شبیه‌سازی اثرات عملیات اصلاحی و احیایی مراتع بر مؤلفه‌های رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز میخوران، استان کرمانشاه)

سمیرا پروینی، زینب جعفریان* و عطاله کاویان[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۴)

چکیده

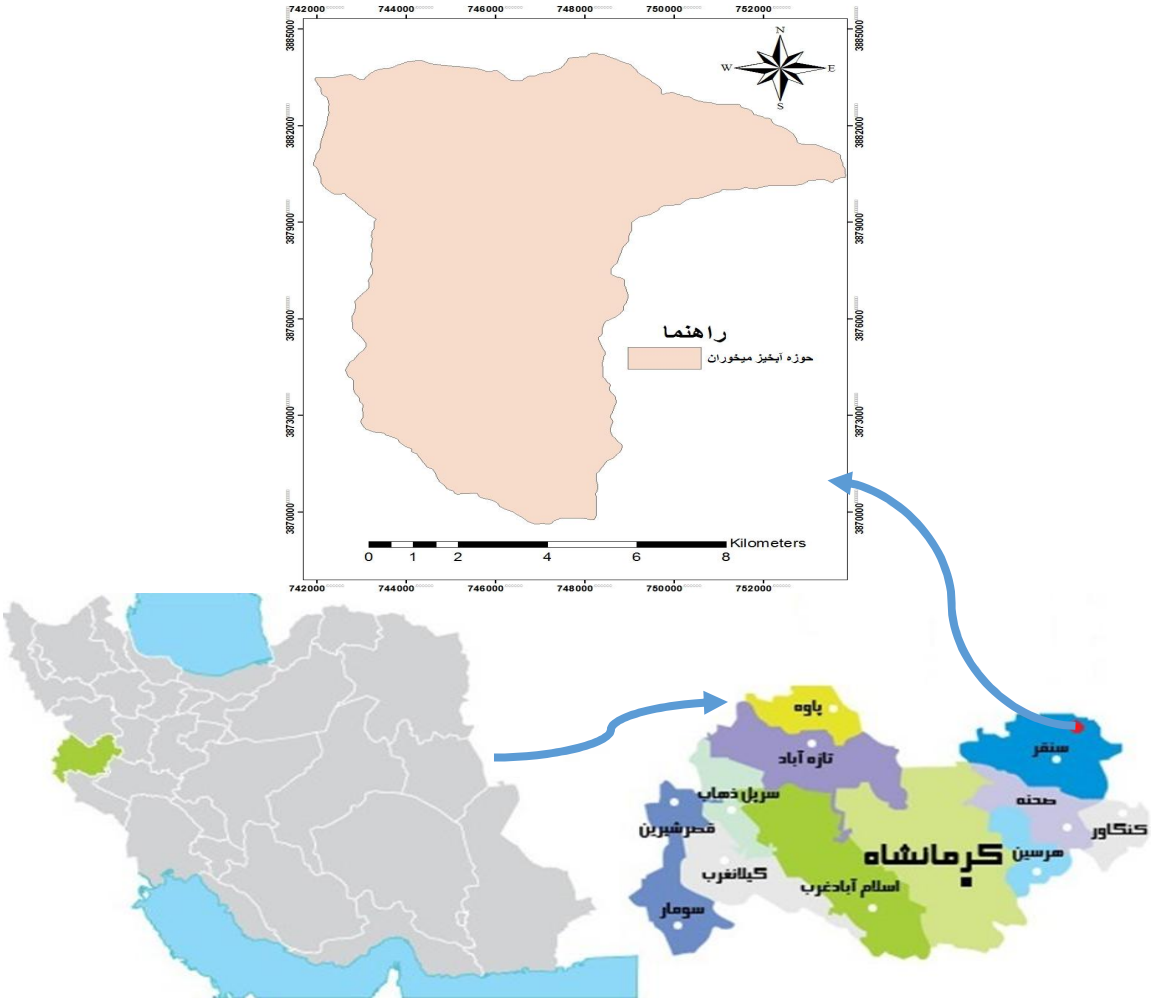
با توجه به نبود تجهیزات لازم برای اندازه‌گیری و ثبت تغییرات ایجاد شده در وضعیت رواناب و سیلاب حوضه‌های آبخیز پس از اجرای عملیات اصلاحی، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک به‌منظور ارزیابی اقدامات انجام شده و شبیه‌سازی رفتار آبخیز در قبل و بعد از اجرای این اقدامات، ابزاری کارامد است. تحقیق حاضر با هدف شبیه‌سازی اثرات عملیات اصلاحی در قالب طرح مرتع و آبخیزداری انجام شده در سال ۱۳۸۵ و نقشه پیش‌بینی عملیات قابل اجرا در منطقه بر مؤلفه‌های رواناب با استفاده از مدل هیدرولوژیک HEC- HMS، در حوضه آبخیز میخوران، واقع در استان کرمانشاه انجام شد. برای این منظور سه سناریو شامل شرایط پیش از اجرای طرح مرتع و آبخیزداری در بهار ۱۳۸۵، شرایط پس از اجرای طرح و عملیات اجرایی منتج از نقشه مکان‌یابی پیشنهادی، در نظر گرفته شد. ابتدا نقشه تغییرات شماره منحنی تحت هر سه سناریو که ناشی از تغییر پوشش گیاهی است، تهیه شد و با اجرای مدل HEC-HMS، معیارهای شماره منحنی، دبی اوج و حجم سیلاب، برای ارزیابی تغییرات وضعیت هیدرولوژیک حوضه تعیین شدند و مقادیر آنها برای هر سه سناریو محاسبه و مقایسه شد. نتایج نشان داد که مدل HEC- HMS برای دوره پایه (سناریو اول) با ضریب نش- ساتکلیف ۰/۵۵۱ و ضریب تبیین ۰/۶۳ از دقت قابل قبولی در پیش‌بینی رواناب برخوردار است. ضریب نش- ساتکلیف برای سناریوهای دوم و سوم نیز به‌ترتیب ۰/۷۶۶ و ۰/۷۷۷ به‌دست آمد، همچنین نتایج نشان داد، پس از اجرای طرح‌های انجام شده (سناریوی دوم)، مقدار دبی اوج و حجم رواناب به‌ترتیب ۸/۸۵ و ۷/۷۴ درصد کاهش داشته و این مقادیر برای عملیات پیشنهادی به‌ترتیب ۱۲/۸۴ و ۶/۳۳ درصد براورد می‌شود. نتایج این تحقیق مؤید تأثیر قابل توجه اجرای طرح‌های مرتعداری و آبخیزداری (سناریوی سوم) براساس مدل مکان‌یابی بر کاهش مؤلفه‌های تاثیرگذار رواناب به‌ویژه دبی اوج سیلاب است.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبخیز میخوران، طرح مرتع و آبخیزداری، مکان‌یابی، مدل بارش – رواناب، HEC- HMS

۱. گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: z.jafarian@sanru.ac.ir

