

مطالعه پتانسیل سیل خیزی حوضه آبخیز کسلیان با استفاده از سیستم

اطلاعات جغرافیایی

شهرام درخشان: کارشناس ارشد GIS و سنجش از دور

چکیده

ایجاد رواناب در سطح زمین مشکلاتی مانند فرسایش خاک، وقوع سیلاب، کاهش حاصلخیزی خاک و پوشش گیاهی و حتی کاهش منابع آب زیر زمینی را در بر دارد که عواملی مانند شرایط اقلیمی، خاک، شرایط توپوگرافی زمین و پوشش سطح خاک در آن تاثیر دارند. در این تحقیق سطح حوضه آبخیز کسلیان به مساحت ۶۸ کیلومتر مربع که از نظر پتانسیل سیل خیزی وضعیت مناسبی نداشته مورد مطالعه قرار گرفته است. روش تحقیق بدین ترتیب بوده است که ابتدا با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی مدل فیزیکی حوضه آبخیز با بکارگیری DEM، شبیه سازی شده و با وارد نمودن این اطلاعات در مدل هیدرولوژیک HEC-HMS، یک مدل بارش - رواناب با بکارگیری روش SCS برای حوضه آبخیز کسلیان ارائه گشت. پس از بهینه سازی مدل، اعتباریابی مدل هیدرولوژیک حوضه با اجرای آن برای سه واقعه بارش گذشته و مقایسه هیدروگراف های شبیه سازی شده با هیدروگراف های مشاهداتی انجام پذیرفت و با روش حذف انفرادی زیر حوضه ها، میزان مشارکت در تامین دبی اوج و حجم رواناب خروجی حوضه، برای هر یک از زیرحوضه ها بررسی و طبقه بندی شد. نتایج نشان داد که زیر حوضه های با پوشش جنگلی دارای کمترین میزان رواناب و پتانسیل سیل خیزی است و بیشترین پتانسیل تولید رواناب در زیر حوضه هایی است که دارای اراضی وسیع زراعی و گسترش خاکهای گروه هیدرولوژیک C (بافت سنگین) اراضی غیر قابل نفوذ می باشند.

کلمات کلیدی: سیل خیزی، مدل بارش - رواناب، حوضه آبخیز کسلیان، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

یکی از مشکلات در رابطه با مدیریت محیط زیست، رواناب های سطحی می باشد. ایجاد رواناب در سطح زمین مشکلاتی مانند فرسایش خاک، وقوع سیلاب، کاهش حاصلخیزی خاک و پوشش گیاهی و حتی کاهش منابع آب زیر زمینی را دربرخواهد داشت. با اطلاع از سطوحی از یک حوضه آبخیز که پتانسیل تولید رواناب و سیل خیزی بالاتری دارند می توان تدابیری برای کاهش رواناب در نظر گرفت. از طرفی در اثر توسعه مناطق شهری درحوضه های آبخیز ما شاهد افزایش حجم و دبی اوج جریان های رودخانه می باشیم (برلی و همکاران ، ۲۰۰۶- پاپاس و همکاران، ۲۰۰۷) که این امر موجب تشدید خطر سیلاب و آب گرفتگی محیط های شهری می شود. در زمینه شبیه سازی رفتار هیدرولوژیک حوضه های آبخیز کریستوفر و همکاران (۲۰۰۱) و استون (۲۰۰۱)، با بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار-HEC HMS یک مدل بارش - رواناب ارائه نمودند و نتایج آنها حاکی از قابلیت این روش در شبیه سازی هیدروگراف سیلاب یک حوضه آبخیز می باشد. همچنین سووان وراکامترون (۱۹۹۴)، از سامانه اطلاعات جغرافیایی برای شبیه سازی خصوصیات فیزیکی حوضه آبخیز با بکارگیری مدل ارتفاعی رقمی (Digital Elevation Model) استفاده نمودند. میزان مشارکت زیر حوضه ها در تولید سیل خروجی کل حوضه، صرفا به یک عامل بستگی ندارد و اثر متقابل عوامل متعددی نظیر شرایط خاک شناسی، کاربری و پوشش گیاهی ، توپوگرافی و غیره ... تعیین کننده سهم مشارکت آنها در سیل خیزی حوضه می باشد (جوکار، ۱۳۸).

