرحله بود، در مرحله اول با استفاده از داده‌های ایستگاه باران‌نگار، توزیع الگوی زمانی بارش برای منطقه به‌دست آمد. سپس داده‌های ایستگاه هیدرومتری با هفت تابع توزیع پیرسون، لوگ پیرسون ۳ پارامتره، نرمال، لوگ نرمال، گمبل، گاما و لوگ نرمال ۳ پارامتری مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله دوم با استفاده از روش‌های اشنایدر، کلارک و SCS با سیستم مدل‌سازی حوضه آبخیز هیدروگراف سیلاب (حداکثر دبی لحظه‌ای) برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵،

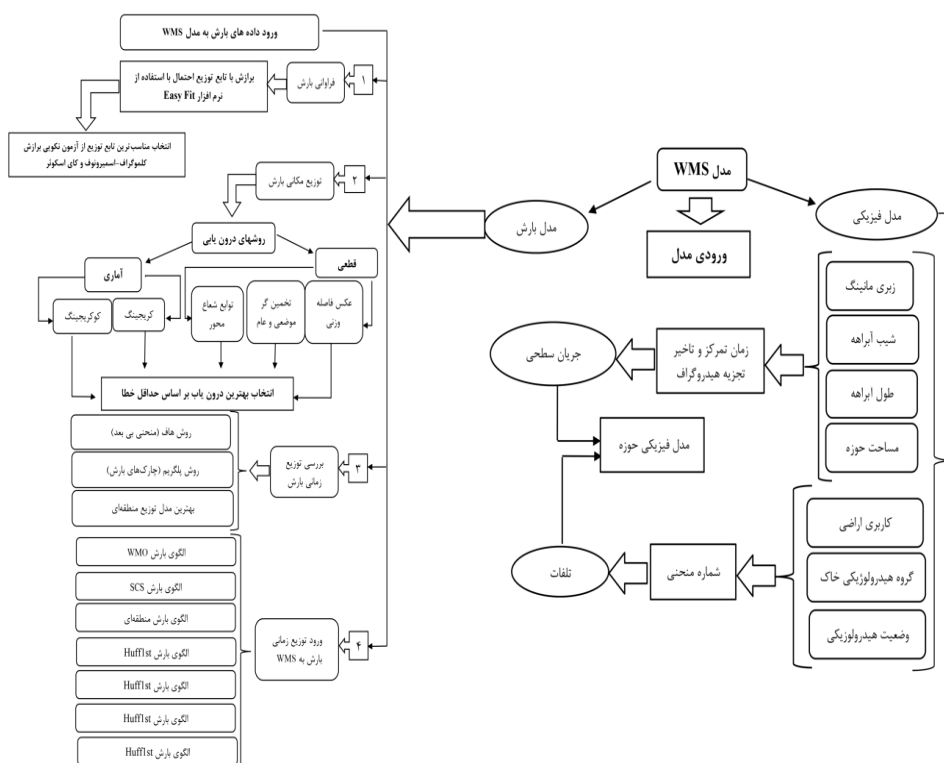
به منظور رفع نواقص آماری از روش نسبت نرمال استفاده شد. همچنین همگنی و تصادفی بودن داده‌ها با روش غیرنموداری ران تست و استقلال داده‌ها با کاربرد آزمون ناپارامتری من-ویتی به وسیله نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. آزمون همگنی ران تست تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی را همگن و آزمون من-ویتی نیز داده‌های تک‌تک ایستگاه‌های مورد بررسی را مستقل و همگن، نشان داد. پس از بررسی و بهبود کیفیت داده‌های حداکثر بارش ۲۴ ساعته به بررسی تحلیل فراوانی، تغییرات مکانی پرداخته شد. تحلیل فراوانی بارش با استفاده از نرم‌افزار EasyFit و آزمون نکوئی برآزش کلموگراف-اسمیرنوف و آندرسون انجام شد. تغییرات مکانی بارش با استفاده از روش‌های معمول درون‌یابی قطعی و زمین‌آمار و انتخاب مناسب‌ترین مدل درون‌یابی بر اساس کم‌ترین خطا انجام گرفت. جهت بررسی توزیع زمانی بارش از روش الگوی احتمالاتی توزیع زمانی بارش ارائه شده به وسیله هاف و الگوی متوسط توزیع زمانی بارش ارائه شده به وسیله پیلگریم استفاده شد. در روش هاف، نحوه توزیع بارش در چارک‌های اول تا چهارم مورد بررسی قرار می‌گیرد. در روش پیلگریم منحنی تجمعی بی‌بعد در هر پایه زمانی (در این پژوهش ۶ ساعته) بر روی نمودار ترسیم می‌گردد که در این نمودار باران به صورت درصدی از مقدار کل و زمان به صورت درصدی از کل بارش می‌باشد. در شکل ۲ مراحل انجام شبیه‌سازی هیدروگراف سیل با کاربرد سیستم مدل‌سازی حوضه آبخیز در قالب نمودار گردش کار نشان داده شده است.

باران‌نگار دارای آمار کوتاه‌مدت می‌باشد چنان‌که در این مطالعه طول دوره آماری در حدود پنج سال می‌باشد. در مجموع ۷ واقعه بارش شش ساعته از کلیه ایستگاه‌ها استخراج گردید.

شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب: جهت مدل‌سازی مرز حوضه از نقشه رقومی توپوگرافی منطقه استفاده گردید. به‌طور کلی ورودی سیستم مدل‌سازی حوضه آبخیز جهت انجام شبیه‌سازی سیلاب شامل مدل فیزیکی و مدل بارش حوضه است.

الف) مدل فیزیکی: این مدل شامل شماره منحنی حوضه، زمان تأخیر و تمرکز حوضه است. جهت تهیه شماره منحنی نیاز به نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک است. نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای Google earth و همچنین بازدیدهای میدانی تهیه شد سپس با انتقال آن به محیط برنامه ArcGIS اصلاحات مورد نیاز از نظر توپولوژی اعمال گردید. برای تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی، نقشه خاک ۱:۲۵۰۰۰۰ و شیب حوضه استفاده شد و با استفاده از ابزار HEC-GeoHMS با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، نقشه شماره منحنی تهیه شد. برای برآورد برخی پارامترهای مورد نیاز مانند ضریب مانینگ عملیات صحرائی در بلندترین آبراهه حوضه صورت گرفت.

ب) مدل بارش حوضه: جهت ورود داده‌ها (بارش ۲۴ ساعته) به مدل بارش حوضه از آمار ۹ ایستگاه باران‌سنجی آب منطقه‌ای به دلیل پراکنش مناسب با طول دوره آماری مناسب ۲۰ ساله (سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۷۱) استفاده شد. با توجه به این‌که آمار برخی ایستگاه‌ها دارای نواقص بود، بنابراین



شکل ۲- فلوجارت ورودی سیستم مدل‌سازی حوضه و پارامترهای مورد نیاز شبیه‌سازی.

