



تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۶

بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات سیلاب با

استفاده از مدل HEC- HMS

(مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان)

- ❖ **سمانه رضوی زاده:** دانشجوی دکتری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- ❖ **علی سلاجقه*:** دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ **شهرام خلیقی سیگارودی:** استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ **محمد جعفری:** استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

یکی از عوامل اصلی در تغییر رژیم سیلابی حوزه‌های آبخیز تغییر کاربری اراضی در سطح حوضه است. حوزه آبخیز طالقان، طی سال‌های متمادی، دستخوش تغییر کاربری اراضی شده که احتمال تأثیر آن بر خصوصیات سیلاب رودخانه مطرح است. در تحقیق حاضر، با تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل HEC- HMS، آثار تغییر کاربری اراضی بر سه پارامتر- دبی اوج، حجم، و زمان پایه سیل- در بخشی از حوزه آبخیز طالقان بررسی شد. بدین منظور، نخست نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱ تهیه گردید و، برای تهیه نقشه CN منطقه، با نقشه‌های گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و وضعیت مرتع در محیط GIS تلفیق شد. سپس، مدل HEC- HMS، با استفاده از روش شماره منحنی و آبنمود واحد SCS در سطح زیرحوضه‌ها و نیز به روش روندیابی ماسکینگام، برای ۱۰ واقعه بارش- رواناب مشاهده‌ای و اسنجی و اعتبارسنجی شد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، به علت تغییرات کاربری اراضی (کاهش سطح اراضی کشاورزی و افزایش مراتع)، دبی اوج و حجم سیل در سال ۱۳۸۱ نسبت به ۱۳۶۶ به ترتیب میزان کاهش متوسط معادل ۱۶/۱۷ و ۱۳/۶ درصدی را نشان می‌دهند. بررسی زمان پایه سیل نشان‌دهنده عدم تغییر این پارامتر در هیدروگراف‌های سیل در دوره مطالعاتی است. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده، روند تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه، به لحاظ سیل خیزی، مثبت ارزیابی شد.

واژگان کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، حوزه آبخیز طالقان، سیل، مدل HEC- HMS.

مقدمه

سیل اتفاقی ناگهانی و رویدادی سریع و مخرب است که هر ساله در نقاط مختلف جهان باعث بروز خسارات جانی و مالی محسوس و نامحسوس فراوان می‌شود. بررسی شمار وقوع سیل در سال‌های اخیر نشان می‌دهد دیگر سیل نه یک مصیبت ناگهانی نادر، بلکه پدیده‌ای است فزاینده که، در هر بار وقوع، خسارات فراوانی - اعم از جانی و مالی - به بار می‌آورد [۲۷]. با همه تلاش‌های مردم یا دولت‌ها، در طول تاریخ، هیچ کشوری، صرف‌نظر از دارایی و پیشرفت تکنولوژی، نتوانسته است نواحی سیل‌گیر خود را کاملاً و برای همیشه از خطر سیل حفاظت کند. به عبارت دیگر، کنترل یا کاهش این عوارض مخرب و ویرانگر نیازمند مطالعه صحیح و دقیق است.

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد، در میان عوامل زمینی، کاربری اراضی و تغییرات آن آثار گسترده‌ای در اندازه و تکرار سیل دارد. تغییر کاربری اراضی تأثیر مهمی در کمیت و کیفیت رواناب خروجی حوزه آبخیز دارد [۲۳]، بنابراین، ارزیابی هرچه بهتر آثار تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات سیل در پیش‌بینی پتانسیل و کاهش خطر سیل از اهمیت بسزایی برخوردار است و این موضوع از مباحث جدی در زمینه برنامه‌ریزی، مدیریت، و توسعه پایدار حوزه آبخیز است [۴؛ ۲۰؛ ۲۲؛ ۳۰؛ ۳۱].

بررسی آثار تغییر کاربری اراضی بالادست حوزه آبخیز بر الگوی سیلاب در نواحی پایین‌دست حوضه، با استفاده از مدل HEC-1 و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نشان داد، با کاهش مساحت جنگل، رواناب حوضه اصلی و زیرحوضه‌ها بیشتر شد، بنابراین، تغییرات کاربری اراضی در بالادست حوضه در بالآمدن تراز سیل در اراضی پایین‌دست

حوضه نقش اساسی دارد [۲۸]. همچنین، بررسی اقدامات مختلف کنترل سیل - شامل جنگل‌کاری، ترانس‌بندی، سدهای ذخیره‌ای، کنترلی و ترکیب آن‌ها - در منطقه Petra در اردن نشان داد که شبیه‌سازی سیلاب، با استفاده از مدل HEC-1 برای گزینه‌های مختلف، نمایانگر تقلیل دبی اوج و حجم سیلاب تا ۷۰ درصد بود [۲۱]. ارزیابی پنج مدل هیدرولوژیکی - Xinanjiang (چین)، Api (چین)، Urbs (استرالیا)، Rafts (استرالیا)، و HEC- HMS (امریکا) - به منظور پیش‌بینی زمان واقعی سیل حوضه، بیانگر کارایی بالای مدل HEC- HMS بود [۱۸].

میزان تأثیر تغییر کاربری اراضی بر مشخصات هیدرولوژیک آب‌های سطحی در حوزه باراندوزچای استان آذربایجان غربی، با استفاده از مدل HEC- HMS، بررسی شد. نتایج نشان داد تغییر کاربری اراضی بر دبی اوج سیل تأثیر بسیار زیادی داشت و در حجم رواناب تأثیر کمتری [۱۲]. همچنین، بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر دبی اوج و حجم سیل حوزه آبریز سد گلستان، با استفاده از مدل HEC- HMS، نشان داد، به سبب تخریب جنگل‌ها و مراتع حوضه، دبی اوج سیل در وقایع سیلابی در سال ۱۳۷۵ نسبت به ۱۳۴۶ افزایش یافته است. در این مطالعه، سناریوهای کاربری اراضی، به صورت بدبینانه، نشان می‌دهد، در صورت ادامه تخریب جنگل‌ها و مراتع حوضه، دبی اوج سیل افزایش شدیدتری خواهد داشت [۲۴].

