بررسی نقش مشارکت زیرحوضه های آبخیز در شدت سیل خیزی؛ مطالعه موردی: حوضه آبخیز حصارک

محمد مهدی حسین زاده[۱]، کاظم نصرتی[۲]، سپیده ایمنی[۳]*

[۱] دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[۲] دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

چکیده

فرسایش خاک از جمله فرآیندهایی است که منابع آب و خاک یک کشور را مورد تهدید قرار می‌دهد. فرآیند یکی از مهمترین اقدامات مورد نظر در پروژه‌های مدیریت سیلاب، بررسی میزان مشارکت زیرحوضه‌های مختلف یک آبخیز در تعیین مؤلفه‌های مختلف سیلاب خروجی از حوضه است. با توجه به نبود ایستگاه‌های هیدرومتری در محل خروجی تمام زیرحوضه‌ها، تحقق هدف مذکور نیازمند شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب در زیرحوضه‌ها از طریق مدل های هیدرولوژیکی می‌باشد. از این رو برای اجرای برنامه‌های کنترل سیلاب در بالادست حوضه باید به سهم زیرحوضه‌ها در سیلاب توجه کرد و آنها را اولویت‌بندی نمود. در این پژوهش، ابتدا برای تعیین مشارکت زیرحوضه‌ها در دبی سیلابی، حوضه حصارک به ۳ زیرحوضه تقسیم گردید. سپس با اجرای مدل HEC- HMS، زیرحوضه‌های آبخیز حصارک از نظر سیلخیزی اولویت‌بندی شدند. هدف از این مطالعه برآورد ارتفاع رواناب و سیلاب خروجی در زیرحوضه‌های آبخیز حصارک می‌باشد. نتایج نشان داد، میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در دبی اوج کل حوضه صرفاً به یک عامل بستگی ندارد و اثرات متقابل عوامل تعیین‌کننده سهم مشارکت زیرحوضه‌ها را در سیلخیزی تعیین می‌کند. با اجرای مدل HEC-HMS مشاهده شد، زیرحوضه تقاطع دو شاخه (S1) کمترین سهم و زیرحوضه چپ دره (S3) بیشترین سهم را در دبی اوج کل حوضه دارا است و در اولویت اول قرار می‌گیرد.

کلید واژه‌ها: اولویت‌بندی سیل‌خیزی، زیرحوضه، HEC- HMS، حوضه آبخیز حصارک

مقدمه

حوضه آبخیز نسبت به بارش ورودی به حوضه واکنش نشان می‌دهد. این واکنش به صورت رواناب و سیلاب نمایان می‌گردد (پورحسین قادری و محمدنژاد، ۱۳۹۲، ص ۱). در ۵۰ سال اخیر حدود ۳۷۰۰ واقعه سیل در کشور

* نویسنده عهده دار مکاتبات: Sepide.sbu@gmail.com

گزارش شده است که حدود ۵۳ درصد آن در سال های اخیر روی داده است. بررسی عوامل زیست محیطی نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، کاربری غیر اصولی اراضی، توسعه سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن، پتانسیل سیل‌خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده است (خلیلی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۳-۱). مدل‌ها و روش‌های زیادی برای محاسبه مقدار دبی سیل وجود دارد. بررسی کارایی روش‌های انتخاب شده بستگی به نوع مشکل و اطلاعات موجود و مکانیزم رواناب دارد. مدل های هیدرولوژیکی قادر به شبیه سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی سطح زمین به منظور مدیریت منابع آب می‌باشد. یکی از این مدل ها، مدل HEC-HMS می‌باشد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۲۲۴). در زمینه تعیین مناطق سیلخیز یک حوضه آبخیز نیز پژوهش هایی صورت گرفته است مانند ژوراسک[1] (۱۹۹۹)، در مقاله ای پتانسیل مشارکت رواناب را در ۹۱ حوضه از ایالت کانزاس با استفاده از اطلاعات خاک، کاربری اراضی و توپوگرافی مورد بررسی قرار داده است. کنبل[2] و همکاران (۲۰۰۵)، مدل منطقه ای سیل را با استفاده از مدل‌هایHEC-HMS و HEC-RAS بررسی نمودند. آنها پارامترهای مدل را کالیبره کردند تا شبیه سازی خوبی از دبی۱۲زیرحوضه داشته باشند. گارسیا[3] و همکاران (۲۰۰۸)، به ارزیابی منابع آب سطحی در حوضه های با تعداد ایستگاه کم در شمال اسپانیا پرداختند. در واقع از مدل HEC-HMS برای تخمین مقدار آب قابل دسترس استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که داده‌های حاصل از شبیه سازی توسط مدل و داده های ثبت شده تفاوتی چندانی با هم ندارند. " بررسی امنیت سد مایسورا[4] در تایلند از لحاظ هیدرولوژیکی"، عنوان تحقیقی است که تینگسایهالی[5] (۲۰۱۲)، برای ردیابی تبدیل حداکثر بارش محتمل (PMP) به حداکثر سیل محتمل (PMF) و ردیابی آن در مخزن سد وقتی که جریان سیل از تاج سرریز عبور می کند، از نرم افزار HEC-HMS استفاده کرده است. نتایج نشان دادند که بیشترین حجم سیل در دشت سیلابی و در منطقه شهرنشین رخ می‌دهند از این رو باید اقداماتی در خصوص کنترل سیلاب در منطقه انجام شود. در مقاله‌ای محمودیان شوشتری و همکاران (۱۳۸۱)، به شبیه سازی جریان رودخانه کر و سیوند استان فارس با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. آنها حوضه آبخیز را به ۱۷ زیرحوضه تبدیل کرده و سپس با ۳ ایستگاه آبسنجی، مدل HEC-HMS را مورد اعتبارسنجی قرار دادند و نتایج حاکی از مطلوب بودن شبیه سازی بارش- رواناب با استفاده از این مدل می باشد. بشارتی (۱۳۸۵)، به اولویت بندی مکانی مناطق سیل‌خیز در حوضه رودک با استفاده از مدل شبیه سازی بارش - رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. در این تحقیق با استفاده از الحاقیه HEC-Geo HMS در نرم افزار ArcView ۵ زیرحوضه انتخاب و کلیه خصوصیات فیزیوگرافی آنها با توجه به نقشه مدل رقومی حوضه استخراج گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان مشارکت زیرحوضه ها در سیل خروجی، با مساحت آن ها رابطه مستقیم ندارد. دستورانی و همکاران (۱۳۸۹)، به ارزیابی و واسنجی پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه سد طرق واقع در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل HEC-HMS پرداختند. پس از تعیین مقادیر شماره منحنی، مقادیر تلفات اولیه، زمان تأخیر با روش های SCS و اشنایدر و زمان تمرکز