بهادری خسروشاهی (۱۳۷۰) درحوضه آبخیز جاجرود به مساحت ۴۲۶ کیلومترمربع بررسی قابلیت به کارگیری هیدروگراف واحد مصنوعی در تعیین سیلابهای این رودخانه پرداخت. نتایج حاصله نشان داد هیدروگراف NRCS انطباق خوبی با هیدروگراف مشاهده ای دارد. خلیقی و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از روش حفاظت منابع طبیعی آمریکا (NRCS) در محیط HEC-HMS شبیه سازی بارش-رواناب انجام دادند و نتایج نشان داد که ۷۰ درصد نسبت به قدیم افزایش یافته است.

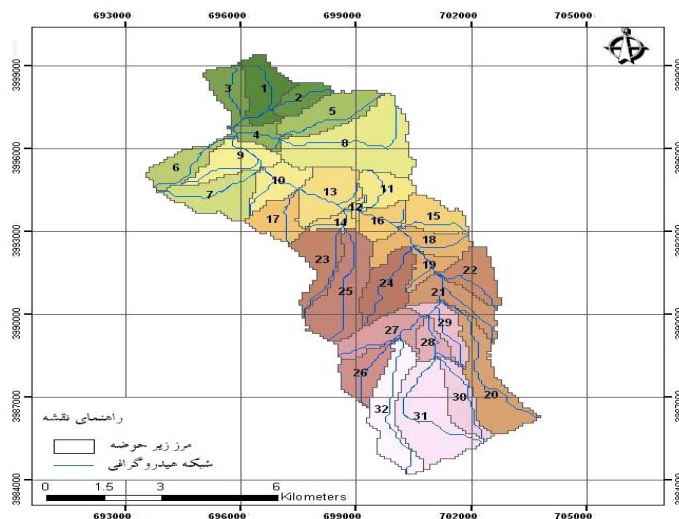
یزدانی (۱۳۷۹) از روش ترسیمی NRCS برای تعیین دبی حداکثر درحوضه های آبخیز کوچک استفاده کرد و نتیجه گرفت این روش در دو منطقه از سه منطقه مورد بررسی دارای کمترین خطا و در منطقه سوم مناسب نیست.

هدف از تحقیق حاضر بررسی پتانسیل تولید رواناب و سیل خیزی در سطح حوضه آبخیز کسلیان و ارائه نقشه پهنه بندی سطح حوضه از لحاظ پتانسیل سیل خیزی می باشد.

مواد و روش ها

حوضه آبخیز کسلیان به مساحت حدود ۶۸ کیلومتر مربع در استان مازندران در محدوده طول شرقی ۱۸° ۵۳ تا ۳۰° ۵۳ و عرض شمالی ۵۸° ۳۵ تا ۷° ۳۶ در شهرستان سوادکوه واقع شده است (شکل ۱). حداکثر، حداقل و ارتفاع متوسط حوضه به ترتیب ۳۳۴۹، ۱۱۲۰ و ۱۶۷۲ متر می باشد. متوسط شیب حوضه ۱۵/۸ درصد، متوسط شیب آبراهه اصلی ۱۳ درصد و طول آبراهه اصلی ۱۶/۵ کیلومتر است. اقلیم منطقه مورد مطالعه نیمه مرطوب سرد و بارندگی متوسط منطقه ۷۹۱ میلیمتر می باشد. این حوزه از شمال به کوههای ستیک و چهار تب با ۱۱۰۰ و ۱۷۹۰ متر ارتفاع، از جنوب به کوههای میروزاد و گلراد با ۲۷۰۰ و ۳۳۴۹ متر ارتفاع، از غرب به کوه گتوجا با ۲۰۴۳ متر ارتفاع از شرق به کوه چهار تب با ۱۶۱۳ متر ارتفاع محدود می گردد. دو ایستگاه کلیماتولوژی و ده ایستگاه باران سنجی بعلاوه یک ایستگاه هیدرومتری در حوزه آبخیز کسلیان وجود دارند.

در این تحقیق ابتدا مدل فیزیکی حوضه کسلیان با بکارگیری مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (الحاقیه HEC-GeoHMS) شبیه سازی شد. سپس از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS برای ارائه یک مدل بارش- رواناب استفاده گردید.

