

تعیین حساسیت اثر برخی از عوامل موثر بر سیل خیزی

زیر حوضه‌های آبخیز با استفاده از تحلیل هیدروگراف خروجی حوضه

و کاربرد مدل HEC-HMS

● محمد خسروشاهی - عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع

● بهرام ثقفیان - دانشیار پژوهشی - عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

چکیده:

روند وقوع سیل در سال‌های اخیر حاکی از آن است که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار دارند و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل در حال افزایش است. گرچه تاکنون مطالعات و تحقیقات متعددی جهت بررسی عوامل موثر بر سیلاب انجام گرفته اما این بررسی‌ها به طور عمده با استفاده از برخی خصوصیات فیزیکی حوضه و عوامل اقلیمی با فرض عملکرد یک پارچه‌ی حوضه صورت گرفته است. این گونه روش‌ها به فرض شناسایی عوامل موثر بر بروز سیلاب به دلیل وسعت و گستردگی حوضه‌های آبخیز برای ارزیابی راه‌حل‌های اجرایی که مسایل اقتصادی طرح نیز مدنظر قرار می‌گیرد همواره با مشکل مواجه می‌شوند. در موارد نادری که این عوامل در سطح زیر حوضه‌ها مورد بررسی قرار گرفته معمولاً رفتار هیدرولوژیکی زیر حوضه‌ها خطی فرض شده و صرفاً مجموع دبی‌های خروجی هر یک از زیر حوضه‌ها بدون اثرات روندیابی آبراهه‌ای و با فرض هم‌زمانی رسیدن دبی‌ها به خروجی حوضه، ملاک عمل بوده است. در این مقاله عوامل مهم و مؤثر بر سیلاب (سیل خیزی) در سطح زیر حوضه‌ها شناسایی و اثر هر یک از عوامل پس از روندیابی در شبکه‌ی اصلی آبراهه‌ها در دبی خروجی حوضه، مدنظر قرار می‌گیرد. بدین منظور خصوصیات فیزیکی هر یک از زیر حوضه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه و سپس هیتوگراف بارش و عوامل حوضه‌ای مورد نظر به مدل هیدرولوژیکی HMS جهت شبیه‌سازی بارش - رواناب با استفاده از روش SCS وارد گردید. پس از اجرای مدل، هیدروگراف‌های زیر حوضه‌ها و خروجی حوضه تعیین شد. با استفاده از پارامترهای موثر در هر یک از زیر حوضه‌ها در حد لزوم تغییر داده شد و اثر این تغییرات در خروجی حوضه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که رفتار هیدرولوژیکی زیر حوضه‌ها نسبت به خروجی غیر خطی است و عوامل مؤثر بر سیل خیزی زیر حوضه‌ها از دیدگاه تأثیر بر سیل خروجی حوضه و هم‌چنین بحرانی‌ترین زیر حوضه با روش مورد استفاده نیز قابل شناسایی می‌باشد. در مقام مقایسه، عامل CN از جهت‌های مختلف برای ارزیابی راه‌حل‌های اجرایی به منظور تخفیف سیل مهم‌ترین عامل شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: سیل خیزی، مدل HMS؛ زیر حوضه؛ هیدروگراف؛ GIS

مقدمه

هرچند جوامع بشری سیل را به عنوان یک پدیده‌ی طبیعی و واقعه‌ای اجتناب‌ناپذیر پذیرفته‌اند اما رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی هر منطقه تغییر می‌کند. آنچه مسلم است سیلاب ناشی از بارندگی است ولی مطالعات نشان می‌دهد که رابطه‌ی خطی و مستقیمی بین این دو عامل وجود ندارد (۸). از جمله عوامل اصلی بر هم زنده‌ی این رابطه، علاوه بر شرایط جغرافیایی می‌توان به ویژگی‌های فیزیکی

حوضه آبخیز اشاره نمود که این ویژگی توأم با اختصاصات هیدرولوژیکی مانند بارش، تلفات برگابی، چالایی، نفوذپذیری و رطوبت پیشین حوضه و هم‌چنین شرایط رودخانه یا سیل در سرنوشت بارش - رواناب تأثیر به‌سزایی دارد. به همین دلیل رابطه‌ی بین بارندگی و رواناب به طور محسوسی از حوضه‌ای به حوضه دیگر فرق می‌کند و نه فقط هر حوضه بلکه هر زیر حوضه، شرایط ویژه‌ی خود را دارد که بایستی مستقلاً مورد بررسی قرار گیرد. از طرفی اخبار و گزارش‌های سیل در چند

دهه‌ی اخیر نشان می‌دهد که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار دارد و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته است. برای مقابله با مشکلات و خسارت‌های ناشی از سیل، که در مواردی به علت وسعت و ابعاد مختلف صورت یک مصیبت و فاجعه‌ی ملی به خود می‌گیرد، مقامات مسوول به ویژه وزارت کشور همه‌ساله، اعتبارات فراوانی را تدارک می‌بینند. سیلاب‌های سال‌های اخیر چنان وسعت و آهنگ شتابانی پیدا کرده است که به صورت یک معضل فراگیر اجتماعی -

پر کردن گودی‌های کوچک سطحی و نفوذ در خاک می‌شود و مقدار آن برای خاک‌های سیاه مناطق استپی و جنگلی مورد نظر اغلب بین ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر متغیر است. متخصص مزبور، ارتباط بین ارتفاع تلفات اولیه و شدت متوسط نفوذ را از نسبت شدت نفوذ بر یک پارامتر اقلیمی به دست می‌آورد. این پارامتر اقلیمی در مناطق مورد مطالعه بین ۰،۴ تا ۰،۶ متغیر بوده است.

سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) با استفاده از اطلاعات پوشش گیاهی و خاک حوضه و تعیین گروه‌های هیدرولوژیکی خاک اقدام به تهیه شماره‌ی منحنی‌های بدون بعدی (CN) نموده است که از طریق آن تلفات اولیه‌ی حوضه به دست می‌آید. سادگی استفاده از فرمول و نیاز به حداقل اطلاعات موجب شده که روش SCS کاربرد جهانی پیدا کند به طوری که از حدود ۵ دهه‌ی پیش تاکنون در اکثر طرح‌های هیدرولوژی به کار گرفته شده است. لیکن هاوکینز ۵ معتقد است تغییرات ناگهانی در شماره‌ی منحنی با تغییر شرایط رطوبت

توسعه‌ی سطوح غیرقابل نفوذ در حوضه‌های آبخیز (۲۳) احتمال سیل خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده است. سینگ ۲ معتقد است تولید رواناب در یک حوضه‌ی آبخیز به عوامل متعددی بستگی دارد که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به خصوصیات حوضه‌ی آبخیز، دینامیک بارش، نفوذ و شرایط پیشین حوضه اشاره نمود (۲۰).