[1] Juracek
[2] Keneb, et all
[3] Garcia
[4] Mae Sruai Dam
[5] Tingsanchali

حوضه با روش SCS، مدل HEC-HMS را اجرا نمودند. نتایج نشان داد که در محاسبه شماره منحنی و تلفات اولیه جریان توسط مدل، استفاده از روش‌های اشنایدر و SCS برای محاسبه زمان تأخیر حوضه از تفاوت چندانی برخوردار نمی‌باشند. نصری و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS شبیه‌سازی جریان در واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد شیخ بهایی را انجام داده و نتایج نشان داد که مناطقی که در نزدیکی نقطه خروجی حوضه قرار داشتند بیشترین نقش را در تولید سیل داشته و بایستی در اولویت اول فعالیت های آبخیزداری قرار گیرند. زهتابیان و همکاران (۱۳۹۰)، به اولویت بندی زیرحوضه‌های حوضه آبخیز نازلوچای از نظر پتانسیل سیل خیزی با نرم افزار HEC-HMS پرداخته و نتایج بدست آمده از مطالعه نشان دهنده این بوده که ۵ زیرحوضه بالادست و میانی نازلو با داشتن دبی ویژه به ترتیب ۰/۹۵، ۰/۹۴، ۰/۸۱، ۰/۷۷، ۰/۷۳ متر مکعب بر ثانیه و بیشترین مقدار مساحت به ترتیب ۶/۵۲، ۷/۴۲، ۴۳، ۳۵، ۴۲ و ۴۵ کیلومترمربع دارای رتبه ۱ تا ۵ از نظر سیل خیزی جزء زیرحوضه های بحرانی شناسایی شدند. بنابراین هدف از این مطالعه، برآورد ارتفاع رواناب و سیلاب خروجی در زیرحوضه‌های حوضه آبخیز حصارک و تعیین سهم هر زیرحوضه در دبی اوج حوضه می‌باشد.

مواد و روش

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز حصارک، حوضه ای کوهستانی در شمال غرب استان تهران در ۳۰ ۱۹ °۵۱ تا ′۱۷ °۵۱ طول شرقی و ۵۱ °۳۵ تا ۴۶ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است. این منطقه از غرب به حوضه آبخیز کن و از شرق به حوضه آبخیز فرحزاد محدود می شود و مساحت آن ۱۳/۸۷ کیلومترمربع است. رودخانه حصارک مسیل اصلی این منطقه است که از کوه بندعیش به ارتفاع ۲۷۶۶ متر سرچشمه گرفته است و پس از عبور از روستای حصارک و بزرگراه آیت الله کاشانی در امتداد جنوب از اراضی شهران و جنت آباد گذشته و در محل اتوبان تهران- کرج به مسیل برگردان غرب می ریزد و در نهایت به رودخانه کن می پیوندد. از نظر هیدرولوژیکی رودخانه حصارک دارای دو شاخه اصلی به نام های چپ دره و دوچناران است که یک یال اصلی به ارتفاع حداکثر ۲۴۰۵ متر در وسط آن قرار می گیرد (شکل ۱).

روش تحقیق

در این پژوهش به منظور پیش‌بینی میزان رواناب و دبی سیلابی تولید شده در زیرحوضه‌ها از روش شبیه‌سازی هیدرولوژیکی در تبدیل بارش به رواناب در سطح زیرحوضه‌ها استفاده شده است. مراحل تحقیق به شرح ذیل می‌باشد:

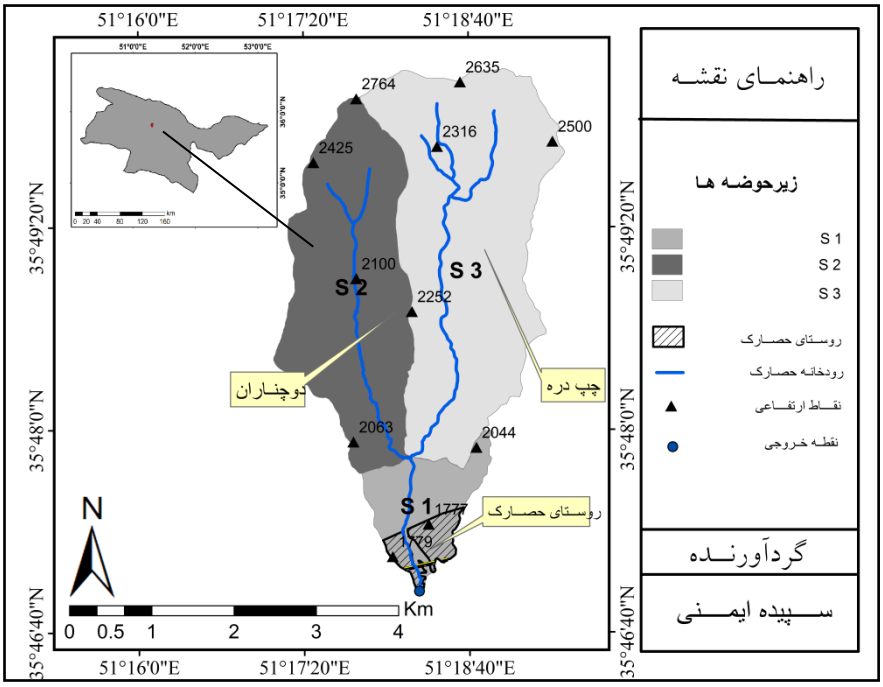
۱- تهیه نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مورد مطالعه

۲- تهیه آمار و اطلاعات بارندگی از ایستگاه تبخیرسنجی کشار از وزارت نیرو

۳- تعیین اطلاعات فیزیوگرافیک و تفکیک زیرحوضه ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و کاربرد دو برنامه الحاقیArc Hydro و HEC-geoHMS

۴- برآورد اولیه پارامترها و داده های ورودی مدل

۵- اعتبارسنجی مدل



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان تهران

پارامترهای ورودی مدل HEC-HMS

یک مدل شامل روابطی است که رفتار اجزاء سیستم آبشناسی را ارائه می‌کند و مدل HEC- HMS یک مدل رایانه‌ای مناسب جهت ارائه سیستم آب شناسی است که توسط گروه مهندسین ارتش آمریکا عرضه شده است. این مدل، حوضه آبخیز را به عنوان یک سیستم به هم پیوسته با مؤلفه‌های آبشناسی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. ساختار مدل HEC- HMS شامل ۳ بخش اصلی می باشد که عبارتند از الف) مدل حوضه، ب) مدل هواشناسی، ج) شاخص کنترلی زمان. همچنین این مدل دارای قابلیت کالیبراسیون خودکار و بهینه‌سازی پارامترها نیز می‌باشد (یوساک، ۱۹۷۲، ص ۴۲) داده های مورد نیاز مدل در جدول ۱ آورده شده است.

