

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

محمد مهدی حسین زاده^۱، کاظم نصر تی^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 برنامه ریزی محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

چکیده

فرسایش خاک از جمله فرآیندهایی است که منابع آب و خاک یک کشور را مورد تهدید قرار می دهد. فرآیند یکی از مهمترین اقدامات مورد نظر در پروژه های مدیریت سیلاب، بررسی میزان مشارکت زیرحوضه های مختلف یک آبخیز در تعیین مؤلفه های مختلف سیلاب خروجی از حوضه است. با توجه به نبود ایستگاه های هیدرومتری در محل خروجی تمام زیرحوضه ها، تحقق هدف مذکور نیازمند شبیه سازی فرآیند بارش- رواناب در زیرحوضه ها از طریق مدل های هیدرولوژیکی می باشد. از این رو برای اجرای برنامه های کنترل سیلاب در بالادست حوضه باید به سهم زیرحوضه ها در سیلاب توجه کرد و آنها را اولویت بندی نمود. در این پژوهش، ابتدا برای تعیین مشارکت زیرحوضه ها در دبی سیلابی، حوضه حصارک به ۳ زیرحوضه تقسیم گردید. سپس با اجرای مدل HEC- HMS، زیرحوضه های آبخیز حصارک از نظر سیلخیزی اولویت بندی شدند. هدف از این مطالعه برآورد ارتفاع رواناب و سیلاب خروجی در زیرحوضه های آبخیز حصارک می باشد. نتایج نشان داد، میزان مشارکت زیرحوضه ها در دبی اوج کل حوضه صرفاً به یک عامل بستگی ندارد و اثرات متقابل عوامل تعیین کننده سهم مشارکت زیرحوضه ها را در سیلخیزی تعیین می کند. 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 می گیرد.

کلید واژه ها: اولویت بندی سیل خیزی، زیرحوضه، HEC- HMS، حوضه آبخیز حصارک

مقدمه

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

گزارش شده است که حدود ۵۳ درصد آن در سال های اخیر روی داده است. بررسی عوامل زیست محیطی نشان می دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه های آبخیز، کاربری غیر اصولی اراضی، توسعه سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن، پتانسیل سیل خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده است (خلیلی زاده و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۳-۱). مدل ها و روش های زیادی برای محاسبه مقدار دبی سیل وجود دارد. بررسی کارایی روش های 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 می باشد. یکی از این مدل ها، مدل HEC-HMS می باشد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۲۲۴). در زمینه تعیین مناطق سیلخیز یک حوضه آبخیز نیز پژوهش هایی صورت گرفته است مانند ژوراسک^۱ (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^۲ و همکاران (۲۰۰۵)، مدل منطقه ای سیل را با استفاده از مدل های HEC-HMS و HEC-RAS بررسی نمودند. آنها پارامترهای مدل را کالیبره کردند تا شبیه سازی خوبی از دبی ۱۲ زیرحوضه داشته باشند. گارسیا^۳ 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 داده های حاصل از شبیه سازی توسط مدل و داده های ثبت شده تفاوتی چندانی با هم ندارند. " بررسی امنیت سد مایسورا^۴ در تایلند از لحاظ هیدرولوژیکی"، عنوان تحقیقی است که تینگسایهالی^۵ (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 می دهند از این رو باید اقداماتی در خصوص کنترل سیلاب در منطقه انجام شود. در مقاله ای 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 سیل خیز 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 شنایدر 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 $30^{\circ} 19' 51''$ تا $17^{\circ} 51'$ طول شرقی و $35^{\circ} 51'$ تا $35^{\circ} 46'$ 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 $13/87$ کیلومترمربع است. رودخانه حصارک مسیل اصلی این منطقه است که از کوه بندعیش به ارتفاع 2766 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 2405 متر در وسط آن قرار می گیرد (شکل ۱).