در سال ۲۰۰۹، در تحقیقی در چین، به منظور بررسی آثار تغییر کاربری اراضی بر میزان رواناب، دو سناریوی تغییر کاربری اراضی ارائه شد. در این مطالعه کاربری اراضی منطقه در سال ۲۰۰۲ پایه قرار گرفت و سناریوهای کاربری اراضی برای سال

۱۳۸۱ و تأثیر آن بر خصوصیات سیل، با استفاده از مدل HEC- HMS، پرداخته شد.

روش شناسی

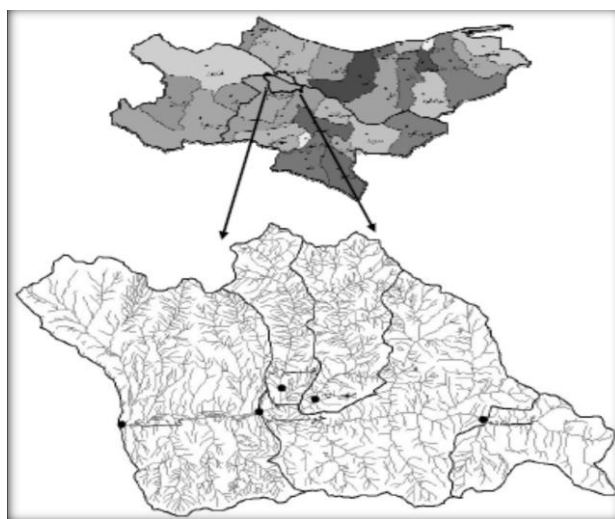
معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز طالقان در استان تهران و در ۱۲۰ کیلومتری شمال غرب شهر تهران واقع شده است. این آبخیز یکی از زیرحوزه‌های حوزه آبخیز سفیدرود است که از شمال به آبخیز الموت، از جنوب به منطقه زیاران و صمغ‌آباد، از شرق به بخشی از حوزه آبخیز کرج، و از غرب به حوزه آبخیز شاهرود محدود گردیده است [۱۳].

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه آبخیز طالقان است و دربرگیرنده بخش‌های فرادست و میانی آبخیز طالقان‌رود. این منطقه به نقطه خروجی محل ایستگاه هیدرومتری جویستان منتهی می‌شود با مساحتی معادل ۴۹۸٫۲۵ کیلومتر مربع. طول طالقان‌رود تا خروجی مورد نظر حدود ۵۰٫۷ کیلومتر است (شکل ۱).

۲۰۵۰ ارائه شد. سناریوی A مشتمل بر افزایش مساحت شهری از ۹٫۲ به ۱۷ درصد بود و سناریوی B افزایش آن از ۹٫۲ به ۱۴ درصد. سپس، با استفاده از مدل HEC- HMS و ۷ واقعه منتخب، سناریوها آزمون شد. نتایج مطالعه نشان داد سناریوهای کاربری اراضی آینده موجب افزایش کل رواناب سطحی و از جمله دبی پیک می‌شود، اما شدت افزایش در ارتباط با درصد افزایش مناطق شهری است [۳].

سیلاب نتیجه رواناب ناشی از بارندگی یا ذوب برف است. دخالت نابجای انسان در اکوسیستم موجب به هم خوردن تعادل هیدرولوژیک آبخیز و در نتیجه، تشدید سیل می‌شود. بنابراین، به دلیل اهمیت تغییر کاربری اراضی و آثار آن بر خصوصیات سیل، و از آنجا که حوزه آبخیز طالقان طی سالیان گذشته دستخوش تغییرات گسترده کاربری اراضی شده، در تحقیق حاضر به بررسی تغییر کاربری رخ داده در بخشی از منطقه طالقان در دوره مطالعاتی ۱۳۶۶-



شکل ۱. نقشه موقعیت مکانی حوزه آبخیز طالقان در استان تهران

زراعت دیم، اراضی آبی (باغ)، و مناطق فاقد کاربری (بیرون‌زدگی سنگی). بخش اعظم اراضی منطقه تحت

براساس مطالعات انجام‌شده، استفاده فعلی از اراضی در منطقه مورد تحقیق مشتمل است بر مراتع،

روش تحقیق

نخست با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، مرز حوزه آبخیز مورد مطالعه، با توجه به خروجی مورد نظر (ایستگاه هیدرومتری جویستان) و بر اساس موقعیت خط الرأس‌ها، تعیین و ترسیم شد. سپس، حوزه مورد مطالعه بر اساس خصوصیات فیزیوگرافی به ۹ زیرحوضه تقسیم شد (شکل ۲). آنگاه رقومی کردن مرز حوضه، زیرحوضه‌ها، و شبکه هیدروگرافی در محیط GIS صورت گرفت. خصوصیات فیزیکی حوضه و زیرحوضه‌ها، به عنوان پارامترهای مورد نیاز در تحقیق حاضر، تعیین شد.

پوشش مراتع با شرایط فقیر تا خوب است. این در حالی است که اراضی زراعی آبی، به‌ویژه باغات متمرکز در مناطق کم‌شیب، در حاشیه رودخانه‌های فرعی و رودخانه اصلی است و اراضی دیم نیز در اراضی با شیب ۲۰-۸۰ درصد گسترش دارند. علاوه بر این، دیم‌زارهای رهاشده (اراضی کم‌بازده زراعی)، که عمدتاً در نتیجه مهاجرت‌های اخیر روستائیان از روستاها به مناطق شهری حاصل شده، و بیرون‌زدگی‌های سنگی تقریباً فاقد پوشش گیاهی یا دارای پوشش گیاهی، به عنوان زیستگاه‌های حیات وحش، از دیگر انواع کاربری اراضی در آبخیز طالقان‌رود است [۵].