الف) مدل حوضه: در این بخش، حوضه به طور شماتیک به مدل معرفی گردیده که شامل زیر حوضه‌ها[1]، اتصال آنها به یکدیگر[2] و بازه‌ها[3] می‌باشند. سپس باید روش مناسبی برای تعیین تلفات اولیه رواناب، آب پایه و ردیابی سیل در رودخانه انتخاب شود و اطلاعات فیزیکی حوضه آبخیز وارد گردد. در این مدل روش‌های متعددی برای برآورد تلفات وجود دارد. در این تحقیق از روش تلفات شماره منحنی SCS- CN استفاده شده است. مقدار تلفات اولیه SCS، با توجه به روابط ۱، ۲ و ۳ بدست می آید (یوساک، ۱۹۷۲، ص ۴۵- ۵۰):

[1] Sub basin
[2] Junction
[3] Reach

$$P_e = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S}$$ (رابطه ۱)

$$Ia = a \times S$$ (رابطه ۲)

$$S = \frac{25400-254\,CN}{CN}$$ (رابطه ۳)

که در آن Pe ارتفاع بارش مؤثر (رواناب) به میلی‌متر، P ارتفاع بارندگی به میلی‌متر، S حداکثر پتانسیل ذخیره حوضه به میلی‌متر و a ضریبی است که در هر شرایط متفاوت می‌باشد (بین ۰/۱ برای خاک‌های مرطوب و ۰/۳ برای خاک‌های خشک) در نظر گرفته می‌شود (یزدانی، ۲۰۰۰، ص ۲۶). در این تحقیق برای برآورد اولیه آن ۰/۲ در نظر گرفته شده است. برای محاسبه انتقال رواناب از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده شده است. همچنین در این پژوهش مدل در حالت بدون آب پایه اجرا شده است. با استفاده از برنامه HEC- geoHMS مدل حوضه حصارک تهیه شد که به درک رابطه زیرحوضه‌ها، بازه‌ها و محل ترکیب آبنمودها در نقاط اتصال کمک می‌کند.

ب) مدل هواشناسی حوضه: در این بخش باید داده‌های بارندگی و تبخیر و تعرق برای شبیه‌سازی حوضه وارد گردند. مدل هواشناسی که در این مطالعه استفاده شده است، روش هایتوگراف سفارشی[1] می‌باشد. برای استفاده از این روش ایستگاه تبخیرسنجی و مقادیر ثبت شده آن قبلاً به مدل معرفی شده‌اند. در این تحقیق، به دلیل عدم وجود ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری در حوضه آبخیز حصارک، داده‌های بارش ایستگاه تبخیرسنجی کشار، به دلیل هم عرض بودن و شرایط یکسان و مشابه با حوضه مورد مطالعه به زیرحوضه ها تعمیم داده شده است.

محاسبه زمان تمرکز

زمان تمرکز یعنی مدت زمان رسیدن رواناب دورترین نقطه حوضه به نقطه خروجی که با استفاده از روش کرپیچ[2] (رابطه ۴) به واسطه ی تأیید عملکرد آن در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد.

$$Tc = 0.885\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$ (رابطه ۴)

که در آن T_c زمان تمرکز بر حسب ساعت، L طول بزرگ‌ترین مسیر آب حوضه کیلومتر و H اختلاف ارتفاع بین بالاترین و پایین‌ترین نقطه حوضه به متر.

محاسبه زمان تأخیر[3]

زمان تأخیر، فاصله زمانی بین مرکز ثقل بارش مازاد و مرکز ثقل هیدروگراف می باشد و غالباً به جای آن، زمان تأخیر تا اوج[4] در نظر گرفته می‌شود که فاصله زمانی بین مرکز ثقل بارش مازاد و نقطه اوج می‌باشد (مهدوی، ۱۳۹۰، ص ۲۱۲). سازمان حفاظت خاک آمریکا، رابطه ۵ را برای محاسبه زمان تأخیر حوضه پیشنهاد داده است:

[1] Specified Hyetograph
[2] Kirpich
[3] Lag time
[4] Lag to peak

$$Tl = 0.6\,Tc$$ (رابطه ۵)

t_c زمان تمرکز بر حسب ساعت و t_l زمان تأخیر بر حسب ساعت

ج) شاخص های کنترلی: در این بخش، تاریخ و ساعت شروع و پایان شبیه سازی و فواصل زمانی مورد نظر به مدل معرفی گشته اند. کار اصلی مشخصه های کنترل، کنترل سرعت و دقت محاسبات می باشد. لازم به ذکر است که گام زمانی انتخابی در مدل باید از ۰/۲۹ زمان تأخیر حوضه کمتر باشد (قشقایی زاده، ۱۳۹۱، ص ۲۰). در این پژوهش به دلیل اینکه شبیه سازی در دوره آماری ۱۳۹۲– ۱۳۷۹ انجام می شود، لذا از گام زمانی ۲۴ ساعته در انجام محاسبات استفاده شده است.

اعتبارسنجی[1] مدل HEC-HMS

نتایج حاصل از مدل‌ها در تصمیم گیری‌ها و طرح های منابع آب و همچنین مسائل مربوط به سیل و امثال آن کاربرد فراوانی دارد. بنابراین همواره درجه اعتبار و صحت آنها مورد سوال است و یا اینکه مشخص شود، عملکرد مدل رضایت بخش است یا خیر، ضروری می باشد. البته از هیچ مدل کامپیوتری نمی توان پیش بینی های کامل و دقیقی را انتظار داشت و همیشه به صورت نسبی مطرح است (شکری کوچک و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۷۰). برای استفاده از مدل در شبیه سازی حوضه، باید اعتبارسنجی مدل برای حوضه‌هایی که دارای آمار بارش – رواناب هستند با موفقیت انجام گیرد. در این مطالعه جهت اعتبارسنجی از داده های مربوط به سری زمانی یک ساله که توسط سازمان منابع طبیعی استان تهران بدست آمده، استفاده شده است. برای اجرای مدل از داده بارش متوسط سالانه حوضه آبخیز حصارک استفاده شده است و در مرحله بعد میزان رواناب پیش بینی شده توسط مدل با مقدار رواناب محاسبه شده توسط سازمان منابع طبیعی مورد مقایسه قرار گرفته است.