انداره‌گیری مستقیم پاره‌ای از عوامل فوق‌الذکر مشکل است و بایستی به کمک عوامل ثانویه اندازه‌گیری شوند. از جمله این عوامل می‌توان به تلفات اولیه‌ی ۳ بارش اشاره کرد که در ارتباط بین بارش و رواناب تأثیر زیادی دارد. آلکسیف ۴ (به نقل از صدقی ۱۳۶۳) براساس مشاهدات نسبتاً زیادی که بر روی رودخانه‌های کوچک مناطق استپی (روسیه) انجام داده است، تلفات اولیه‌ی یک رگبار را به صورت ارتفاع قشر آبی در نظر می‌گیرد که قبل از لحظه تشکیل جریان سطحی، جذب حوضه می‌گردد. این تلفات عبارت است از مقدار آبی که به ترتیب صرف مرطوب شدن خاک،

اقتصادی درآمده و برای سامان‌دهی آن ستاد حوادث غیرمترقبه که در واقع بیشتر مسوولیت کمک‌رسانی و امداد پس از وقوع حوادث (و نه پیشگیری از آن) را دارد، به وجود آمده است. به این ترتیب پرداختن به مسأله‌ی سیل و بررسی علل بروز و افزایش آن و هم‌چنین ارزیابی راه‌کارهایی برای تخفیف و کاهش خطرات سیل از جمله مواردی است که همواره باید مورد توجه متخصصان امر قرار داشته باشد. به طور کلی می‌توان گفت دو دسته عوامل اقلیمی و حوضه‌ای در ایجاد سیلاب‌ها نقش اساسی دارند. از مهم‌ترین عوامل حوضه‌ای می‌توان به کاربری اراضی، پوشش گیاهی، مساحت، شیب و شبکه‌ی زهکشی اشاره نمود. در مدیریت سیل برخی از این عوامل قابل کنترل هستند که در طرح‌های کنترل سیل باید بیشتر آن‌ها را مدنظر قرار داد.

سابقه‌ی تحقیق

گرچه وقوع سیلاب‌ها رابطه‌ی تنگاتنگی با بارندگی دارند، ولی تخریب پوشش گیاهی (۱۸)، کاربری نادرست اراضی (۱۷) و



ارتفاع داغ آب و عریض شدن رودخانه در اثر بروز سیل

پیشین و به دنبال آن تغییر ناگهانی در ارتفاع رواناب همراه است (۱۶). گذشته از آن استفاده از میزان بارندگی ۵ روز قبل مبنای فیزیکی نداشته بلکه مبنای قضوتی دارد. وی در این مورد رابطه‌ای برای اصلاح شماره‌ی منحنی نیز ارائه کرده است. در طول یک رگبار خاص ممکن است مکانیسم‌های مختلفی باعث تولید رواناب آن هم از قسمت‌های مختلف حوضه شوند. به طور معمول مکانیسم تولید رواناب، ناشی از بارندگی‌هایی است که یا روی خاک‌های با نفوذپذیری کم و یا خاک‌های اشباع ناشی از بالا آمدن سطح ایستایی، صورت می‌گیرد. بنابراین تمام سطح حوضه‌ی آبخیز در تولید رواناب نقش یکسانی ندارند و به این ترتیب نقش شرایط اولیه حوضه در پتانسیل تولید رواناب اهمیت پیدا می‌کند (۱۹). در همین زمینه بعضی از محققان به بحث مناطق مولد متغیر رواناب ۶ اشاره کرده‌اند. این مناطق، شامل اراضی مجاور و نزدیک به آبراهه‌های دائمی و موقتی به عنوان منبع ایجاد جریان

رواناب می‌باشد. هیدرولوژیست‌های جنگل به این مناطق، اصطلاح سطوح جزئی رواناب ۷ نام نهاده‌اند (۱۴) و (۱۵). در رابطه با مساحت حوضه و ارتباط آن با مقدار رواناب تولید شده نیز تحقیقات زیادی انجام شده است پاره‌ای از تحقیقات، فزونی مساحت را به افزایش حجم رواناب (۲) و (۹) و بعضی دیگر افزایش مساحت را به فزونی دبی ارتباط داده‌اند. (۲۱)

در ارتباط با مدل نرم‌افزاری و انتخاب مورد نظر مقاله نیز می‌توان گفت که این گونه مدل‌ها در نواحی مختلف ایران و جهان به کار گرفته شده و نتایج آن در تحقیقات متعددی گزارش شده است.

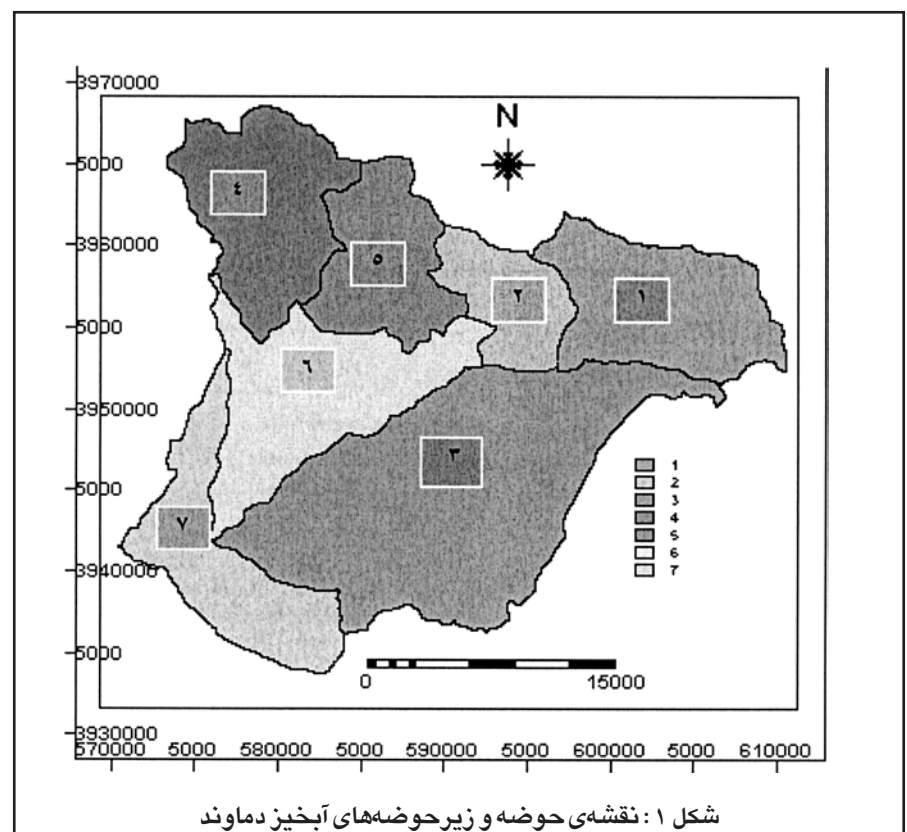
سوانورا کامترین ۸ با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-1 و GIS اثرات تغییر کاربری اراضی بالادست حوضه را روی الگوی سیلاب در نواحی پایین دست حوضه مورد ارزیابی قرار داده است. هدف نامبرده توسعه و اصلاح مدل هیدرولوژیکی و سیستم GIS برای ارزیابی کمی تغییرات کاربری

اراضی روی هیدروگراف سیل خروجی بود، حتی برای اثبات توانایی مدل در شبیه سازی هیدروگراف‌های سیل در گذشته و آینده با کاهش و افزایش سطح جنگل‌های حوضه نشان داد موقعی که مساحت جنگل کاهش پیدا می‌کند، رواناب حوضه و زیرحوضه‌ها بیشتر می‌شود. به این ترتیب تأثیر تغییرات کاربری اراضی در بالادست حوضه، در تراز سیل پایین دست حوضه نشان داده شد (۲۲).