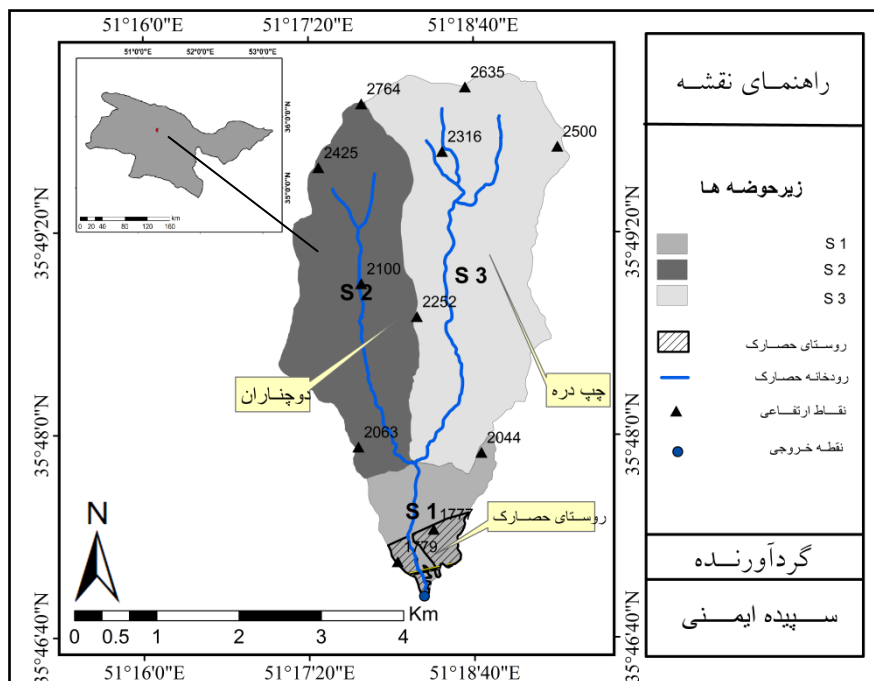
روش تحقیق

در این پژوهش به منظور پیش بینی 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 الحاقی Arc 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 آبخیز را ارائه می‌کند و مدل HEC-HMS یک مدل رایانه‌ای مناسب جهت ارائه سیستم آب شناسی است که توسط گروه مهندسی ارتش آمریکا عرضه شده است. این مدل، حوضه آبخیز را به عنوان یک سیستم به هم پیوسته با مؤلفه‌های آبخیزشناسی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. ساختار مدل HEC-HMS شامل ۳ بخش اصلی می‌باشد 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) داده‌های 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، اتصال آنها به یکدیگر^۲ و بازه‌ها^۳ 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 می‌آید (یوساک، ۱۹۷۲، ص ۴۵-۵۰):

¹ Sub basin

² Junction

³ Reach

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

$$Ia = a \times S \quad (\text{رابطه ۲})$$

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

که در آن P_e 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 آن‌ها 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^۱ 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 زیرحوضه‌ها 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^۲ (رابطه ۴) به واسطه‌ی تأیید عملکرد آن در منطقه مورد مطالعه محاسبه شد.

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

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^۳

زمان تأخیر، فاصله زمانی بین مرکز ثقل بارش مازاد و مرکز ثقل هیدروگراف می‌باشد و غالباً به جای آن، زمان تأخیر تا اوج^۴ 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:

^۱ Specified Hyetograph

^۲ Kirpich

^۳ Lag time

^۴ 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^۱ مدل HEC-HMS

نتایج حاصل از مدل‌ها در تصمیم‌گیری‌ها و طرح‌های 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 سیل خیزی 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.