مقدمه

از آنجا که پوشش گیاهی عاملی اصلی حفاظت آب و خاک محسوب می‌شود، به‌دلیل تخریب آن، انجام عملیات احیای پوشش گیاهی به‌صورت تلفیقی از روش‌های بیولوژیکی و مکانیکی ضروری است. از طرفی یکی دیگر از مسائل مهم و اساسی در مدیریت حوضه‌های آبخیز و کنترل سیلاب‌ها که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، درک اثرات متقابل و متفاوتی است که انجام عملیات اصلاحی و احیایی روی پاسخ حوضه نسبت به بارش دارد که با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک چون HEC-HMS قابل بررسی است (۲۹). بسیاری از عملیات انجام شده در حوضه‌ها، ممکن است به‌درستی مکان‌یابی نشده باشند و لذا نیاز به مکان‌یابی مجدد آنها و پیش‌بینی اثرات انجام آنها در مکان‌های صحیح بر افزایش پوشش گیاهی و به تبع آن مؤلفه‌های مختلف رواناب نیز ضروری به‌نظر می‌رسد. در این زمینه در مطالعه‌ای میلر و همکاران (۲۶) با تلفیق مدل هیدرولوژی HEC- HMS و سیستم اطلاعات جغرافیایی اثر تغییرات ناشی از تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی را بر عکس‌العمل هیدرولوژیک دو حوضه آبخیز در ایالات متحده آمریکا مورد مطالعه قرار دادند. روند تغییرات رواناب در مدل HEC- HMS براساس روش شماره منحنی نشان داد که در حوضه سن پدرو به‌علت کاهش سطح جنگل‌ها و افزایش اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی رواناب، متوسط سالانه افزایش یافته است (۲۶). در پژوهشی دیگر مبنی بر اثر احیای پوشش گیاهی بر فرسایش خاک و تلفات آب در جنوب شرقی چین، این نتیجه حاصل شد که احیای جنگل باعث کاهش رواناب سطحی و فرسایش خاک می‌شود. شدت فرسایش برروی زمین‌های لخت به‌شدت افزایش یافته، رواناب سالانه از ۳۰۳ تا ۱۰۵۶ میلی‌متر و از هدررفت خاک سالانه در کل از ۵۳ تا ۲۵۶ تن در هکتار متفاوت بوده است. پس از احیای جنگل‌ها، فرسایش خاک به‌طور چشمگیری کاهش یافت و به ۲ تا ۴۳ تن در هکتار رسید (۳۴). در توزیع مجدد رواناب در میان انواع لکه‌های پوشش گیاهی و فرایندهای اکولوژیکی و هیدرولوژیک تأثیرگذار برهم، بیان شد ارتباط شدیدی بین ذخیره آبی و پویایی پوشش گیاهی در مراتع وجود دارد و پوشش مراتع را عامل کنترل رواناب دانستند و بیان کردند پوشش گیاهی قادر است، شدت نفوذ را افزایش و موجب بهبود ذخیره‌سازی رواناب شود و به‌عنوان مانع رواناب عمل کند و موجب کم کردن سرعت جریان آب و کاهش نیروی تخریبی آن شود، به‌علاوه موجب حفاظت سطح زمین از فرسایش پاشمانی حاصل از قطرات آب می‌شود و از سرعت جریان‌های زمینی و همچنین فرسایش و رواناب می‌کاهد (۳۱). در بررسی رابطه پوشش گیاهی و رواناب به‌کمک RS و GIS بیان شد که تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آنالیز داده‌های هیدرولوژیک اندازه‌گیری شده در سطح حوضه و پوشش گیاهی، وسعت ارتباط بین تغییرات پوشش گیاهی و تغییرات رواناب و همچنین قوانین و مکانیسم‌های پوشش گیاهی مؤثر بر رواناب را مطرح می‌کند. طبق نتایج به‌دست آمده ضریب همبستگی شاخص پوشش گیاهی با رواناب ۰/۸۱ و انواع پوشش گیاهی با رواناب ۰/۴۳ است (۲۱). طی یک مطالعه با عنوان "آیا تغییرات مدیریت مراتع موجب کاهش رواناب و رسوب می‌شود؟" نتایج ۱۰ ساله (۲۰۰۲–۲۰۱۱) در مراتع باردکین در استرالیا مورد بررسی و نقش مدیریت چرا، شدت چرا، چرخش چرا و استراحت در فصول مرطوب طی مدت ۱۰ سال، مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش، پوشش گیاهی سطح زمین و بیومس بررسی شد. نتایج نشان داد که پوشش گیاهی سطح زمین از ۳۵ درصد به ۸۰ درصد افزایش یافت و گونه‌های بومی و چند ساله ریشه‌دار از ۷ درصد به ۱۵ درصد رسید و مدیریت چرا از طریق افزایش پوشش گیاهی موجب کاهش غلظت رسوب و کاهش ضریب رواناب شد و برای کاهش بیشتر رواناب برروی دامنه‌ها افزایش گیاهان بومی با ساختار ریشه‌ای عمیق توصیه شد (۱۹). به‌طورکلی بررسی‌های انجام شده بیانگر اهمیت پوشش گیاهی و تأثیرگذاری آنها بر شرایط هیدرولوژیک حوضه‌های آبخیز و لزوم حفاظت و احیای این بخش از اکوسیستم‌های طبیعی با استفاده از عملیات بیولوژیکی و مکانیکی است. به‌علاوه مرور تحقیقات انجام شده مبین به‌کارگیری مدل هیدرولوژیک HEC-HMS برای پیش‌بینی



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان و شهرستان

دبی جریان بوده و نوآوری این تحقیق به‌کارگیری این مدل برای پیش‌بینی پاسخ هیدرولوژیک حوضه آبخیز به اجرای پروژه‌های اصلاح و احیای مراتع در مکان‌های جدید در آینده با استفاده از مدل مکان‌یابی است. همچنین نظر به انجام مطالعات جامع و اجرای پروژه‌های متعدد مرتعداری و آبخیزداری در منطقه، ارزیابی اثرات اجرای این پروژه‌ها بر وضعیت هیدرولوژیک مراتع بسیار حائز اهمیت است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر شبیه‌سازی اثرات عملیات اجراشده اصلاح و احیاء مراتع و همچنین پیشنهاد برخی عملیات جدید براساس مدل مکان‌یابی ارائه شده بر پاسخ هیدرولوژیک مراتع میخوران استان کرمانشاه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در حوضه آبخیز میخوران با مساحت ۹۰۹۲/۲۲ هکتار در استان کرمانشاه، شهرستان سنقر که از نظر موقعیت جغرافیایی بین ″۵۶، ′۳۸ و °۴۷ تا ″۰۲، ′۴۷ و °۴۷ طول شرقی و ″۲۵، ′۵۶ و °۳۴ تا ″۰۹، ′۰۴ و °۳۵ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱)، انجام شد. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۲۶۳ متر و حداقل ارتفاع در خروجی حوضه برابر ۱۸۳۸ متر از سطح دریا است. از نظر هیدرولوژیک حوضه مطالعاتی میخوران یکی از سرشاخه‌های رودخانه گاوه رود از زیرحوضه‌های

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد استفاده

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	سال تأسیس
باوله	۴۷° – ۴۳′	۵۳° – ۳۴′	۱۸۴۰	۱۳۶۸
قمام	۴۷° – ۳۴′	۵۴° – ۳۴′	۱۷۹۲	۱۳۸۱

حوضه مرزی غرب کشور است. این حوضه در زاگرس قرار گرفته و در گذشته انواع درختان و درختچه‌های خودرو از جمله خانواده‌ی *Rosaceae* در آن رشد و نمو داشته‌اند، اما در حال حاضر تقریباً عاری از پوشش درختی خودرو بوده و به‌ندرت گونه‌هایی از آنها به‌دلیل استفاده‌های بی‌رویه، قطع اشجار به‌عنوان مواد سوختنی و چرای مفرط، در عرصه یافت می‌شود. بخش عمده اراضی را کاربری مرتعی با وضعیت فقیر و گرایش منفی به خود اختصاص می‌دهد. اقلیم منطقه مطالعاتی با سیستم دمارتن نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای است. براساس توزیع جغرافیایی بارندگی‌های سالانه حوضه آبخیز میخوران، کم‌باران‌ترین قسمت حوضه در خروجی حوضه قرار گرفته و متقابلاً پر باران‌ترین قسمت ارتفاعات حوضه هستند که مقدار ریزش سالانه در آنها به ۶۰۰/۵ میلی‌متر می‌رسد. متوسط بارندگی سالانه در حوضه ۴۲۴/۳ میلی‌متر است (۱۵).