مرید و قائمی (۱۱) برای شبیه سازی بارندگی - رواناب در استان هرمزگان مدل HEC را برای تعدادی از سیل‌های مهم حوضه‌های آبخیز به کار گرفته‌اند. براساس نتایج به دست آمده از مطالعات انجام شده، مدل HEC-1 به طور مطلوبی امکان تشابه سازی بارندگی - رواناب را دارد ولی در کاربرد آن باید به این نکته توجه شود که در واسنجی پارامترها، از هیدروگراف‌هایی استفاده شود که از شکل متعارف زنگوله‌ای برخوردار باشند.

عدل (۷) به منظور توسعه‌ی هیدروگراف واحد برای زیرحوضه‌های رودخانه کرج مدل HEC-1 را به کار گرفته است. در این تحقیق توسعه‌ی هیدروگراف واحد برای هر زیرحوضه با روش شنایدر (Snyder) انجام یافته است. ارزیابی روند سیلاب با توجه به شیب زیاد آن‌ها با روش موج سینماتیک به عمل آمده است. در مجموع دبی اوج سیلاب‌های محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری شده در بارندگی‌های متفاوت مطابقت داشته است.

وهایی (۱۳) به منظور مقایسه‌ی روش SCS و موج سینماتیک در برآورد دبی اوج هیدروگراف سیل در حوضه‌ی آبخیز طالقان از مدل HEC-1 استفاده کرده است. نتایج به دست آمده از کاربرد روش‌های SCS و موج سینماتیک در مدل نشان داد که روش SCS با خطای نسبی کمتر از $\pm 11\%$ درصد، دبی‌های اوج رویدادهای مورد نظر را بهتر از روش موج سینماتیک برآورد می‌کند. به عبارت دیگر روش SCS نسبت به روش موج



سینماتیک از دقت و کارایی بالاتری برخوردار است.

بر پایه‌ی تقسیم بندی عوامل موثر بر هیدروگراف سیل دو دسته‌ی مشخص از این عوامل تفکیک پذیر هستند: دسته‌ی اول شامل عواملی است که تاثیرگذاری بر آن‌ها از قدرت بشر خارج بوده و عملاً نمی‌توان با تغییر آن‌ها اقدام به تعدیل هیدروگراف حاصل از بارش موثر در یک نقطه خاص نمود. این عوامل به طور عمده شامل عوامل اقلیمی و برخی خصوصیات فیزیوگرافی از

زیرحوضه‌ها بدون در نظر گرفتن اثرات کاهشی هیدروگراف و هم‌زمانی رسیدن آن به خروجی حوضه مدنظر بوده است.

در این مقاله، عوامل مهم مؤثر بر سیلاب (سیل خیزی) در سطح زیرحوضه‌ها با استفاده از GIS و مدل هیدرولوژیکی HEC.HMS شناسایی و اثر هر یک از عوامل پس از روندیابی آبراهه در دبی خروجی حوضه، مدنظر قرار می‌گیرد به گونه‌ای که رفتار غیرخطی هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها در نظر گرفته شود. سپس عوامل مؤثر بر

جنوب به حوضه‌ی آبخیز ایوانکی، از غرب به حوضه‌ی سد لتیان و از مشرق به دریاچه تار محدود می‌شود. مساحت حوضه ۷۵۸ کیلومتر مربع بوده که به ۷ زیرحوضه تقسیم شده است (شکل ۱). فاصله‌ی آن از محل شهر دماوند تا تهران حدود ۵۰ کیلومتر است. بلندترین نقطه‌ی آن ۴۰۱۰ متر و پایین‌ترین نقطه در دهانه‌ی خروجی حوضه در ارتفاع ۱۲۵۰ متر نزدیک روستای ماملو قرار دارد. میانگین نزولات سالانه، حدود ۴۴۳ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه‌ی

جدول شماره‌ی (۱) خصوصیات فیزیکی حوضه و زیرحوضه‌های آبخیز (حوضه‌ی آبخیز دماوند)

شماره‌ی زیرحوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	شیب وزنی زیرحوضه %	شیب وزنی رودخانه %	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	زمان تأخیر (ساعت) شرایط رطوبتی ۲
۱	۹۷	۴۸/۳	۴۷/۱	۱۰/۵	۱۶/۸۲	۲/۳۵
۲	۴۶	۳۲/۴	۲۶/۷	۵/۳	۱۲/۲۵	۳/۴۰
۳	۲۵۳	۸۳/۰	۱۹/۳	۵/۱	۳۶/۲۳	۶/۸۴
۴	۹۶	۴۷/۷	۳۶/۹	۸/۲	۱۹/۲۵	۳/۰۶
۵	۷۰	۴۲/۰	۳۵/۱	۶/۷	۱۴/۸۰	۲/۷۴
۶	۱۱۲	۶۶/۲	۱۲/۱	۶/۷	۲۴/۹۳	۴/۳۰
۷	۸۴	۶۳/۵	۱۲/۷	۶	۱۶/۳۸	۲/۵۷
کل حوضه	۷۵۸	۱۰۰	۲۵/۱	۵/۲	۴۹/۳۳	۸/۴۰

جمله شکل و اندازه‌ی حوضه می‌باشند.

دسته‌ی دوم، عواملی هستند که در امور آبخیزداری و طرح‌های کنترل سیل با استفاده از آن‌ها می‌توان تا حدی دبی اوج هیدروگراف یک حوضه را کاهش داد. از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به شیب آبراهه، پوشش و کاربری ارضی اشاره کرد. به طور کلی روش‌هایی که این گونه عوامل را در سطح حوضه‌ی آبخیز به صورت یک پارچه ۹ در نظر می‌گیرد، به دلیل وسعت و گستردگی حوضه‌های آبخیز برای ارزیابی راه‌حل‌های بهینه‌ی اجرایی همواره با مشکل مواجه می‌شوند. در موارد نادری که این عوامل در سطح زیرحوضه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است، معمولاً رفتار هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها خطی فرض شده و صرفاً دبی

سیلاب در سطح زیرحوضه‌ها بررسی و زیرحوضه‌ی بحرانی نیز شناسایی می‌شود.

در مورد تفاوت این تحقیق با سایر کارهای انجام شده باید به این نکته توجه شود که تأثیر عوامل مؤثر در دبی اوج هیدروگراف کل حوضه، در سطح زیرحوضه‌ها مدنظر قرار می‌گیرد. به این ترتیب عوامل سیل خیزی زیرحوضه‌ها با توجه به تأثیر آن‌ها در دبی اوج خروجی کل حوضه شناسایی و اولویت بندی می‌گردد.

ویژگی‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز دماوند در طول جغرافیایی ۵۱،۴۶،۴۰ تا ۵۲،۱۲،۰۵ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲،۳۵،۴۸ تا ۳۵،۵۱،۳۹ شمالی درجه واقع شده است. این حوضه از شمال به حوضه‌ی سد لار، از

حوضه حدود ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از دو روش زیر برای رسیدن به اهداف مورد نظر استفاده شده است.

۱- روش شبیه‌سازی^{۱۰} هیدرولوژیکی در تبدیل بارش - رواناب در سطح زیرحوضه‌ها و نیز روندیابی آبراهه‌های اصلی به منظور استخراج هیدروگراف سیل خروجی حوضه.