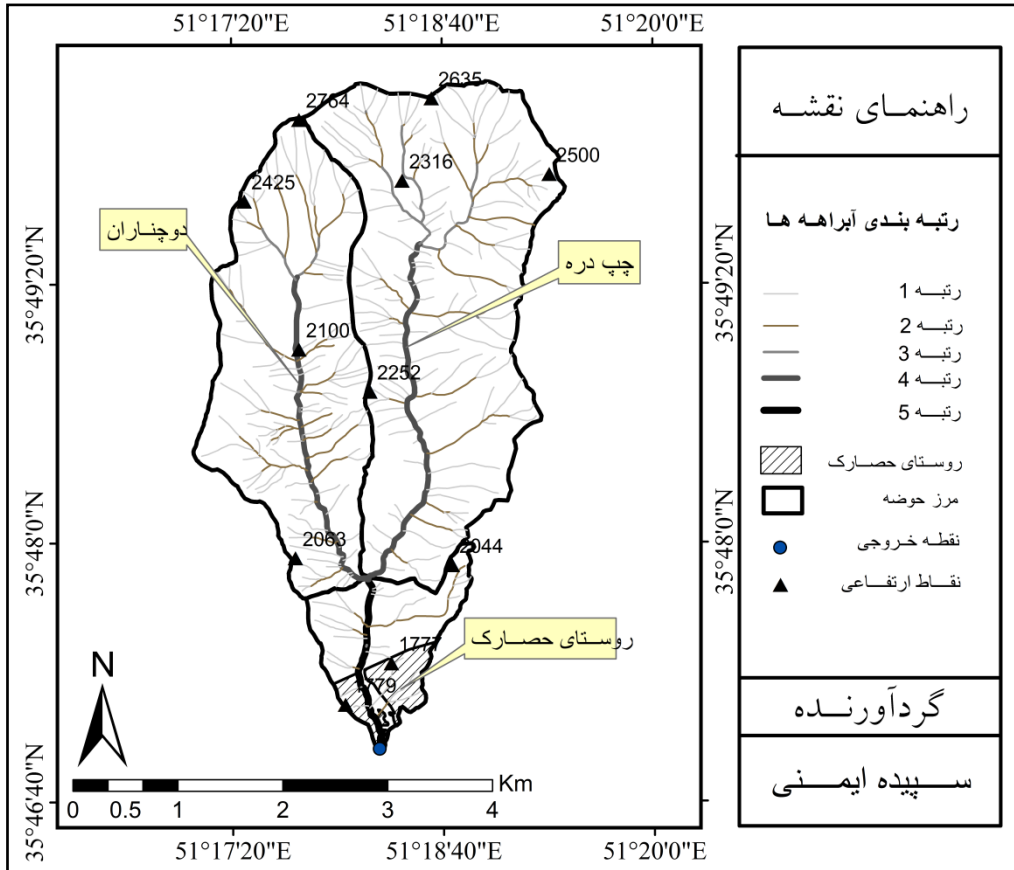
نتایج

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

^۱ 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.



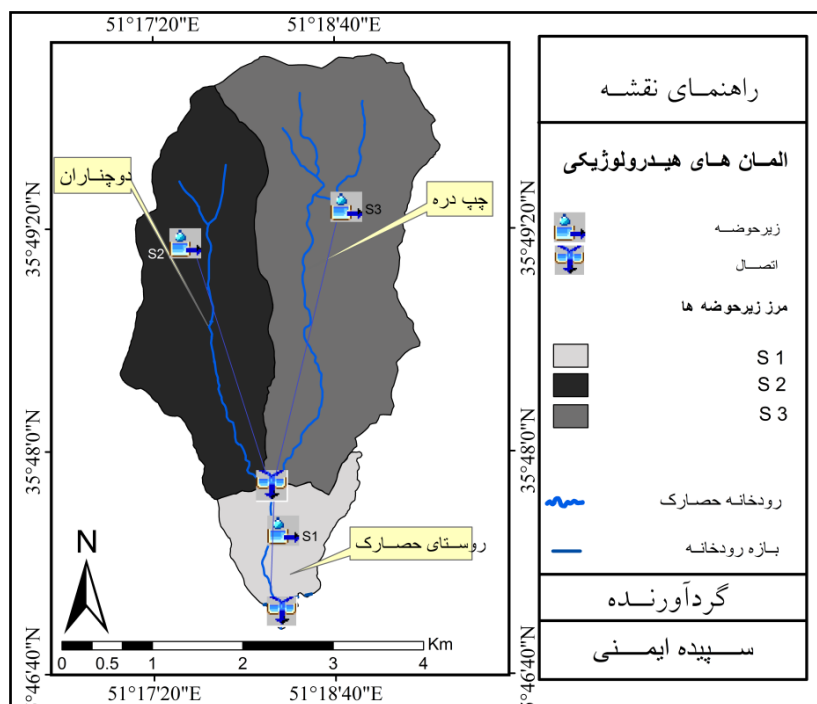
شکل ۲: شبکه هیدروگرافی و محدوده زیرحوضه های آبخیز حصارک