روش تحقیق

شبیه‌سازی رواناب با مدل نرم‌افزاری HEC-HMS

برای شبیه‌سازی از داده‌های بارندگی روزانه برحسب میلی‌متر در بازه زمانی ۲۳ سپتامبر ۱۹۸۹ تا ۱۶ مارس ۲۰۱۳ (۱ مهر ۱۳۷۷ تا ۲۶ اسفند ۱۳۹۱) استفاده شد. از آنجا که مدل HEC- HMS برای حوضه‌های فاقد آمار قابل استفاده و تأیید شده است و از طرفی به‌علت نبود اطلاعات کافی از ایستگاه هیدرومتری خروجی حوضه مطالعاتی، با استناد بر روش به‌کار برده شده در طرح مرتع و آبخیز اجرا شده در منطقه در سال ۱۳۸۵ و به‌علت نزدیکی شرایط فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه مطالعاتی و حوضه‌های مجاور، دبی خروجی حوضه از رابطه دبی- سطح با استفاده از دو ایستگاه هیدرومتری باوله و قمام (جدول ۱) محاسبه شد (۵).

شبیه‌سازی حوضه آبخیز در مدل HEC –HMS توسط چهار مؤلفه اصلی به نام‌های مدل حوضه، مدل هواشناسی، مشخصه‌های کنترل و تخمین پارامترها انجام گرفت. مدل حوضه شامل پارامترها و داده‌های مرتبط با عناصر هیدرولوژیک (زیرحوضه‌ها، بازه‌های روندیابی، محل اتصال آبراهه‌ها، مخازن، چشمه‌ها یا منبع، چاه و محل انحراف آب) است که جهت شبیه‌سازی حوضه آبخیز به‌کار می‌روند. در ادامه به‌منظور تهیه مدل ابتدایی و ورودی به نرم‌افزار اصلی HEC- HMS از دو الحاقی Arc- Hydro و HEC- Geo- HMS استفاده شد. از Arc Hydro جهت شبیه‌سازی مدل‌های هیدرولوژیک و هیدرودینامیک استفاده شد. برای این منظور از مدل رقومی ارتفاع به‌عنوان تنها پارامتر ورودی جهت استخراج پارامترهای حوضه و شبکه زهکشی استفاده می‌کند. خروجی این نرم‌افزار به‌عنوان ورودی نرم افزار HEC GEO HMS مورد استفاده قرار گرفت (۸).در الحاقیه HEC- GEO- HMS با استفاده از نقشه تجمع جریان، آبراهه‌های منطقه ایجاد شده و به‌ازای هر آبراهه، یک زیرحوضه به‌صورت خودکار در محیط نرم‌افزار ایجاد شد و با توجه به نظر کارشناسی هیدرولوژیک و در نظر گرفتن ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوضه، زیرحوضه‌ها ادغام شد و سه زیر حوضه اصلی برای حوضه آبخیز میخوران در نظر گرفته شد و سپس المان‌های هیدرولوژیک حوضه مشخص شد. نتایج این دو الحاقی در جدول (۲) نشان داده شده است. پس از محاسبه پارامترهای فوق و تهیه مدل ارسالی از HEC- Geo- HMS به HEC-HMS، پروژه نهایی HEC- HMS که شامل مدل حوضه، مدل آب‌وهوایی و شاخص کنترل است، تهیه شد. تعیین روش‌های مورد استفاده در مدل‌های حوضه، هواشناسی و کنترل در نرم‌افراز HEC- HMS وجود دارد.

جدول ۲. خصوصیات زیرحوضه‌های حوضه آبخیز میخوران

زیرحوضه / پارامتر	۱	۲	۳
مساحت (کیلومتر مربع)	۲۹/۲۲۷	۱۵/۴۵	۴۶/۱۲۸
طولانی‌ترین آبراهه (متر)	۱۰۰۶۸/۰۹۵	۶۷۱۷/۴۸	۱۳۰۲۷/۸۵
شیب آبراهه (درصد)	۰/۲۱۷	۰/۲۳	۰/۱۲۵
شیب حوضه (درصد)	۴/۰۱	۳/۴۴	۳/۱۴
درصد نفوذ ناپذیری	۸/۶۱	۱۰/۱۲	۶/۶
بیشترین ارتفاع (متر)	۳۲۱۸/۸۲	۲۶۳۹/۹۸	۲۴۶۰/۹۱
کمترین ارتفاع (متر)	۱۰۳۴	۱۰۳۶	۸۳۰

در مدل حوضه از روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک امریکا برای محاسبه تلفات آب استفاده شد که برای براورد رواناب در حوضه‌های فاقد ایستگاه اندازه‌گیری جریان کاربرد دارد (۱، ۳، ۱۸، ۲۳ و ۲۶). در این تحقیق از میان هشت روش موجود برای شبیه‌سازی فرایند تبدیل بارش مازاد به جریان سطحی در حوضه، از مدل هیدروگراف واحد SCS استفاده شد. روش SCS میزان بارش مازاد را به‌عنوان تابعی از بارش تجمعی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و رطوبت قبلی خاک حوضه محاسبه می‌کند (۶، ۱۰ و ۲۰). تنها پارامتر مورد نیاز در روش هیدروگراف واحد SCS، زمان تأخیر زیرحوضه‌ها است که با استفاده از زمان تمرکز قابل محاسبه است. در مطالعه حاضر از روش شواب برای محاسبه زمان تمرکز استفاده شد (رابطه ۱).

$$tlag = \frac{L^{0.8}\left(S+1\right)^{0.7}}{1900\left(y\right)^{0.5}} \qquad [1]$$

در این رابطه Tlag، زمان تأخیر حوضه (به ساعت)، L طول رودخانه اصلی (به فوت)، y شیب متوسط حوضه (به درصد) و S نمایه نگهداشت آب در سطح حوضه است که از رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad [2]$$

مقدار S محاسبه‌شده از فرمول بالا برحسب اینچ است و CN شماره منحنی مربوط به سطح حوضه است (۲).

تحلیل داده‌های هواشناسی توسط مدل هواشناسی که از سه جزء بارندگی، تبخیر و تعرق و ذوب برف تشکیل می‌شود، صورت گرفت (۶ و ۱۷). برای بررسی تأثیرات مکانی بارش در پاسخ هیدرولوژی حوضه، از بین هفت روش موجود در مدل HEC- HMS از روش هیتوگراف بارش استفاده شد. کنترل محدوده زمانی شبیه‌سازی توسط مؤلفه کنترل انجام می‌پذیرد. این مؤلفه شامل تاریخ و ساعت شروع و پایان تحلیل و گام‌های زمانی محاسبات است (۶، ۸، ۱۳ و ۲۷) تاریخ‌های ورودی برحسب سال میلادی هستند.

