نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دوازدهم. شماره چهل و هشت. تابستان ۱۴۰۱

پتانسیل تولید سیلاب و تعیین مناطق مولد سیل با استفاده از نرم افزار ArcGIS و مدل ModClark در حوضه تالار

سیدمحسن معنوی[۱]، کاکا شاهدی[۲*]، محمود حبیب نژاد روشن[۳]، باقر قرمزچشمه[۴]

(مقاله برگرفته از رساله دکترا می باشد)

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۱/۱۴

چکیده

اولویت‌بندی مناطق مختلف و زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی تأثیر مهمی در مدیریت حوزه‌آبخیز دارد. هدف از اولویت‌بندی سیل‌خیزی در زیرحوضه‌ها، ارائه الگویی برای کنترل و کاهش خطرات سیل و ارزیابی نقش هریک از زیرحوضه‌ها در دبی‌اوج هیدروگراف سیلاب خروجی حوضه می‌باشد. در این تحقیق حوضه تالار بدلیل وقوع سیل‌های متعدد، بعنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب و در ادامه عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی نظیر بارش باران در دوره بازگشت های مختلف، طول جریان، درصد شیب، کاربری اراضی، گروه هیدرولوژی خاک، مقادیر CN و زمان‌تمرکز شناسایی و سپس با استفاده از تلفیق نرم‌افزار ArcGIS و مدل ModClark، پتانسیل تولید رواناب در حوضه تالار در پنج طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد در سه دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال تهیه شد. همچنین برا ساس نتایج بد ست آمده سهم زیرحوضه‌ها در پتانسیل سیل‌خیزی کل‌حوضه تنها تحت تأثیر مساحت آنها نیست و عواملی چون موقعیت مکانی زیر حوضه‌ها و روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوضه تأثیر قابل توجهی دارند. به همین دلیل براساس نقشه های پتانسیل تولید رواناب در دوره بازگشت های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله، پتانسیل تولید رواناب، از پایین‌دست به سمت بالادست حوضه؛ افزایش و زیرحوزه چاشم واقع در جنوب شرقی حوضه بدلیل بارش‌های سیلابی، شیب تند و بالایودن مقادیر CN به عنوان مؤثرترین واحد در پتانسیل سیل‌خیزی کل حوضه تالار- شیرگاه محسوب می شود.

واژه‌های کلیدی: سیلاب، ArcGIS، مدل ModClark، اولویت‌بندی، حوضه تالار

[۱] دکتری گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، تلفن ۰۹۱۱۲۵۸۱۷۲۰، آدرس الکترونیکی: (sm_manavi1366@yahoo.com).

[۲*] (نویسنده مسئول)استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، تلفن ۰۹۱۱۶۹۶۷۹۲۲، آدرس الکترونیکی: (k.shahedi@sanru.ac.ir).

[۳] استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، تلفن 09111522102، آدرس الکترونیکی: (roshanbah@yahoo.com).

[۴] استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تات، تهران، ایران، آدرس الکترونیکی: (baghergh@yahoo.com).

مقدمه

سیل یک اتفاق ناگهانی و رویدادی سریع و مخرب ا ست که هر ســـاله در نقاط مختلف جهان و کشـــور باعث بروز خسارات جانی و مالی محسوس و نامحسوسی می‌شود، لذا کنترل و یا کاهش این عوارض مخرب و ویرانگر نیازمند مطالعات صحیح و دقیق می‌باشد (تلوری، ۱۳۷۵). از جمله اقداماتی که محققین برای کاهش خطر ســـیل در مناطق پایین‌دســـت مطرح می‌کنند، مهار ســـیل در منشـــاء آن می‌با شد. در این زمینه شنا سایی مناطق دارای پتانسیل تولید رواناب در حوزه‌آبخیز دارای اهمیت بسیاری می‌باشد، زیرا عملیات اجرایی و کنترل سیل در سراسر آبخیز نه‌تنها امکان‌پذیر نیست، بلکه ممکن است اثرات تشدید کننده در بر داشته باشد (ثقفیان و خسروشاهی، ۱۳۸۴). با توجه به اینکه در اغلب حوزه‌های آبخیز کشـــور، وقوع ســـیل و خسارات ناشی از آن روند افزایشی دارد؛ لذا تعیین مناطق مولد ســـیل و اولویت‌بندی زیرحوضـــه‌ها از نظر پتانســـیل تولید رواناب می‌تواند در مدیریت بهتر حوزه‌های آبخیز مؤثر با شد (Saghafian et al., 2006). یکی از روش‌های مطرح در رابطه با شنا سایی مناطق دارای پتانسیل تولید رواناب روش عکس‌العمل ســـیل واحد با اســـتفاده از مدل ModClark اســـت که در این روش با حذف متوالی واحدهای داخل حوضـــه، روندیابی رواناب ناشـــی از بارش طرح و تعیین اثر هرکدام از این واحدها در ســـیل خروجی از کل حوضه انجام می‌گیرد (Saghafian et al., 2016). در راستای برآورد دبی سیل و شناسایی مناطق سیل‌خیز، مدل‌های مختلفی در شـــبیه‌ســـازی عکس‌العمل حوزه‌آبخیز در برابر بارش وجود دارد که شـــامل انواع مدل یکپارچه، نیمه‌توزیعی و توزیعی می باشـــند. با توجه به ابزار های قدرتمند مانند نرم‌افزار هایی ArcGIS و الحاقیه های مختلف آن، اســـتفاده از مدل‌های توزیعی برای مدلســـازی بارش-رواناب به راحتی امکان‌پذیر می‌باشـــد. مدل‌هایی که در آن توزیع مکانی عوامل مؤثر در رویداد مورد نظر در نظر گرفته می‌شـــود، به مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی معروف هســـتند(تلوری، ۱۳۷۵؛ رضـــایی، ۱۳۹۵) پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است. جوراسک (۲۰۰۰)، یوســـف و همکاران (۲۰۱۱)، نوحه گر و همکاران (۲۰۱۳)، و میراج و همکـــاران (۲۰۱۵) از تکنیـــک GIS و مـــدل HEC-HMS ا ستفاده کردند و به اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه‌های کشورهای مختلف جهان اعم از آمریکا، ایران، کشمیر و مصر پرداختند و در آن خصوصیات مورفومتری، مساحت، موقعیت مکانی زیرحوضه ها و بعضاً فعالیت های انســـانی را از جمله عوامل مؤثر در پتانســـیل تولید سیل در زیرحوضه های مختلف عنوان نمودند. کنبل و همکاران (۲۰۰۵)، غریب و همکاران (۲۰۱۷) و شـــعبانلو و رجبی (۲۰۱۲) در مناطق مختلف جهان از جمله آمریکا و ایران به مدلســـازی بارش-رواناب با اســـتفاده از مدل ModClark پرداختند و این مدل را خوب دانسته و آنرا از بســـیاری از روش ها و مدل ها از جمله HEC-HMS و SCS کاراتر ارزیابی نمودند. ثقفیان و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی پتانسیل تولید رواناب در حوزه‌آبخیز رود زرد واقع در شرق ا ستان خوزستان با ا ستفاده از روش عکس‌العمل سیل واحد و حذف متوالی سلول ها و شبیه سازی آبنمود سیل به ازای بارش طرح، میزان تأثیر هریک از سلول‌ها بر آبنمود خروجی کل حوزه‌آبخیز را بدســـت آوردند. نتایج نشان داد که بزرگترین و نزدیکترین زیرحوزه‌ها به خروجی و یا دورترین و کوچکترین آنها، لزوماً بیشـــترین و کمترین اثر را برروی حداکثر دبی سیلاب ندارد.