شکل ۲. نقشه زیرحوضه‌های مورد مطالعه

مختلف (۱۳۶۶ و ۱۳۸۱) و با به‌کارگیری نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، نقشه پوشش گیاهی، نقشه کاربری اراضی و همچنین تعیین وضعیت رطوبت پیشین در هر رگبار، نقشه CN تهیه شد. سپس، میزان تلفات اولیه (با در نظر گرفتن آن معادل ۰/۲ تلفات کل) برای زیرحوضه‌های مطالعاتی تعیین شد.

با توجه به کاربرد مدل HEC- HMS در تحقیق حاضر، متناسب با ورودی‌های مدل، پارامترهای خاصی برای اجرای مدل مورد نیاز بود.

تهیه داده‌های مورد نیاز

نخست، با استفاده از نقشه کاربری اراضی دو سال

مدل حوضه

در بخش مدل حوضه، اجزای هیدرولوژیک یک حوزه آبخیز، مانند زیرحوضه‌ها، محل تلاقی دو آبراهه و بازه رودخانه، به صورت شماتیک ترسیم شد. سپس، داده‌های مساحت، درصد اراضی نفوذناپذیر، شماره منحنی، تلفات اولیه، و زمان تأخیر زیرحوضه‌ها به مدل وارد شد. سپس، با انتخاب روش ماسکینگام، جهت روندیابی سیل، ضرائب X و K مربوط به سه بازه موجود در مسیر مطالعاتی به مدل وارد شد.

مدل اقلیم

مدل مذکور شامل مجموعه اطلاعات مورد نیاز برای تعیین بارش‌های مورد استفاده در شبیه‌سازی است که به صورت مرتبط با مدل حوضه عمل می‌کند. روش‌های مختلفی برای ورود داده‌های بارش به مدل وجود دارد؛ در این مطالعه از روش هیتوگراف بارش استفاده شد.

شاخص‌های کنترل

در بخش شاخص‌های کنترل باید تاریخ و ساعت آغاز و پایان بارش و سیل و فواصل زمانی مورد نظر وارد شود.

پس از معرفی سه بخش فوق به مدل و اطمینان یافتن از صحت ورود اطلاعات، هیتوگراف هر بارش، با توجه به تاریخ‌های زمانی تعریف‌شده در بخش شاخص‌های کنترل، و همچنین هیدروگراف خروجی مشاهده‌ای متناظر آن وارد مدل شد. در تحقیق حاضر، ۱۰ واقعه انتخاب شد و به مدل وارد گردید. پس از اجرای کلیه مراحل ذکرشده، مدل اجرا شد. نتایج حاصل از اجرای مدل عبارت است از هیدروگراف

همچنین، با مراجعه به سازمان آب منطقه‌ای استان تهران، داده‌های بارندگی به فواصل زمانی ۱۵ دقیقه (مربوط به ایستگاه باران‌سنجی ثابت جویستان) و همچنین داده‌های دبی سیلابی به فواصل زمانی ۱ ساعت (مربوط به ایستگاه هیدرومتری جویستان)، تهیه شد. با تجزیه و تحلیل داده‌ها، تعداد ۱۰ واقعه هم‌زمان بارندگی و سیلاب انتخاب شد. سپس، برای تعیین زمان تأخیر زیرحوضه‌ها، از روش سازمان حفاظت خاک امریکا استفاده شد.

$$T_{lag} = 0.6 T_c$$

که در آن T_c زمان تمرکز است و T_{lag} زمان تأخیر.

جهت روندیابی سیل در رودخانه از روش ماسکینگام استفاده شد. بنابراین، تعیین پارامترهای K (ضریب ذخیره ماسکینگام) و X (ضریب بازه ماسکینگام) ضروری است. این ضرائب در چهار بازه موجود در حوضه مورد مطالعه تعیین شد.

همچنین، درصد اراضی نفوذناپذیر نیز، که از ورودی‌های مدل است، در زیرحوضه‌های مطالعاتی، با استفاده از نقشه رخساره‌های فرسایشی سطوح اراضی توده سنگی، تهیه شد [۱۳]. سپس، با استفاده از مدل HEC- HMS، به بررسی آثار تغییرات کاربری رخ‌داده بر سه پارامتر- دبی اوج، حجم، و زمان پایه سیل- پرداخته شد.

اجرای مدل HEC- HMS

مدل HEC- HMS از انواع مدل‌های ریاضی رایانه‌ای است که دارای چندین زیرمدل برای شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک حوزه‌های آبخیز است. این مدل دارای سه بخش اصلی است: ۱. مدل حوضه؛ ۲. مدل اقلیم؛ ۳. شاخص‌های کنترل.

پارامترهای مدل سعی شد نتایج مدل با داده‌های مشاهده‌ای نزدیک باشد [۷]. در تحقیق حاضر، برای واسنجی از پارامتری استفاده شد که مدل، بیشترین حساسیت را به آن نشان داد.

اعتبارسنجی مدل HEC- HMS

برای استفاده از مدل در شبیه‌سازی حوضه، باید اعتبارسنجی مدل برای حوضه‌هایی که دارای آمار بارش - رواناب هستند با موفقیت صورت گیرد. برای این کار وقایع بارش - رواناب مشاهده شده به دو گروه تقسیم می‌شود. پارامترهای مدل با یک گروه از داده‌ها واسنجی می‌شود. سپس، اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه‌شده برای گروه دوم داده‌ها انجام می‌شود. چنانچه پارامترهای مدل خوب برآورد شده باشد، شبیه‌سازی مدل با داده‌های گروه دوم همخوانی مناسبی خواهد داشت [۱۱].

از آنجا که تعداد وقایع بارش - رواناب مشاهداتی ۱۰ واقعه بود، برای واسنجی مدل ۸ واقعه و برای اعتبارسنجی ۲ واقعه در نظر گرفته شد.