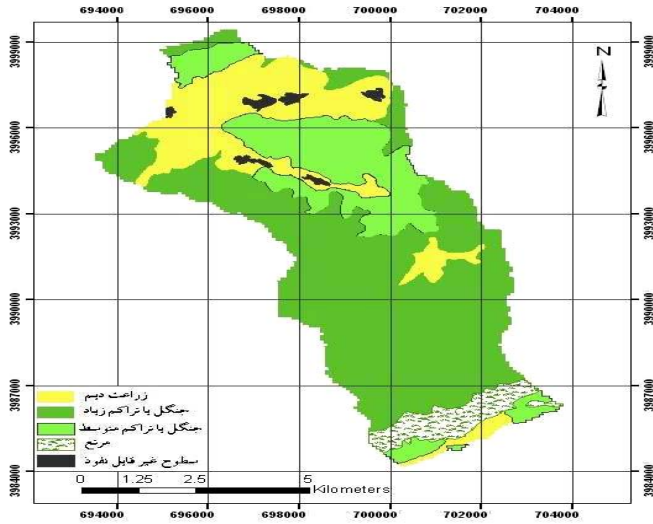


شکل شماره (۱) حوضه آبخیز کسلیان، شبکه هیدروگرافی و ۳۲ زیر حوضه مورد مطالعه

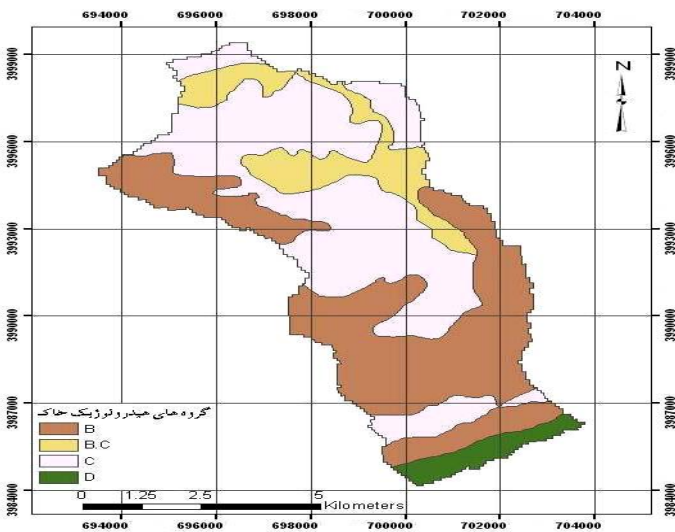
اطلاعات مدل فیزیکی حوضه به مدل هیدرولوژیک HMS وارد شده و با استفاده از روش SCS (انجمن حفاظت خاک آمریکا) اقدام به شبیه سازی هیدروگراف سیلاب شد (علیزاده، ۱۳۷۷). شماره منحنی متوسط وزنی زیر حوضه ها با بکارگیری قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقشه های گروه هیدرولوژیک خاک و کاربری اراضی (شکل ۲ و ۳) تهیه شد (مهدوی، ۱۳۷۸).

با بکارگیری اطلاعات سه واقعه بارش در سالهای ۷۵-۱۳۷۰ مدل هیدرولوژیک حوضه آبخیز کسلیان ارائه گشت. بدین منظور از آمار ایستگاه باران سنج ثبات سنگده و هیدروگراف سیلاب های ثبت شده ایستگاه هیدرومتری ولیک بن واقع در خروجی حوضه آبخیز کسلیان استفاده گشت. روند یابی در آبراهه ها با روش Lag انجام پذیرفت. در مرحله بعد بهینه سازی مدل با دو پارامتر هدررفت اولیه و زمان تاخیر زیر حوضه ها (SCSLag) صورت گرفت. سپس اعتباریابی مدل بهینه سازی شده برای سه واقعه بارش دارای آمار بارش ایستگاه ثبات باران سنجی و هیدروگراف سیلاب در ایستگاه هیدرومتری انجام گرفت و کارایی مدل در شبیه سازی هیدروگراف سیلاب حوضه آبخیز کسلیان از طریق مقایسه هیدروگراف شبیه سازی شده و هیدروگراف ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری ولیک بن برای سه واقعه مورد تائید فرار گرفت. پس از اعتباریابی مدل هیدرولوژیک، با بکارگیری واقعه بارش (شکل ۴) و سیلاب ۲۴ می ۱۹۹۱ و با روش حذف انفرادی تک تک زیر حوضه ها پتانسیل تولید رواناب و سیل خیزی زیر حوضه ها مورد بررسی قرار گرفت. در روش حذف انفرادی برای همه زیر حوضه ها، حذف هیدرولوژیک در مدل صورت خواهد گرفت و نتایج حاصل از حذف یک زیر حوضه در کاهش دبی اوج و حجم رواناب بطور کمی مورد بررسی قرار می گیرد (خسروشاهی، ۱۳۸۱).