تعیین مناطق مولد و اولویت بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها

پس از اعتبارسنجی مدل، براساس مقادیر رواناب و دبی اوج تولید شده در زیرحوضه‌ها برای رویدادهای مختلف بارش، زیرحوضه‌های آبخیز حصارک از نظر میزان مشارکت آنها در افزایش دبی اوج کل حوضه و سیلخیزی اولویت بندی شدند.

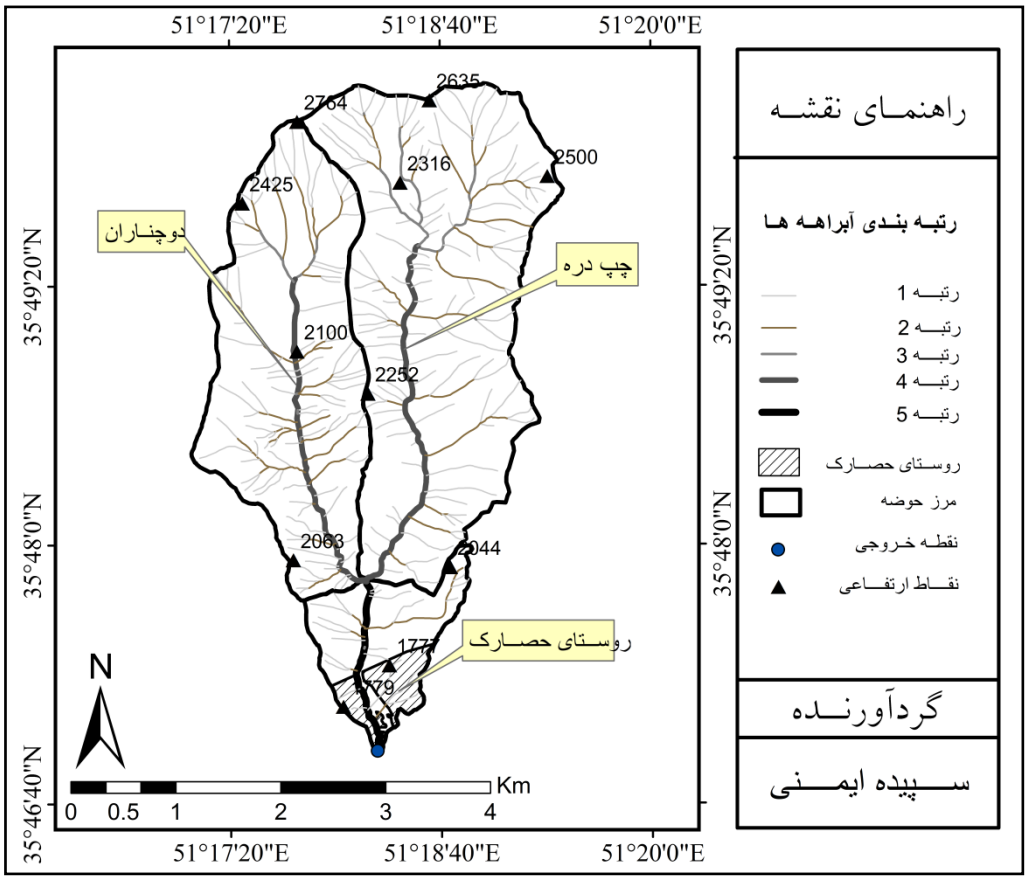
نتایج

خصوصیات فیزیوگرافیک زیر حوضه‌ها

در این پژوهش براساس پستی و بلندی، شبکه آبراهه‌ها و با استفاده از برنامه الحاقی Arc Hydro حوضه آبخیز حصارک به ۳ زیرحوضه کوچک‌تر تفکیک شد. نقشه واحدهای هیدرولوژیک حوضه آبخیز حصارک در شکل ۱ و ۲ آمده است. مدل ارتفاعی رقومی (DEM) حوضه بر مبنای نقشه رقومی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در محیط GIS

[1] Validation

تهیه گردید. سپس خصوصیات فیزیوگرافی مورد نیاز در محیط برنامه HEC-geoHMS از DEM استخراج شد. شیب متوسط کل حوضه برابر ۳۳/۳۲ درصد و ارتفاع متوسط وزنی آن ۲۲۴۲/۴۷ متر می باشد. شکل ۲ شبکه آبراهه و زیرحوضه ها را نشان می دهد و جدول ۱ نیز نشان دهنده پارامترهای فیزیوگرافی هر زیرحوضه است.



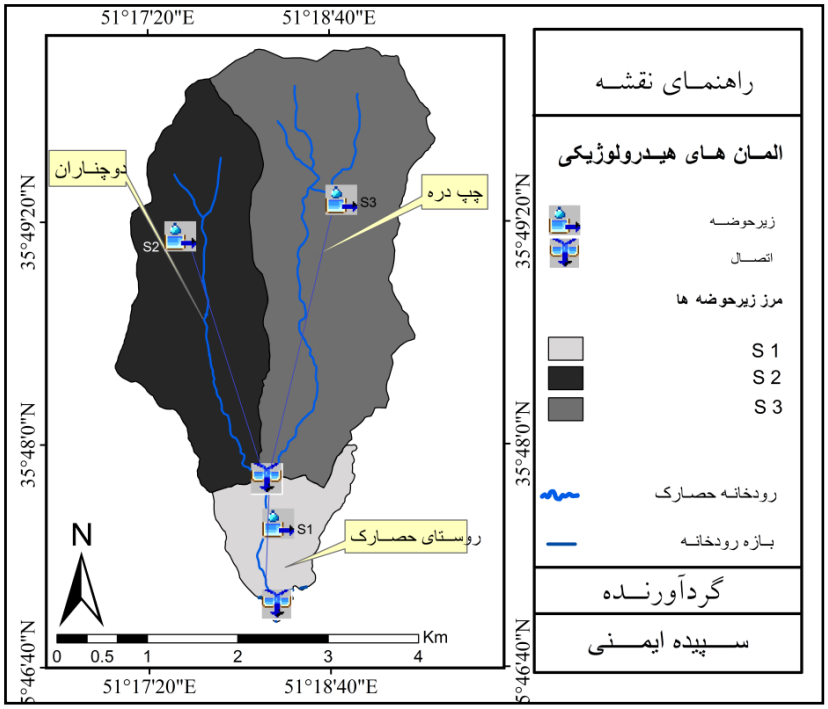
شکل ۲: شبکه هیدروگرافی و محدوده زیرحوضه های آبخیز حصارک