واسنجی و ارزیابی مدل HEC-HMS

برای واسنجی مدل پس از ورود مدل حوضه در نرم‌افزار HEC-HMS و اجرای مدل از روش داده‌های پیوسته از تاریخ ۲۳ سپتامبر ۱۹۹۸ تا ۲۲ سپتامبر ۲۰۰۴ استفاده شد. همچنین آنالیز حساسیت با افزایش و کاهش ۱۵ درصدی شماره منحنی در خروجی حوضه انجام گرفت (۱۲ و ۱۷). در این تحقیق تابع هدف استفاده شده نسبت به شماره منحنی، حساسیت بیشتری نشان داد. اعتباریابی از طریق مقایسه خروجی‌های شبیه‌سازی مدل، بدون تغییر پارامترهای حاصل از واسنجی، با مقادیر مشاهداتی که در مرحله واسنجی استفاده نشده است، صورت پذیرفت. برای این منظور از داده‌های بارش و دبی در بازه زمانی ۲۲ سپتامبر ۲۰۰۴ تا ۲۱ مارس ۲۰۰۶ استفاده شد. برای اعتباریابی از روش تفکیک نمونه‌ها به‌صورت ساده استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری بهترین برازش بین هیدروگراف مشاهده شده و محاسبه‌شده، پنج تابع هدف در مدل HEC- HMS وجود دارد که از تابع هدف تابع انحراف معیار وزنی دبی اوج استفاده شد. جهت کمینه کردن مقدار تابع هدف و یافتن مقادیر بهینه پارامترها از روش‌هایی که به روش‌های جستجو معروف هستند، استفاده می‌شود. در این تحقیق از روش نلدر و مید که در آن تمامی پارمترها به‌طور هم‌زمان ارزیابی و تصحیح می‌شوند به‌کار برده شد (۲۶). فرایند جستجو در این روش طولانی است ولی برازش بهینه بهتری را تولید می‌کند. برای ارزیابی کارایی مدل از معیارهای MAE و NSE و ضریب همبستگی R استفاده شد (روابط ۳ و ۴ و ۵) (۵).

$$MAE = \frac{\sum |X_{\circ} - X_S|}{N} \qquad [۳]$$

$$NSE = \left[۱ - \frac{\sum (X_{\circ} - X_S)^۲}{\sum (X_{\circ} - \overline{X_{\circ}})^۲} \right] \qquad [۴]$$

که در این روابط X_O: داده‌های مشاهداتی، X_S: داده‌های شبیه‌سازی شده، X: میانگین داده‌های مشاهداتی، N: تعداد داده‌ها است (۵).

$$R = \sqrt{ ۱ - \frac{\sum_{i=۱}^{n} (O_I - P_I)}{\sum_{i=۱}^{n} (O_i - \bar{O})} } \qquad [۵]$$

که در این رابطه Oi و Pi به‌ترتیب مقادیر مربوط به داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، O: میانگین داده‌های مشاهداتی و n: تعداد داده است. مقدار ضریب کارایی (ضریب ناش) بین یک و صفر است.

تعیین اثر تغییر پوشش گیاهی بر مؤلفه‌های رواناب

برای این منظور سه سناریو تعریف و با توجه به گروه‌های هیدرولوژیک خاک و پوشش اراضی برای هر سناریو، نقشه شماره منحنی تهیه شد. سپس شماره منحنی متوسط وزنی در هر زیر حوضه محاسبه و به مدل معرفی شد. خروجی‌های حاصل از سه سناریوی فوق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت تا تغییرات مؤلفه‌های رواناب بررسی شود.

سناریوی اول: شرایط قبل از اجرای طرح انجام شده در منطقه از ۱ مهر ۱۳۷۷ تا ۱ مهر ۱۳۸۳ (۲۳ سپتامبر ۱۹۹۸ تا ۲۲ سپتامبر ۲۰۰۴) که در این مورد اجرای شبیه‌سازی و آنالیز حساسیت و صحت‌سنجی و تأیید مدل شبیه‌سازی شده در بازه زمانی ۱ مهر ۱۳۸۳ تا ۱ فروردین ۱۳۸۵ (۲۲ سپتامبر ۲۰۰۴ تا ۲۱ مارس ۲۰۰۶) انجام شد. نقشه پوشش اراضی مربوط به این سناریو در شکل (۲) آمده است.

سناریو دوم: بررسی تأثیر طرح مرتعداری و عملیات بیولوژیک اجرا شده در منطقه بر مؤلفه‌های رواناب با توجه به مدل تأیید شده در بازه زمانی ۱ فروردین ۱۳۸۵ تا ۲۶ اسفند ۱۳۹۱ (۱۶ مارس ۲۰۰۶ تا ۲۱ مارس ۲۰۱۳) است. نقشه پوشش اراضی مربوط به این سناریو در شکل (۳) آمده است.

سناریو سوم: بررسی تاثیر عملیات اصلاحی – احیایی پیشنهادی حاصل از مکان‌یابی‌ها در بازه زمانی فوق (شکل (۴)). نقشه پوشش اراضی مربوط به این سناریو که نقشه پیش‌بینی شده است (شکل ۵)، براساس نقشه شماره منحنی و با استفاده از روش مهندسی معکوس تهیه شده است (۱۰).

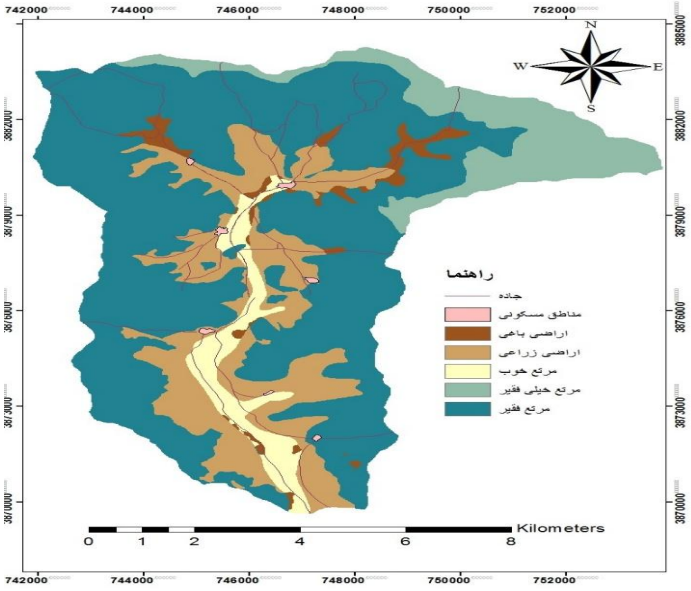
نتایج

نتایج حاصل از دو الحاقی ARC Hydro و HEC-GEO-HMS

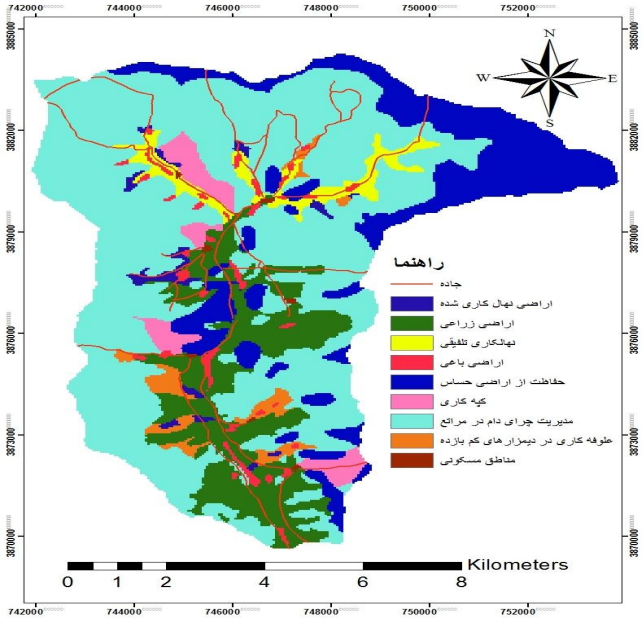
خلاصه خروجی‌های مورد نیاز این دو الحاقی به‌صورت مختصر در جدول (۲) ارائه شده است. جدول (۳) مقادیر CN متوسط وزنی در هریک از زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی تحت سناریوهای مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس آن کمترین مقدار شماره منحنی مربوط به سناریوی عملیات اصلاحی – احیایی پیشنهادی در منطقه است.