Figure 2. Watershed modeling System input flowchart and simulation parameters required.

نتایج و بحث

حداکثر بارش روزانه: داده‌های حداکثر بارش روزانه ایستگاه‌ها بعد از بازسازی توسط روش نسبت نرمال وارد نرم‌افزار SPSS شدند. تمامی داده‌ها همگن و طبق آزمون کلموگراف اسمیرنوف نرمال بودند. با نرم‌افزار EasyFit و توسط ۷ تابع توزیع احتمالاتی مورد بررسی قرار گرفتند. تابع توزیع لوگ پیرسون ۳ پارامتری با داشتن حداقل خطا با دو آزمون آندرسون و کلموگراف اسمیرنوف برای منطقه انتخاب و براساس این توزیع حداکثر بارش روزانه در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ برای هر یک از ایستگاه‌ها به دست آمد.

نتایج حاصل از بررسی تغییرات مکانی حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت مذکور با کاربرد برنامه ArcGIS و با روش حداقل خطا نشان داد که

معیار ارزیابی: برای بررسی دقت مدل‌های مورد مطالعه از پارامترهای آماری درصد خطای نسبی (RE) و میانگین مربعات خطا^۱ (RMSE) استفاده گردید. این معیارها با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه می‌شود (16).

$$RE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_e - Q_o)^2}{\sum Q_o}} \quad (1)$$

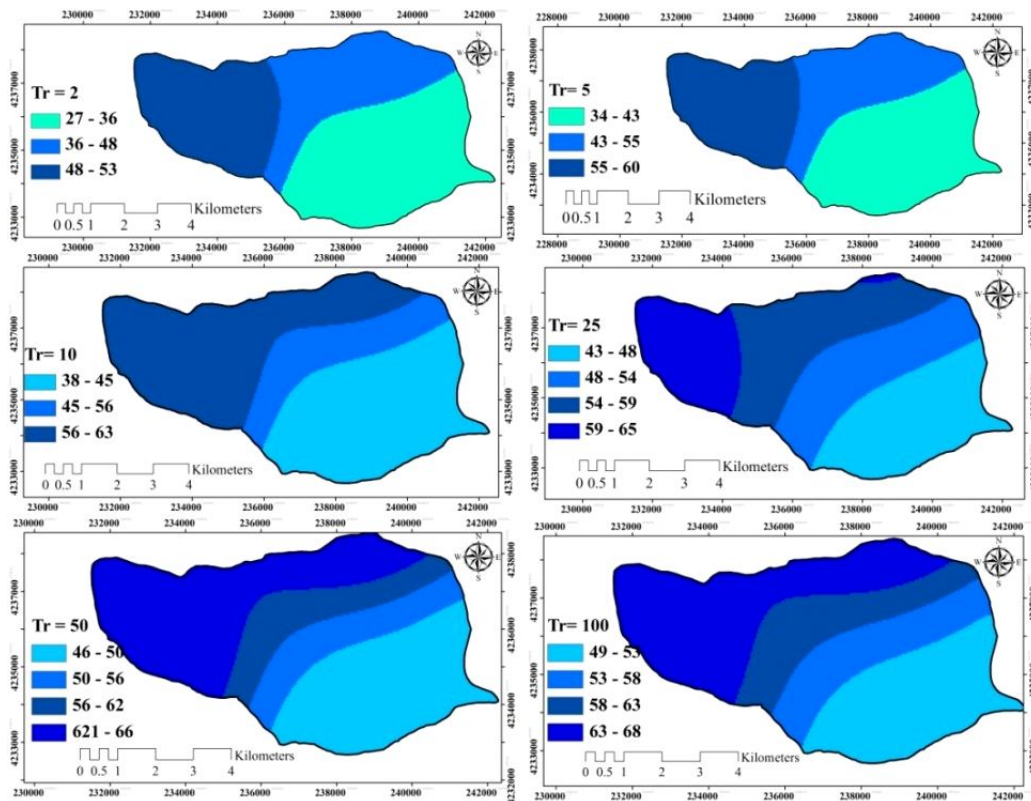
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_e - Q_o)^2}{n}} \quad (2)$$

که در آن‌ها، Q_e مقدار مشاهداتی و Q_o مقدار برآورد شده می‌باشد که در آن $i = 1, \dots, n$ که n تعداد داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

1- Root Mean of Square Error

می باشد از این رو با استفاده از روش مورد نظر نقشه رستری تغییرات مکانی بارش روزانه تهیه شد. شکل ۳ نقشه رستری حداکثر بارش روزانه با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰ سال را نشان می دهد.

روش کوکریجینگ با مدل دایره ای برای دوره بازگشت ۲ سال و روش کوکریجینگ با مدل برزش نرمال برای دوره های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال مناسب ترین روش درونیابی در بین روش ها

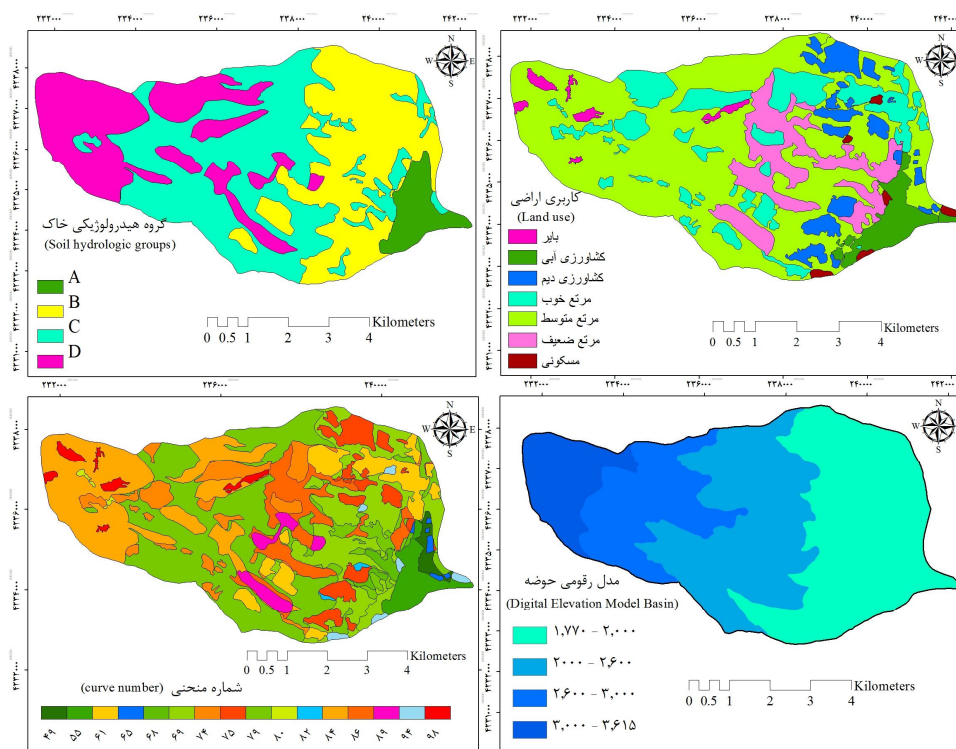


شکل ۳- حداکثر بارش روزانه با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰ سال.

Figure 3. Maximum daily rainfall with a return period of 2 to 100 years.

مساحت به ترتیب مربوط به شماره منحنی ۷۹ (۲۹/۳ درصد)، ۸۴ (۱۸/۷ درصد) و ۶۹ (۱۳/۹ درصد) می باشد. متوسط وزنی شماره منحنی حوضه ۷۶/۵ به دست آمد.

تهیه نقشه شماره منحنی: پس از تلفیق نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه هیدرولوژیکی در نهایت نقشه شماره منحنی تهیه شد. شکل ۴ نقشه های کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی، شماره منحنی و مدل ارتفاعی حوضه را نشان می دهد. بیشترین درصد



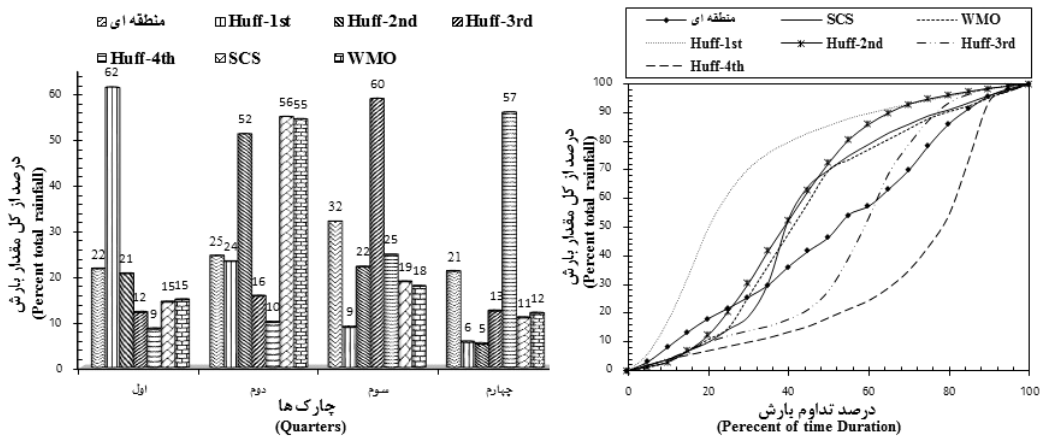
شکل ۴- نقشه‌های کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی، شماره منحنی و مدل ارتفاعی حوضه.

Figure 4. Land use, hydrologic groups, curve number and Digital Elevation Model.

نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که حداکثر بارش منطقه‌ای ۶ ساعته در چارک سوم و در حدود ۳۲ درصد بارش کل می‌باشد و در مورد الگوهای بارش Huff1st، Huff2nd، Huff3rd و Huff4th حداکثر بارش به ترتیب در چارک‌های اول، دوم، سوم و چهارم اتفاق می‌افتد و این وضعیت در هر دو الگوی بارش SCS و WMO در چارک‌های دوم به ترتیب ۵۶ و ۵۵ درصد از کل بارش می‌باشد.

پس از ترسیم منحنی متوسط توزیع زمانی بارش بی‌بعد برای حوضه آتشفگاه (روش هاف)، در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Curve Expert 6.8 منحنی بی‌بعد منطقه‌ای جهت انتخاب بهترین مدل منطقه‌ای توزیع بارش مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصله نشان داد که بهترین مدل توزیع بارش ۶ ساعته در منطقه مورد مطالعه، مدل ویول می‌باشد. در شکل ۵، نمودار بی‌بعد بارش و نمودار چارک‌ها نشان داده شده است.

نتیجه تجزیه سه هیدروگراف سیلاب‌های اتفاق افتاده در ایستگاه هیدرومتری آتشفگاه نشان داد که زمان تمرکز حوضه ۲/۲۹ ساعت می‌باشد. با توجه به این که زمان تمرکز حوضه آتشفگاه کم‌تر از ۶ ساعت است بنابراین جهت بررسی توزیع زمانی بارش سیلاب طرح، بارش‌های با تداوم ۴/۵ تا ۶/۵ ساعت اتفاق افتاده در ایستگاه آتشفگاه، اردبیل و سرعین که توسط باران‌نگار ثبت شده بود استخراج و به روش‌های الگوی میانگین به روش ترسیمی و الگوی احتمالاتی توزیع زمانی بارش (چارک‌ها) با شش روش الگوی بارش بررسی گردیدند. برای تهیه الگوی توزیع زمانی بارش حوضه، عمق بارش‌های مربوطه و زمان بی‌بعد گردیدند و از کل بارش‌های بی‌بعد، متوسط‌گیری انجام شد و در نهایت منحنی بدون بعد متوسط رسم گردید که این نمودار نهایی به‌عنوان الگوی توزیع زمانی بارش ۶ ساعته برای حوضه در



شکل ۵- منحنی بی بعد بارش و نمودار چارک‌ها.

Figure 5. Dimensionless rainfall curves and charts quarters.

ساعته با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به بارش ۶ ساعته با همان دوره بازگشت تبدیل شد (2). در جدول ۱ متوسط حداکثر بارش روزانه و بارش شش ساعته حوضه آتشناگه ارایه شده است.

بعد از تهیه نقشه‌های رستری حداکثر بارش روزانه و تعیین متوسط حداکثر بارش روزانه برای حوضه در محیط نرم‌افزار GIS، با استفاده از رابطه SCS در محیط نرم‌افزار GIS، با استفاده از رابطه $P_{6hours} = \frac{P_{24hours}}{1.48}$ متوسط حداکثر بارش ۲۴

جدول ۱- متوسط حداکثر بارش روزانه و ۶ ساعته حوضه آتشناگه در دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ (میلی متر).

Table 1. The average maximum daily rainfall and 6-hour Atashgah basin in the return periods of 2 to 100 (mm).

| 100 | 50 | 25 | 10 | 5 | 2 | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| 57.69 | 54.14 | 53.32 | 51.49 | 48.19 | 37.5 | 24 ساعته (24 Hours) |
| 36.97 | 36.58 | 36 | 34.79 | 32.56 | 25.33 | 6 ساعته (6 Hours) |

حاصل از آزمون نکویی برآزش کلموگراف-اسمیرنوف در بین هفت توزیع مورد بررسی، نشان داد که مناسب‌ترین تابع توزیع احتمالی حداکثر دبی در ایستگاه، لوگ پیرسون ۳ پارامتری می‌باشد. بر این اساس دبی حداکثر سیلاب در ایستگاه برای دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه شد (جدول ۲).