نتایج

ارزیابی تغییرات کاربری اراضی

نقشه کاربری اراضی دو سال را به ترتیب در شکل ۳ و ۴ می‌بینیم. بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های به‌عمل‌آمده، تغییرات انواع کاربری‌های اراضی طی دوره ۱۳۶۶-۱۳۸۱ به صورت افزایش مساحت اراضی مرتعی و کاهش سطح اراضی با کاربری دیم و کشاورزی آبی بوده است (جدول ۱).

نتایج مدل HEC- HMS

همان‌گونه که گفته شد، برای اجرای مدل HEC-

خروجی از هر جزء، میزان نفوذ هر زیرحوضه، و میزان بارش مازاد در هر زیرحوضه که به دو صورت - گرافیکی و جدولی - ارائه می‌شود.

آنالیز حساسیت مدل به تغییر پارامترها

در این بخش حساسیت مدل به تغییر پارامترهای مدل بررسی شد. بدین منظور، منحنی تغییرات نتایج مدل نسبت به تغییر هر یک از این پارامترها ترسیم می‌شود. هرچه شیب خط بیشتر باشد، یک تغییر کوچک در پارامتر مورد نظر باعث تغییرات زیادی در جواب مدل می‌شود و، در این صورت، مدل را نسبت به آن پارامتر حساس گویند. برعکس، اگر شیب منحنی کم باشد، تغییرات زیاد در مقدار پارامتر مربوطه اثر کمی بر مقدار جواب مدل خواهد داشت و مدل را نسبت به آن پارامتر غیرحساس می‌گویند [۲۹].

در تحقیق حاضر حساسیت دبی اوج سیل در خروجی حوضه نسبت به تلفات اولیه، شماره منحنی، و زمان تأخیر بررسی شد. بدین منظور، مقدار این سه پارامتر از ۲۰- درصد تا ۲۰+ درصد، با گام‌های ۵ درصد، تغییر داده شد و اثر آن بر دبی سیل تعیین شد و منحنی تغییرات آن نسبت به هم ترسیم گردید. برای تعیین حساسیت مدل به تغییرات پارامترها از رابطه زیر استفاده شد:

$$SEN = 100 \frac{[New - Old]}{[Old] | Pc}$$

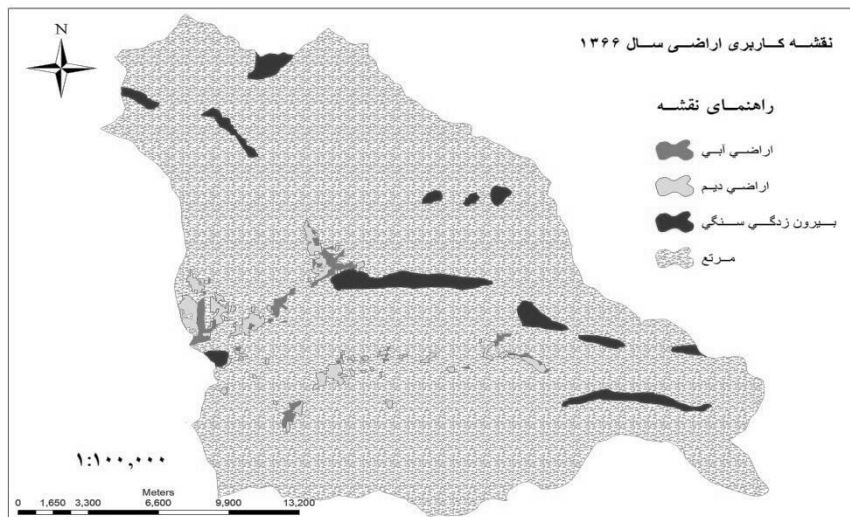
که در آن SEN اندازه حساسیت تابع هدف حاصل از تغییر در اندازه پارامتر است؛ New اندازه جدید خروجی مدل حاصل از پارامتر؛ Old خروجی اولیه مدل؛ و |Pc| قدر مطلق درصد تغییرات در پارامتر.

واسنجی مدل HEC- HMS

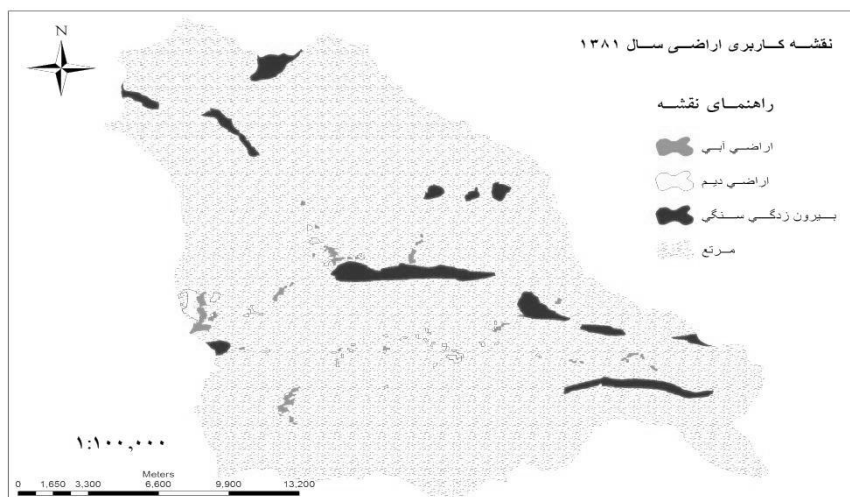
واسنجی مدل شامل مراحل است که با تغییر در

خصوصیات زیرحوضه‌ها و روندیابی سیل به مدل وارد شد. جدول ۲ اطلاعات اولیه ورودی به مدل را نشان می‌دهد.