برتولا و همکاران (۲۰۱۹) در حوضـــه های با ارتفاع زیاد واقع در کشـــور اتریش و رضـــایی و همکاران (۲۰۱۷) در حوضـــه خانمیرزا از زیرحوضـــه های کارون شـــمالی در چهارمحال و بختیاری در ارزیابی تغییرپذیری مکانی سیل دریافتند که پتانسیل تولید سیلاب در حوضه های آبخیز از پایین دست به سمت بالا دست حوضه افزایش می‌یابد.

طی بررســـی پتانســـیل تولید ســـیل در زیرحوضـــه‌های کشـــورهای مختلف جهان از جمله ایران و اتیوپی توســـط ثقفیان و خســـروشـــاهی (۲۰۰۶)، زهتابیان و همکاران (۲۰۱۰)، رضـــوی زاده و همکاران (۲۰۱۸)، حســـین‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) و اگاتو و همکاران (۲۰۲۰) آنرا تابع عوامل مختلفی از جمله مســـاحت، موقعیت مکانی

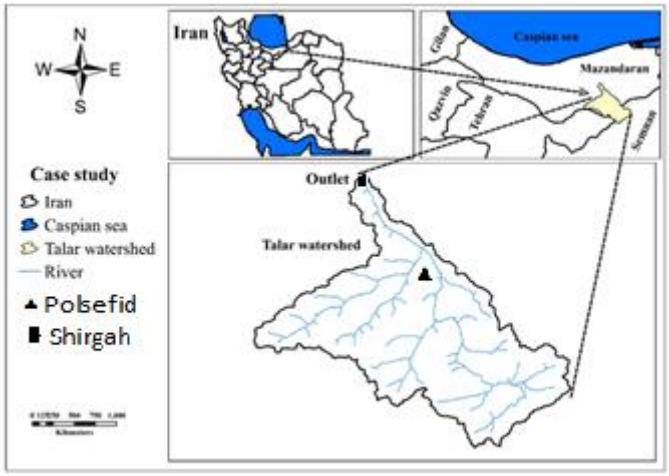
زیرحوضه‌ها، روندیابی سیل در رودخانه ها، در صد اراضی نفوذناپذیر، گروه هیدرولوژی خاک، کاربری اراضی، پوشش زمین، شیب، تراکم زهکشی و بارندگی ارزیابی نمودند. بررسی پژوهش‌های فوق نشان داد که لزوماً حوضه ای که مساحت و دبی اوج بیشتری دارد، در دبی خروجی کل حوضه تأثیر بیشتری ندارد. در این تحقیق نیز هدف، تعیین پتانسیل سیل‌خیزی بصورت توزیعی و زیرحوضه ای و مقایسه آنها در حوضه تالار واقع در استان مازندران می باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: آبخیز تالار-شیرگاه یکی از حوضه‌های کوهستانی در شمال کشور با مساحت ۱۸۹۶/۲۲ کیلومتر مربع واقع در البرز مرکزی واقع شده و توسط رودخانه تالار که امتداد اصلی جنوب به شمال است، زهکش می‌شود و از سرشاخه‌های مهم آن می‌توان به رودخانه‌های سرخ‌آباد، شورآب، کبیر، بزلا، چرات، پالندرودبار و شش‌رودبار اشاره کرد. در منطقه مورد مطالعه خاک‌های با بافت متوسط تا سبک و قدرت نفوذپذیری متوسط وجود دارد (ذبیحی، ۱۳۹۴). این حوزه بجز در گستره محدودی که هموار است تقریباً بطور کلی پرفراز و نشیب و کوهستانی است. مرتفع‌ترین بلندی در مرز جنوب‌غربی حوزه بر روی رشته کوه‌های البرز ۳۹۱۰ متر از سطح دریا و پست‌ترین در نقطه خروجی ۲۱۵ متر از سطح دریا ست. ارتفاع متوسط در این حوزه ۱۰۶۲ متر از سطح دریا برآورد می‌شود. میانگین بارندگی سالانه این حوزه نیز ۷۹۱ میلیمتر ارزیابی گردیده است (ذبیحی، ۱۳۹۴). جدول (۱) برخی مشخصات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه و شکل (۱) محدوده مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه های هیدرومتری موجود در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول (۱): مشخصات فیزیوگرافی حوضه تالار

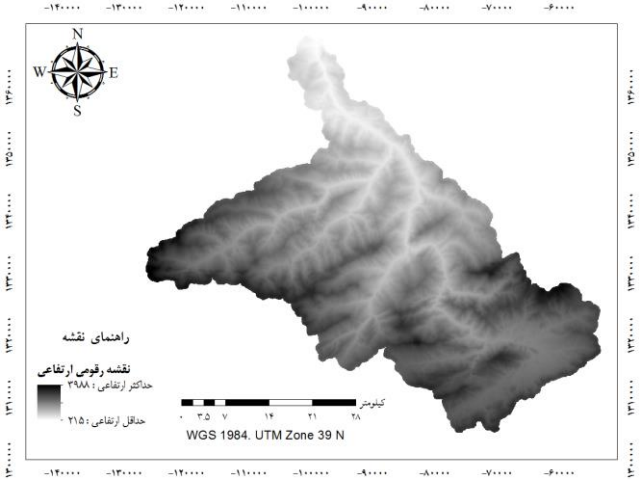
زیرحوضه	مساحت (km^2)	مساحت (٪)	محیط (km)
چاشم	۴۸۹/۱۴	۲۵/۷۸	۱۰۵/۵۹
ارژنگ رودبار	۴۱۹/۷۹	۲۲/۱۴	۱۰۵/۴۶
پلسفید	۱۶۱/۱۴	۸/۵۱	۶۵/۷۱
دراسله	۲۵۱/۱۱	۱۳/۲۴	۷۵/۸۲
کارمزد	۳۳۰/۱۱	۱۷/۴۱	۹۷/۷۵
شیرگاه	۲۴۴/۹۳	۱۲/۹۲	۸۷/۵۶



شکل (۱):موقعیت حوضه تالار در کشور و استان و موقعیت ایستگاه های باران‌سنجی و هیدرومتری منطقه

نقشه مدل رقومی ارتفاعی منطقه (DEM) با اندازه سلول (قدرت تفکیک) ۵۰×۵۰ متر با استفاده از نرم افزار ArcGIS و خطوط توپوگرافی محدوده مورد مطالعه، تهیه و در شکل (۲) نمایش داده شد. پس از تهیه نقشه DEM؛

با ا ستفاده از نرم افزار ArcGIS تمام مراحل آماده سازی مدل حوزه آبخیز شـــامل لایه جهت جریان، لایه تجمعی جریان، لایه آبراهه ها و مرز زیرحوضه ها تهیه شد.