تحلیل فراوانی وقوع سیلاب: به منظور بررسی فراوانی وقوع سیلاب از آمار ایستگاه هیدرومتری آتشناگه استفاده شد. پس از استخراج داده‌های حداکثر دبی در ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه از هفت تابع توزیع احتمالی جهت بررسی فراوانی و تعیین سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف استفاده شد. نتایج

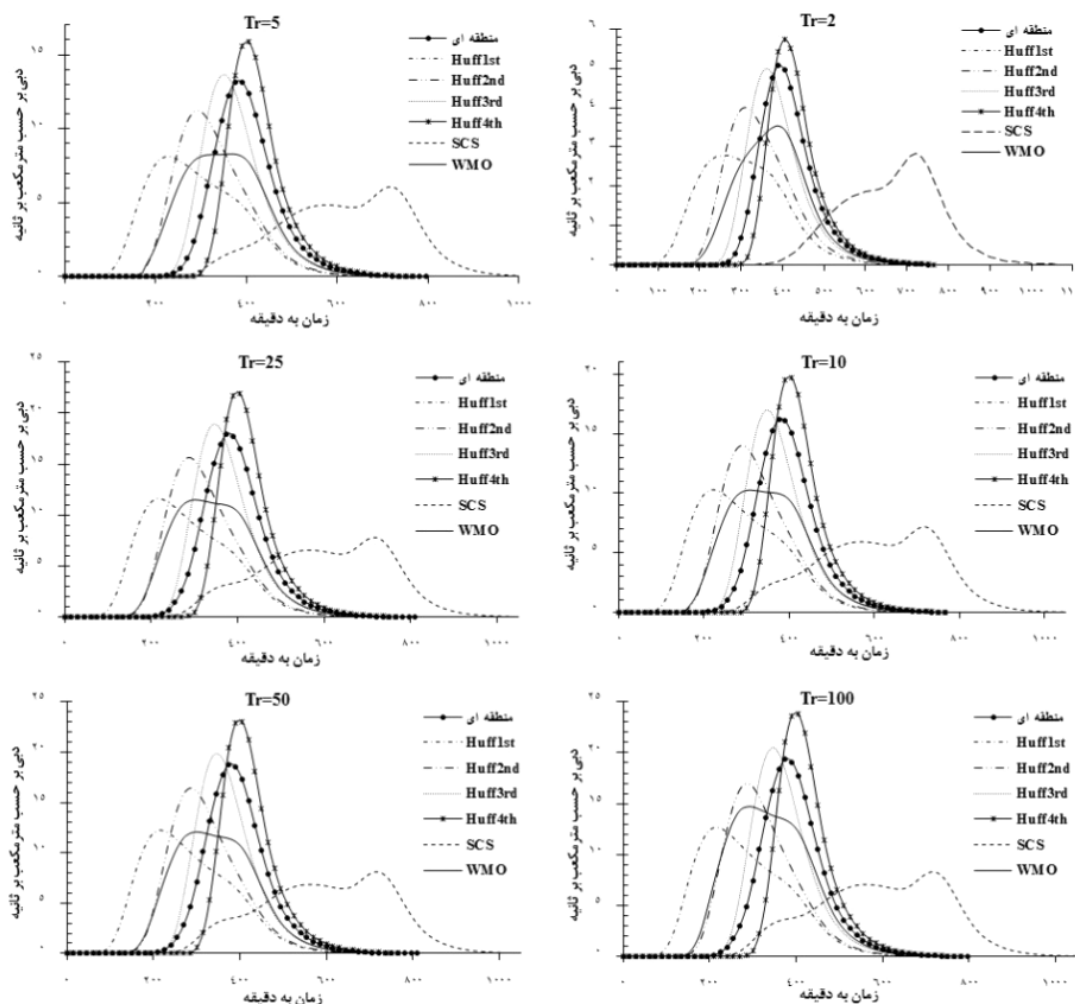
جدول ۲- دبی حداکثر لحظه‌ای (M³/s) با دوره بازگشت‌های مختلف (سال) در ایستگاه هیدرومتری آتشناگه.

Table 2. Peak discharge (M³ / s) with different return periods (years) in hydrometric station Atashgah.

| 100 | 50 | 25 | 10 | 5 | 2 | دوره بازگشت (return period) |
|------|------|-------|------|------|------|--------------------------------|
| 14.5 | 12.5 | 10.45 | 7.74 | 5.67 | 2.87 | |

در این پژوهش شبیه‌سازی دبی و هیدروگراف سیلاب از طریق سه مدل بارش-رواناب SCS، CLARK و SNYDER که هرکدام با هفت روش الگوی توزیع زمانی بارش (SCS، Huff1st، Huff2nd، Huff3rd، Huff4th و الگوی بارش منطقه‌ای) برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال انجام گرفت. در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ مجموعه‌ای از هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده ارائه شده است.

برآورد مقادیر سیلاب حوضه: جهت تخمین حداکثر سیلاب این حوضه به روش‌های SCS، CLARK و SNYDER در سیستم مدل‌سازی حوضه از بارش ۶ ساعته استفاده شد. با توجه به این که زمان تمرکز حوضه کم‌تر از ۶ ساعت می‌باشد و در روش SCS هیدروگراف طرح براساس باران‌های ۶ ساعته استخراج می‌گردد بنابراین در این پژوهش متوسط حداکثر بارش روزانه با دوره بازگشت‌های مختلف به بارش ۶ ساعته تبدیل گردید. بارش ۶ ساعته و شماره منحنی حوضه (که متوسط آن برابر با ۷۶/۵ می‌باشد) با فرض رطوبت خاک متوسط، وارد سیستم مدل‌سازی حوضه گردید.