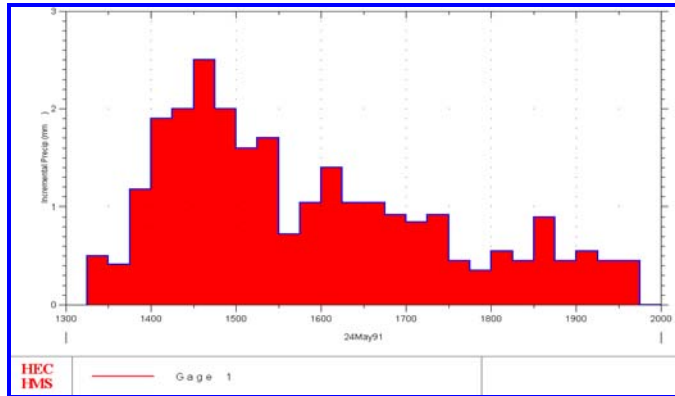
زیر حوضه های که در اثر حذف آنها از سطح حوضه، بیشترین کاهش در حجم رواناب و دبی اوج مشاهده می شود دارای پتانسیل سیل خیزی بالاتری می باشند (مشارکت بیشتر در تامین دبی اوج و حجم رواناب خروجی حوضه) و عکس این مطلب نیز صادق می باشد. در نهایت با توجه به نتایج حاصل از حذف انفرادی تک تک زیر حوضه ها (جدول ۲) نقشه پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی سطح حوضه آبخیز کسلیان تهیه شد.



شکل (۲) نقشه کاربری اراضی حوضه کسلیان



شکل (۳) نقشه گروه هیدرولوژیک خاک حوضه



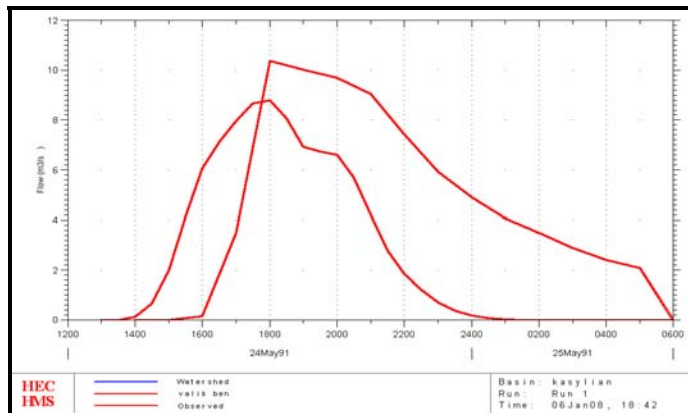
شکل شماره (۴) بارش ایستگاه ثابت سنگده، ۲۴ می ۱۹۹۱ (بارش بصورت جزء به جزء یا Incremental - شدت بارش در سطح حوضه یکنواخت در نظر گرفته شد).

نتایج

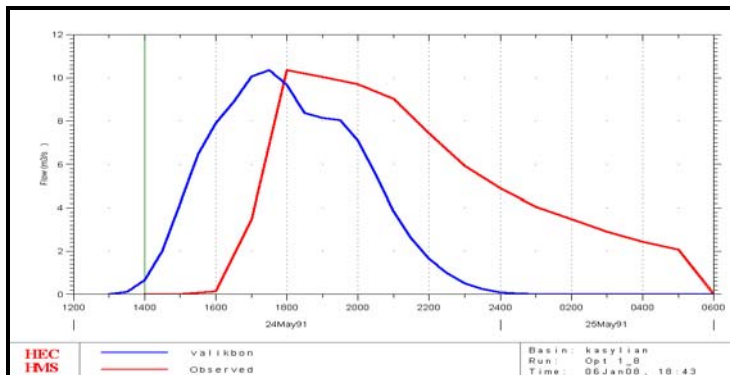
با به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی، داده های بارش ایستگاه ثابت باران سنجی سنگده، آمار ایستگاه هیدرومتری ولیک بن و روش SCS یک مدل بارش - رواناب برای حوضه آبخیز کسلیان ارائه شد. سه واقعه دارای آمار برای ارائه مدل بکار گرفته شد که مقایسه هیدروگراف شبیه سازی شده و هیدروگراف مشاهداتی برای واقعه ۲۴ می ۱۹۹۱ در شکل شماره ۵ ارائه شده است. همچنین مقایسه هیدروگراف ها پس از بهینه سازی در شکل شماره ۶ مشاهده می شود. پس از ارائه مدل با سه واقعه، از سه واقعه دیگر که آمار بارش نظیر و هیدروگراف سیلاب ایستگاه خروجی حوضه موجود می باشد برای اعتباریابی مدل استفاده شد و نتایج مقایسه هیدروگراف های شبیه سازی شده و هیدروگراف های مشاهداتی برای دو واقعه ۴ ژوئن ۱۹۹۳ و ۲۳ اکتبر ۱۹۹۴ در اشکال شماره ۷ و ۸ ارائه شده است. در نهایت بارش ۲۴ می ۱۹۹۱ به دلیل حجم ودبی اوج بالاتر و تطابق بهتر هیدروگراف شبیه سازی شده و هیدروگراف مشاهداتی پس از بهینه سازی و اعتباریابی برای بررسی پتانسیل سیل خیزی زیر حوضه ها با روش حذف انفرادی زیر حوضه ها مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاصله در جدول شماره ۲ و همچنین دبی اوج و حجم رواناب زیر حوضه ها در این واقعه در جدول شماره ۱ ارائه شده است. در مرحله بعد با در نظر گرفتن تاثیر حذف هیدرولوژیک زیر حوضه ها در کاهش حجم رواناب و دبی اوج حوضه آبخیز کسلیان، سطح حوضه از لحاظ پتانسیل سیل خیزی یا