گروه‌های هیدرولوژیک خاک

گروه‌های هیدرولوژیک خاک موجود در منطقه شامل A، B، C و D است که بیانگر وضعیت نامطلوب حوضه در تولید رواناب است، زیرا بیشترین مساحت حوضه را گروه هیدرولوژیکD تشکیل می‌دهد که قابلیت نفوذ بسیار آهسته، مقادیر آب‌دوی یا رواناب حاصله بسیار زیاد و مشتمل بر خاک‌هایی با بافت بسیار سنگین توأم با وجود سخت لایه با ساختمان متراکم در طبقات نزدیک به سطح‌الارض است و مساحتی برابر با ۳۲/۶۸۴ کیلومترمربع از سطح حوضه را شامل می‌شود (شکل ۶).



شکل ۲. نقشه پوشش اراضی منطقه مطالعه قبل از اجرای عملیات اصلاحی- احیایی. (رنگی در نسخه الکترونیکی)



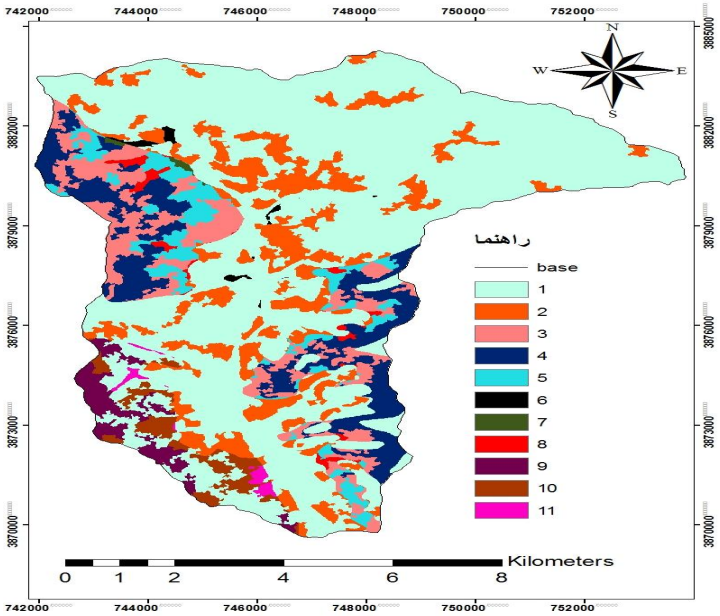
شکل ۳. نقشه پوشش اراضی منطقه بعد از اجرای طرح سال .۱۳۸۵ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

آنالیز حساسیت و بهینه‌یابی

با توجه به تغییر عامل شماره منحنی به مقدار ۱۵ درصد - تا ۱۵+ درصد با فواصل ۵ درصد تغییر و بررسی اثر آن بر دبی اوج خروجی آبخیز، نتایج نشان داد که مدل نسبت به پارامتر شماره منحنی حساس است. لذا کالیبراسیون براساس این پارامتر انجام گرفت و مقدار بهینه پارامتر حساس برای دوره زمانی ۱ فروردین ۱۳۸۵ تا ۲۶ اسفند ۱۳۹۱ به‌دست آمد (جدول ۴).

واسنجی و صحت‌سنجی

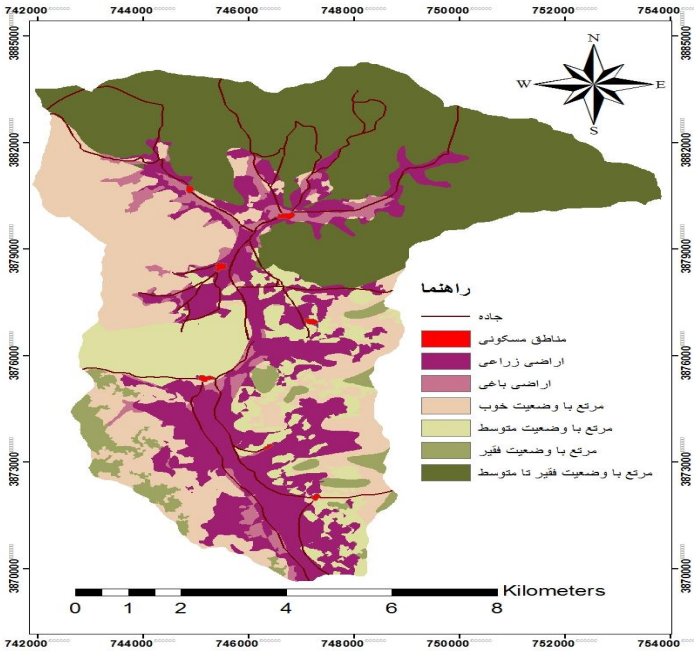
نتایج به‌دست آمده نشان از شبیه‌سازی صحیح در سطح حوضه و بازه زمانی مد نظر دارد (جدول ۵).



شکل ۴. نقشه مکان‌یابی عملیات اصلاحی و احیایی پیش‌بینی شده به‌روش بولین برای منطقه مطالعه شده

(کد ۱: نشان‌دهنده مناطق مناسب برای عملیات قرق، کد ۲: عملیات قرق + تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده به کشت علوفه در مراتع، کد ۳: قرق + کپه‌کاری، کد ۴: قرق + کپه‌کاری + بذرپاشی، کد ۵: قرق + بذرکاری+ تبدیل دیمزارهای کم بازده به کشت علوفه در مراتع، کد ۶: قرق + ریپرزدن، کد ۷: قرق + بذرکاری + ریپرزدن + میان‌کاری نواری + پیتینگ، کد ۸: قرق + بذرکاری + پیتینگ + میان‌کاری نواری، کد ۹: قرق + بذرپاشی، کد ۱۰: قرق + میان‌کاری نواری + تبدیل دیمزارهای کم‌بازده به کشت علوفه در مراتع و کد ۱۱: قرق + میان‌کاری نواری است) (۴).