جدول ۱: داده های ورودی به مدل حوضه در زیر حوضه های حصارک

شماره زیر حوضه	داده های ورودی در بخش مدل حوضه							
	مساحت (Km^2)	شماره منحنی	تلفات اولیه (mm)	زمان تأخیر (min)	زمان تمرکز (min)	طول آبراهه اصلی (Km)	نفوذ ناپذیری (٪)	شیب آبراهه اصلی (٪)
S 1 (تقاطع دو شاخه)	۱/۵	۸۰	۱۲۹/۳۱	۹/۷۲	۱۶/۲۱	۱/۷	۲۶/۶۶	۷/۶۲
S 2 (دوچناران)	۵/۰۹	۷۸	۱۵۲/۱۳	۱۶/۹۶	۲۷/۸۸	۴/۵۶	۰/۰۱	۱۲/۹۲
S 3 (چپ دره)	۷/۳	۷۵	۸۵	۲۶/۶۲	۴۳/۹۷	۷/۱	۰/۱۹	۹/۹۸

اجرای مدل برای حوضه مورد مطالعه

برای اجرای مدل حوضه ابتدا زیرحوضه‌ها، بازه ها و نحوه اتصال آنها به هم، مشخصات زیرحوضه‌ها شامل مساحت، شماره منحنی، تلفات اولیه رواناب، آب پایه و زمان تمرکز وارد مدل گردید. بعد از وارد کردن اطلاعات ورودی مدل اجرا شد. این مدل در نهایت شامل ۳ زیرحوضه، ۳ بازه و ۲ گره گردید. شکل ۳ نمایی از مدل حوضه در محیط نرم افزار HEC- geoHMS می‌باشد.



شکل ۳: نقشه اجزای مدل HEC- HMS در حوضه آبخیز حصارک

اجرای مدل برای حداکثر بارش ۲۴ ساعته

پس از وارد کردن داده‌های سری زمانی و تکمیل مدل حوضه، مدل هواشناسی و مشخصه کنترل، مدل HEC-HMS برای داده های مشاهده شده حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایستگاه تبخیرسنجی کشار اجرا شده و هیدروگراف شبیه‌سازی شده به دست آمده است. در این تاریخ، حوضه در شرایط رطوبتی زیاد (مجموع بارش ۵ روز قبل، ۵۸ میلیمتر) بوده است. فواصل زمانی ثبت بارش ۲۴ ساعته (یک روز) بوده است. جدول ۲ محاسبات حاصل از اجرای مدل را برای حداکثر بارش ۲۴ ساعته نشان می دهد.

جدول ۲: نتایج شبیه سازی بارش – رواناب (حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته)
حاصل از اجرای مدل HEC- HMS حوضه آبخیز حصارک

حداکثر بارش ۲۴ ساعته (میلی‌متر)	۵۸
رواناب S 1	۷/۴۹
دبی اوج S 1	۰/۲
رواناب S 2	۲/۴۴
دبی اوج S 2	۰/۳
رواناب S 3	۰/۶
دبی اوج S 3	۰/۴

اجرای مدل برای فصل زمستان

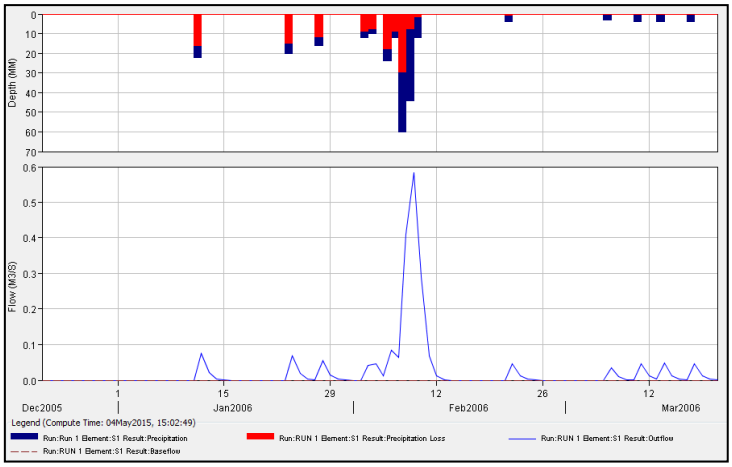
با توجه به اینکه حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در دوره آماری (۱۳۹۲– ۱۳۷۹) در بهمن ماه سال آبی ۱۳۸۴– ۱۳۸۳ اتفاق افتاده است. لذا برای بدست آوردن هیدروگراف شبیه‌سازی شده، مدل HEC- HMS برای بارندگی فصل

زمستان سال آبی ۱۳۸۴– ۱۳۸۳ اجرا شده است. فواصل زمانی ثبت بارش ۲۴ ساعته (یک روز) بوده است. جدول ۳ محاسبات حاصل از اجرای مدل را برای بارندگی فصل زمستان نشان می دهد و هیدروگراف های شبیه سازی شده زیرحوضه ها در اشکال ذیل نمایش داده شده است.

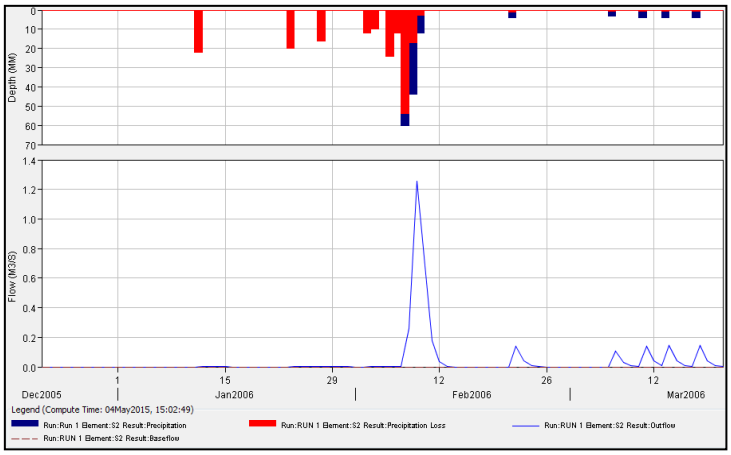
جدول ۳: نتایج شبیه سازی بارش – رواناب (بارش فصل زمستان سال آبی ۱۳۸۴– ۱۳۸۳)