HMS، در مرحله اول باید اطلاعات مورد نیاز مدل به آن وارد شود. با انتخاب تعدادی واقعه سیلابی، اطلاعات بارندگی و دبی سیل، و همچنین اطلاعات



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۶ در حوضه مورد مطالعه



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۱ در حوضه مورد مطالعه

جدول ۱. مساحت و درصد انواع کاربری‌ها در مقطع زمانی مورد مطالعه در حوزه آبخیز طالقان

دوره کاربری	سال ۱۳۶۶		سال ۱۳۸۱		تغییرات در مقطع زمانی ۱۳۶۶-۱۳۸۱	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	وضعیت	هکتار
اراضی آبی	۲۱۹۳,۶۶	۲,۷۳	۱۶۵۱,۱۶	۲,۰۵	کاهش	۵۴۲,۵۰
اراضی دیم	۸۱۰۸,۹۴	۱۰,۰۷	۳۶۶۹,۵۶	۴,۵۶	کاهش	۴۴۳۹,۳۸
مرتع	۶۷۰۱۴,۲۲	۸۳,۲۴	۷۱۹۲۸,۵	۸۹,۳۷	افزایش	۴۹۱۴,۲۸
توده سنگی	۳۱۹۳,۸۸	۳,۹۶	۳۲۳۹,۰	۴,۰۲	افزایش	۴۵,۱۲

جدول ۲. داده‌های ورودی به مدل HEC- HMS

زیرحوضه	مساحت (Km ²)	زمان تأخیر (Min)	درصد اراضی نفوذناپذیر
گراب	۵۶,۶۰	۲۷,۷۲	۴,۹
گنه ده	۲۴,۸۷	۱۵,۱۲	۰,۱۴
جوستان	۶۵,۰۴	۳۰,۹۶	۲
خوچیره	۳۰,۴۳	۱۷,۲۸	۰
لمباران	۷۴,۲۹	۲۸,۰۸	۰
مهران	۱۰۱,۱۳	۳۵,۲۸	۱,۴۳
ناریان	۶۱,۱۲	۲۵,۹۲	۶,۷
نسابلالا	۳۶,۹۹	۱۷,۲۸	۲,۰۲
دهدر	۴۷,۷۸	۲۰,۵۲	۵,۲۶

شماره منحنی برای دو سال - ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱ - تهیه

شماره منحنی

شد. نتایج آن در جدول ۳ می‌آید.

با توجه به اجرای مدل در دو سال مختلف، نقشه

جدول ۳. مقدار CNI زیرحوضه‌ها، در دو سال ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱

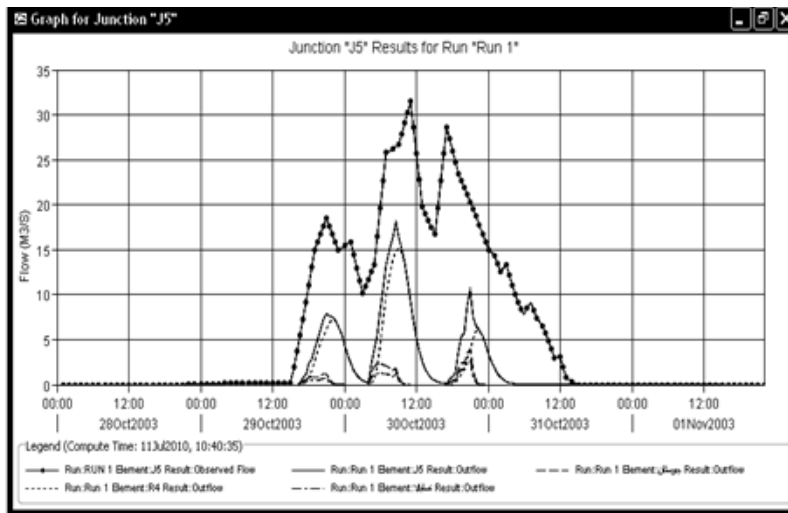
زیرحوضه	CN سال ۱۳۶۶	CN سال ۱۳۸۱
گراب	۵۲,۱۴	۴۵,۵۹
گنه ده	۵۸,۸۸	۵۲,۲۲
جوستان	۵۸,۷۶	۵۸,۱۸
خوچیره	۵۴,۵۳	۴۹,۱۲
لمباران	۵۸,۷۵	۵۲,۸۲
مهران	۶۵,۹۲	۵۴,۶
ناریان	۵۸,۰۷	۵۶,۱
نسابلالا	۵۹,۹۳	۵۸,۹۸
دهدر	۵۲,۱۴	۴۸,۶۸

پارامترهای روندیابی سیل در رودخانه
 ماسکینگام استفاده شد. مقدار ضرائب X و K در
 جدول ۴ برای چهار بازه موجود می‌آید.

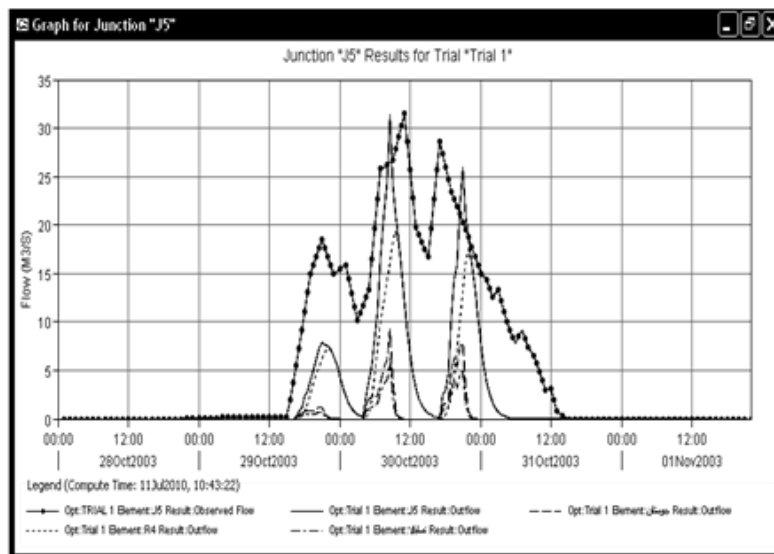
پارامترهای روندیابی سیل در رودخانه
 ماسکینگام استفاده شد. مقدار ضرائب X و K در
 جدول ۴ برای چهار بازه موجود می‌آید.