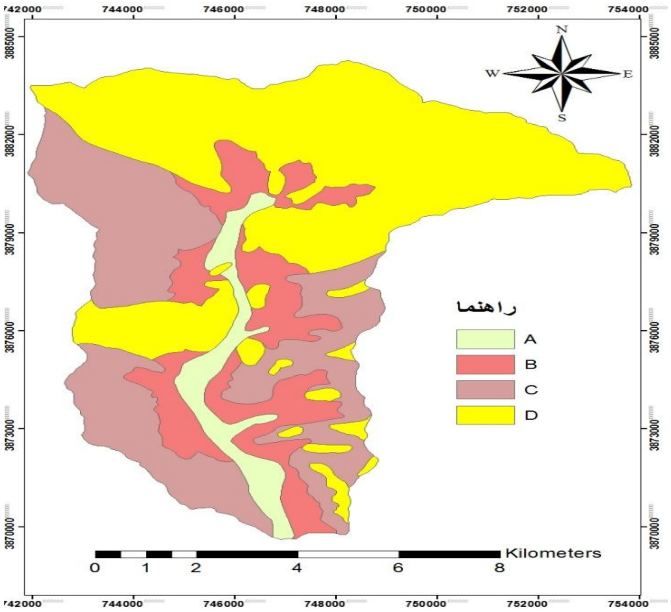
(رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۵. نقشه پوشش اراضی پیش‌بینی شده در حوضه مورد مطالعه با استفاده از CN و روش مهندسی معکوس. (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۳. مقادیر شماره منحنی متوسط در هر زیر حوضه برای سناریوهای مختلف در حوضه آبخیز میخوران

زیر حوضه / سناریو	۱	۲	۳
قبل از اجرای طرح (۱۳۸۳-۱۳۷۷)	۷۴/۵	۶۹/۶۵	۶۱/۵۴
متأثر از عملیات انجام شده (۱۳۹۱-۱۳۸۵)	۷۸/۳۳	۷۳/۲۸	۵۹/۴۷
متأثر از عملیات پیشنهادی (۱۳۹۱-۱۳۸۵)	۶۶/۹۷	۶۱/۷۶	۵۲/۸۳



شکل ۶. نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در حوضه آبخیز میخوران. (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۴. مقدارشماره منحنی بهینه به تفکیک زیرحوضه‌ها

زیرحوضه	CN مشاهداتی	CN بهینه یابی‌شده
زیرحوضه ۱	۵۲/۸۳	۵۰/۷۳۸
زیرحوضه ۲	۶۱/۷۶	۵۶/۹۶۵
زیرحوضه ۳	۶۶/۹۷	۶۲/۲۶۲

نتایج اعتباریابی مدل با استفاده از داده‌های بارش و دبی روزانه نشان داد که با ۸/۳ درصد اختلاف دبی پیک، شبیه‌سازی به‌خوبی صورت پذیرفته است (جدول ۵).

شبیه‌سازی بارش- رواناب تحت سناریوی دوم و سوم

با استخراج شماره منحنی حاصل از طرح اجرا شده در سال ۱۳۸۵ و عملیات اصلاحی - احیایی پیشنهادی، مدل اجرا شد و نتایج در جدول (۶) ارائه شد.

بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از خصوصیات فیزیکی یک حوضه با همراه داشتن اطلاعاتی از شرایط آب‌وهوایی منطقه می‌تواند تصویر نسبتاً

جدول ۵. نتایج مربوط به واسنجی و صحت‌سنجی بارش- رواناب در خروجی حوضه تحت سناریو اول

پارامتر	واسنجی		صحت‌سنجی	
	مشاهداتی	شبیه‌سازی شده	مشاهداتی	شبیه‌سازی شده
دبی پیک (m^3/s)	۱۳/۵	۱۴/۱	۷/۹	۷/۲
حجم (mm)	۲۰۸۴/۷۱	۲۳۶۴/۷۵	۹۰۸/۶۷	۸۳۶/۴۶۷
زمان پیک	۵ آوریل ۲۰۰۲	۵ آوریل ۲۰۰۲	۱۰ مارس ۲۰۰۵	۶ مارس ۲۰۰۵
اختلاف حجم دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی (mm)	۲۸/۰۴		-۷۲/۲۰	
اختلاف دبی پیک مشاهداتی و شبیه‌سازی (m^3/s)	۰/۶		-۰/۷	
درصد اختلاف دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی	۴/۵		-۸/۳	
درصد اختلاف حجم دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی	۱۳/۴۳		-۷/۹۵	
RMS Error	۰/۹		۰/۹	
R	۰/۶۳		۰/۷۱	
Nash-Sutcliffe	۰/۵۵۱		۰/۶۸۷	

جدول ۶. نتایج حاصل از شبیه‌سازی بارش- رواناب با اعمال تغییرات CN

پارامتر	سناریو۲ متأثر از عملیات انجام شده		سناریو ۳ متأثر از عملیات پیشنهادی	
	مشاهداتی	شبیه سازی شده	مشاهداتی	شبیه سازی شده
دبی پیک (m^3/s)	۱۲/۳	۱۱/۳	۱۲/۳	۱۰/۹
حجم (mm)	۴۲۵۰/۱۵	۴۵۷۹/۱۸	۴۲۵۰/۱۵	۴۵۱۹/۰۷
زمان پیک	۷ می ۲۰۰۶	۱۳ می ۲۰۰۶	۷ می ۲۰۰۶	۱۳ می ۲۰۰۶
اختلاف حجم دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی (mm)	۳۲۸/۰۳۵		۳۶۸/۹۲	
اختلاف دبی پیک مشاهداتی و شبیه‌سازی (m^3/s)	-۱		-۱/۴	
درصد اختلاف دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی	-۸		-۱۱/۳	
درصد اختلاف حجم دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی	۷/۷۴		۶/۳۳	
RMS Error	۰/۹		۰/۹	
R	۰/۷۵۵		۰/۷۶۴	
Nash-Sutcliffe	۰/۷۶۶		۰/۷۷۷	

دقیقی از کارکرد کمی و کیفی سیستم هیدرولوژی آن حوضه به‌دست دهد. خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌ها نه فقط به‌صورت مستقیم بر رژیم هیدرولوژیک آنها و از جمله میزان تولید آبی سالانه، حجم سیلاب، شدت فرسایش خاک و میزان رسوب تولیدی اثر می‌گذارد، بلکه به‌طور غیرمستقیم و با اثر بر آب‌وهوا و وضعیت اکولوژی و پوشش‌گیاهی به‌میزان زیادی رژیم آبی حوضه را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در این مطالعه به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیوگرافی منطقه از دو الحاقی Arc Hydro و HEC- Geo –HMS استفاده شد که کارایی این دو در نتایج مطالعات شیخ و همکاران (۸)، معتضدی

(۱۴)، مـوذنی (۱۳)، هـدایتی (۱۷)، کافلـه و همکـاران (۲۲) و غلامی (۲۰) تأیید شـده اسـت. آریـاپور و کرمـی (۱) و کنـل و همکاران (۲۵) نشان دادند که سیستم مدل‌سـازی هیـدرولوژیک HEC-HMS برای شبیه‌سازی فراینـدهای بـارش - رواناب بـه تغییرات پوشش گیاهی به‌خوبی پاسـخگو اسـت. نتـایج تحقیـق حاضر نیز کارایی ایـن مـدل را در چنـین تحقیقـاتی نشـان داد. مطالعات مختلف مطابق نتایج تحقیق حاضر نشان از اثـر مثبـت پوشش گیاهی در تنظیم فرایندهای هیدرولوژیک سطح زمـین و کـاهش روانـاب و فرسـایش دارنـد (۹، ۳۰، ۳۳ و ۳۴). تغییـر پوشش گیاهی در حوضه مطالعاتی و به تبع آن تغییـرات CN و تأثیرگذاری آن بر مؤلفه‌های رواناب در سه سناریو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصـل از واسـنجی و مقایسـه هیـدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در قالب سناریو اول (جدول ۵)، با توجه به دبی پیک شبیه‌سازی شده به‌مقـدار ۱۴/۱مترمکعـب بـر ثانیه و دبی پیک مشاهداتی به‌مقدار ۱۳/۵ و بـا درصـد اخـتلاف کمتر از ۱۰ درصد مـدل بـا تقریـب قابـل قبـولی مـی‌توانـد در شبیه‌سازی بارش رواناب درحوضـه مـورد مطالعـه بـه‌کـار رود. محققین دیگری نیز اشاره داشـته‌انـد کـه مـدل HEC- HMS در تلفیـق بـا GIS در مکـان‌هـایی کـه اطلاعـات میـدانی کمـی در دسترس است با دقت قابل قبـولی پاسـخگوی بـراورد روانـاب هستند (۱). برای ارزیابی کارایی مدل در مرحله کالیبراسـیون از ضـریب کـارایی، متوسـط خطـای مطلـق و ضـریب همبسـتگی استفاده شد که مقادیر هرکدام برای دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده به‌ترتیـب ۰/۵۵۱ و ۰/۹ و ۰/۶۳ بـه‌دسـت آمـد کـه بـرای حوضه آبخیز مورد مطالعـه خـوب بـود و بـا نظـر ریـاحی (۷) مطابقت دارد.

نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که از بین دو پـارامتر شـماره منحنی و زمان تأخیر، پارامتر شـماره منحنـی بـه‌عنـوان پـارامتر حساس است و با کاهش و افزایش ۱۵ درصـدی در مقـدار آن، دبی پیک تغییر کرد. آریاپور و کرمی (۱)، هدایتی (۱۷)، غلامـی (۲۰) و کافله و همکاران (۲۳) نتایج مشابهی را به‌دست آوردند. نتایج اعتباریابی و صحت‌سنجی مدل (جـدول ۵) نشـان داد کـه خطا در محدوده ۰/۵ تا ۱ خطای مجاز مدل قرار گرفت کـه بـا مطالعه انجام‌شده غلامی (۲۰) در این زمینه مطابقت دارد. مقدار دبی اوج شبیه‌سازی شده برابر ۷/۲ مترمکعب بر ثانیه و دبی اوج واقعی ۷/۹ مترمکعب بر ثانیـه و حجـم روانـاب شـبیه‌سـازی و مشاهداتی به‌ترتیب برابر با ۸۳۶/۲۳ و ۹۰۸/۶۷ میلی‌متر است که نزدیکی این دو به‌هم کارایی مدل را نشان می‌دهد.

نتایج حاصل از براورد شماره منحنـی تحـت سـناریوی دوم نشان از تغییر شـرایط و افـزایش عـدد CN و در نتیجـه کـاهش زمان تأخیر و کاهش ضریب نگهداشت نسبت به شرایط قبـل از اجرای عملیات اصلاحی و احیایی در سال ۱۳۸۵ دارد. با توجـه بـه ثابـت بـودن شـرایط منطقـه از جملـه خـاک و گـروه‌هـای هیدرولوژیک آن، تنها عامل مؤثر و متغیر پوشش گیاهی است و لذا این نتایج بیانگر عدم موفقیـت عملیـات‌هـای اجـرا شـده در احیای پوشش گیاهی است (شکل ۳). رواناب و فرسایش خـاک می‌تواند تحت تأثیر راهبردهای مدیریتی حوضه‌های آبخیز قـرار گیـرد و تـابعی از مقـدار شـدت بارنـدگی، تبخیـر و تعـرق و ویژگـی‌هـای پوشـش گیـاهی و خـاک و کـاربری اراضـی و توپوگرافی است (۲). علمی (۱۱) در تحقیـق خـویش مبنـی بـر مکان‌یابی مناطق مناسب بـرای عملیـات پیتینـگ، تعیـین مکـان مناسب برای اجرای این گونه عملیات‌هـا را در میـزان موفقیـت آنها دخیل می‌داند، همچنین بیان می‌کند که تعیین مناطق مناسب با استفاده از روش‌های سنتی و متداول بسیار دشوار بوده و اکثراً باعث بروز خطاهـای بسـیاری مـی‌شـود و بـا تلفیـق لایـه‌هـای مختلف اطلاعاتی در قالب مدل‌های گونـاگون و بهـره‌گیـری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و ابزارها و تکنیک‌های مربـوط به آن، می‌توان در زمان کمتر و دقت بالاتر عرصه‌های مناسب را جهت اجرای طرح‌هـای حفاظـت آب و خـاک تعیـین کـرد. از طرفی دیگر خصوصیات هیدرولوژیک از جمله شماره منحنی از روی مشخصات خاک، نوع بهره‌وری از زمین و شرایط رطوبـت قبلی خاک تعیین می‌شود (۱۰) و با توجه به اینکه فقط پوشـش گیاهی و استفاده از زمین در کنترل و مدیریت انسـان اسـت، بـا اصلاح آن می‌توان نفوذپذیری خاک را افزایش و سـرعت سـیل

را کاهش داد.

در سناریوی سوم با لحاظ کردن نقشه مکان‌یابی و عملیات اصلاح و احیای پیش‌بینی شده (شکل ۴) و تهیه نقشه پوشش گیاهی (شکل ۵) و همچنین شماره منحنی منتج از آن و اعمال در مدل HEC- HMS اقدام به شبیه‌سازی مجدد در بازه زمانی ۱ فروردین ۱۳۸۵ تا ۲۶ اسفند ۱۳۹۱ شد و نتایج حاصل نشان از کاهش دبی اوج و حجم رواناب نسبت به سناریوی دوم به‌ترتیب به‌مقدار ۳/۵۳۹ و ۱/۳۱ درصد داشت که خود بیانگر موفقیت عملیات حفاظت آب و خاک پیش‌بینی شده و تقویت و بهبود پوشش گیاهی و کاهش مقدار CN است (جدول ۶) که براساس بهینه‌یابی صورت گرفته، CN پیش‌بینی شده به‌مقدار بهینه نزدیک است (جدول ۴)، همچنین به‌منظور بررسی کارایی مدل در هر سه سناریو از ضریب نش استفاده شد. نتایج (جدول ۵) نشان داد که این مقدار برای سناریو اول برابر ۰/۵۵۱ و برای سناریو دوم ۰/۷۶۶ و در سناریو سوم ۰/۷۷۷ است (جدول ۶) که مبین کارایی مدل در این مطالعه است. براساس نتایج به‌دست آمده دبی پیک شبیه‌سازی شده در سناریوی سوم ۱۰/۹ متر مکعب بر ثانیه و دبی پیک مشاهداتی ۱۲/۳ است. حجم رواناب نیز، کمتر از از مقدار مشاهداتی شبیه‌سازی شد (جدول ۶). به‌طور کلی، عملیات پیشنهادی با همبستگی ۰/۷۶۴ بین دبی‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و متوسط خطای مطلق ۰/۹ و کارایی ۰/۷۷۷ تأثیر مطلوب‌تری بر بهبود پوشش گیاهی حوضه خواهد داشت و علت آن افزایش پوشش گیاهی به‌عنوان یک سپر حفاظتی پس از اجرای عملیات اصلاح و احیای پیشنهادی است که با جذب بارش باران، بخش قابل توجهی از انرژی قطرات باران را توسط برگ، ساقه و ریشه خود گرفته، انرژی قطرات باران را کاهش می‌دهد (۳۱)، باعث استحکام تراکم خاک می‌شود (۳۳)، از اثر پاشمانی جلوگیری می‌کند (۲۷)، باعث کاهش حجم رواناب شده و از تخریب خاک می‌کاهند (۳۰). پوشش گیاهی با به تأخیر انداختن شکل‌گیری رواناب (۴) باعث افزایش نفوذپذیری آب در خاک شد (۳۴) و از هدررفت خاک می‌کاهد (۲۸). نتایج این پژوهش با نتایج کاویانپور و همکاران (۹)، آریاپور و کرمی (۱)، کاتو و همکاران (۲۴) و واسکویز و همکاران (۳۲) در ارتباط با افزایش و کاهش حجم رواناب، به‌ترتیب با کاهش و افزایش پوشش گیاهی مطابقت دارد. باید توجه داشت که مدل اجرا شده در سناریوی سوم با استفاده از داده‌های دبی مشاهداتی پس از اجرای سناریوی دوم در سال ۱۳۸۵ است و به‌علت عدم مکان‌یابی صحیح در اجرای عملیات‌های در نظر گرفته شده و تخریب بیشتر منطقه با توجه به افزایش مقدار شماره منحنی، دبی مشاهداتی بیشتر از مقدار قبل از اجرای طرح در حوضه اتفاق افتاده است و همین امر ممکن است باعث شبیه‌سازی حجم دبی بیش از مقدار آن بدون اجرای طرح در سال ۱۳۸۵ باشد. با توجه به مرور تحقیقات مختلف در زمینه اثرات مثبت پوشش گیاهی در کاهش فرسایش آبی و هدررفت خاک، می‌توان گفت به‌منظور کاهش رواناب و فرسایش خاک، استفاده از پوشش گیاهی مناسب و پایا روش مناسبی است (۹). لازم به ذکر است که حوضه آبخیز میخوران دارای کاربری‌های مختلف از جمله اراضی کشاورزی، باغی، مناطق مسکونی روستایی و مرتع با وضعیت فقیر با بیشترین مساحت حوضه است. با توجه به نتایج تحقیق حاضر و کوهستانی بودن و شیب زیاد منطقه، عامل پوشش گیاهی و عملیات بیولوژیک انجام شده قادر به احیای پوشش گیاهی و کاهش رواناب در منطقه نبوده و در مکان‌یابی و اجرای صحیح عملیات ها باید بازنگری صورت گیرد. شرایط خاک منطقه و خاک‌های کم‌عمق نیز توان بالای حوضه در تولید رواناب را مشخص می‌کند، بنابراین اقدامات مدیریتی در نظر گرفته شده برای این منطقه باید با بررسی دقیق شرایط خاک، شیب و وضعیت پوشش گیاهی تجدید نظر شوند (۱۶).