شکل (۲): نقشه مدل رقومی ارتفاعی(DEM) حوزه آبخیز تالار-شیرگاه

مدل ModClark: در این روش، بارش مؤثر در هر نقطه از حوضه با زمان تأخیر متناسب با طول پیمایش آن نقطه، به خروجی حوزه‌آبخیز می‌رســـد. در این روش، نیازی به تعیین ضـــریب زبری نیســـت و برآورد آبنمود به کمک دو پارامتر اصـــلی، زمان تمرکز و ضـــریب ذخیره کلارک انجام می شود. زمان‌پیمایش هر سلول تا خروجی حوزه‌آبخیز، از ربطه (۱) پیشنهاد شده (Kull and Feldman, 1998)

$$t_{cell} = T_c \frac{l_{cell}}{l_{max}} \qquad (۱)$$

که در آن t_{cell} زمان‌پیمایش از هر سلول تا خروجی حوضه، T_c زمان تمرکز حو ضه، l_{cell} فا صله هر سلول تا خروجی حوضـــه و l_{max} حداکثر طول مسـیر جریان آب در حوضـه می‌با شد. در پایان آبنمود بد ست آمده برا ساس رابطه (۲) در مخزن خطی روندیابی می‌شود.

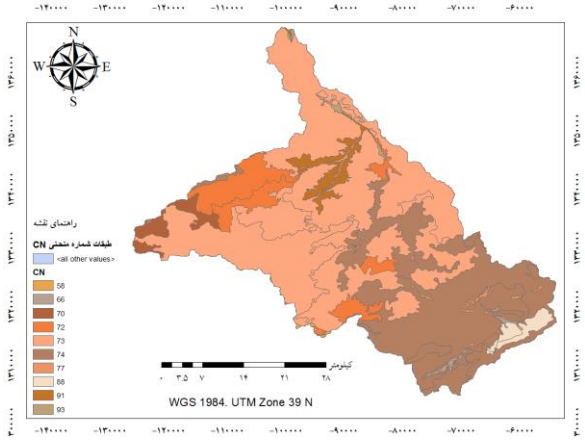
$$S_{(t)} = KO_{(t)} \qquad (۲)$$

که در آن $S_{(t)}$ ذخیره در زمان t، $Q_{(t)}$ دبی خروجی مخزن در زمان t و k ضریب ذخیره کلارک است. در این پژوهش، از نرم‌افزاری که بر مبنای روش ModClark می‌باشـــد و بوســـیله الوانکار و همکاران (۲۰۰۶) تدوین شـــده اســـت، استفاده گردید.

کالیبراســـیون و اعتبارســـنجی مدل Modclark: با بررســـی اطلاعات موجود، تعداد هفت رگبار با موجودیت اطلاعات بارش و رواناب انتخاب شـــد. بدین منظور برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل، رخدادها به دو دسته تقسیم و پنج رخداد برای وا سنجی و دو رخداد برای اعتبار سنجی انتخاب شدند. در زمان وقوع هر سیلاب با استفاده از بارش روزانه ثبت شده در ایستگاه‌های بارانسنجی داخل و اطراف حوزه‌آبخیز تالار- شیرگاه، توزیع مکانی رگبارها با ا ستفاده از روش عکس مربع فاصـــله (IDW) در محیط ArcGIS استخراج شد.

توزیع زمانی رگبارها نیز با اســـتفاده از کاغذهای باران‌نگار ایستگاه پل‌سفید و با استفاده از روش پیلگریم (Pilgrim and Cordery, 1975) تعیین شـــد. زمـان‌تمرکز حوزه‌آبخیز تالار-شـــیرگاه با اســـتفاده از روش برانس‌بای-ویلیامز (برای حوضـه‌های بزرگتر از ۵۰ مایل مربع توصـیه می‌گردد) محا سبه شد. ضریب ذخیره با ا ستفاده از روش گرافیکی (شـاخه خشـکیدگی آبنمود) بدسـت آمده بدین ترتیب که شاخه نزولی آبنمود در یک کاغذ نیمه‌لگاریتمی، با انتقال دبی آبنمود روی محور لگاریتمی و ز مان روی محور عادی، رســـم گردید (Viessman, 1977) و بعنوان برآورد اولیه در مرحله واسـنجی مورد اسـتفاده قرار گرفت. علاوه بر این، CN حوضـه نیز با اسـتفاده از ضـریبی مورد استفاده قرار گرفت.

تعیین شماره منحنی (CN) منطقه: شماره منحنی، پارامتر بی‌بعدی است که در روش بدست آمده توسط سازمان حفاظت منابع ملی (NRCS) برای تعیین تلفات و زمان تأخیر به‌کار می‌رود و تحت تأثیر نوع کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی و رطوبت پیشین خاک است (غریب و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل(۳): نقشه شماره منحنی (CN) حوزه آبخیز تالار-شیرگاه

برای تهیه نقشه CN، نقشه‌های گروه هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی در محیط نرم افزار ArcGIS تلفیق و براساس جداول تعیین CN (مهدوی، ۱۳۸۴)، نقشه شماره منحنی هر واحد از زیرحوضه تالار-شیرگاه (هر پلیگون حاصل از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیکی خاک) بدست می‌آید.

داده‌های بارش-رواناب و تعیین توزیع مکانی و زمانی رگبارها: برای شبیه سازی بارش-رواناب، لازم است آبنمودهای مشاهداتی و باران‌نمودهای متناظر آن در حوضه تالار-شیرگاه آماده شود.

بدین منظور آبنمود سیلاب ایستگاه آبسنجی شیرگاه از اداره آب منطقه‌ای استان مازندران تهیه و تعدادی از آنها که در ایستگاه باران سنجی ثبات پل سفید که دارای بارش همزمان بودند، تفکیک شد. سپس، در زمان وقوع هر سیل، با استفاده از بارش روزانه ثبت شده در ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و اطراف حوضه مورد مطالعه، توزیع مکانی رگبارها با استفاده از روش عکس مربع فاصله در محیط GIS و با شبکه سلولی ۵۰ متر استخراج شد. توزیع زمانی رگبارها نیز با استفاده از کاغذهای باران‌نگار ایستگاه ثبات پل‌سفید تعیین شد.

جدول (۲): مشخصات وقایع سیلابی و بارش‌های متناظر در حوضه تالار

تاریخ وقایع	بارش حداکثر (mm)	دبی پیک (m^3/s)	اشل (mm)
۹۳/۰۳/۱۴	۲۰	۵۹/۵	۲۵۵
۹۴/۰۴/۲۹	۲۰	۱۶۳	۳۶۵
۹۴/۰۸/۱۱	۲۲	۱۱۲	۱۹۶
۹۴/۱۲/۱۰	۵۱/۵	۹۰/۳	۲۵۴
۹۵/۰۱/۰۴	۲۶	۴۳/۱	۱۸۰
۹۵/۰۱/۱۳	۲۹/۷	۳۸/۱	۱۷۰
۹۵/۰۱/۲۹	۱۹/۵	۶۲/۲	۲۱۵

ارزیابی مدل: شرط لازم برای تعیین اعتبار یک مدل آن است که نتایج بدست آمده (تخمینی) با نتایج واقعی (مشاهده ای) مقایسه گردد. برای مقایسه مدل‌ها، از معیارها و روش‌های متعددی از جمله خطای نسبی (RE)، ضریب تبیین (R^2)، مجذور میانگین مربعات خطا(RMSE) و ضریب کارایی (CE) که توسط ASCE (۱۹۹۳) توصیه شدند، می‌توان میزان خطا و یا دقت مدل مورد استفاده در تحقیق را مشخص نمود. در تحقیق حاضر از فرمول‌های (۳)، (۴) و (۵) برای مقایسه کمّی بین مقادیر مشاهداتی و مقادیر تخمینی هیدروگراف استفاده شده است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Q_o - Q_e)^2}{n}} \quad (۳)$$

$$CE = 1 - \frac{\sum(Q_o - Q_e)^2}{\sum(Q_o - \overline{Q_O})^2} \quad (۴)$$

$$R^2 = \frac{[\sum(Q_o - \overline{Q_o})(Q_e - \overline{Q_e})]^2}{\sum(Q_o - \overline{Q_o})^2 \sum(Q_e - \overline{Q_e})^2} \quad (۵)$$