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

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

اجرای مدل برای حوضه مورد مطالعه

برای اجرای مدل حوضه ابتدا زیرحوضه ها، بازه ها و نحوه اتصال آنها به هم، مشخصات زیرحوضه ها 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 می باشد.



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 داده‌های 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 می‌دهد.

جدول ۲: نتایج شبیه‌سازی 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

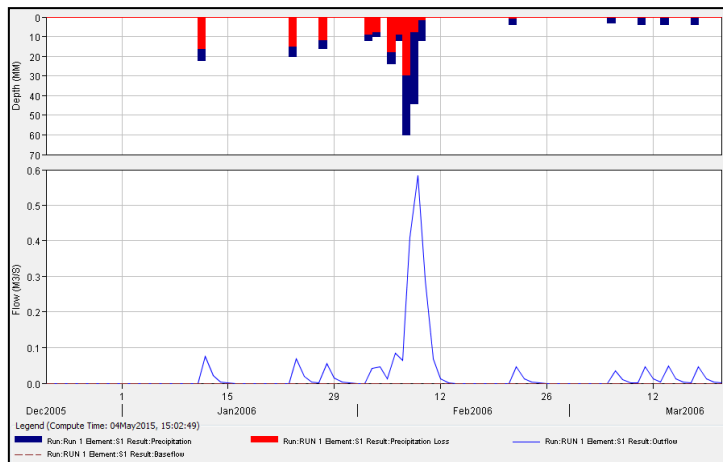
با توجه به اینکه حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در دوره آماری (۱۳۹۲-۱۳۷۹) در بهمن ماه سال آبی ۱۳۸۳-۱۳۸۴ اتفاق افتاده است. لذا برای بدست آوردن هیدروگراف شبیه‌سازی شده، مدل HEC- HMS برای بارندگی فصل

زمستان سال آبی ۱۳۸۳-۱۳۸۴ 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.

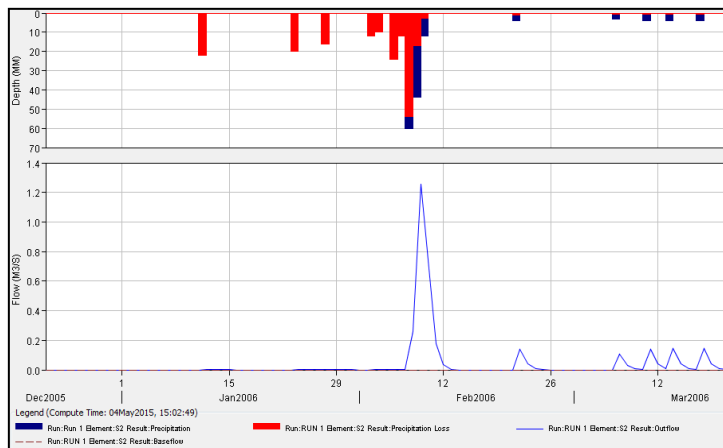
جدول ۳: نتایج شبیه سازی بارش - رواناب (بارش فصل زمستان سال آبی ۱۳۸۳-۱۳۸۴)