مطالعه پتانسیل سیل خیزی حوضه آبخیز کسلیان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ۵۷

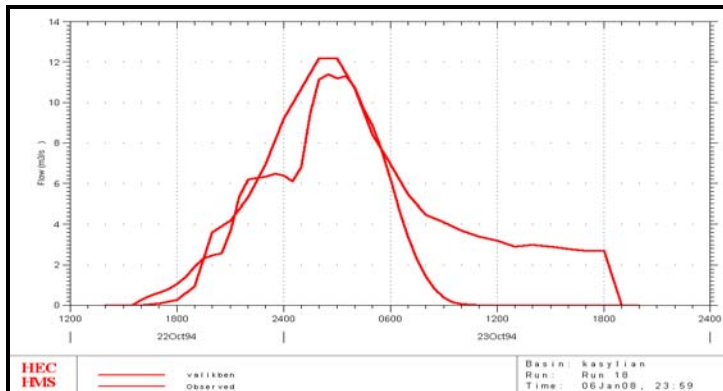
میزان مشارکت در تامین دبی اوج و حجم رواناب حوضه کسلیان طبقه بندی شده و در قالب نقشه پتانسیل تولید سیل (سیل خیزی) حوضه آبخیز کسلیان در شکل شماره ۹ ارائه شده است.



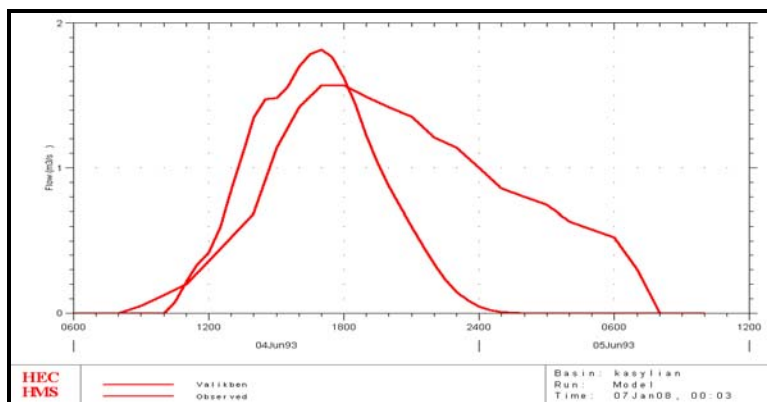
شکل شماره (۵) مقایسه هیدروگراف شبیه سازی شده توسط مدل با هیدروگراف مشاهداتی واقعه سیلاب ۲۴ می ۱۹۹۱



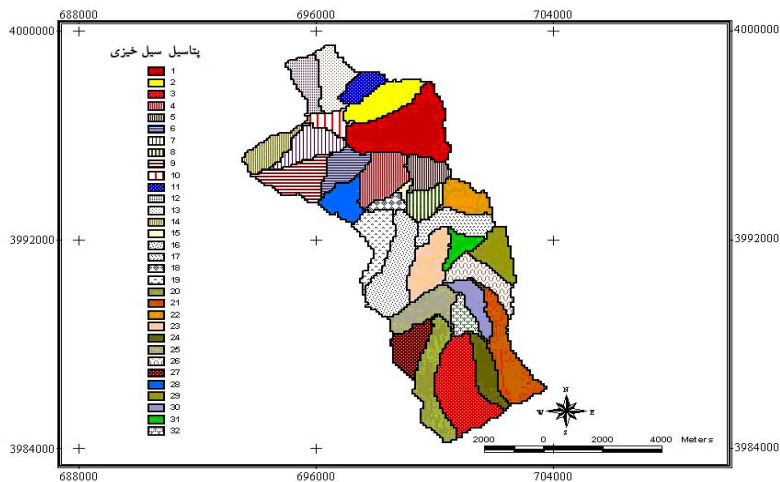
شکل شماره (۶) مقایسه هیدروگراف شبیه سازی شده توسط مدل با هیدروگراف مشاهداتی واقعه سیلاب ۲۴ می ۱۹۹۱ پس از بهینه سازی مدل



شکل (۷) - اعتباریابی مدل هیدرولوژیک حوزه آبخیز کسلیان با مقایسه هیدروگراف شبیه سازی شده توسط مدل با هیدروگراف ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری واقعه سیلاب ۲۳ اکتبر ۱۹۹۴.