جدول ۴. مقادیر K و X در محل بازه‌های حوزه آبخیز مورد مطالعه

بازه‌ها	X	K
R1	۰٫۲	۰٫۴
R2	۰٫۲	۰٫۶۴
R3	۰٫۲	۱٫۴
R4	۰٫۲	۰٫۹



شکل ۵. هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، قبل از واسنجی



شکل ۶. هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، بعد از واسنجی

نتایج واسنجی مدل

نتایج آنالیز حساسیت مدل نشان‌دهنده حساسیت بیشتر مدل به پارامتر تلفات اولیه، نسبت به سایر پارامترها، بود. بنابراین، واسنجی مدل بر مقادیر تلفات اولیه حوضه متمرکز بود. شکل‌های ۵ و ۶ هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده مدل را قبل و بعد از واسنجی برای واقعه ۱۳۸۲/۸/۷، به عنوان مثال، نشان می‌دهد.

نتایج اعتبارسنجی مدل HEC- HMS

به منظور ارزیابی عملکرد مدل و تعیین میزان خطای آن در تخمین میزان رواناب خروجی حوضه، مدل با دو واقعه اعتبارسنجی شد. نتایج اعتبارسنجی، ضمن تأیید صحت واسنجی به‌عمل آمده، نشان داد که متوسط اختلاف در دبی اوج ۲۲/۴ درصد بوده است.

نتایج اجرای مدل HEC- HMS در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱

برای بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی در دوره پانزده‌ساله مورد مطالعه بر خصوصیات سیل در منطقه، با استفاده از مدل، بارش‌های مشاهده‌ای که در دوره جدید (سال ۱۳۸۱) سیلاب ایجاد کرده‌اند در دوره قدیم (سال ۱۳۶۶) نیز عیناً اجرا شد. بدین ترتیب، امکان مقایسه دبی اوج سیل ایجادشده در شرایط کاربری اراضی سال ۱۳۶۶ با دبی اوج ایجادشده در شرایط کاربری اراضی سال ۱۳۸۱، در شرایطی که هر دو ناشی از بارندگی یکسان‌اند، فراهم شد. نتایج این مقایسه، به تفکیک ۸ واقعه مورد بررسی، در جدول ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵. نتایج اجرای مدل در شرایط دو دوره جدید و قدیم

واقع‌های سیل	دبی اوج [متر مکعب بر ثانیه]		حجم [هزار متر مکعب]		زمان پایه [ساعت]	
	سال ۱۳۸۱	سال ۱۳۶۶	سال ۱۳۸۱	سال ۱۳۶۶	سال ۱۳۸۱	سال ۱۳۶۶
واقعه ۱	۲۸٫۷	۵۴٫۶	۷۸۲٫۱	۱۶۸۹٫۸	۱۹٫۲۳	۱۹٫۲۳
واقعه ۲	۳۱٫۴	۴۱٫۹	۹۴۱٫۵	۱۰۵۹٫۲	۳۷	۳۷
واقعه ۳	۲۱٫۵	۴۰٫۴	۱۰۴۳٫۵	۱۵۷۷٫۷	۳۰	۳۰
واقعه ۴	۹	۹	۳۲۳٫۴	۳۲۳٫۴	۲۰٫۵	۲۰٫۵
واقعه ۵	۷٫۲	۷٫۲	۱۱۸٫۸	۱۱۸٫۸	۱۲	۱۲
واقعه ۶	۱۰٫۸	۱۰٫۸	۳۰۰٫۸	۳۰۰٫۸	۱۸	۱۸
واقعه ۷	۱۲٫۸	۱۲٫۸	۲۴۵٫۳	۲۴۵٫۳	۱۶٫۵	۱۶٫۵
واقعه ۸	۱۴٫۳	۱۵٫۹	۴۳۷٫۷	۷۴۸۶٫۹	۱۹٫۴۵	۱۹٫۴۵

بیشترین حساسیت به تلفات اولیه بود، بنابراین، واسنجی مدل بر اساس این پارامتر انجام گرفت. این مسئله با نتایج به‌دست‌آمده شماری از محققان مطابقت دارد [۲۶؛ ۱۲]. آن‌ها نیز در پژوهش خود پارامتر تلفات اولیه را حساس‌ترین پارامتر یافتند و واسنجی مدل را بر مبنای آن پارامتر انجام دادند. اما نتایج به‌دست‌آمده

بحث و نتیجه‌گیری

کارایی مدل HEC- HMS

در تحقیق حاضر مدل HEC- HMS، با استفاده از سه پارامتر - شماره منحنی، تلفات اولیه، و زمان تأخیر - آنالیز حساسیت شد؛ نتایج نشان‌دهنده آن است که

میزان تلفات اولیه منجر می‌شود. متوسط وزنی CN کل حوضه مورد مطالعه در سال ۱۳۶۶، ۶۶/۹۱۲ و متوسط وزنی CN در سال ۱۳۸۱، ۵۳/۰۸۵ است.