حاصل از اجرای مدل HEC-HMS حوضه آبخیز حصارک

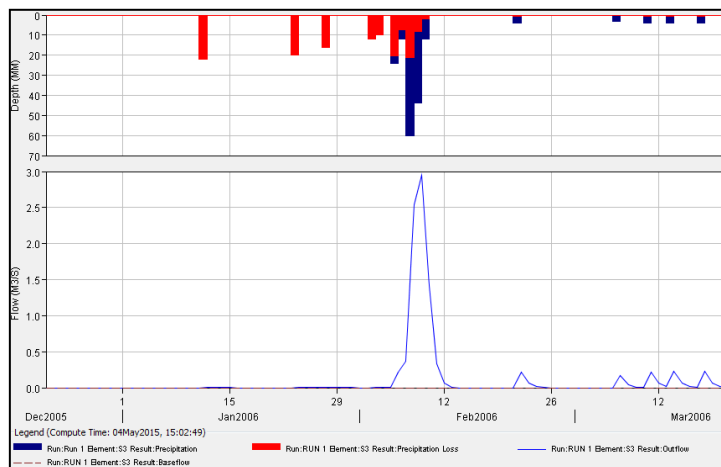
بارش فصل زمستان (میلیمتر)	
۲۵۱	رواناب S 1
۱۲۵/۵۵	دبی اوج S 1
۰/۶	رواناب S 2
۵۷/۳۴	دبی اوج S 2
۱/۳	رواناب S 3
۱۱۰/۱۸	دبی اوج S 3
۳	



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 زیرحوضه های کشیده، پهن تر از سایر زیرحوضه ها می باشد و دبی سیلابی در واحد سطح آنها کمتر از سایر زیرحوضه ها بوده است، در نتیجه زمان رسیدن به اوج آنها طولانی می باشد. برعکس زیرحوضه های غیرکشیده، دبی سیلابی آنها در واحد سطح بیشتر بوده و در زمان کوتاهی به دبی اوج رسیده اند و آبنمود آنها نوک تیز بوده است. با توجه به هیدروگراف های شبیه سازی شده زیرحوضه های آبخیز حصارک براساس بارندگی فصل زمستان (اشکال ۴ تا ۶) می توان گفت که هیدروگراف های سیل هر سه زیرحوضه، نوک تیز بوده و دبی سیلابی آنها در واحد سطح، بیشتر می باشد. لذا در زمان کوتاه تری به دبی اوج می رسند. همچنین می توان براساس هیدروگراف بارش - رواناب، زیرحوضه ها را از نظر مقدار دبی اوج اولویت بندی 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 مشاهده ای 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 می دهد که میزان اختلاف ضریب رواناب مشاهده ای و ضریب رواناب برآورد شده با استفاده از مدل ۱۰/۶۶ درصد می باشد. بنابراین جدول ۴، همبستگی بین مقادیر دبی مشاهده ای و شبیه سازی شده بعد از اعتبارسنجی را نشان می دهد.