حاصل از اجرای مدل HEC- HMS حوضه آبخیز حصارک

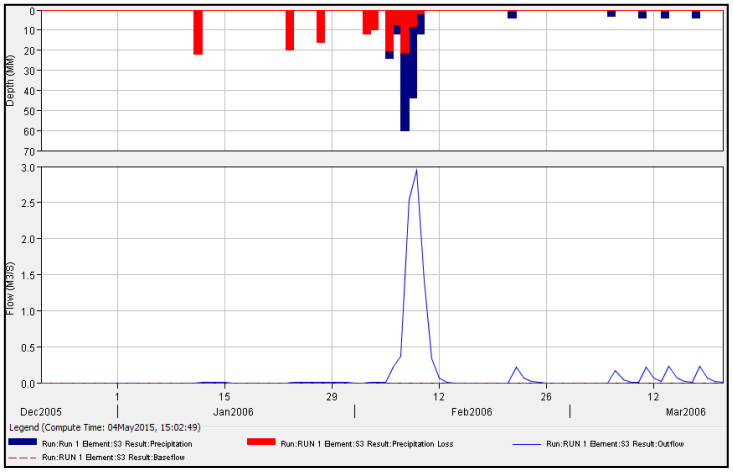
بارش فصل زمستان (میلیمتر)	۲۵۱
رواناب S 1	۱۲۵/۵۵
دبی اوج S 1	۰/۶
رواناب S 2	۵۷/۳۴
دبی اوج S 2	۱/۳
رواناب S 3	۱۱۰/۱۸
دبی اوج S 3	۳



شکل ۴: نمودار شبیه سازی بارش رواناب زیرحوضه تقاطع دو شاخه (S1) حاصل از بارندگی فصل زمستان



شکل ۵: نمودار شبیه سازی بارش رواناب زیرحوضه دوچناران (S2) حاصل از بارندگی فصل زمستان



شکل ۶: نمودار شبیه سازی بارش رواناب زیرحوضه چپ دره (S3) حاصل از بارندگی فصل زمستان

قله هیدروگراف در زیرحوضه‌های کشیده، پهن تر از سایر زیرحوضه‌ها می‌باشد و دبی سیلابی در واحد سطح آنها کمتر از سایر زیرحوضه‌ها بوده است، در نتیجه زمان رسیدن به اوج آنها طولانی می‌باشد. برعکس زیرحوضه‌های غیرکشیده، دبی سیلابی آنها در واحد سطح بیشتر بوده و در زمان کوتاهی به دبی اوج رسیده‌اند و آبنمود آنها نوک تیز بوده است. با توجه به هیدروگراف های شبیه‌سازی شده زیرحوضه های آبخیز حصارک براساس بارندگی فصل زمستان (اشکال ۴ تا ۶) می توان گفت که هیدروگراف‌های سیل هر سه زیرحوضه، نوک تیز بوده و دبی سیلابی آنها در واحد سطح، بیشتر می‌باشد. لذا در زمان کوتاه‌تری به دبی اوج می‌رسند. همچنین می توان براساس هیدروگراف بارش – رواناب، زیرحوضه‌ها را از نظر مقدار دبی اوج اولویت‌بندی نمود. همانطور که از اشکال ۴ تا ۶ مشاهده می شود، زیرحوضه چپ دره با دبی اوج ۰/۴ مترمکعب بر ثانیه بیشترین مقدار دبی اوج و زیرحوضه تقاطع دو شاخه با دبی اوج ۰/۲ مترمکعب بر ثانیه کمترین مقدار دبی اوج را دارا می باشند.

اعتبارسنجی مدل

به منظور اعتبارسنجی مدل HEC- HMS از اطلاعات رواناب مشاهده‌ای ثبت شده در سازمان منابع طبیعی استان تهران استفاده شده است. فواصل زمانی ثبت بارش ۲۴ ساعته می باشد. محاسبات حاصل از اجرای مدل در جدول ۵ آورده شده است. نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل HEC- HMS نشان می‌دهد که میزان اختلاف ضریب رواناب مشاهده‌ای و ضریب رواناب برآورد شده با استفاده از مدل ۱۰/۶۶درصد می باشد. بنابراین جدول ۴، همبستگی بین مقادیر دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده بعد از اعتبارسنجی را نشان می‌دهد.

جدول ۴: نتایج اجرای مدل حاصل از متوسط بارندگی سالانه جهت اعتباریابی مدل HEC- HMS در حوضه آبخیز حصارک

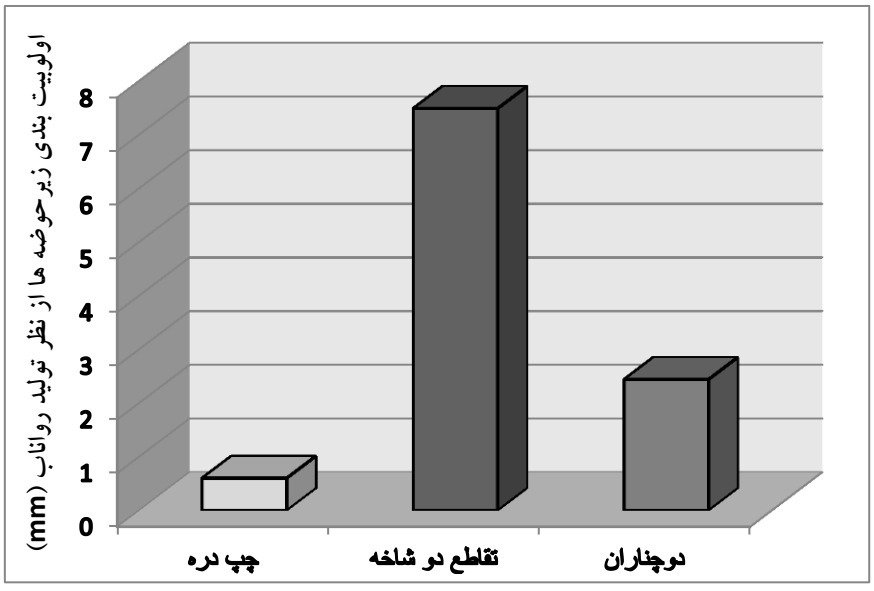
رویداد	بارش سالانه (Mm)	رواناب مشاهده‌ای	ضریب رواناب مشاهده ای (٪)	رواناب شبیه سازی شده	ضریب رواناب برآورد شده (٪)	تغییرات ضریب رواناب رواناب دبی مشاهده ای و برآورد شده
۰۱/ ژانویه/۲۰۰۰ تا ۰۱/ ژانویه /۲۰۰۱	۴۰۹/۹	۳۴۲/۲۳	۸۳/۴۹	۲۹۸/۵۷	۷۲/۸۳	۱۰/۶۶