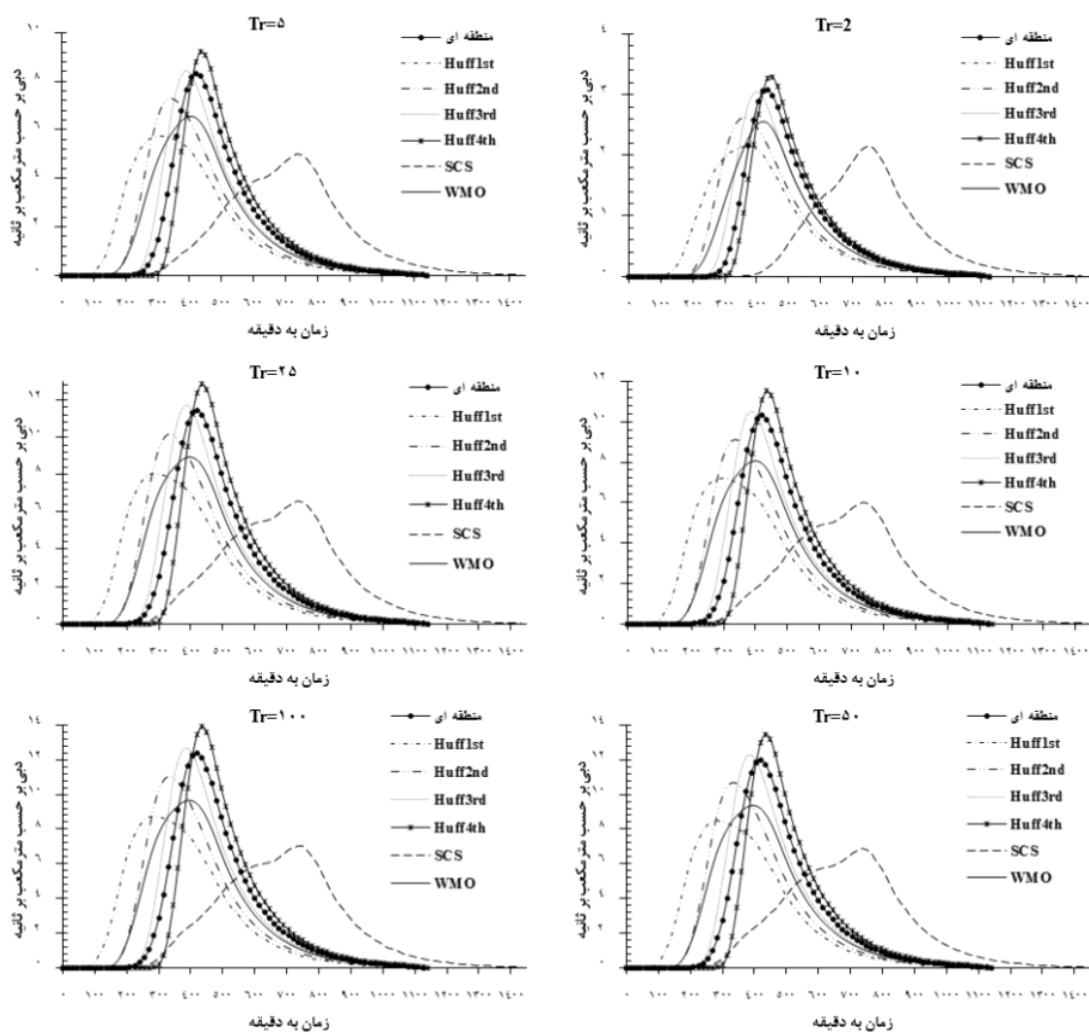
شکل ۶- هیدروگراف‌های سیلاب شبیه‌سازی شده با روش SCS در سیستم مدل‌سازی حوضه.
Figure 6. Simulated flood hydrograph using SCS in watershed modeling system.

نتایج نشان داد در تمامی دوره‌های بازگشت، هیدروگراف سیل شبیه‌سازی شده توسط الگوی بارش Huff4th دارای بیش‌ترین مقدار دبی حداکثر لحظه‌ای می‌باشد (شکل ۶). همچنین با افزایش دوره بازگشت در مدل بارش - رواناب SCS، شبیه‌سازی با الگوی بارش SCS تا دوره بازگشت ۱۰ سال نسبت به مشاهداتی نزدیک بوده و از آن به بعد تغییر آن‌چنانی در میزان افزایش دبی صورت نگرفته است. بررسی شبیه‌سازی دبی سیلاب در سیستم مدل‌سازی حوضه با الگوی بارش WMO، با روش شماره منحنی نشان داد که داده‌های برآورد شده دبی حداکثر لحظه‌ای از توزیع یکنواختی خوبی از لحاظ دوره بازگشت می‌باشند به طوری که با افزایش دوره بازگشت، برآوردها به دبی حداکثر لحظه‌ای مشاهداتی نزدیک‌تر می‌شوند.

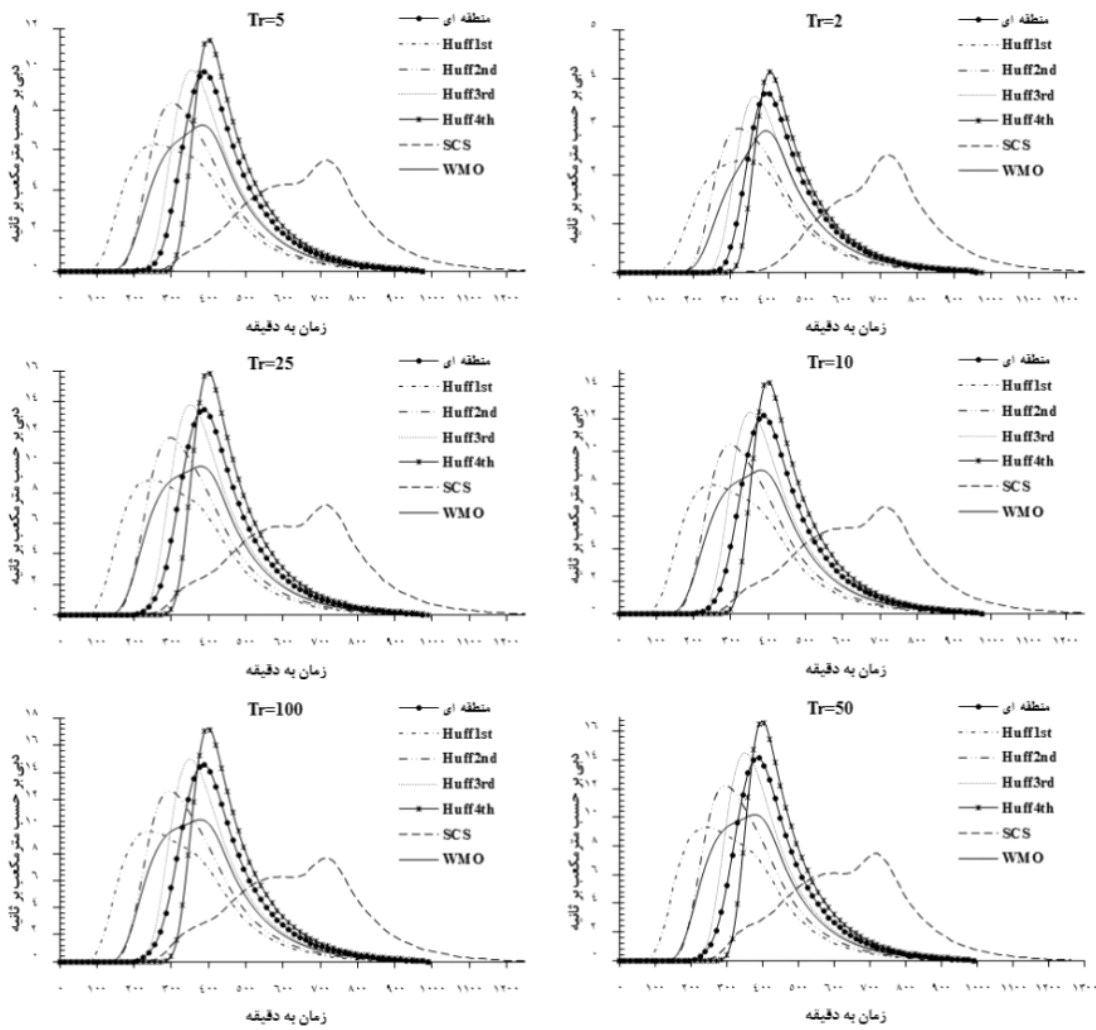
تجزیه و تحلیل نتایج استفاده از مدل CLARK (شکل ۷)، بیانگر آن است که این روش، شبیه‌سازی را برای دوره‌های بازگشت کم‌تر بهتر انجام می‌دهد. شبیه‌سازی دبی حداکثر لحظه‌ای برای دوره بازگشت ۲ سال توسط الگوهای بارش مختلف، به‌طورکلی نزدیک به مقادیر مشاهداتی بوده در صورتی که در دوره‌های بازگشت بیش‌تر به این شکل نمی‌باشد و با افزایش دوره بازگشت میزان دبی برآورد شده نسبت به دبی مشاهداتی دارای اختلاف بیش‌تری شده و روش CLARK مقادیر دبی را به مراتب کم‌تر از مقادیر مشاهداتی تخمین می‌زند. این موضوع در الگوی بارش Huff4th که همیشه دارای