۲- روش آنالیز حساسیت^{۱۱} برای بررسی و شناسایی عوامل مؤثر بر سیل خروجی حوضه

به این منظور ابتدا هیدروگراف سیل خروجی حوضه با مشارکت کلیه‌ی زیرحوضه‌ها تعیین گردید سپس عوامل مورد نظر، به ترتیب در هر یک از

زیرحوضه‌ها در دامنه‌ای مشخص، تغییر داده شد تا تأثیر آن عامل در دبی اوج خروجی کل حوضه مشخص شود. به این ترتیب پس از هر بار اجرای مدل، تأثیر این تغییرات در دبی اوج خروجی حوضه منعکس گردید. با این روش ضمن شناسایی عوامل مؤثر، زیرحوضه‌ای که به این تغییرات حساسیت بیشتری نشان دهد، نیز شناسایی می‌شود.

مراحل متوالی تحقیق شامل تهیه نقشه‌ی حوضه (با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰)، مدل ارتفاع رقومی حوضه DEM، (با استفاده از منحنی‌های تراز رقومی

توزیع مکانی و زمانی رگبار در سطح حوضه: با استفاده از بارش روزانه‌ی ایستگاه‌های داخل و اطراف حوضه، نقشه‌ی همباران برای رگبارهای مورد نظر در قالب نقشه‌ی راستری با سلول ۶۰ متری تهیه و سپس برای هر یک از زیرحوضه‌ها بارش متوسط برای هر رگبار محاسبه شد. برای محاسبه‌ی هیتوگراف هر یک از زیرحوضه‌ها، بارش روزانه‌ی آن‌ها با استفاده از داده‌های ساعتی ایستگاه سینوپتیک ابعلی تجزیه گردید. توزیع زمانی هر رگبار نیز با استفاده از الگوی زمانی بارش (۴) در ایستگاه سینوپتیک ابعلی به دست آمد.

کامل انجام می‌دهد. ساختار مدل از سه بخش اصلی مدل حوضه، مدل بارش و شاخص‌های کنترل تشکیل شده است (۲۴).

واسنجی مدل در زیر حوضه‌های

رودخانه‌ی دماوند ۱۲

مدل HMS مجهز به قابلیت کالیبره کردن خودکار پارامترها در دامنه، تعیین شده است. این تغییر تا زمانی که بهترین تطبیق هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی حاصل شود، ادامه پیدا می‌کند و مناسب‌ترین مقادیر پارامترهای واسنجی ارایه می‌شود. در مرحله‌ی واسنجی به لحاظ اهمیت دبی اوج در وقایع سیل، حداکثر دبی به عنوان

جدول ۲) دبی اوج زیر حوضه و میزان مشارکت هر یک در خروجی حوضه

شماره زیرحوضه	مساحت کیلومتر مربع	دبی مترمکعب بر ثانیه	دبی خروجی با حذف زیرحوضه	مقدار کاهش در خروجی	درصد کاهش در خروجی (%)
۱	۹۷	۷۷/۹	۳۱۶/۸	۵۵/۱	۱۴/۸
۲	۴۶	۱۹/۶	۳۶۳/۰	۸/۹	۲/۴
۳	۲۵۳	۱۱۲/۲	۲۷۰/۰	۱۰۱/۹	۲۷/۴
۴	۹۶	۶۹/۱	۳۱۰/۰	۶۱/۹	۱۶/۶
۵	۷۰	۵۲/۳	۳۲۵/۸	۴۶/۱	۱۲/۴
۶	۱۱۲	۶۳/۷	۳۱۳/۳	۵۸/۶	۱۵/۸
۷	۸۴	۸۱/۳	۳۴۸/۱	۲۳/۸	۶/۴
کل حوضه	۷۵۸	۳۷۱/۹			

در محیط ILWIS با اندازه‌ی سلول ۶۰ متر)، نقشه‌ی کاربری اراضی (با استفاده از پردازش تصویر ماهواره‌ای Landsat TM سال ۱۹۸۸)، نقشه CN (با تلفیق نقشه‌ی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی برای کل حوضه و زیرحوضه‌ها) می‌باشد که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در محیط ILWIS تهیه شد (۳) جدول شماره (۱) خصوصیات فیزیوگرافی حوضه و زیرحوضه‌ها را نشان می‌دهد.

داده‌های بارش و سیلاب، از طریق بایگانی سازمان آب منطقه‌ای تهران پس از شناسایی روزهای سیلابی در حوضه‌ی دماوند، جمع‌آوری گردید.

معرفی مدل HEC-HMS

مدل HEC-HMS نسخه‌ی توسعه یافته‌ی ۱- HEC تحت ویندوز برای شبیه‌سازی پاسخ رواناب سطحی یک حوضه‌ی آبخیز نسبت به بارندگی‌های معین طراحی شده است. این مدل، حوضه‌ی آبخیز را به عنوان یک سیستم به هم پیوسته با مولفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. هر مولفه‌ی مدل، یک جنبه از فرایند بارش - رواناب را در داخل بخشی از حوضه که معمولاً به عنوان زیرحوضه در نظر گرفته می‌شود، شبیه‌سازی می‌کند. به عبارت دیگر مولفه‌های مختلفی برای شبیه‌سازی سیستم فیزیکی حوضه ترکیب می‌شوند و هر مولفه، قسمتی از محاسبات لازم را برای یک هیدروگراف

شاخص کالیبراسیون مدنظر قرار گرفت. با توجه به انتخاب روش هیدروگراف SCS برای تبدیل بارش - رواناب Ia و Tlag بعنوان پارامترهای واسنجی در نظر گرفته شدند و شماره‌ی منحنی (CN) وزنی زیرحوضه‌ها از نقشه‌ی (CN) استخراج گردید (۳).

نتایج

با آماده شدن داده‌های ورودی مدل، برای روندیابی سیل در زیرحوضه‌ها و خروجی حوضه از روش SCS و برای روندیابی آبراهه‌های اصلی از روش ماسگینگام استفاده شد. از بین خصوصیات فیزیکی زیرحوضه‌ها چهار عامل مساحت، شیب آبراهه و زیرحوضه و CN برای این بررسی انتخاب گردید. در اولین اجرای مدل که با بارش

به طوری که وقتی شیب آبراهه ۵۰ درصد کم می‌شود، دبی خروجی حوضه حدود ۸ درصد افزایش می‌یابد و این در حالی است که در کلیه‌ی زیرحوضه‌ها، دبی خروجی کاهش یافته است. این موضوع بیابانگر این است که وقتی شیب آبراهه در زیر حوضه‌ی ۷ کم می‌شود مدت زمان تخلیه رواناب زیرحوضه، بیشتر شده و در نتیجه، رواناب زیرحوضه‌های دیگر به خروجی حوضه رسیده و هم زمان با زیرحوضه‌ی ۷ در دبی اوج خروجی مشارکت می‌نمایند. اما وقتی که شیب افزایش می‌یابد، قبل از آن که رواناب زیرحوضه‌های دیگر به خروجی برسند، رواناب زیرحوضه‌ی ۷ با توجه به موقعیت نزدیک آن به خروجی حوضه، تخلیه شده و از خروجی می‌گذرد، این موضوع از نکات بسیار ظریفی است که در عملیات آبخیزدرای و کنترل سیل در زیرحوضه‌های آبخیز خصوصا هنگام طراحی عملیات کاهش شیب آبراهه در زیرحوضه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. در غیر این صورت و برخلاف تصور حاکم، امکان دارد اجرای این گونه عملیات در برخی از زیرحوضه‌ها اثر تشدیدکننده در سیل خروجی ایجاد نماید.