مقایسه نتایج اجرای مدل در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱

ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دبی اوج و حجم سیل رودخانه طالقان

تغییر کاربری اراضی در منطقه بیشترین تأثیر را در دبی اوج سیل داشت. نتایج اجرای مدل برای بارش‌های مشاهداتی در شرایط قدیم و جدید نشان می‌دهد که، در همه وقایع مورد مطالعه، دبی اوج و همچنین حجم سیل در سال ۱۳۶۶ بیشتر از سال ۱۳۸۱ بوده است. به طور کلی، کاهش چشمگیر دبی اوج سیل و حجم سیل در طول زمان مشاهده شد؛ به طوری که درصد تغییرات دبی اوج سیل سال ۱۳۸۱، نسبت به سال ۱۳۶۶، در وقایع مورد مطالعه، از صفر تا ۴۷/۴۴- متغیر بوده است. همچنین، درصد تغییرات حجم سیل سال ۱۳۸۱، نسبت به ۱۳۶۶، از صفر تا ۵۳/۷۲- متغیر بوده است. به طور کلی، میزان دبی اوج سیل رودخانه، طی دوره مورد مطالعه، به طور متوسط به میزان ۱۶/۱۶۷ درصد و حجم سیل رودخانه ۱۳/۶ درصد کاهش یافته است. بنابراین، نتایج به دست آمده بیانگر آن است که تغییرات کاربری اراضی تأثیر بسزایی در حجم و به ویژه دبی اوج سیل داشته است. این موضوع با نتایج به دست آمده تحقیقات پیشین همخوانی دارد [۱۰؛ ۲۴؛ ۲؛ ۱۷؛ ۱۹]. این محققان نیز در نتایج خود بر تأثیر تغییر کاربری اراضی در خصوصیات سیلاب تأکید کرده‌اند.

برخی دیگر از مطالعات بیانگر آن است که پارامتر شماره منحنی حساس‌ترین پارامتر است [۹؛ ۱؛ ۱۴]، بنابراین، آن‌ها واسنجی مدل را بر اساس پارامتر شماره منحنی انجام دادند. این تفاوت می‌تواند از اختلاف در شرایط منطقه مورد مطالعه ناشی باشد.

همان‌طور که ذکر شد، اعتبارسنجی مدل با استفاده از دو واقعه سیلابی صورت گرفت. نتایج اعتبارسنجی مدل مذکور در شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک حوزه آبخیز طالقان دلالت بر متوسط اختلاف ۲۲/۴ درصد در دبی اوج سیل، که مهم‌ترین خصوصیت سیل در این مطالعه است، دارد. بدین ترتیب، اجرای مدل HEC- HMS با قابلیت خوبی در شبیه‌سازی دبی اوج سیل در حوزه آبخیز مورد مطالعه تأیید می‌شود که با یافته‌های تعدادی از تحقیقات، مبنی بر تأیید کارایی مدل مذکور با استفاده از معیار دبی اوج، مطابقت دارد [۱؛ ۱۶؛ ۱۵؛ ۲۵].

تغییرات کاربری اراضی و CN در منطقه

بررسی نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه مربوط به دو سال - ۱۳۸۱ و ۱۳۶۶- نشان‌دهنده تغییرات کاربری رخ داده در منطقه مورد مطالعه در جهت کاهش اراضی کشاورزی آبی و دیم و افزایش اراضی مرتعی است. به طوری که سطح اراضی دیم طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۱ به میزان ۵/۵۱ درصد کاهش یافته است، سطح اراضی با کاربری زراعت آبی در فاصله زمانی مذکور به میزان ۰/۶۸ درصد کاهش و سطح اراضی مرتعی ۶/۱۳ درصد افزایش یافته است.

بنابراین، با تهیه نقشه‌های CN دو سال مذکور، شاهد تغییرات رخ داده در جهت کاهش CN منطقه در سال ۱۳۸۱ نسبت به سال ۱۳۶۶ بودیم که به افزایش

ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر زمان پایه هیدروگراف سیل رودخانه طالقان

نتایج اجرای مدل در شرایط قدیم و جدید نشان می‌دهد که، در همه وقایع مورد مطالعه، زمان پایه برای هر دو دوره یکسان بوده و تغییر کاربری رخ داده در منطقه تأثیری در زمان پایه سیل در وقایع سیل مطالعاتی نداشته است. نتایج به دست آمده از بررسی میزان تأثیر تغییر کاربری اراضی در مشخصات هیدرولوژیک آب‌های سطحی در حوزه باراندوزچای استان آذربایجان غربی نیز بیانگر آن است که تغییر کاربری اراضی در زمان‌های هیدروگراف تأثیر کمی داشته است [۱۲].

مطالعات انجام شده در زمینه بلایای طبیعی نشان داده که سیلاب، چه از نظر فراوانی و چه از نظر میزان خسارات وارده، سهم بسیاری بر عهده دارد [۶]. امروزه، مشخص شده است که حفاظت کامل از خطر سیل، به عنوان هدفی ماندگار، نمی‌تواند مطرح

باشد، بلکه فقط با مدیریت صحیح می‌توان خسارات آن را تعدیل کرد. تخریب جنگل‌ها و مراتع و تجاوز به عرصه‌های منابع طبیعی نتایج فاجعه‌باری، مانند فرسایش چند میلیارد تن خاک در سال، هدررفت میلیاردها متر مکعب آب، خسارت میلیاردها ریالی سیل و خشک‌سالی، و مشکلات اجتماعی، مانند بیکاری، فقر، مهاجرت، و بی‌خانمانی، به دنبال دارد [۸] که نشان‌دهنده ضرورت توجه هر چه بیشتر در مدیریت کاربری اراضی است.

یافته‌های این تحقیق نشان داد که تغییرات کاربری اراضی در حوضه مورد مطالعه در دوره زمانی پانزده‌ساله (۱۳۶۶-۱۳۸۱) به سمت کاهش اراضی زراعی و افزایش مراتع پیش رفته است. این تغییرات موجب کاهش دبی و حجم سیلاب در وقایع سیلابی منطقه مورد نظر شده است. بنابراین، تغییرات کاربری اراضی رخ داده، به لحاظ سیل‌خیزی، مثبت ارزیابی شد.