برآورد حداکثر را در شبیه‌سازی نسبت به سایر الگوها دارد، میزان برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای ۱۰۰ سال آن کم‌تر از مشاهداتی و در حدود ۱۳/۹۴ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. در این پژوهش، الگوی بارش Huff دارای بیش‌ترین تطابق و برآوردهای نزدیک به مشاهداتی را ارائه می‌نماید بدین صورت که در دوره بازگشت ۲ سال به‌ترتیب Huff3rd و Huff2nd، ۵ سال Huff1st و SCS، ۱۰ سال، Huff1st و WMO و در دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب الگوهای بارش Huff2nd، Huff3rd و Huff4th دارای برآورد نزدیک به مشاهداتی را ارائه نموده‌اند و این بیانگر نتایج بهتر شبیه‌سازی از الگوی بارش Huff با انواع تیپ‌های مختلف می‌باشد.

بررسی دبی حداکثر لحظه‌ای شبیه‌سازی شده توسط مدل بارش - رواناب SNYDER (شکل ۸) با الگوهای بارش برای دوره‌های بازگشت مختلف نشان داد که الگوی بارش WMO دارای شبیه‌سازی خوبی در دوره‌های بازگشت ۲ و ۲۵ سال و الگوی بارش Huff1st و Huff2nd به‌ترتیب در دوره بازگشت ۱۰ و ۵۰ سال و الگوی بارش SCS و منطقه‌ای در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰۰ سال نتایج بهتری را ارائه داده‌اند. در جدول ۳ مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای مشاهداتی و روش‌های مختلف و در جدول ۴ مقادیر خطای برآوردی هر یک از روش‌ها ارائه شده است.



شکل ۷- هیدروگراف‌های سیلاب شبیه‌سازی شده با روش CLARK در سیستم مدل‌سازی حوضه.
 Figure 7. Simulated flood hydrograph using CLARK in watershed modeling system.



شکل ۸- هیدروگراف‌های سیلاب شبیه‌سازی شده با روش SNYDER در سیستم مدل‌سازی حوضه.
 Figure 8. Simulated flood hydrograph using SCS in watershed modeling system.

جدول ۳- مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای با مدل‌های مختلف و الگوهای متفاوت (مترمکعب بر ثانیه).

Table 3. The peak discharge with different models and different patterns (M³/s).

| 100 | 50 | 25 | 10 | 5 | 2 | دوره بازگشت | الگوی بارش (Rainfall pattern) | مدل (Model) |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----------------|---|----------------|
| | | | | | | (return period) | | |
| 14.69 | 12.08 | 11.5 | 10.25 | 8.29 | 3.54 | | WMO | SCS |
| 8.31 | 8.11 | 7.81 | 7.18 | 6.08 | 2.83 | | SCS | |
| 12.67 | 12.22 | 11.57 | 11.3 | 11.15 | 2.78 | | Huff1st | |
| 16.67 | 16.43 | 15.64 | 13.99 | 11.15 | 3.99 | | Huff2nd | |
| 20.51 | 19.86 | 18.93 | 16.98 | 13.6 | 5 | | Huff3rd | |
| 23.77 | 23.02 | 21.95 | 19.71 | 15.86 | 5.74 | | Huff4th | |
| 19.36 | 18.78 | 17.96 | 16.2 | 13.16 | 5.07 | | منطقه‌ای (regional) | CLARK |
| 7.04 | 6.85 | 6.58 | 6.01 | 5 | 2.15 | | SCS | |
| 9.65 | 9.36 | 8.94 | 8.06 | 6.56 | 2.56 | | WMO | |
| 8.76 | 8.47 | 8.06 | 7.2 | 5.75 | 2.15 | | Huff1st | |
| 11.05 | 10.69 | 10.17 | 9.1 | 7.29 | 2.62 | | Huff2nd | |
| 12.69 | 12.29 | 11.71 | 10.51 | 8.44 | 3.05 | | Huff3rd | |
| 13.94 | 13.49 | 12.85 | 11.51 | 9.22 | 3.3 | | Huff4th | |
| 12.4 | 12.02 | 11.47 | 10.33 | 8.34 | 3.08 | | منطقه‌ای (regional) | SNYDER |
| 7.67 | 7.47 | 7.19 | 6.59 | 5.52 | 2.44 | | SCS | |
| 10.51 | 10.2 | 9.76 | 8.83 | 7.22 | 2.92 | | WMO | |
| 9.66 | 9.34 | 8.87 | 7.9 | 6.29 | 2.31 | | Huff1st | |
| 12.63 | 12.22 | 11.64 | 10.43 | 8.34 | 2.96 | | Huff2nd | |
| 14.96 | 14.47 | 13.78 | 12.34 | 9.94 | 3.63 | | Huff3rd | |
| 17.18 | 16.64 | 15.86 | 14.24 | 11.45 | 4.15 | | Huff4th | |
| 14.57 | 14.14 | 13.5 | 12.18 | 9.88 | 3.69 | | منطقه‌ای (regional) | |
| 14.5 | 12.49 | 10.45 | 7.74 | 5.67 | 2.87 | | حداکثر دبی لحظه‌ای مشاهداتی (Maximum discharge observations) | |

جدول ۴- مقادیر خطای برآوردی دبی سیلاب روش‌های SCS، CLARK و SNYDER در الگوهای بارش.