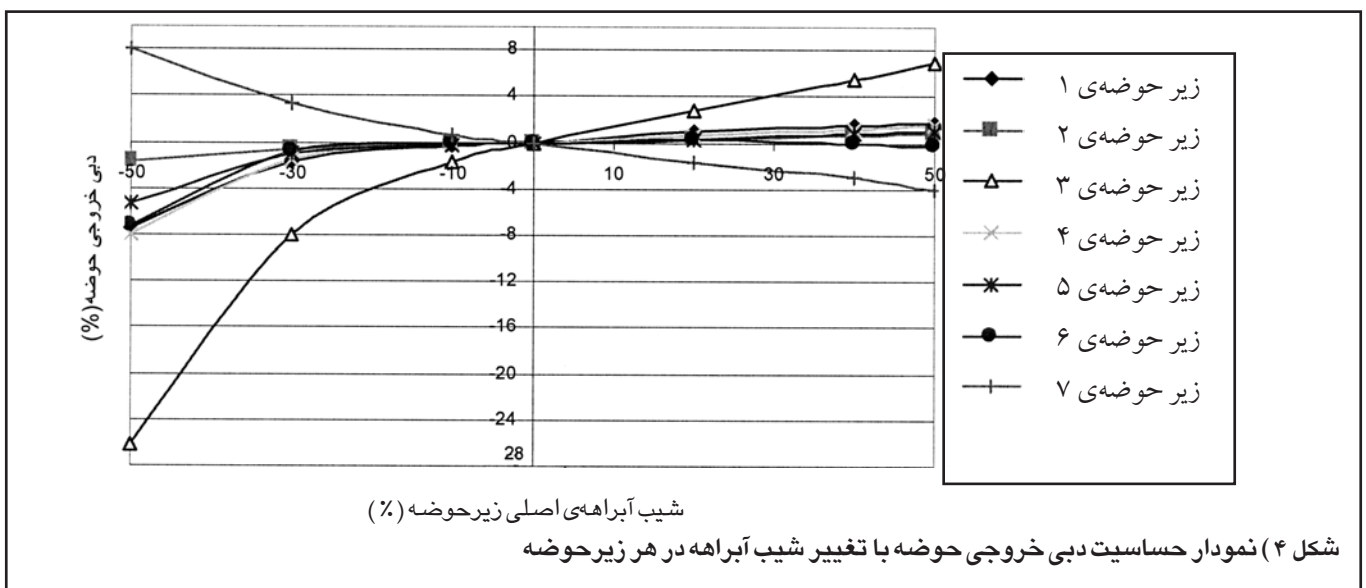
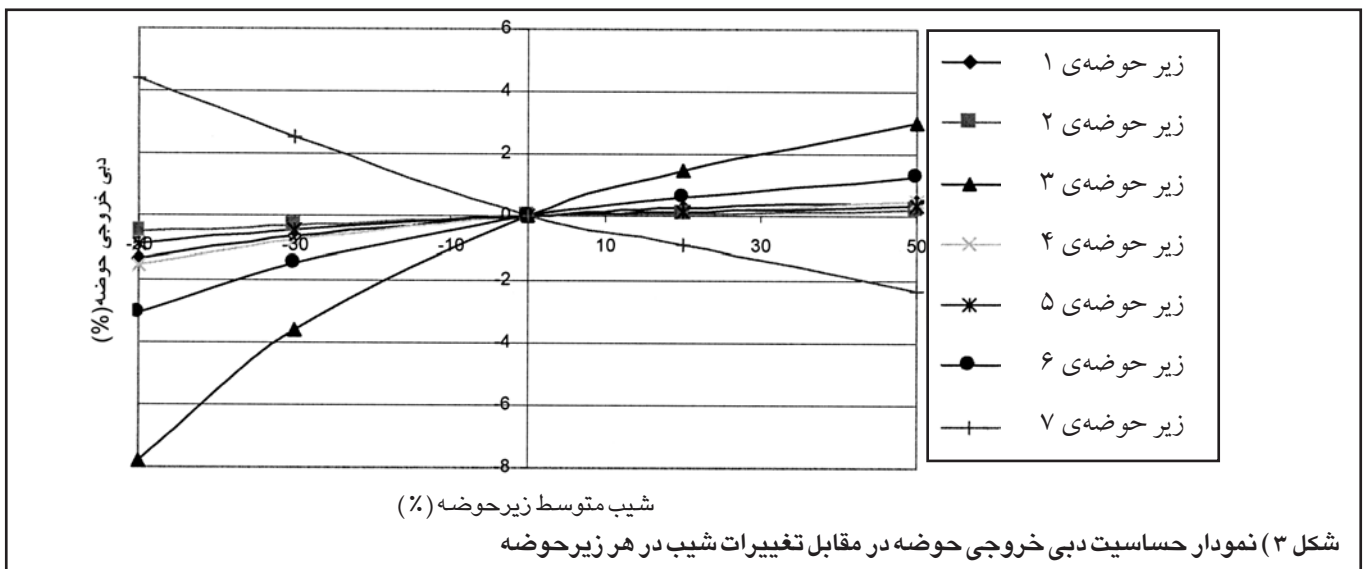
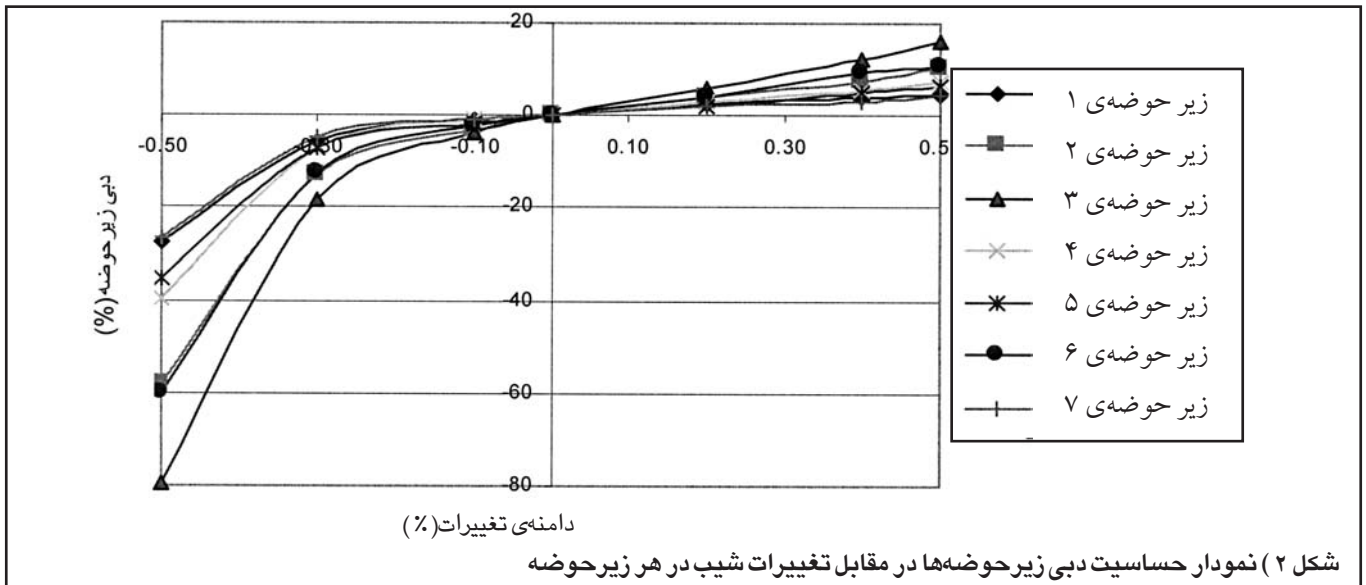
بدون این که تاثیر آن عامل در سیل خروجی کل حوضه دیده شود. از این دیدگاه تأثیر تغییرات شیب در زیرحوضه‌های مورد مطالعه بررسی شد. همان گونه که در شکل ۲ دیده می‌شود در این گونه موارد با افزایش و کاهش شیب آبراهه‌ها دبی کلیه‌ی زیرحوضه، هم جهت با هم کم و زیاد می‌شود. اما چنان چه از دیدگاه این مقاله به موضوع نگریسته شود، وضعیت تفاوت می‌کند. شکل ۳ و ۴ نشان می‌دهد که تغییرات شیب زیرحوضه و آبراهه در هر یک از زیرحوضه‌ها، تغییرات متفاوتی در خروجی حوضه از خود بر جای می‌گذارد. تغییرات شیب زیرحوضه و آبراهه در دو زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۳ و ۷ نسبت به سایر زیرحوضه‌ها حساسیت بیشتری در دبی خروجی از خود نشان می‌دهند، در حالی که برای سایر زیرحوضه‌ها آن چنان تأثیری در دبی خروجی ندارند. زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۷ که در خروجی حوضه قرار دارد دقیقا در جهت عکس با سایر زیرحوضه‌ها کاهش می‌یابد. بالعکس، وقتی شیب زیرحوضه و آبراهه در زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۷ کاهش می‌یابد، دبی خروجی حوضه زیاد می‌شود،