در روابط بالا:

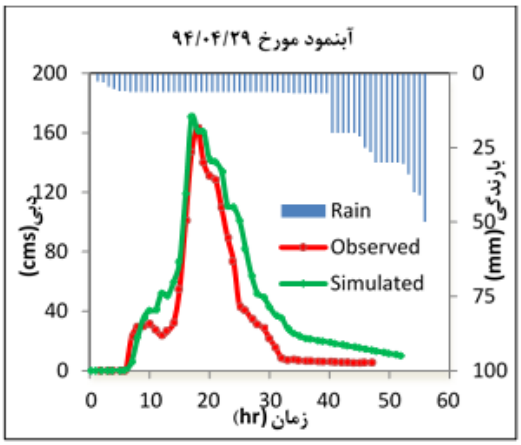
RMSE : مجذور میانگین مربعات خطا (مترمکعب بر ثانیه) می‌باشد که هرچه به صفر میل کند، مدل قابل قبول‌تر است (Stephenson and Green, 1986) ؛ CE: ضریب کارایی است که در بعضی منابع آنرا با E یا EI نیز نشان می‌دهند و بنام ضریب ناش-سوتکلیف نیز خوانده می‌شود. براین اساس هرچه میزان ضریب کارایی به ۱ نزدیک‌تر باشد، مدل از نظر آماری قابل قبول‌تر است (Stephenson and Green, 1986)؛ R^2: ضریب تشخیص، تبیین یا تعیین نامیده می‌شود که بین ۰ تا ۱ متغییر است و RE یا خطای نسبی کمتراز ۴۰ درصد باشد (عباسی زاده، ۱۳۸۹).

تعیین پتانسیل تولید رواناب: پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل، در ادامه برای تعیین سیل‌خیزی، هریک از نقشه‌های شیب، شماره‌منحنی، طول جریان و متوسط بارندگی سالانه حوزه‌آبخیز در دوره بازگشت‌های مختلف به چهار کلاس تقسیم شدند. پس از تلفیق نقشه‌ها، واحدهای همگن در محیط GIS کدگذاری و برای تعیین میزان تأثیر هر یک از واحدهای همگن بر دبی سیل خروجی و اولویت‌بندی آنها از نظر سیل‌خیزی براساس روش عکس‌العمل سیل واحد، ابتدا آبنمود سیل خروجی به ازای بارش طرح در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله با مشارکت کلیه حوضه محاسبه شد.

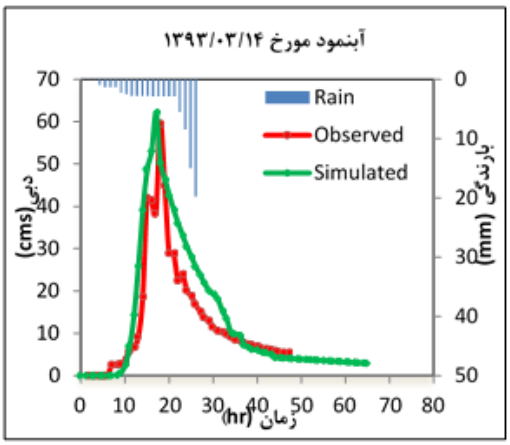
بحث و نتایج

نتایج مربوط به آب‌نمودهای شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل ModClark در رخدادهای انتخابی و نتایج ارزیابی مدل در برآورد مشخصه‌های آبنمود سیلاب به ترتیب در شکل (۴) و جدول (۲) ارائه شده است

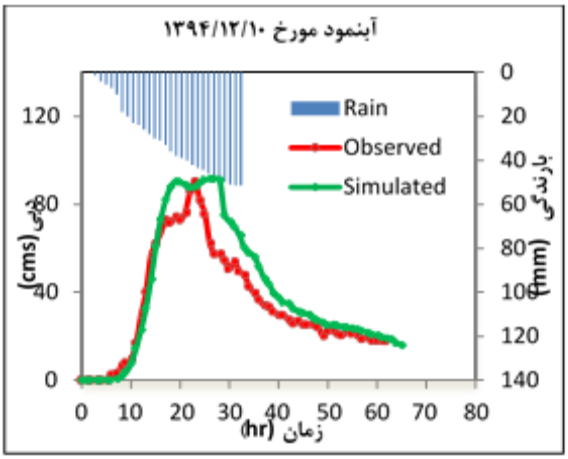
.



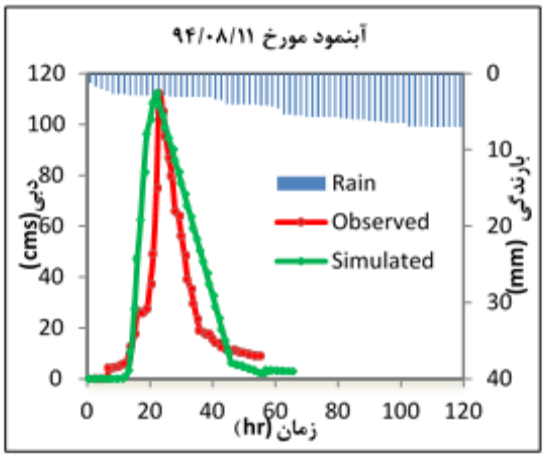
آبنمود مشاهده ای و شبیه سازی شده مورخ ۹۴/۰۴/۲۹



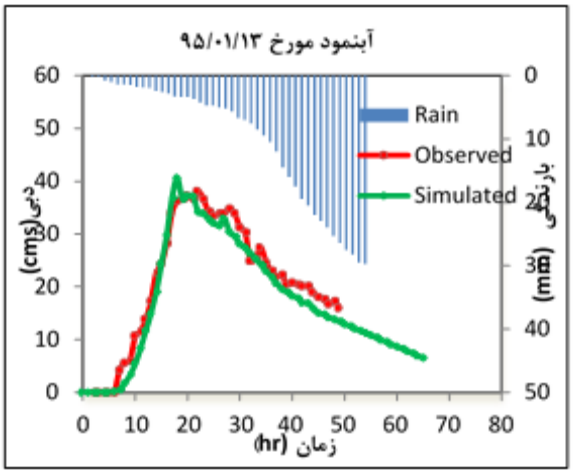
آبنمود مشاهده ای و شبیه سازی شده مورخ ۹۳/۰۳/۱۴



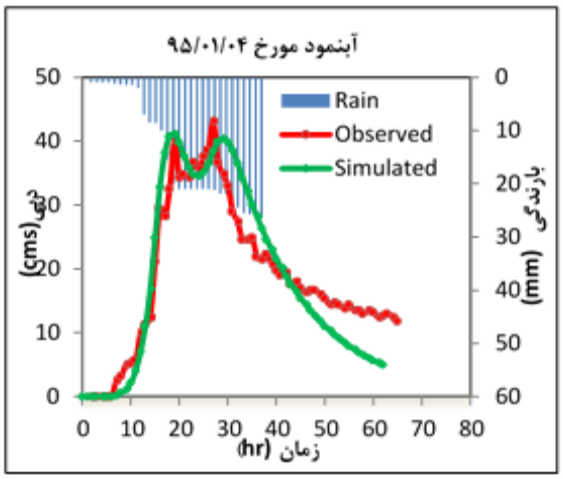
آبنمود مشاهده ای و شبیه سازی شده مورخ ۹۴/۱۲/۱۰