اولویت بندی سیلخیزی زیرحوضه‌ها

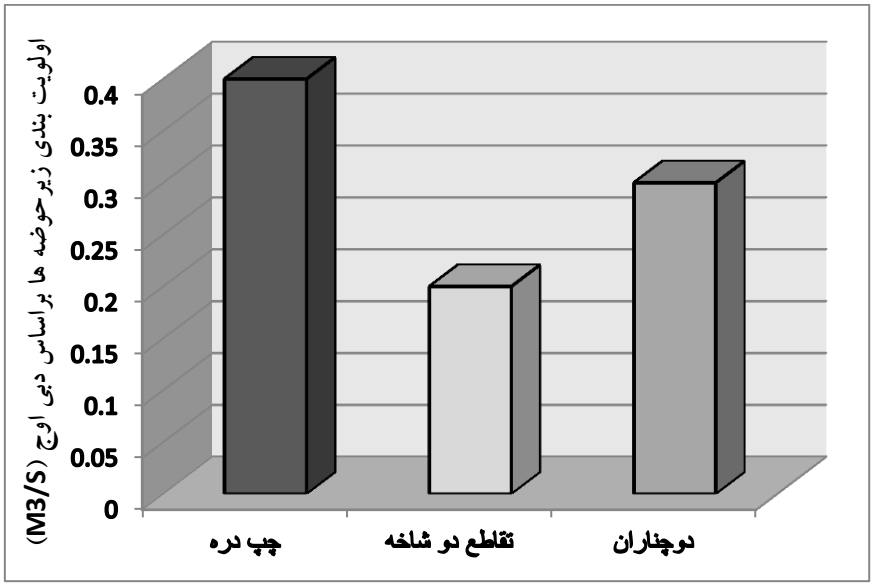
نتایج حاصل از اجرای مدل برای رویدادهای مختلف نشان می‌دهد که زیرحوضه های با دبی اوج بیشتر ضرورتاً تأثیر بیشتری در سیل خروجی حوضه دارند. علاوه بر این براساس پژوهش‌های پیشین می توان گفت عوامل مختلفی از جمله ضریب رواناب، مقدار شماره منحنی، میزان نگهداشت خاک و مساحت می باشد. در این مطالعه مهم ترین عامل برای افزایش دبی اوج در زیرحوضه ها، مساحت می باشد. با اجرای مدل HEC- HMS برای رویدادهای مختلف مشخص شد، زیرحوضه چپ دره بیشترین سهم و زیرحوضه تقاطع دو شاخه کمترین سهم را در افزایش دبی اوج کل حوضه دارا است و از لحاظ مشارکت در میزان رواناب حوضه، زیرحوضه تقاطع دو شاخه (S1) در رده اول قرار می گیرد و زیرحوضه چپ دره (S3) در رده سوم قرار می گیرد و کم ترین مقدار رواناب را دارا می باشد. براساس مطالعات انجام شده می توان نتیجه گرفت که زیرحوضه مربوط به تقاطع دو شاخه (S1) اگرچه بیشترین میزان رواناب را دارا می باشد اما به دلیل مساحت کمتر آن نسبت به سایر زیرحوضه ها، کمترین پتانسیل سیلخیزی را دارد. همچنین زیرحوضه چپ دره (S3) با کمترین شماره منحنی و بیشترین زمان تمرکز، به دلیل اینکه بیشترین مساحت را دارد لذا نسبت به سایر زیرحوضه ها، از نظر پتانسیل سیلخیزی در رده اول قرار می گیرد. نتایج حاصل از اولویت بندی زیرحوضه ها براساس حداکثر بارندگی روزانه در جدول ۵ و شکل های ۷ و ۸ آورده شده است.

جدول ۵: اولویت بندی پتانسیل سیلخیزی زیرحوضه ها (براساس حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته)

زیرحوضه	مساحت (Km^2)	رواناب زیرحوضه (mm)	دبی اوج زیرحوضه (M3/S)	اولویت بندی براساس اوج زیرحوضه ها	اولویت بندی براساس رواناب زیرحوضه ها
S1 تقاطع دو شاخه	۱/۵	۷/۴۹	۰/۲	۳	۱
S2 دوچناران	۵/۰۹	۲/۴۴	۰/۳	۲	۲
S3 چپ دره	۷/۳	۰/۶	۰/۴	۱	۳



شکل ۷: اولویت بندی زیرحوضه ها از نظر تولید رواناب (براساس حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته)



شکل ۸: اولویت بندی زیرحوضه‌ها از نظر دبی اوج (براساس حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته)

نتیجه‌گیری

در غالب روش‌هایی که برای شناسایی، تفکیک و اولویت بندی مناطق دارای پتانسیل بالای تولید سیل به کار گرفته شده‌اند، کل حوضه به صورت یکپارچه در نظر گرفته می‌شود و یا به صورت منطقه‌ای و بدون در نظر گرفتن مرزهای فیزیکی حوضه و یا زیرحوضه‌ها صورت می‌پذیرد. در موارد نادری که سیل‌خیزی در سطح زیرحوضه ها مورد بررسی قرار گرفته، معمولاً رفتار آبشناسی زیرحوضه‌ها خطی فرض شده است و صرفاً بده‌های خروجی هر یک از زیرحوضه ها بدون اثرات روندیابی آبراهه‌ای و با فرض همزمانی رسیدن بده‌ها به خروجی حوضه ملاک عمل بوده است. در این پژوهش با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل آبشناسی، اثرات متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی بر پتانسیل سیلخیزی زیرحوضه‌های آبخیز حصارک مورد مطالعه قرار گرفت و با در نظر گرفتن میزان دبی اوج هر زیرحوضه، اولویت بندی سیلخیزی هر زیرحوضه انجام پذیرفت. براساس نتایج جدول ۵ (ستون ۴) و شکل ۷، زیرحوضه تقاطع دو شاخه با تولید دبی اوج ۰/۲ مترمکعب بر ثانیه در محل خروجی زیرحوضه کمترین سهم و زیرحوضه چپ دره با تولید دبی اوج ۰/۴ مترمکعب بر ثانیه بیشترین سهم را به خود اختصاص می‌دهند و به این ترتیب میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی کل حوضه آبخیز مشخص می‌شود. بنابراین زیرحوضه‌ای که دبی بیشتری دارد، اولویت اول را به خود اختصاص می‌دهد. اما در اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر تولید رواناب، زیر حوضه تقاطع دو شاخه به دلیل سطوح نفوذناپذیر و CN بالا، بیشترین مقدار رواناب را تولید می کند اما زیرحوضه چپ دره به دلیل CN کمتر و نگهداشت سطحی خاک بیشتر، کمترین مقدار رواناب را تولید می کند.