References

- [1]. Azari, M. (2009). Watershed measures role in changing the flood characteristics of Tarzangh basin, Fifth National Conference on Watershed Management Science and Engineering, p. 137, Gorgan.
- [2]. Camorani, G., Castellarin, A. & Brath, A. (2005). Effects of Land-use Changes on the Hydrologic Response of Reclamation System. *Physics and Chemistry of the Earth* 30 [2005] 561-574.
- [3]. Chen, Y., Xu, Y. & Yi, Y. (2009). Impacts of land use scenarios on storm run off generation in Xitiaoxi basin China, *Journal of Hydrology*, 289[1-4]:1-8.
- [4]. Defries, R. & Eshleman, K.N. (2004). Land use change and hydrologic process: a major focus for the future, *Hydrological Process* 18 (11), 2183-2186.
- [5]. Golkaran, F. (2006). Study of land use changes effect on water quantity and quality (Case study: Taleghan watershed) Watershed management MSc thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University.
- [6]. Green, C.H., Parker, D.J. & Tunstall, S.M. (2000). Assessment of flood control and management options, *Flood Hazard Center*, 124p.
- [7]. Hec (2000). *Hydrologic Modeling System: Application Guide us army crops of engineers hydrologic engineering center*. Davis. C. A., 116p.
- [8]. Kalhour, M. (2007). Technical and economical evaluation of watershed projects in Kan subabsin, Jajroud watershed. MSc thesis, Faculty of Natural Resources of Tehran University, Karaj, p.120.

- [9]. Karimizadeh, K. (2009). Technical assessment of watershed management measures effects on flood (case study: Sira- Kalvan watershed), Watershed Management MSc thesis, p. 104.
- [10]. Khalighi sigaroodi, Sh & Sh. Ebrahimi (2010). Effects of land use change on surface water regime (Case study Orumieh lake of Iran), Journal of Procedia Environmental Sciences, 2: 256-261.
- [11]. Khalighi Sigaroodi, Sh., Zinati, T., Salajegheh, A., Kohandel, A. & Mortezaei, Gh. (2009). Simulation of rainfall - runoff distribution method in the sub basins with low statistics [case study: Latian watershed], Fifth National Conference on Watershed Management Science and Engineering, p. 20, Gorgan.
- [12]. Khalighi Sigaroodi, Sh. (2004). Study of land use change effects on hydrological characteristics, PhD thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University.
- [13]. Khosravi, M. (2008). Flood Forecasting Using Artificial Neural Network and Empirical Equations, Watershed management MSc thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University.
- [14]. Khosro Shahi, M. (2001). Role of sub basins in the severity of the flood production [Case study: Damavand Watershed], Tarbiat Modarres University, Faculty of Humanities, Geography PhD thesis, p. 177.
- [15]. Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K. & Maidment, D.R. (2005). Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS\RAS: A Case Study for the Scan Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event, Journal of Environment Management, 75: 325-336.
- [16]. Li, K.Y., Coe, M.T., Ramankutty, N.R. & De Jong, R. (2007). Modeling the hydrological impact of land use change in West Africa. Journal of Hydrol, 337: 257-268.
- [17]. Lin, p.Y., Verburg, P.H., Change, C., Chen, H. & Chen, M. (2009). Landscape and Urbane Planning 92: 242-254.
- [18]. Markar, M.S., Kwan, R.T.F., Conroy, A.L., Mingxin, L., Jing, Z. & Lina, A. (2002). Evaluation of five hydrologic models for Real-Time flood forecasting use in the Yangtze river catchment, Flood Defence 2002, Wu et al., [eds] science Press, New York, Ltd, ISBN 7-03-008310-5.
- [19]. Niehoff, D., Fritsch, U. & Bronstert, A. (2002). Land use Impacts on storm-runoff generation: Scenarios of land use change simulation of hydrological response in meso-scale catchment in Sw-Germany, Journal of Hydrology 267: 80-93.
- [20]. Potter, K.W. (1991). Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate sized agricultural catchments, Water Resources Research 27, 845-855.
- [21]. Radwan, A. (1999). Flood analysis and mitigation for area in Jordan, Journal of Water Resources and Management, 125(3): 170-177.
- [22]. Riebsame, W.E., Meyer, W.E. & Turner, B.L. (1994). Modeling land use and cover as part of global environment change. Climate Change 28, pp. 45-64.
- [23]. Roghani, M., Mahdavi, M. & Ghafouri, A. (2003). Introduction of a method in recognition of effective places in peak flood levels for planning control and reduce flood damage in the watersheds of the country, case study: Rudak basin, Journal of Research and Construction.
- [24]. Saghafian, B., Frazjou, H., Sepehri, A. & Najafinejad, A. (2006). Effect of land use changes on floods in Golestan dam drainage basin, Water Resources Research Journal, p. 18.
- [25]. Shaghahi Fallah, R. (2001). Simulated maximum flood discharge in the lateral river branches of Mohammad Abad basin [Golestan], using HEC- HMS model, Watershed Management MSc thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, p. 175.
- [26]. Solaimani, K., Bashir Gonbad, M., Mosavi, S.R. & Khalighi Sygarvdy, Sh. (2008). Production potential of flooding in the basins using HEC- HMS model in GIS environment [case study: Kesilian basin], Natural Geographic reasearches, pp.51- 60.

- [27]. Soleimani Sardoo, F. (2009). Priority of effective regions on flood peak by using of RS & GIS Techniques and HEC- HMS model at Halilrud, Isfahan University of Technology, Faculty of Natural Resources, p. 130.
- [28]. Suwanwerakamtorn, R. (1994). GIS and hydrologic modeling for management of watersheds, ITC, 343p.
- [29]. Telvari, A. (2006). Hydrologic models in simple language, issuance of Forest and range research institution.
- [30]. Vorosmarty, C.J., Green, P., Salsibury, J. & Lammers, R. (2000). Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289 (5744), 284-288.
- [31]. Wang, G.X., Liu, J.Q., Kubota, J.P. & Chen, L. (2007). Effects of land use changes on hydrological processes in the middle basin of the Heihe River, Northwest China, *Hydrological Processes* 21, (1010), 1370-1382.