طراحی ۵۰ ساله‌ی ۱۲ ساعته (تقریباً معادل زمان تمرکز حوضه) و شرایط هیدرولوژیکی II انجام شد مقدار دبی اوج هر یک از زیرحوضه‌ها و خروجی کل حوضه با توجه به پارامترهای تعیین شده محاسبه گردید (جدول ۲). سپس برای انجام آنالیز حساسیت، عامل مورد نظر در دامنه‌ی انتخاب شده به نوبت در هر یک از زیرحوضه تغییر داده شد (در حالی که در سایر زیرحوضه‌ها همان عامل بدون تغییر باقی می‌ماند) تا اثر این تغییرات که در هر بار و در هر یک از زیرحوضه‌ها به مدل وارد می‌شد، در خروجی حوضه محاسبه شود. به طور مثال تغییرات CN که خود به وضعیت پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوضه ارتباط پیدا می‌کند باعث تغییر در زمان تأخیر می‌شود با هر بار تغییر CN، زمان تأخیر جدید با استفاده از روش SCS برای زیرحوضه‌ی مورد نظر محاسبه و به مدل وارد می‌گردید، با اجرای مدل تغییرات دبی خروجی فقط برای تغییری که در زیرحوضه‌ی مورد نظر اعمال شده، محاسبه می‌شد. به این ترتیب پس از هر بار اجرای مدل، تأثیر این تغییرات در دبی خروجی کل حوضه منعکس می‌گردید. با این روش ضمن شناسایی عوامل مؤثر، زیرحوضه‌ای که به این تغییرات حساسیت بیشتری نشان می‌داد، نیز شناسایی شد. این بررسی برای عامل شیب و مساحت زیرحوضه‌ها در دامنه‌ی $\pm 50\%$ و برای عامل CN در دامنه‌ی $\pm 10\%$ مقدار اصلی تغییر داده شده و تغییرات دبی اوج خروجی در هر مرحله، محاسبه گردید (شکل‌های شماره‌ی ۲ تا ۶).

بحث و نتیجه گیری

شیب: در اکثر مطالعاتی که تاکنون برای بررسی عوامل مؤثر بر سیل انجام پذیرفته معمولاً این عوامل در سطح زیرحوضه بدون توجه به تأثیر آن در سیل خروجی حوضه، مورد بررسی قرار گرفته است، در این صورت فقط حساسیت تغییرات عامل مورد نظر در مقابل دبی زیرحوضه بررسی می‌شود





مساحت: در رابطه با مساحت حوضه می توان گفت اگر چه در برخی منابع به رابطه ی مستقیم مساحت حوضه با دبی سیلاب تأکید شده و از آن به عنوان مهم ترین عامل فیزیوگرافی که تعیین کننده ی اوج سیلاب است، یاد شده است (۱ و ۲۱)، اما شدت افزایش دبی سیلاب معادل شدت افزایش مساحت نیست زیرا هر چه سطح حوضه بیشتر شود اولاً وقوع بارش های شدید روی تمامی حوضه را در بر نمی گیرد و ثانیاً در حوضه های بزرگتر در اثر روندیابی، اوج سیلاب کاهش می یابد. می توان گفت با افزایش سطح حوضه اهمیت نسبی ذخیره ی آبراهه ای بیشتر می شود. در منطقه ی مورد مطالعه که برای کلیه ی زیرحوضه ها بارش طراحی یکسانی در نظر گرفته شده است زیرحوضه ی شماره ی ۳ در مقابل تغییر مساحت، حساسیت بیشتری نسبت به سایر زیرحوضه ها از خود نشان می دهد (شکل ۵). البته مساحت این زیر حوضه به میزان قابل توجهی بیشتر از زیر حوضه های دیگر است. اگر میزان حساسیت به بزرگی زیرحوضه ها ربط داده شود، لزوماً زیر حوضه های ۶ و ۷ باید در ردیف دوم و سوم قرار می گرفت در حالی که این چنین نیست. بنابراین علاوه بر بزرگی مساحت زیرحوضه، عوامل دیگری مانند زمان رسیدن هیدروگراف زیرحوضه ها و نحوه ی مشارکت آن ها در دبی خروجی نیز دخیل می باشند.