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

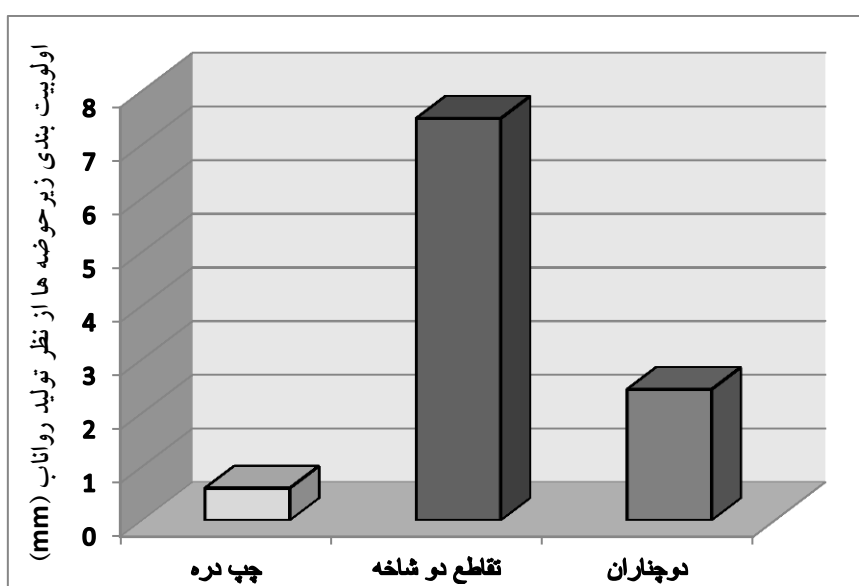
رویداد	بارش سالانه (Mm)	رواناب مشاهده ای	ضریب رواناب مشاهده ای (%)	رواناب شبیه سازی شده	ضریب رواناب برآورد شده (%)	تغییرات ضریب رواناب رواناب دبی مشاهده ای و برآورد شده
۰۱/ ژانویه/ ۲۰۰۰ تا ۰۱/ ژانویه/ ۲۰۰۱	۴۰۹/۹	۳۴۲/۲۳	۸۳/۴۹	۲۹۸/۵۷	۷۲/۸۳	۱۰/۶۶

اولویت بندی سیلخیزی زیرحوضه‌ها

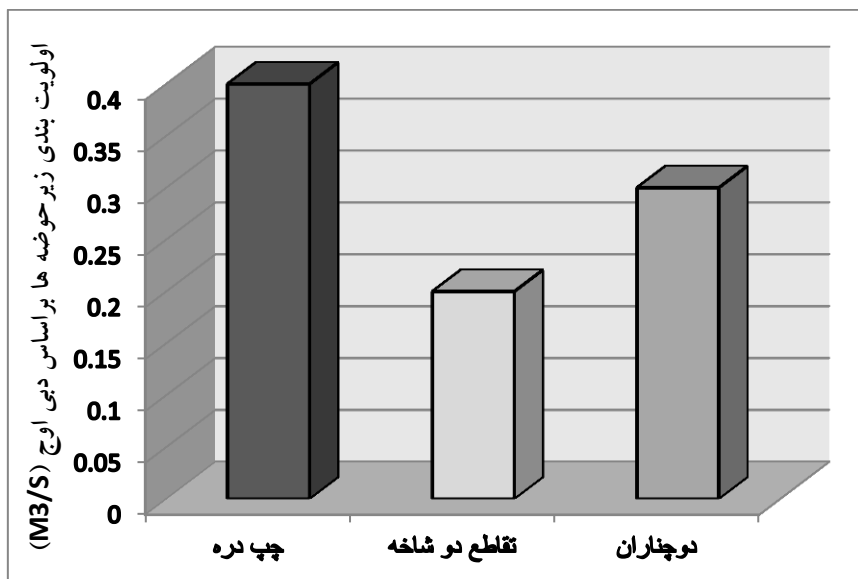
نتایج حاصل از اجرای مدل برای رویدادهای مختلف نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های با دبی اوج بیشتر ضرورتاً تأثیر بیشتری در سیل خروجی حوضه دارند. علاوه بر این براساس پژوهش‌های پیشین می‌توان گفت عوامل مختلفی از جمله ضریب رواناب، مقدار شماره منحنی، میزان نگهداشت خاک و مساحت می‌باشد. در این مطالعه مهم ترین عامل برای افزایش دبی اوج در زیرحوضه‌ها، مساحت می‌باشد. 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 می‌گیرد و زیرحوضه چپ دره (S3) در رده سوم قرار می‌گیرد و کمترین مقدار رواناب را دارا می‌باشد. براساس مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که زیرحوضه مربوط به تقاطع دو شاخه (S1) اگرچه بیشترین میزان رواناب را دارا می‌باشد اما به دلیل مساحت کمتر آن نسبت به سایر زیرحوضه‌ها، 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 زیرحوضه‌ها، از نظر پتانسیل سیلخیزی در رده اول قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از اولویت بندی زیرحوضه‌ها براساس حداکثر بارندگی روزانه در جدول ۵ و شکل‌های ۷ و ۸ آورده شده است.