شکل (۸) - اعتباریابی مدل هیدرولوژیک حوزه آبخیز کسلیان با مقایسه هیدروگراف شبیه سازی شده توسط مدل با هیدروگراف ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری واقعه سیلاب ۴ ژوئن ۱۹۹۳.



شکل (۹) نقشه پهنه بندی پتانسیل تولید سیل (سیل خیزی) حوضه آبخیز کسپلیان.

جدول شماره (۱) دبی اوج و حجم رواناب زیر حوضه های حوضه آبخیز کسپلیان (واقعه ۲۴ می ۱۹۹۱)

نام زیر حوضه	دبی اوج m^3/s	حجم رواناب (m^3)	نام زیر حوضه	دبی اوج m^3/s	حجم رواناب (m^3)
۱۵	۰.۴۲	۳۹۵۱	۸	۰.۱۸	۲۱۹۴۰
۳۰	۰.۲۶	۳۸۲۸	۵	۰.۳۹	۲۰۶۹۹
۲۴	۰.۳۷	۳۸۷۱	۳۱	۱.۶۸	۲۱۴۱۱
۱	۰.۳۶	۳۸۰۹	۱۳	۱.۱۳	۱۲۸۷۰
۳	۰.۲۷	۳۸۳۴	۱۱	۰.۷	۹۵۳۴
۲۷	۰.۳۲	۳۷۲۵	۱۸	۰.۷۶	۸۵۰۳
۳۱	۰.۳۱	۳۳۵۴	۱۰	۰.۷۶	۸۳۲۷
۶	۰.۲۶	۲۹۵۸	۱۴	۰.۵۸	۸۴۷۸
۱۲	۰.۲۸	۲۹۴۱	۲۵	۰.۴۷	۸۵۹۷
۲۶	۰.۲۷	۲۸۷۵	۹	۰.۴۵	۷۶۸۳
۱۷	۰.۲۹	۲۷۷۰	۲۳	۰.۴۱	۷۰۹۱
۲۲	۰.۲۷	۲۶۱۰	۳۲	۰.۳۹	۵۶۱۱
۲۹	۰.۲۱	۲۰۲۹	۷	۰.۴۷	۵۳۵۰
۱۹	۰.۱۶	۱۸۲۶	۲۰	۰.۴۱	۵۲۴۷
۲۸	۰.۱۷	۱۵۹۳	۴	۰.۲۹	۴۵۵۶
۱۶	۰.۲۵	۱۳۳۱	۲	۰.۲۹	۴۱۱۶

جدول شماره (۲) اجرای مدل با حذف هیدرولوژیک زیر حوضه ها و مقایسه و طبقه بندی مشارکت زیر حوضه ها در تامین رواناب و دبی اوج حوضه کسپلیان (خروجی حوضه آبخیز، واقعه ۲۴ می ۱۹۹۱).