شماره ی منحنی: در نمودار مربوط به تغییرات CN (شکل ۶) و تأثیر آن بر دبی خروجی حوضه، زیر حوضه ی شماره ی ۳ به این تغییرات واکنش بیشتری نشان می دهد و پس از آن زیرحوضه های شماره ۱ و ۴ قرار دارند. زیر حوضه ی ۵ و ۶ به این تغییرات پاسخ یکسانی می دهند و تقریباً در تمام دامنه ی تغییرات CN تأثیر یکسانی در دبی خروجی دارند در حالی که از نظر مساحت و موقعیت مکانی تفاوت زیادی با هم دارند. در محاسبات مربوط به سیل و سیل خیزی، نقش کاربری حوضه در عدد منحنی CN نهفته

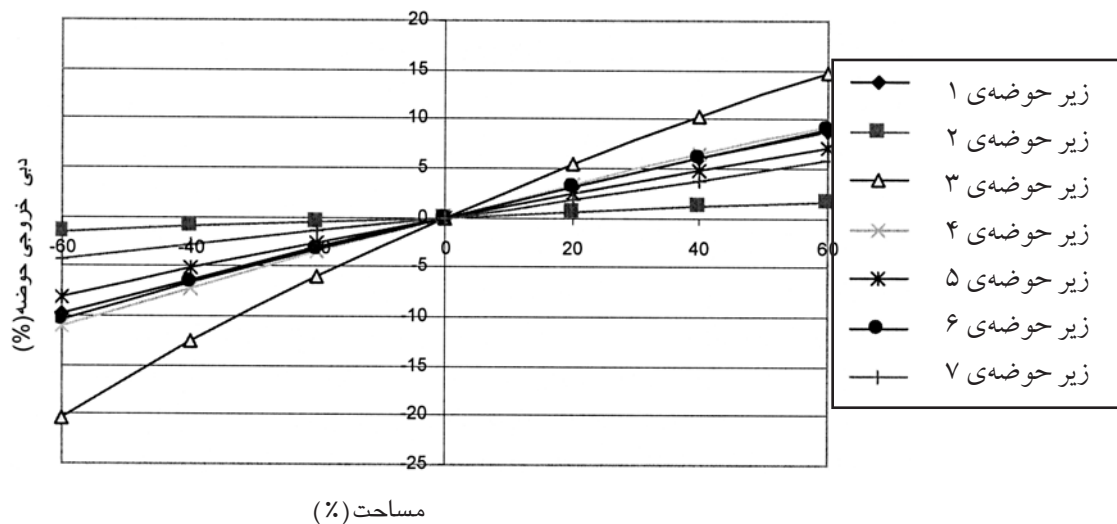
است. دو لایه ی مهمی که منجر به تعیین عدد منحنی می شوند وضعیت خاک و پوشش گیاهی است بنابراین از طریق تحلیل CN می توان رهنموهایی برای مدیریت و کنترل سیل ارایه نمود. نتایج حاصل از بررسی تغییر عدد منحنی در هر یک از زیرحوضه ها و تأثیر آن در سیل خروجی حوضه، نشان داد که زیرحوضه ی شماره ی ۳ به این عامل نیز حساسیت بیشتری از خود نشان می دهد. کاهش عدد منحنی به اندازه ۱۰ درصد مقدار اولیه در زیرحوضه ی ۳ که تقریباً دامنه ی معقولی برای مدیریت سیل در این زیرحوضه بوده و امکان آن از طریق عملیات اصلاح مراتع و بهبود پوشش گیاهی وجود دارد، بیش از ۲۰ درصد از دبی اوج خروجی حوضه را کاهش می دهد.

از این نظر می توان به مشابهت این مطالعه با بسیاری از مطالعات دیگر (۶ و ۹ و ۱۲) و مغایرت آن با برخی از منابع (۱) اشاره نمود. سایر زیرحوضه ها نیز دبی خروجی حوضه را (در دامنه ای ملایم تر) کاهش داده اند. به این ترتیب می توان گفت تغییر عامل CN در هر یک از زیرحوضه ها نیز مانند سایر عوامل، تغییر محسوس و متفاوتی در کاهش یا افزایش دبی اوج خروجی حوضه دارد. در یک نتیجه گیری کلی می توان گفت از آن جا که کنترل عوامل اقلیمی برای مدیریت سیل در زیرحوضه ها و خروجی کل حوضه میسر نمی باشد لذا بایستی به خصوصیات فیزیکی زیرحوضه ها توجه بیشتری شود. در خصوصیات فیزیکی زیرحوضه ها نیز بررسی ها باید به عواملی معطوف شود که امکان کنترل آن ها در مدیریت سیل وجود دارد. در این مقاله ضمن بررسی اثر هر عامل در هر یک از زیرحوضه ها، تأثیر آن عامل در دبی خروجی حوضه، مدنظر قرار گرفت و در مجموع، این زیرحوضه ی شماره ی ۳ حساسیت بیشتری از خود نشان داد. بنابراین در بین زیرحوضه ها از نظر تأثیر در سیل خروجی حوضه، این زیرحوضه وضعیت بحرانی تری دارد. از طرف دیگر در بین

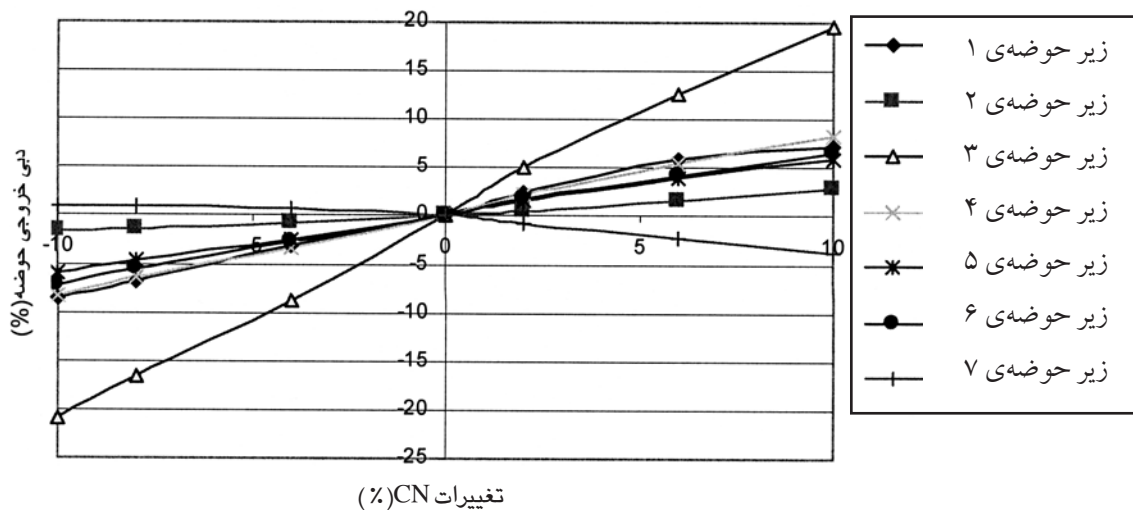
عوامل مؤثر بر سیل خروجی حوضه در زیرحوضه ی بحرانی، مهم ترین و در عین حال ساده ترین عامل از لحاظ کنترل و تأثیر آن بر سیل خروجی حوضه، عامل CN می باشد. چنان چه با استفاده از عملیات کنترل سیل در مسیر آبراهه شیب آن تا ۳۰ درصد شیب اولیه کاهش یابد، تنها حدود ۸ درصد از دبی اوج خروجی کاسته خواهد شد و این امر مستلزم صرف هزینه های زیادی نیز خواهد بود. اما در این زیرحوضه، چنان چه مقدار CN از طریق ایجاد پوشش گیاهی و عملیات اصلاحی مرتع داری و کم هزینه مثل قرق مراتع به مقدار ۱۰ درصد مقدار اولیه کاهش یابد حدود ۲۱ درصد از دبی اوج خروجی کاسته می شود (شکل ۷) و لزومی به عملیات مکانیکی و سازه ای پرهزینه نیز نخواهد بود. هم چنین با توجه به نمودارهای حساسیت زیرحوضه ها نسبت به عامل شیب آبراهه ها، توجه به این نکته ی مهم، ضروری است که در برخی موارد (زیرحوضه ی ۷ در این تحقیق) این امکان وجود دارد که عملیات کاهش شیب در واقع اثر معکوس بر دبی اوج خروجی حوضه بگذارد. بنابراین، با توجه به کلیه ی عوامل دخیل در سطح زیرحوضه ها بر سیل خروجی، اجرای روش پیشنهادی در این مقاله برای اولویت بندی زیرحوضه ها و نیز تفکیک اهمیت و نوع تأثیرگذاری (کاهش یا افزایش) عوامل مؤثر بر دبی اوج حوضه، در مطالعات آبخیزداری با اهداف کنترل سیل قویاً توصیه می گردد.