Table 4. The estimated error values flood discharge methods of SCS, CLARK and SNYDER in rainfall patterns.

| Huff-1st | Huff-2nd | Huff-3rd | Huff-4th | WMO | SCS | منطقه‌ای | | |
|----------|----------|----------|----------|------|------|----------|--------|--------|
| 12 | 20 | 33 | 45 | 7 | 15 | 29 | RE (%) | SCS |
| 2.62 | 4.45 | 7.25 | 9.86 | 1.57 | 3.29 | 6.48 | RMSE | |
| 14 | 7.7 | 8 | 10.8 | 11 | 19 | 8 | RE (%) | CLARK |
| 3 | 1.7 | 1.8 | 2.4 | 2.5 | 4.2 | 1.8 | RMSE | |
| 11.2 | 8 | 13.7 | 21 | 9 | 17 | 13 | RE (%) | SNYDER |
| 2.5 | 1.8 | 3.01 | 9.8 | 2.05 | 3.7 | 2.9 | RMSE | |

نتیجه گیری کلی

مقایسه الگوهای توزیع زمانی بارش در شبیه سازی دبی حداکثر لحظه ای سیلاب نشان داد استفاده از الگوی Huff-1st در شبیه سازی سیلاب سبب برآورد کم تر و استفاده از الگوی Huff-4th سبب برآورد بیش تر دبی حداکثر لحظه ای سیلاب می شود. با در نظر گرفتن نتایج آماره های ارزیابی شبیه سازی هیدروگراف سیلاب، استفاده از الگوی WMO در مدل بارش - رواناب SCS و Huff2nd در مدل های CLARK و SNYDER دارای خطای کم تری می باشد بدین ترتیب که مقادیر درصد خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا در برآورد دبی حداکثر لحظه ای حوضه آتشفگاه با الگوی بارش WMO با مدل SCS به ترتیب ۷ درصد و ۱/۵۷ مترمکعب بر ثانیه و با الگوی بارش Huff2nd برای مدل CLARK و SNYDER درصد خطا نسبی به ترتیب ۷/۷ و ۸ درصد و مقدار ریشه میانگین مربعات خطا نیز به ترتیب ۱/۷ و ۱/۸ مترمکعب بر ثانیه می باشد. الگوی توزیع زمانی بارش منطقه ای نشان داد که بیش ترین میزان بارندگی به ترتیب در چارک های دوم و سوم رخ می دهد به طوری که مجموع بارش این چارک ها ۵۷ درصد است این در حالی است که در الگوهای توزیع زمانی بارش WMO و Huff2nd به ترتیب ۵۵ و ۵۲ درصد در چارک دوم رخ می دهد. نتایج نشان داد الگوی بارش SCS کم ترین میزان برآورد دبی سیل در بین الگوهای بارش در مدل های بارش - رواناب SCS، CLARK، SNYDER برای حوضه برآورد می کند. بررسی الگوی بارش استان اردبیل توسط قاسمی و همکاران (2014) با استفاده از داده های هفت ایستگاه باران نگار در درون استان نشان داد که در حوضه آتشفگاه با در نظر گرفتن نتایج جمیع آماره های ارزیابی، استفاده از الگوی WMO و Huff-3rd برآورد نزدیک تری را به واقعیت (الگوهای منطقه ای) ارائه می دهند. با توجه به این که داده های مربوط به ایستگاه باران نگار در بسیاری از مناطق دنیا

به ویژه در ایران کم یا ناقص و کوتاه مدت می باشد، از این رو در صورت فقدان این گونه اطلاعات استفاده از الگوهای سایر مناطق اجتناب ناپذیر است که البته می توان با انجام مطالعات مشابه پژوهش حاضر به بررسی انطباق الگوهای منطقه ای با الگوهای وارداتی پرداخت و الگوی مناسب را برای سایر مناطق مشابه پیشنهاد داد؛ چنان که نتایج این پژوهش مشابه با نتایج مطالعات مدرس و سرحدی (2010) نشان داد که استفاده از یک الگوی توزیع بارش واحد به تنهایی نمی تواند نتایج قابل قبولی از شبیه سازی دبی حداکثر لحظه ای و هیدروگراف را برآورد نماید. به طور کلی نتایج حاصله نشان می دهد ویژگی های مربوط به بارش از مهم ترین عوامل شبیه سازی هیدروگراف سیلاب (حداکثر دبی لحظه ای) می باشد بنابراین بررسی شرایط الگوی توزیع زمانی بارش در مطالعات مربوط به سیل خیزی ضروری به نظر می رسد. از طرفی دیگر با توجه به کمبود یا فقدان آمار ایستگاه های هیدرومتری و در نتیجه عدم امکان واسنجی مدل، به نظر می رسد که بررسی پارامتر خصوصیات بارندگی می تواند به طور قابل ملاحظه ای نتایج شبیه سازی حداکثر دبی لحظه ای را به واقعیت نزدیک تر سازد. نتایج این پژوهش با بررسی های جنابی (2012) با مدل HEC-HMS توسط الگوی بارش WMO در حوضه آبخیز آتشفگاه و همچنین حاتمی (2012) توسط سیستم مدل سازی حوضه در شهرک صنعتی شهرستان اردبیل با الگوی WMO مطابقت دارد.

در نهایت برای این حوضه الگوی توزیع زمانی بارش WMO در راستای پژوهش های قاسمی و همکاران (2014) برای استان اردبیل با داشتن حداقل خطای برآوردی دبی حداکثر لحظه ای با مدل بارش - رواناب SCS نسبت به سایر الگوهای بارش و مدل بارش - رواناب CLARK و SNYDER به همراه سیستم مدل سازی حوضه آبخیز جهت شبیه سازی دبی حداکثر لحظه ای و هیدروگراف سیل پیشنهاد می گردد.