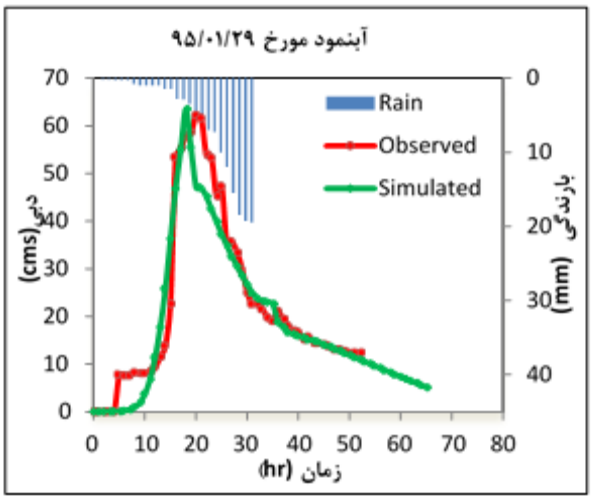
آبنمود مشاهده ای و شبیه سازی شده مورخ ۹۴/۰۸/۱۱



آبنمود مشاهده ای و شبیه سازی شده مورخ ۹۵/۰۱/۱۳



آبنمود مشاهده ای و شبیه سازی شده مورخ ۹۵/۰۱/۰۴



آبنمود مشاهده ای و شبیه سازی شده مورخ ۹۵/۰۱/۲۹

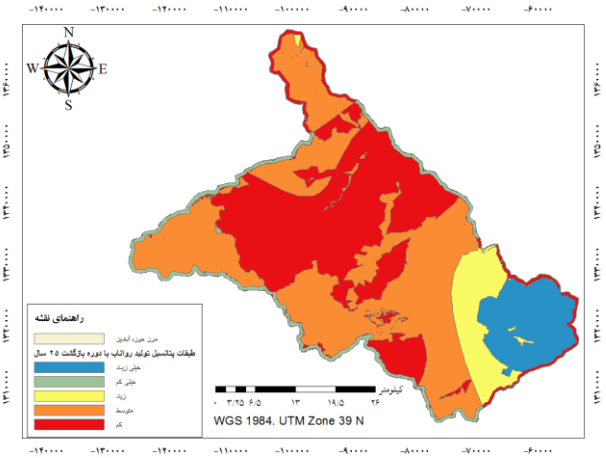
شکل(۴):آبنمود مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل ModClark در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی

جدول (۲): نتایج ارزیابی مدل ModClark در برآورد مشخصه‌های آبنمود سیلاب

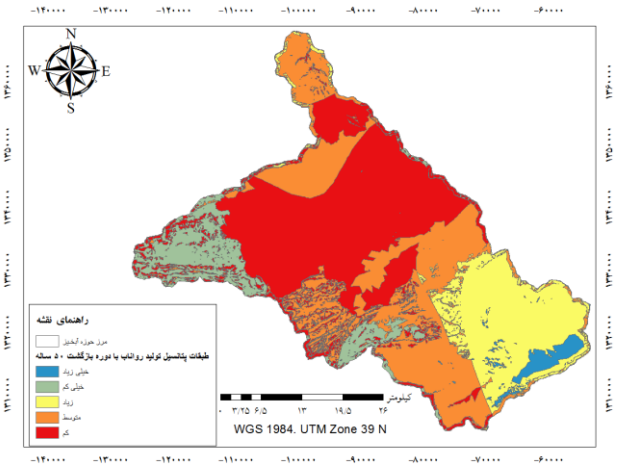
مرحله	تاریخ سیلاب	معیارهای دقت دبی حداکثر: ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)	ضریب کارایی (CE)	ضریب تبیین (R^2)	خطای نسبی به درصد (RE) مؤلفه‌های هیدروگراف: دبی اوج	زمان تا اوج	زمان پایه
واسنجی	۹۳/۰۳/۱۴	۰/۷۲۴	۰/۸۳۳	۰/۸۰۵	۴/۵	۹۱/۷	۴۳/۹
	۹۴/۰۴/۲۹	۰/۹۳۱	۰/۷۸۶	۰/۶۳۳	۴/۷۶	۸/۳۳	۱۷/۰۷
	۹۴/۰۸/۱۱	۰/۹۴۳	۰/۲۹۴	۰/۶۲۸	۰/۳۳	۲۳/۵	۱۲/۲۴
	۹۴/۱۲/۱۰	۱/۵۰۴	۰/۷۴۹	۰/۵۰۶	۱/۴۸	۲۲/۲۲	۱/۴۹
	۹۵/۰۱/۰۴	۱/۳۴۸	۰/۶۸۳	۰/۵۷۰	۶/۳۱	۹/۵۲	۱/۵۲
میانگین		۱/۰۹	۰/۶۶۹	۰/۶۲۸	۴/۷۳۸	۳۱/۰۵۴	۱۵/۲۴
اعتبار سنجی	۹۵/۰۱/۱۳	۱/۳۰۱	۰/۹۲۱	۰/۸۱۴	۹/۱	۷/۱۴	۳۹/۵۳
	۹۵/۰۱/۲۹	۰/۸۶۲	۰/۸۸۹	۰/۷۰۱	۲/۱۲	۶/۲۵	۲۹/۱۷
میانگین		۱/۰۸۲	۰/۹۰۵	۰/۷۵۷	۵/۶۱	۶/۶۹۵	۳۴/۳۵

نتایج حاصل از مقایسه بین دبی‌ها نشان می‌دهد، مدل در مرحله اعتبارسنجی با مجذور میانگین مربعات خطا، ضریب کارایی و ضریب تبیین به ترتیب ۱/۰۸۲، ۰/۹۰۵ و ۰/۷۵۷؛ آبنمود سیلاب را شبیه‌سازی کرده است. لذا با توجه به اینکه هرچقدر ریشه میانگین مربعات خطا نزدیک به صفر، ضریب کارایی و ضریب تبیین نزدیک به یک باشند، مدل از دقت بالایی برخوردار است؛ بنابراین نتایج حاصل از ارزیابی مدل نشان از کارایی بالای مدل ModClark در شبیه سازی آبنمود سیلاب دارد (و فقط در تاریخ ۹۴/۱۲/۱۰ دقت کمتر بوده است). لذا با استفاده از این مدل می توان در زیرحوضه هایی که فاقد داده هیدرومتری می باشند می توان مقادیر دبی را بطور تخمینی محاسبه نمود. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش کنبل و همکاران (۲۰۰۵)، غریب و همکاران (۲۰۱۷)، شعبانلو و همکاران (۱۳۹۱) و رضایی و همکاران (۱۳۹۵) همخوانی داشته و دلالت بر توانایی مدل ModClark در شبیه‌سازی آبنمود سیلاب دارد.