حجم رواناب با حذف هیدرولوژیک زیر حوضه (m3)	دبی اوج m3 /s	نام زیر حوضه	پتانسیل	حجم رواناب با حذف هیدرولوژیک زیر حوضه (m3)	دبی اوج m3 /s	نام زیر حوضه	پتانسیل
			سیل خیزی				سیل خیزی
۲۱۰۶۸۰	۱۱،۲	۱۸	۱۷	۱۹۰۳۷۰	۱۰،۲۵	<u>۸</u>	۱
۲۱۰۷۱۰	۱۱،۲۲	۱۴	۱۸	۱۹۱۶۱۰	۱۰،۱۴	<u>۵</u>	۲
۲۱۲۱۰۰	۱۱،۲۹	۲۳	۱۹	۱۹۷۷۸۰	۱۰،۲۹	<u>۳۱</u>	۳
۲۱۳۵۸۰	۱۱،۲۸	۳۲	۲۰	۱۹۹۸۶۰	۱۰،۷	<u>۱۳</u>	۴
۲۱۳۹۴۰	۱۱،۲۱	۲۰	۲۱	۲۰۳۲۰۰	۱۰،۸۴	<u>۱۱</u>	۵
۲۱۵۲۴۰	۱۱،۳۷	۱۵	۲۲	۲۰۴۰۸۰	۱۰،۹۳	<u>۱۰</u>	۶
۲۱۵۳۲۰	۱۱،۳۸	۲۴	۲۳	۲۰۴۶۳۰	۱۰،۸۶	<u>۹</u>	۷
۲۱۵۳۶۰	۱۱،۴	۳۰	۲۴	۲۰۵۸۷۰	۱۰،۹۲	<u>۱۶</u>	۸
۲۱۵۴۶۰	۱۱،۳۳	۲۷	۲۵	۲۰۶۹۶۰	۱۱،۰۷	<u>۷</u>	۹
۲۱۵۸۳۰	۱۱،۳۹	۲۱	۲۶	۲۰۷۷۶۰	۱۱،۰۴	<u>۴</u>	۱۰
۲۱۶۳۱۰	۱۱،۳۷	۲۶	۲۷	۲۰۸۲۰۰	۱۱،۰۵	<u>۲</u>	۱۱
۲۱۶۴۲۰	۱۱،۴۵	۱۷	۲۸	۲۰۸۴۸۰	۱۱،۰۸	<u>۳</u>	۱۲
۲۱۶۵۸۰	۱۱،۴۲	۲۲	۲۹	۲۰۸۵۰۰	۱۱،۱۵	<u>۱</u>	۱۳
۲۱۷۱۶۰	۱۱،۴۳	۲۹	۳۰	۲۰۹۳۵۰	۱۱،۱۷	<u>۶</u>	۱۴
۲۱۷۳۶۰	۱۱،۵	۱۹	۳۱	۲۰۹۸۲۰	۱۱،۱۶	<u>۱۲</u>	۱۵
۲۱۷۵۹۰	۱۱،۴۵	۲۸	۳۲	۲۱۰۵۹۰	۱۱،۲۴	<u>۲۵</u>	۱۶

بحث و نتیجه گیری

سطح کوچک زیر حوضه ها در ارائه مدل بارش- رواناب موجب افزایش دقت نتایج می شود (مید منت، ۲۰۰۱). با در نظر گرفتن ۳۲ زیر حوضه در سطح ۶۸ کیلومتر مربعی حوضه آبخیز کسلیان یک مدل بارش- رواناب برای حوضه ارائه شد. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نتایج مطلوبی در شبیه سازی خصوصیات فیزیکی حوضه آبخیز در بر داشته است (آزگرا، ۱۹۹۸- بی ورس، ۱۹۹). در اینجا دو عنوان پتانسیل تولید رواناب و پتانسیل تولید سیل مطرح می باشد. پتانسیل تولید رواناب، در واقع منعکس کننده میزان بارشی است که به رواناب تبدیل می شود اما پتانسیل تولید سیل یا سیل خیزی مشارکت یک سطح یا زیر حوضه در تامین دبی اوج و حجم رواناب خروجی حوضه می باشد که در واقع موقعیت مکانی سطح یا زیر حوضه نسبت به خروجی مطرح بوده و برای بررسی تاثیر موقعیت مکانی از روندیابی با روش Lag استفاده شد. مطابق جداول شماره ۱ و ۲ عمده زیر حوضه های که حجم رواناب و دبی اوج بالاتری ایجاد می کنند پتانسیل سیل خیزی بالاتری دارند اما اختلافاتی در دو طبقه بندی پتانسیل تولید رواناب و پتانسیل تولید سیل در سطح حوضه مشاهده می شود که به علت موقعیت مکانی زیر حوضه ها می باشد. پس از ارائه مدل و اعتبار یابی مدل، با روش حذف انفرادی زیر حوضه ها، مشارکت آنها در تامین حجم رواناب و دبی اوج خروجی حوضه بررسی و طبقه بندی شد.

بررسی و تجزیه تحلیل نقشه پهنه بندی پتانسیل تولید سیل و همپوشانی آن بر روی نقشه های خاک شناسی، پوشش گیاهی و کاربری و توپوگرافی منطقه بیانگر این مطلب می باشد که زیر حوضه های با پوشش جنگلی دارای کمترین میزان رواناب و پتانسیل سیل خیزی می باشند و به خصوص زیر حوضه های جنگلی که خاک آنها دارای نفوذپذیری خوب و یا نسبتا خوب می باشد. همچنین علاوه بر تاثیر عوامل مرفومتری زیر حوضه ها نظیر طول آبراه اصلی، شیب، مساحت و زمان تمرکز عواملی مانند سطوح غیر قابل نفوذ، خاک شناسی، پوشش گیاهی و کاربری، عمق سفره آب زیر زمینی و رطوبت پیشین خاک در پتانسیل تولید رواناب و سیل موثر می باشند. زیر حوضه های با پتانسیل تولید رواناب بالا عمدتا شامل زیر حوضه های با کاربری های زراعی و یا مرتعی با بیرون زدگی های سطحی فراوان و با گسترش مناطق مسکونی و شبکه راه های آسفالت می باشند. بیشترین پتانسیل تولید رواناب در زیر حوضه هایی است که دارای اراضی وسیع زراعی و گسترش خاکهای گروه هیدرولوژیک C (بافت سنگین) و گسترش اراضی غیر قابل نفوذ می باشند. زیر حوضه های با پتانسیل تولید رواناب