منابع

1. Alderman, K., Turner, L.R., and Tong, S. 2012. Floods and human health: A systematic review. *Environment International*. 47: 37-47.
2. Alizadeh, A. 2011. Principles of Applied Hydrology; Vol. 26, Publications of Imam Reza University. Pp: 794-807.
3. Andreassian, V., Perrin, C., Michel, C., Usart-Sanchez, I., and Lavabre, J. 2004. Impact of imperfect rainfall knowledge on the efficiency and the parameters of watershed models. *J. Hydrol.* 250: 206-223.
4. Ballesteros, J.A., Bodoque, J.M., Diez-Herrero, A., Sanchez-Silva, M., and Stoffel, M. 2010. Calibration of floodplain roughness and estimation of flood discharge based on tree-ring evidence and hydraulic modeling. *J. Hydrol.* 403: 103-115.
5. Barredo, J.I., Sauri, D., and Llasat, M.C. 2012. Assessing trends in insured losses from floods in Spain 1971–2008. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 12: 1723-1729. doi: 10.5194/nhess-12-1723-2012.
6. CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2013. Natural disaster trends. Retrieved 15/4/2013, from Super Admin EMDAT. <http://www.emdat.be>.
7. Du, W., FitzGerald, G.J., Clark, M., and Hou, X.Y. 2010. Health impacts of floods. *Prehosp Disaster Med.* 25: 265-272.
8. Eshagh Teimouri, M.A., Pirnia, A., and Soleimani, K. 2009. Analysis of CN sensitivity on flood hydrograph by WMS model. The 5th National Conference on Watershedding Sciences and Engineering, Natural Resources and Agricultural Sciences University of Gorgan-Iran.
9. Ghasemi, A., Mirzaei, S., Mirzaei, Y., Raoof, M., and Moradnezhad, M. 2014. Effect of climate on temporal distribution patterns of rainfall and comparing with each other and known patterns case study: Ardabil province-IRAN. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences.* 3: 4. 13-19.
10. Hatami, R. 2012. Estimation of maximum flood in urban regions by WMS in Industrial Estate of Ardebil. M.Sc. Thesis in Water Group, Islamic Azad University, Ahar Branch.
11. Jahandideh, K., Ghobadian, R., Jahandideh, H., and Jahandideh, F. 2010. Determination and calibration of WMS/HEC-HMS model in Gharasou watershed basin. The 1st National Conference on management of water resources in coastal lands, Natural Resources and Agricultural Sciences University of Sari, Water Engineering Group.
12. Jenabi Namin, A. 2012. Determination of flooding by the mathematical model HEC-HMS, statistical analyses, and GIS in Atashgah watershed basin in Ardabil province. M.Sc. Thesis in Watershedding Group, University of Mohaghegh-e-Ardebili.
13. Karimi, M., Ghaffari, G., and Azizian, M.S. 2011. Simulation of rainfall-runoff process by HEC-HMS model in Lighvan watershed basin. The 7th National Conference on Watershedding Sciences and Engineering, Industrial University of Esfahan.
14. Khosroushahi, M., and Ghavami, Sh. 1998. Warning Publications of Forests and Rangelands Organization, Third Printing, 108p.
15. Lalozaee, A., Bahreini, F., Dahmardeh, Mr., Akbarpour, A., and Moghaddamnia, A.R. 2013. Efficiency Comparison HEC-1 and TR-20 Methods in Flood Hydrograph Simulation. *Technic. J. Engin. Appl. Sci.* Pp: 1719-1729.
16. Mirzaei, S. 2013. Simulation of flood hydrograph and flood flow rate by WMS and GIS in Atashgah watershed basin. M.Sc. Thesis, University of Mohaghegh-e-Ardebili.
17. Modarres, R., and Sarhadi, A. 2010. Statistically-based regionalization of rainfall climates of Iran. *Global and Planetary Change.* 75: 2011. 67-75.
18. Moulin, L., Gaume, E., and Obled, C. 2009. Uncertainties on mean areal precipitation: assessment and impact on streamflow simulations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 13: 99-114.
19. Moreno-de las Heras, M., Espigares, T., Merino-Martin, L., and Nicolau, J.M. 2011. Water-related ecological impacts of rill erosion processes in Mediterranean-dry reclaimed slopes. *Catena.* 84: 3. 114-124.

20. Sadrolashrafi, S.S., Ahmed Mohamed, T., Rodzi, A., Khayyat Kholghi, M., and Samadi, A. 2008. Integrated Modeling for Flood Hazard Mapping Using Watershed Modeling system. *Amer. J. Engin. Appl. Sci.* 1: 2. 149-156.
21. Sadrolashrafi, S.S., Khayatkhilghi, M., and Mohammadalitamer, A. 2009. Preparation of flood zoning model by WMS Software in Dez watershed basin. The 7th Conference on Hydraulics-Iran, Shahid-Abbaspour University.
22. Sarhadi, A., Soltani, S., and Modarres, R. 2012. Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis. *J. Hydrol.* 458-459: 68-86.
23. Sangati, M., and Borga, M. 2009. Influence of rainfall spatial resolution on flash flood modelling. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 9: 575-584.
24. Saulnier, G.M., and Le Lay, M. 2009. Sensitivity of flash-flood simulations on the volume, the intensity, and the localization of rain-fall in the Cevennes-Vivarais region. *Water Resour. Res.* 45. doi: 10.1029/2008WR006906, (France).
25. Syed, K.H., Goodrich, D.C., Myers, D.E., and Sorooshian, S. 2003. Spatial characteristics of thunderstorm rainfall fields and their relation to runoff. *J. Hydrol.* 271: 1-21.
26. Tung, Y.K., and Wong, C.L. 2013. Assessment of design rainfall uncertainty for hydrologic engineering applications in Hong Kong. *Stoch Environ Res Risk Assess.* DOI 10.1007/s00477 -013-0774-2.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(5), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Simulating flood hydrograph of Atashgah basin river of Ardabil province using optimized rainfall pattern

***S. Mirzaei¹, M. Raof², A. Rasoulzadeh² and S. Poreskandar³**

¹M.Sc. Graduate Watershed Management, Dept. of Range and Watershed Management, University of Mohaghegh Ardabili, ²Associate Prof., Dept. of Water Engineering, University of Mohaghegh Ardabili,

³M.Sc. Graduate, Dept. of Water Engineering, University of Tabriz

Received: 04/19/2014; Accepted: 11/19/2014

Abstract

Background and Objective: Estimating runoff from ungauged catchments has been an important subject for experts in planning, development and operation of various water resources projects. The aim of this study is simulation of flood hydrograph using watershed modeling system and selecting suitable rainfall pattern of study area.

Materials and Methods: In the present study, seven temporal rainfall distribution patterns (i.e. SCS, WMO, Huff 1st, Huff 2nd, Huff 3rd, Huff 4th and regional) were evaluated in order to simulate maximum flood flow using SCS, CLARK and SNYDER, runoff rainfall models in Atashgah basin of Ardabil province. Daily maximum rainfall map was obtained by Kriging and Cokriging interpolation models using circular, globular, exponential, gaussian and normal fitting models as well as reversed Weighted distance, function-radius-axis, general estimator and local estimator methods.

Result: Universal cokriging model with normal method was selected as the best model. Temporal 6-h rainfall distribution pattern was obtained from 7 rainfall events with durations of 4.5-6.5 hours. The average of curve number was calculated to be 76.5 for the study area. The results obtained from the present study showed that Huff 4th rainfall pattern with the maximum rainfall in the 4th quarter simulate the highest flow.

Conclusion: The simulated flow with different patterns indicated that in SCS model, WMO rainfall and in SNYDER and CLARK models, Huff 2nd pattern had the most realistic results compared to observed flow. SCS rainfall-runoff model using WMO rainfall pattern with minimum RE and RMSE equal to 7% and 1.57 m³/s respectively was selected as the best model for Atashgah basin.

Keywords: Watershed modeling system, Geostatistics, SCS, Rainfall distribution

* Corresponding Author; Email: sajjadmirzaei2014@gmail.com