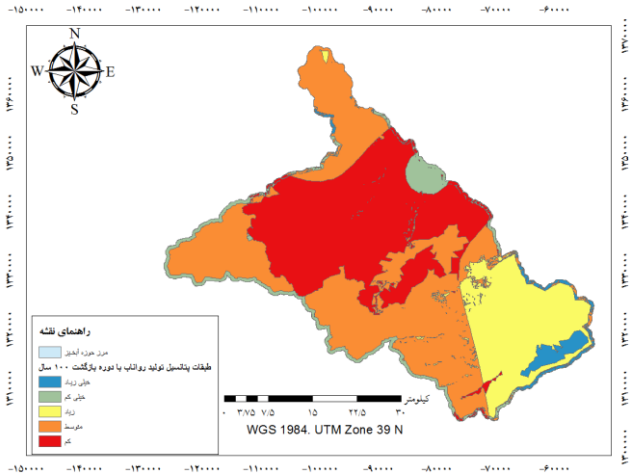
تعیین دبی خروجی و اولویت بندی سیل‌خیزی: با استفاده از مدل واسنجی شده، مقدار دبی اوج سیلاب ناشی از بارش‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله در زمان تمرکز حوضه مورد مطالعه، تعیین شد. سپس با استفاده از روش عکس‌العمل سیل واحد، شدت سیل‌خیزی حوضه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از اولویت‌بندی سیل‌خیزی و پتانسیل تولید رواناب حوضه مورد مطالعه در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله در شکل های (۵)، (۶) و (۷) و جدول شماره (۳) ارائه شده است.



شکل (۵): نقشه طبقات پتانسیل تولید رواناب با دوره بازگشت ۲۵ ساله در حوزه‌آبخیز تالار-شیرگاه



شکل (۶): نقشه طبقات پتانسیل تولید رواناب با دوره بازگشت ۵۰ ساله در حوزه‌آبخیز تالار-شیرگاه



شکل (۷): نقشه طبقات پتانسیل تولید رواناب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در حوزه‌آبخیز تالار-شیرگاه

جدول (۳): درصد مساحت طبقات مختلف پتانسیل تولید رواناب در دوره بازگشت های مختلف حوزه آبخیز تالار-شیرگاه

دوره بازگشت ۲۵ سال			دوره بازگشت ۵۰ سال			دوره بازگشت ۱۰۰ سال		
کلاس خطر	مساحت (km^2)	درصد مساحت	کلاس خطر	مساحت (km^2)	درصد مساحت	کلاس خطر	مساحت (km^2)	درصد مساحت
خیلی زیاد	۱۷۷/۹۷	۹/۳۵	خیلی زیاد	۳۸/۲۷	۲/۰۱	خیلی زیاد	۴۷/۸۱	۲/۵۲
زیاد	۱۴۵/۱۴	۷/۶۳	زیاد	۳۴۲/۵۹	۱۸	زیاد	۳۲۵/۰۲	۱۷/۱۳
متوسط	۸۰۴/۹۹	۴۲/۳۰	متوسط	۵۷۶/۰۸	۳۰/۲۷	متوسط	۷۷۱/۹۹	۴۰/۶۷
کم	۶۸۶/۸۹	۳۶/۰۹	کم	۷۶۱/۲۶	۴۰	کم	۶۴۹/۱۷	۳۴/۲۰
خیلی کم	۸۸/۰۲	۴/۶۳	خیلی کم	۱۸۴/۹۳	۹/۷۲	خیلی کم	۱۰۴/۱۲	۵/۴۸

براساس جدول (۳)؛ در دوره بازگشت ۲۵ سال، طبقه کلاس خطر متوسط با ۴۲/۳ درصد مساحت؛ در دوره بازگشت ۵۰ سال، طبقه کم با ۴۰ درصد مساحت و در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، طبقه متوسط با درصد مساحت ۴۰/۶۷ بیشترین سطح را به خود اختصاص داده‌اند. براساس نقشه پتانسیل تولید رواناب در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله، مشخص گردید که پتانسیل تولید رواناب، از پایین‌دست به سمت بالادست حوضه؛ افزایشی است و جنوب شرق حوضه (زیرحوزه چاشم) به عنوان مؤثرترین منطقه و واحد در سیل‌خیزی شناخته شده که بدلیل بارش بیشتر و سیلابی، شیب تند و بالابودن مقادیر CN از جمله عوامل مسبب افزایش میزان سیل‌خیزی در این واحد نسبت به سایر واحدها و مناطق در این حوضه می‌باشد. که با نتایج پژوهش‌های ثقفیان و همکاران (۲۰۱۰)، رضایی و قرمز چشمه (۱۳۹۵)، نوحه گر و همکاران (۱۳۹۲) و برتولا و همکاران (۲۰۱۹) مشابه و با نتایج پژوهش غریب و همکاران (۱۳۹۷) و حسین زاده و همکاران (۱۳۹۷) متفاوت است. بنابراین پس از شناخت اثرگذارترین واحد و زیرحوضه در تولید سیلاب حوزه‌آبخیز تالار-شیرگاه، می‌توان طی اقداماتی نظیر مدیریت جامع حوزه‌آبخیز، احداث بندهای تأخیری، فعالیت‌های بیولوژیکی و مکانیکی و... در زیرحوضه‌ها و واحدهای هیدرولوژیکی با پتانسیل تولید سیلاب بالا؛ به نحو قابل توجهی از میزان سیلاب در حوزه‌آبخیز مورد نظر و خطرات ناشی از آن، جلوگیری بعمل آورد.

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که با استفاده از مدل توزیعی ModClark می‌توان اولویت سیل‌خیزی را در مقیاس‌های مختلف بررسی کرد. این روش نیازمند ورودی‌های بسیار دقیق و جزئی می‌باشد. براساس نتایج این پژوهش لزوماً بزرگترین و نزدیک‌ترین زیرحوضه به خروجی و یا کوچک‌ترین و دورترین زیرحوضه از خروجی، بیشترین و کمترین تأثیر را روی حداکثر دبی سیلابی در خروجی حوضه ندارد؛ بلکه عواملی همچون کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی خاک، درصد شیب در زیرحوضه‌ها می‌توانند تأثیر بیشتری بر مقادیر دبی‌اوج و پتانسیل تولید رواناب داشته باشند. براساس نتایج این پژوهش، می‌توان با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل هیدرولوژیکی، اثر متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی را بر پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های‌آبخیز مورد بررسی قرار داد و با درنظر گرفتن همزمانی دبی اوج و نقش روندیابی سیل در رودخانه‌ها، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها را به نحو مطلوب انجام داد. تحلیل‌های مبتنی بر پارامترهای مورفومتریک زیرحوضه‌ها، به دلیل ثابت بودن شرایط فیزیوگرافی و مورفومتریک حوزه‌آبخیز، قابل دسترس و قابل استناد است که می‌توان براساس آن، به اولویت‌بندی زیرحوضه‌های یک حوزه‌آبخیز پرداخت؛ اما فقط عوامل مورفومتری در این حوزه‌آبخیز مورد مطالعه برای ارائه روش و رابطه (بدلیل معنی‌دار نبودن ضریب همبستگی) کافی نبوده و پارامترهای هیدرولوژیکی نظیر بارندگی و شماره منحنی نیز نقش بسیار مهمی در سیل‌خیزی دارند. لذا باید توجه داشت با دخالت عوامل مورفومتری و هیدرولوژی در سیل‌خیزی حوزه آبخیز، می‌توان به نتایج بهتر و دقیق‌تری دست یافت.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران، اداره کل هواشناسی مازندران و اداره کل منابع طبیعی مازندران منطقه ساری که در تأمین بخشی از داده‌ها و امکانات انجام این تحقیق همکاری نمودند، سپاسگزاری می‌گردد

.