پاورقی

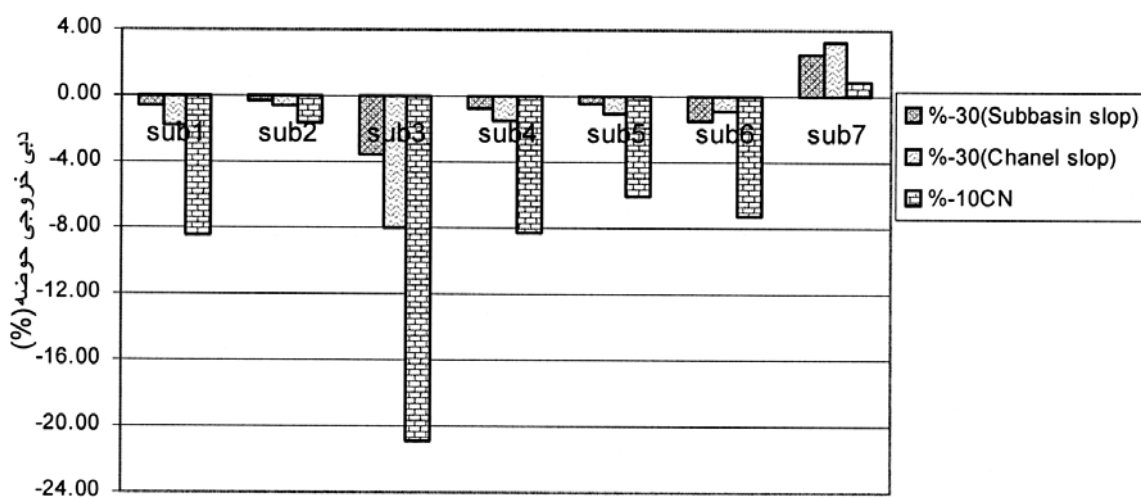
- 1-Hydrologic Engineering Center's - Hydrologic Modeling System
- 2- Singh
- 3- Initial loss
- 4- Alekseev
- 5- Hawkins
- 6- Variable Source area
- 7- runoff Partial area
- 8- Suwanwerakamtonn
- 9- Lumped



شکل ۵) نمودار حساسیت دبی خروجی حوضه در مقابل تغییر مساحت



شکل ۳) نمودار حساسیت دبی خروجی حوضه در مقابل تغییرات شیب در هر زیر حوضه CN



شکل ۷) مقایسه کمی دبی خروجی کل حوضه به ازای تغییرات عوامل مورد بررسی

17- Lorup, J. K., J. C., Refsgaard and D. Mazimavi., 1998, Assessing the effect of land use change on catchment runoff by combined use of statistical tests and hydrological modelling: case studies from Zimbabwe, Journal of hydrology, 205, PP: 147-163.

18- Loukas, A., L. Vasiliades, N. R. Dalezios., 2000, Flood producing mechanisms identification in southern British Columbia, Canada, Journal of Hydrology, Vol. 227, PP: 218-235.

19- Maidment, D.R., 1993, Handbook of Hydrology, McGRAW Hill, inc

20- Singh, V. P., 1997, Kinematic wave modelling in water resources, Chapter 18.

21- Singh, V. P., 1996, Hydrology of disasters, Water science and technology library Vol 24, Kluwer academic publishers.

22- Suwanwerakamtorn, R., 1994, GIS and Hydrologic modelling for management of small watersheds, ITC Journal, No. 4. P 343.

23- Tommy, S. W. Wong & Yunjie, L. I, 1998, Assesment of changes in overland Time of concentration for two opposing urbanization sequences, Hydrological sciences Journal, 43 (1), PP. 115-130.

24- USACE, 2000, Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), Technical Reference Manual.

۸- غیور، حسنعلی، ۱۳۷۱. پیش بینی سیلاب در مناطق مرطوب، فصل نامه ی تحقیقات جغرافیایی شماره ۲۵.

۹- قنواتی عزت اله، ۱۳۷۸. مدل سازی هیدروژئومورفولوژیکی سیلاب و رسوب (نمونه ی موردی حوضه رودخانه ی زهره و خیرآباد)، پایان نامه ی دکتری جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۰- کامیاب، ایرج، ۱۳۶۴. اصول هیدرولوژی جنگل (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مازندران.

۱۱- مرید، سعید و قائمی هوشنگ و میرابوالقاسمی، هادی، ۱۳۷۶. ارزیابی مدل HEC-1 در تشابه سازی بارندگی - رواناب در استان هرمزگان، اولین کنفرانس هیدرولیک ایران.

۱۲- مهدوی، محمد، ۱۳۷۵. نقش پوشش گیاهی در سیلاب شهری، مجموعه مقالات علمی و تخصصی فضای سبز تهران، جلد ۱.

۱۳- وهابی، جلیل، ۱۳۷۶. پهنه بندی خطر سیل با به کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه ی آبخیز طالقان، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

ب: منابع انگلیسی

14- Beven, K., & M. Kirkby., 1993, Channel network hydrology, Published John wiley & sones.

15- Chow, Ven te., Maidment., D, Mays, L, (1988), "Applied Hydrology" MC Graw-Hill

16- Hawkins, R. H., 1997, "b". Runoff curve number with varying site moisture, Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol, 104, No IR4, pp.389-398.

10- Simulation

11- Sensitivity Analysis

۱۲- شرح کامل در منبع شماره ی ۳ آمده است.

منابع

الف: منابع فارسی

۱- احمدی نژاد، محمدعلی، ۱۳۷۷. تعیین رابطه ی بارش - دبی اوج سیلاب برای حوضه ی هلیل رود کرمان، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - آب، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- خسروشاهی، محمد، ۱۳۷۰. محاسبه ی بیلان آبی در حوضه ی فاقد ایستگاه هیدرومتری در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده ی منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۳- خسروشاهی، محمد و بهرام ثقفیان، ۱۳۸۰. نقش روندیابی رودخانه در شناسایی و تفکیک مناطق سیل خیز در حوضه های آبخیز، ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز - دانشگاه شهید چمران.

۴- رضیئی، طیب، ۱۳۷۹. تعیین الگوی توزیع زمانی و مکانی بارش در استان تهران، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

۵- زاهدی شهریار و قدرتی علیرضا، ۱۳۸۲. تأثیر دو عامل بارندگی و بهره برداری جنگل در میزان رواناب حوضه ی سفارود استان گیلان، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان.

۶- صدقی، حسین، ۱۳۶۳. اصول مهندسی هیدرولوژی، جلد دوم، انتشارات نیرو.

۷- عدل، ایرج، ۱۳۷۳. ارزیابی هیدرولوژیکی آب های سطحی در حوضه ی رودخانه ی کرج تا سد امیر کبیر با کاربرد نرم افزار HEC-1، مجله ی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.