پائین شامل اراضی جنگلی بخصوص جنگلهای متراکم می باشند. پتانسیل تولید رواناب متوسط را در سطح زیرحوضه هایی داریم که ترکیبی از کاربری ها زراعی و جنگل و گروه های هیدرولوژیک خاک B و C را در بر می گیرند. لازم به ذکر است حوضه کسلیان یک حوضه آبخیز کوهستانی می باشد که مقادیر شیب آبراهه اصلی، زمان تمرکز زیر حوضه ها در یک دامنه ای با تغییرات اندک می باشند. نتایج تحقیق حاکی از آن است که برای کاهش تولید رواناب و خطر سیلاب با توجه به ثابت بودن شرایط موفولوژی، خاک شناسی و توپوگرافیک حوضه آبخیز باید به مدیریت و استقرار پوشش گیاهی و مدیریت کاربری اراضی پرداخت تا بتوان با کاهش رواناب در سطح زمین، موجب کاهش خطر سیلاب، کاهش فرسایش خاک، آب گرفتگی و ماندابی شدن اراضی و تشدید تغذیه سفره های آب زیر زمینی شد.

منابع و ماخذ

- ۱- اطلاعات هیدروگراف سیلابهای ایستگاه ولیک بن، سازمان آب منطقه ای استان مازندران.
- ۲- آمار بارش ایستگاه باران سنج ثبات سنگده، سازمان هواشناسی استان مازندران.
- ۳- بهادری خسروشاهی، ف. ۱۳۷۰. بررسی قابلیت بکارگیری هیدروگراف واحد در تعیین سیلاب ها، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران.
- ۴- جوکار . ج. ۱۳۸۱. بررسی سیل خیزی زیرحوضه های رودخانه شاپور با استفاده از شبیه سازی جریان های سیلابی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۶ ص.
- ۵- خسروشاهی. م ، ۱۳۸۱. شدت سیل خیزی زیر حوضه های دماوند، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۴۵ ص.
- ۶- خلیقی، ش، مهدوی. م، ثقفیان. ب، ۱۳۸۴. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۴، ۷۳۳ ص.
- ۷- علیزاده، ا. ۱۳۷۷. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، ۶۲۲ ص.
- ۸- مهدوی. م، ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۲ ص.

۹- یزدانی، م، مهدوی، م، حسینی، ا.، ۱۳۸۰. تعیین دبی حداکثر سیلاب با استفاده از روش ترسیمی SCS در حوضه های کوچک، مجله منابع طبیعی ایران ، جلد ۵۴.

Azagra, E, 1998, *Rain Fall run off in the Guadalupe River Basin*, CE 397 GIS in Water Resource.

Beavers, M.A.1994.*flood Plain determination using HEC-1 and Geographic Information System. Master Thesis*. Department of Civil Engineering. University of Texas a Austin.110p.

Brilly, Rusjan, S. Amd A. Vidmar (2006). **Monitoring the impact of urbanisation on the Glinscica stream**, journal of physics and chemistry of the earth.

Christopher A. Johnson and Andrew C. Yung. (2001). *The Use of HEC-GeoHMS and HEC-HMS to Perform Grid-based Hydrologic Analysis of a Watershed*.

Maidment, D.R., and F. Olivera. (1998). *CRWR-PrePro and HEC-HMS applied to the London Subcatchment*, Online internet.12p.

Pappas, E.A, smith, D.R, Huang, C., shuster, W.C. And J.V.bonta (.2007). *Impervious surface impacts to runoff and sediment discharge under laboratory rainfall simulation*, Journal of CATENA 012-12: no of page 7.

Suwanwerakamtom, R., (1994). *GIS and Hydrologic modeling for management of small watershed*, ITC journal NO4. P343, 1994.

Stone, B.S.2001. *Geospatial Database and Preliminary Flood Hydrology Model for the Lower Colorado Basin*.173P. 2001