منابع

ابراهیمیان قاجاری، ی.، براری سیاوشکلایی، م.، ۱۳۹۸. پهنه‌بندی پتانسیل تولید رواناب با استفاده از مدل‌های GIS-MCDA فازی (مطالعه موردی: حوزه‌آبریز رودخانه تجن). نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری، سال نهم، شماره ۱، ص ۱۴-۱.

تلوری، ا. ۱۳۷۵. مدل‌های هیدرولوژیکی در زبان ساده (طرح تحقیقاتی). مؤسسه تحقیقات و جنگل‌ها و مراتع، ۱۱۸ صفحه.

ثقفیان، ب.، نیکبخت شهبازی، ع.، ۱۳۸۹. بررسی توزیع مکانی بارش بر شاخص پتانسیل تولید سیل. مجله مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی، سال سوم، شماره ۴. ص ۲۵-۱۸.

ثقفیان، ب.، خسروشاهی، م.، ۱۳۸۴. پاسخ سیل واحد برای تعیین محدوده تولید سیل. مجله مهندسی هیدرولوژی، سال دهم، شماه ۴. ص ۲۷۷-۲۷۰.

حسین زاده، م.م.، نصرتی، ک.، ایمنی، س.، ۱۳۹۷. تعیین شماره منحنی و برآورد پتانسیل تولید رواناب حوزه آبخیز حصارک. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هجدهم، شماره ۵۱، ص ۱۵۰-۱۳۳.

ذبیحی، ع.، زالی، س.ح.، بی پروا، پ.، مقدم نیا، ع.، ۱۳۹۴. بررسی اثر عوامل اقلیمی و خاکی بر مقدار کمّی کوئرسیتین، گیاه دارویی کور Capparis Spinosa (مطالعه موردی: مراتع ییلاقی سوادکوه). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، رشته مهندسی منابع طبیعی، گرایش مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

رضایی، م.، وفاخواه، م.، قرمزچشمه، ب.، ۱۳۹۵. تغییرپذیری مکانی سیل‌خیزی با استفاده از روش عکس‌العمل سیل واحد در حوزه آبخیز خانمیرزا. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، سال هشتم. شماره ۲، ص ۱۳۹-۱۲۸.

رضوی‌زاده، س.، شاهدی، ک.، ۱۳۹۶. اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز طالقان با استفاده از تلفیقAHP و TOPSIS. فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال‌هفتم، شماره ۴، ص ۴۶-۳۳.

زهتابیان، غ.، قدوسی، ج.، احمدی، ح.، خلیلی‌زاده، م.، ۱۳۸۸. بررسی اولویت پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز و تعیین مناطق مولد سیل در آن (مطالعه موردی: حوزه‌آبخیز مارمه استان فارس). فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره ۶، ص ۱۳-۱.

عباسی، ع.، پرهمت، ج.، خوشبزم، ا.، ۱۳۹۳. بررسی پتانسیل تولید رواناب در حوزه‌های‌آبخیز کوچک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سنگانه کلات). مجله علمی-ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، سال دوم، شماره ۳، ص ۲۲-۱۳.

عباسی‌زاده، م.، مهدوی، م.، سلاجقه، ع.، ۱۳۸۹. ارزیابی کارایی روش‌های روندیابی هیدرولوژیکی سیل در رودخانه دز. فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۹، ص ۷۶-۶۳.

غریب، م.، معتمد وزیری، ب.، احمدی، ح.، ۱۳۹۷. روشی برای تعیین مناطق مولد سیل براساس رابطه بین شاخص سیلخیزی و پارامترهای مورفومتری. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هفتم، شماره ۴، ص ۱۰۲-۸۷.

مهدوی، م. ۱۳۸۴. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ پنجم. ۴۴۰ ص.

نوحه‌گر، ا.، قشقایی‌زاده، ن.، حلی‌ساز، ا.، ۱۳۹۲. تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی حوضه‌ها (مطالعه موردی: حوزه‌آبخیز جاماش استان هرمزگان). مجله پژوهش‌های دانش زمین. سال سوم، شماره ۹، ص ۲۵ -۱۴.

Bertola, M., Viglione, A., Bloschl, G., 2019. Informed attribution of flood changes to decadal variation of atmospheric, catchment and river drivers in Upper Austria. Journal of Hydrology, 577(8): 138-147.

Gharib, M., Motamedvaziri, B., Ghermezcheshmeh, B., Ahmadi, H., 2017. Calculation of the Spatial Flooding Intensity with Unit Flood Response Method in the Tangrah Watershed, Iran. Civil Engineering Journal, 3(12): 1327-1338.

Juracek, K.E. 2000. Estimation and Comparison of Potential runoff Contributing areas in Kansas using topographic, soil and Landuse information. u. s. Geological Survey, Water Resources Investigations Report, 55 pp.

Knebl, M.R., Z.L. Yang, Hutchison, K., Maidment, D.R., 2005. Regional Scale Flood modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS: a Case Study for the San Antonio River basin Summer 2002 storm event. Journal of Environmental Management, 75(6): 325-336.

Kull, D.W., Feldman, A.D., 1998. Evaluation of Clark's unit graph method to spatially distributed runoff. Journal of Hydrology Engineering, 3(1):9-19.

Meraj, G., Romshoo, S.A., Yousef, A., Altaf, F., 2015. Assessing the influence of Watershed Characteristics on the Flood Vulnerability of Jhelum basin in Kashmir Himalaya, Nat Hazards, 77(4): 153-177.

Ogato, G.S., Bantider, A., Abebe, K., Genelleti, D., 2020. Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, Oromia regional State, Ethiopia. Journal of Hydrology, 27(9): 1-18.

Pilgrim, D.H., Cordery, L., 1975. Rainfall Temporal Patterns for design floods. Journal of Hydraulics Division, 101(1): 81-95.

Saghafian, B., Ghermezcheshmeh, B., Kheirkhah, M.M., 2010. Iso-Flood severity mapping: A New Tools for Distributed Flood Source Identification. Natural Hazards, 55(2): 557-570.

Saghafian, B., Noroozpour, S., Kiani, M., Rafiee Nasab, A., 2016. Coupled Modclark-Curve number rainfall-runon-runoff model. Arabian Journal of Geosciences, 9(4): 227-213.

Saghafian, B., Farazjoo, H., Sepehri, A., Najafinejad, A., 2006. Effects of land use change on floods in Golestan dam drainage basin. Journal of Water Research, 2(1): 18-28.

Shabanlou, S., Rajabi, A., 2012. Comparison of estimated flood hydrographs using lumped and distributed models. Journal of Environmental Research and Development, 7(1): 79-87.

Stephenson, D. 1979. Direct Optimization of Muskingum Routing Coefficients. Journal of Hydrology. 41(4): 161-165.

Viessman, W., Knapp, J., Lewis, G., Harbaugh, T., 1977. Introduction to Hydrology. Dun-Donnelly Publishers, New York, 2nd Edition.

Youssef, A.M., Pradhan, B., Hassan, A.M., 2011. Flash Flood risk estimation along the St.Katherine road, Southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. Environmental Earth Sciences, 62(3): 611-623.