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

زیرحوضه	مساحت (Km ²)	رواناب زیرحوضه (mm)	دبی اوج زیرحوضه (M3/S)	اولویت بندی براساس دبی اوج زیرحوضه‌ها	اولویت بندی براساس رواناب زیرحوضه‌ها
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 زیرحوضه‌ها از نظر تولید رواناب (براساس حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته)



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

نتیجه گیری

در غالب روش هایی که برای شناسایی، تفکیک و اولویت بندی مناطق دارای پتانسیل بالای تولید سیل به کار گرفته شده اند، کل حوضه به صورت یکپارچه در نظر گرفته می شود و یا به صورت منطقه ای و بدون در نظر گرفتن مرزهای فیزیکی حوضه و یا زیرحوضه ها صورت می پذیرد. در موارد نادری که سیل خیزی در سطح زیرحوضه ها مورد بررسی قرار گرفته، معمولاً رفتار آشناسی زیرحوضه ها خطی فرض شده است و صرفاً بده های خروجی هر یک از زیرحوضه ها بدون اثرات روندیابی آبراهه ای و با فرض همزمانی رسیدن بده ها به خروجی حوضه ملاک عمل بوده است. در این پژوهش با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل آشناسی، اثرات متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی بر پتانسیل سیل خیزی زیرحوضه های آبخیز حصارک مورد مطالعه قرار گرفت و با در نظر گرفتن میزان دبی اوج هر زیرحوضه، اولویت بندی سیل خیزی 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 می دهند و به این ترتیب میزان مشارکت زیرحوضه ها در سیل خروجی کل حوضه آبخیز مشخص می شود. بنابراین زیرحوضه ای که دبی بیشتری دارد، اولویت اول را به خود اختصاص می دهد. اما در اولویت بندی زیرحوضه ها 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 زیرحوضه ها 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 آبخیزهای 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 زیرحوضه‌ها 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 می‌توان 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 می‌توان 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، شماره ۱۶، صص ۱۷۳-۱۵۳.
- ۲- بشارتی، طاهره، ۱۳۸۵، اولویت بندی مکانی مناطق سیلخیز در حوزه آبخیز رودک با استفاده از مدل شبیه‌سازی بارش- رواناب HEC-HMS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی 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، صص ۹-۱.
- 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، شماره ۱، 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 زیرحوضه‌های زیرحوضه‌های 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 طلائی، سمیرا، ۱۳۹۰، اولویت بندی حوضه‌های آبخیز از نظر پتانسیل سیلخیزی 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- قشقای زاده، نسیم، ۱۳۹۱، واسنجی و اعتباریابی مدل HEC- HMS و آنالیز حساسیت آن در برآورد مشخصه های هیدروگراف سیلاب (مطالعه موردی: حوضه جاماش استان هرمزگان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پردیس دانشگاهی قشم، صص ۲۶-۱۰.
- ۱۰- شگری کوچک، سعید، بهنیا، عبدالکریم، رادمش، 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: رودخانه های کر و سیوند استان فارس، ششمین سمینار بین المللی 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 سیل خیزی در حوضه آبخیز رازآور، نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۶، صص ۲۳۹-۲۲۳.
- ۱۳- مهدوی، محمد ۱۳۹۰، هیدرولوژی کاربردی، جلد ۲، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۴۷ صفحه.
- ۱۴- نصری، مسعود و سلیمانی ساردو، فرشاد، ۱۳۹۰، شبیه سازی جریان با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه سد شیخ بهایی)، هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، صص ۱۹-۳۵.

- 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. Geological 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.