در مطالعه ای که توسط امیراحمدی و شیران در سال ۱۳۸۸ در دشت کرون انجام شد، نشان داد که تغییرات مساحت زیرحوضه‌ها مستقیماً با دبی سیلابی کل حوضه در ارتباط است و زیرحوضه S1 بیشترین سهم و زیرحوضه S18 کمترین سهم را در دبی سیلابی کل حوضه دارد که از لحاظ مشارکت در سیلاب حوضه در رده نوزدهم قرار

می‌گیرد. همچنین ثقفیان و فرازجو در سال ۲۰۰۷، برای اولویت بندی سیلخیزی واحدهای آبشناسی حوضه سد گلستان و خسروشاهی و ثقفیان در سال ۲۰۰۳ برای اولویت بندی مناطق سیل‌خیز حوضه آبریز دماوند، از مدل HEC- HMS استفاده نموده‌اند. نتایج نشان داد که میزان مشارکت زیرحوضه ها در تولید رواناب کل حوضه صرفاً به یک عامل بستگی ندارد و اثرات متقابل عوامل تعیین کننده سهم مشارکت زیرحوضه‌ها را در سیلخیزی تعیین می‌کند .از نتایج حاصل از این پژوهش می توان در برنامه ریزی عملیات کنترل سیلاب از نوع سازه های کوچک و تقویت مدیریت پوشش گیاهی در منطقه مورد بررسی استفاده نمود. همچنین در تعیین مکان نصب ادوات اندازه‌گیری و هشدار سیل در زیرحوضه‌ها نیز می توان از این پژوهش بهره برد.

منابع

۱- امیر احمدی، ابولقاسم و شیران، مهناز، ۱۳۸۸، کاربرد مدل HEC-HMS در تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی موثر بر سیلاب دشت کرون، مجله جغرافیا و توسعه، شماره۱۶، ص۱۷۳-۱۵۳.

۲- بشارتی، طاهره، ۱۳۸۵، اولویت بندی مکانی مناطق سیل‌خیز در حوزه آبخیز رودک با استفاده از مدل شبیه‌سازی بارش- رواناب HEC-HMS، پایان‌نامه کارشناسی ارشدآبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی ساری، ۱۱۶ صفحه.

۳- پورحسین قادری، سیما و محمدنژاد، بایرامعلی، ۱۳۹۲، مدلسازی بارش-رواناب در حوضه‌ی آبخیز نازلوچای ارومیه با استفاده از مدل WMS/HEC-HMS، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، صص۹-۱.

۴- ثقفیان، بهرام و فرازجو، حسن، ۲۰۰۷، تعیین مناطق مولد سیل و اولویت سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد گلستان، مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۱، شماره۱، صص ۱۱-۱.

۵- خسروشاهی، محمد و ثقفیان، بهرام، ۲۰۰۳، تعیین حساسیت اثر برخی از عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز با استفاده از تحلیل هیدروگراف‌های خروجی حوضه و کاربرد مدل HEC- HMS، مجله جنگل و مرتع، شماره ۶۷.

۶- خلیلی زاده، مجتبی، زهتابیان، غلامرضا، قدوسی، جمال و احمدی، حسن، ۱۳۸۸، بررسی اولویت پتانسیل زیرحوضه های زیرحوضه های آبخیز و تعیین مناطق مولد سیل در آن (مطالعه موردی: حوضه آبخیز مارمه- استان فارس)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال ۲، شماره ۶، صص ۱۳- ۱.

۷- دستورانی، محمد تقی، خداپرست، ربابه، طالبی، علی، وفاخواه، مهدی و دشتی، جواد، ۱۳۸۹، ارزیابی و واسنجی پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد طرق مشهد)، مجموعه مقالات ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و چهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب، صص ۸-۱.

۸- زهتابیان، غلامرضا، ملکیان، آرش و طلایی، سمیرا، ۱۳۹۰، اولویت بندی حوضه های آبخیز از نظر پتانسیل سیل خیزی با نرم افزار HEC-HMS مطالعه موردی حوضه آبخیز نازلوچای استان آذربایجان غربی، هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، صص ۲۵- ۱۲.

۹- قشقایی‌زاده، نسیم، ۱۳۹۱، واسنجی و اعتباریابی مدل HEC- HMS و آنالیز حساسیت آن در برآورد مشخصه‌های هیدروگراف سیلاب (مطالعه موردی: حوضه جاماش استان هرمزگان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پردیس دانشگاهی قشم، صص ۲۶-۱۰.

۱۰- شکری کوچک، سعید، بهنیا، عبداکریم، رادمنش، فریدون و آخوند علی، علی محمد، ۱۳۹۰، تخمین آبنمود سیلاب حوضه آبخیز با استفاده از مدل HEC-HMS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه ایدنک)، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، سال سوم، شماره ۵، صص ۱۶- ۱.

۱۱- محمودیان شوشتری، محمد، مجدزاده طباطبایی، محمدرضا و یوسفی، علی، ۱۳۸۱، بررسی و کاربرد مدل HEC-HMS در مهندسی رودخانه، مطالعه موردی: رودخانه‌های کر و سیوند استان فارس، ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، صص ۱۰۶۱- ۱۰۶۸.

۱۲- ملکی، امجد، حصادی، همایون و پیروزی نژاد، نوشین، ۱۳۹۱، برآورد مقادیر سیلاب و ارائه مدل سیل‌خیزی در حوضه آبخیز رازآور، نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۶، صص۲۳۹- ۲۲۳.

۱۳- مهدوی، محمد ۱۳۹۰، هیدرولوژی کاربردی، جلد ۲، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۴۷ صفحه.

۱۴- نصری، مسعود و سلیمانی ساردو، فرشاد، ۱۳۹۰، شبیه‌سازی جریان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه سد شیخ بهایی)، هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، صص ۳۵- ۱۹.

15- Garcia, A. Sainz, A. Revilla, J. and Alvarez, C (2008): Surface Water Resources Assessment in scarcely gauged basins in the north of Spain. Journal of Hydrology.pp: 312-326.

16- Juracek, K. E (1999): Estimation of potential Runoff Contributing Areas in Kansas Using topographic and soil Infiltration: U.S. Gelogical Survey water Resources Investigations Report 4242; P 29-99.

17- Knebl MR, Yang 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.

18- Tingsanchali, T. Tanmanee, S (2012): Assessment Of Hydrological Safety of Mae Sruai Dam, Thailand. pp:1198-1204.

19- US Department of Agriculture, Soil Conservation Service (USDA, SCS) (1972): Hydrology, National Engineering Handbook, Section 4.

20- Yazdani, M.R (2000): Estimate of the maximum flow in a small watershed using SCS graphical, M.Sc. thesis, Faculty of Natural resources, Tarbiat Modares University, 91 pp.