Flood Generation Potential and Flood Producing Area Determination Using ArcGIS Software and ModClark Model in Talar Watershed

Seyyd.Mohsen. Manavi[1], Kaka. Shahedi[2*], Mahmoud. Habibnejad Roshan[3], Bagher. Ghermezcheshmeh[4]

Abstract

Prioritization of sub-watersheds and different areas has an important effect in watershed management. The purpose of prioritization of sub-watersheds is to provide a pattern for control and decrease flood hazards and evaluating the role of each sub-watershed in peak discharge of outlet flood hydrograph. In this study, Talar watershed was selected as study area, because of several floods was occurred in it and then factors affecting floods like rainfall hyetograph for different return periods, flow length, slope percentage, land use, soil hydrological group, amounts of CN and time of concentration were recognized. By combining ArcGIS software and ModClark hydrological model, the potential of flooding in Talar watershed classified into five classes: Very Low, Low, Medium, High and Very High within three return periods of 25, 50 and 100 years. The results showed that the contribution of sub-watersheds in flooding potential will be not only affected by its area but also the location of each sub-watershed and flood routing in main reach have remarkable effect on flooding regime of the watershed. Runoff production potential maps indicate that runoff production potential from downstream to upstream of the watershed is increasing and Chashm sub-watershed in Southeast of the watershed is considered as the most effective area and unit in flooding of the whole watershed because of heavy rainfall, high slope and large curve number (CN).

Keyword: Flood, ArcGIS, ModClark Model, Prioritization, Talar watershed

[1] Ph.D. Student, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[2*] (corresponding author) Professor, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran (k.shahedi@sanru.ac.ir)
[3] Professor, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[4] Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Tehran, Iran

Research Paper

Flood Generation Potential and Flood Producing Area Determination Using ArcGIS Software and ModClark Model in Talar Watershed

Seyyed.M. Manavi[1], Kaka. Shahedi[2*], Mahmoud. Habibnejad Roshan[3], Bagher. Ghermezcheshmeh[4]

[1] Ph.D. Student, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
[2] Professor, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
[3] Professor, Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
[4] Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Iran

10.22125/IWE.2021.261809.1454

Received:
December 12, 2020
Accepted:
April 3, 2021
Available online:
June.01.2022

Keywords: Flood, ArcGIS, ModClark Model, Prioritization, Talar watershed

Abstract

Prioritization of sub-watersheds and different areas has an important effect in watershed management. The purpose of prioritization of sub-watersheds is to provide a pattern for control and decrease flood hazards and evaluating the role of each sub-watershed in peak discharge of outlet flood hydrograph. In this study, Talar watershed was selected as study area, because of several floods was occurred in it and then factors affecting floods like rainfall hyetograph for different return periods, flow length, slope percentage, land use, soil hydrological group, amounts of curve number (CN) and time of concentration were recognized. By combining ArcGIS software and ModClark hydrological model, the potential of flooding in Talar watershed classified into five classes: Very Low, Low, Medium, High and Very High within three return periods of 25, 50 and 100 years. The results showed that the contribution of sub-watersheds in flooding potential will be not only affected by its area but also the location of each sub-watershed and flood routing in main reach have remarkable effect on flooding regime of the watershed. Runoff production potential maps indicate that runoff production potential from downstream to upstream of the watershed is increasing and Chashm sub-watershed in Southeast of the watershed is considered as the most effective area and unit in flooding of the whole watershed because of heavy rainfall, high slope and large CN.

1. Introduction

Flood is a sudden, rapid and destructive event that causes tangible and intangible human and financial losses in different parts of the world every year, so controlling or reducing these destructive and devastating effects requires correct and accurate studies. Considering that in most of the watersheds, the occurrence of floods and the resulting damage is increasing; therefore, determining flood-producing

* **Corresponding Author:** Name
Address: Department of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
Email: k.shahedi@sanru.ac.ir
Tel: 09116967922

areas and prioritizing sub-watersheds in terms of runoff production potential can be effective in better management of watersheds.

One of the proposed methods in relation to identifying areas with potential for flood production is the unit flood reaction method using the ModClark model. Kanbel et al. (2005), Gharib et al. (2017) and Shabanloo and Rajabi (2012) in different parts of the world, including the United States and Iran, modeled rainfall-runoff using the ModClark model. It was evaluated more efficiently than many methods and models, including HEC-HMS and SCS.

In this research, the aim is to determine the potential of flooding in distributed and sub-watershed forms and compare them in Talar watershed located in Mazandaran province.

2. Materials and Methods

Talar-Shirgah watershed is one of the mountainous waterhseds in the north of Iran with an area of 1896/22 sq.km located in the central Alborz and is drained by the Talar River, with main extension from south to north. The average altitude in this area is estimated at 1062 m above sea level. The average annual rainfall in this area is estimated 791 mm (Zabihi, 1394).

In ModClark model, the effective rainfall at any point of the watershed with a delay time proportional to the length of travel time of that point, reaches the outlet of the watershed. In this method, there is no need to determine the roughness coefficient and the hydrograph is estimated using two main parameters, time of concentration and Clark storage coefficient.

After calibration and validation of the model, to determine flooding, each of the slope maps, curve number, flow length and average annual rainfall of the watershed in different return periods were divided into four classes. After combining the maps, the homogeneous units are coded in GIS environment and to determine the effect of each homogeneous unit on the outflow flood discharge and prioritize them in terms of flooding based on the unit flood reaction method, first the outflow flood diagram for project rainfall in the return periods of 25, 50 and 100 years were calculated with the participation of the whole watershed.

3. Results

The results of the comparison between the discharges show that the model in the validation step with the square of the mean squared error, efficiency coefficient and coefficient of determination are 1.082, 0.905 and 0.757, respectively. Therefore, the results of the model evaluation show the high efficiency of the ModClark model in simulating flood hydrograph.

Based on the runoff production potential map in the return periods of 25, 50 and 100 years, it was determined that the runoff production potential increases from downstream to upstream; and the southeast of the watershed (Chashm sub-watershed) is known as the most effective area and unit in flooding than other units and areas in this watershed.

4. Discussion and Conclusion

The results of the present study indicate that using the ModClark model, flooding priority can be investigated at different scales. This method requires very precise and detailed inputs. According to the results of this study, the largest and closest sub-watershed to the outlet or the smallest and farthest sub-watershed from the outlet does not necessarily have the maximum and minimum effect on the maximum flood discharge at the outlet; Rather, factors such as land use, soil hydrological group, slope percentage in sub-watersheds can have a greater impact on peak discharge values and runoff production potential.

5. Six important references

1. Bertola, M., Viglione, A., Bloschl, G., 2019. Informed attribution of flood changes to decadal variation of atmospheric, catchment and river drivers in Upper Austria. Journal of Hydrology, 577(8): 138-147.
2. Gharib, M., Motamedvaziri, B., Ghermezcheshmeh, B., Ahmadi, H., 2017. Calculation of the Spatial Flooding Intensity with Unit Flood Response Method in the Tangrah Watershed, Iran. Civil Engineering Journal, 3(12): 1327-1338.
3. Pilgrim, D.H., Cordery, L., 1975. Rainfall Temporal Patterns for design floods. Journal of Hydraulics Division, 101(1): 81-95.

4. Saghafian, B., Ghermezcheshmeh, B., Kheirkhah, M.M., 2010. Iso-Flood severity mapping: A New Tools for Distributed Flood Source Identification. Natural Hazards, 55(2): 557-570.
5. Shabanlou, S., Rajabi, A., 2012. Comparison of estimated flood hydrographs using lumped and distributed models. Journal of Environmental Research and Development, 7(1): 79-87.
6. Youssef, A.M., Pradhan, B., Hassan, A.M., 2011. Flash Flood risk estimation along the St.Katherine road, Southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. Environmental Earth Sciences, 62(3): 611-623.

Conflict of Interest
Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments
We are grateful to …..