منابع مورد استفاده

۱. آریاپور، ع. و ک. کرمی. ۱۳۹۲. پیش‌بینی تأثیر تغییر وضعیت مرتع در میزان رواناب با استفاده از مدل HEC HMS در آبخیز گلرود بروجرد. *فصلنامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران* ۳(۴): ۱۱۶-۹۷.

۲. احمدی ایلخچی، ع.، م. ع. حاج‌عباسی و ا. جلالیان. ۱۳۸۱. اثر تغییر کاربری اراضی زمین‌های مرتعی به دیم‌کاری به تولید رواناب، هدررفت و کیفیت خاک در منطقه دوراهان، چهارمحال و بختیاری. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی* ۶(۴): ۱۱۴-۱۰۳.

۳. ایمانی، ن. ۱۳۹۳. مکان‌یابی مناطق مناسب عملیات بیولوژیکی اصلاح مرتع در مراتع کوهستانی گردنه قوشچی ارومیه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ارومیه. ارومیه.

۴. پروینی، س. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی اثرات عملیات حفاظت آب و خاک بر مؤلفه‌های رواناب با استفاده از مدل HEC- HMS (مطالعه موردی: مراتع حوضه آبخیز میخوران کرمانشاه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ساری.

۵. رادمنش، ف.، ج. پرهمت، ع. ا. بهنیا و ع. م. آخوند علی. ۱۳۸۵. واسنجی و ارزیابی مدل HEC- HMS در حوضه آبریز رود زرد. هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. اهواز.

۶. رضوی‌زاده، س.، ع. سلاجقه، ش. خلیقی سیگارودی و م. جعفری. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات سیلاب با استفاده از مدل HEC HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان). *نشریه مرتع و آبخیزداری* ۶۶(۳): ۳۸۶-۳۷۳.

۷. ریاحی، م. ر. ۱۳۹۲. برررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر رژیم هیدرولوژیک جریان رودخانه در زیر حوضه لکشای نکا رود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ساری.

۸. شیخ، ز.، م. میرکازهی ریگی و ع. دهواری. ۱۳۹۱. استخراج خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز با استفاده از GIS (مطالعه موردی حوزه آبریز تالار در استان مازندران). سومین همایش ملی دانشجویی مرتع آبخیز و بیابان.

۹. کاویانپور، ا. م.، ز. جعفریان، ا. اسمعلی و ع. کاویان. ۱۳۹۴. اثر پوشش گیاهی بر کاهش رواناب و هدررفت خاک با استفاده از شبیه‌سازی باران در مراتع نشو استان مازندران. *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی* ۲۶(۲): ۱۹۰-۱۷۹.

۱۰. علیزاده، ا. ۱۳۸۴. *اصول هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد.

۱۱. علمی، س. ۱۳۹۲. مکان‌یابی مناطق مناسب جهت اجرای عملیات پیتینگ با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور تهران.

۱۲. قشقایی‌زاده، ن. ۱۳۹۱. واسنجی و اعتباریابی مدل HEC- HMS و آنالیز حساسیت آن در برآورد مشخصه هیدروگراف سیلاب (مطالعه موردی: حوضه جاماش استان هرمزگان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان.

۱۳. مؤذنی، م.، س. نظری و س. حسینی. ۱۳۹۲. برآورد میزان رواناب در حوضه‌های بدون آمار با استفاده از مدل HEC- HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودخانه سپیدار). کنفرانس ملی مدیریت سیلاب. تهران.

۱۴. معتضدی، ا.، ر. محمدی مطلق و ا. رئیسی. ۱۳۹۲. استخراج خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز با استفاده از الحاقیه‌های ARC Hydro و HEC GEO HMS در محیط نرم‌افزاری ARC GIS (مطالعه موردی: حوضه آبریز قره آغاج). اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. ایران.

۱۵. مطالعات منابع طبیعی و آبخیزداری حوضه آبخیز میخوران. ۱۳۸۵. اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه. معاونت آبخیزداری (دفتر مطالعات و ارزیابی). شرکت مهندسین مشاور آب‌ریز.

۱۶.موسوی ندوشنی، س. س. و ع. دانندهمهر. ۱۳۸۴. *سیستم مدل‌سازی هیدرولوژیک HEC- HMS*. انتشارات مؤسسه فرهنگی و هنری دیباگران، تهران.

۱۷.هدایتی مرزبالی، ل. ۱۳۹۳. تأثیر تغییر اقلیم بر مشخصات سیلاب (مطالعه موردی حوضه رودخانه هراز). پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

۱۸.نوری، ف.، ج. بهمنش و ب. محمدنژاد. ۱۳۹۱. ارزیابی مدل WMS / HEC HMS در پیش‌بینی سیلاب حوضه آبریز قروه. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک* ۱۹(۴): ۲۱۰-۲۰۱.

19. Bartley, R., J. P. Corfield, A. A. Hawdon, A. E. Kinsey-Henderson, B. N. Abbott, S. N. Wilkinson and R. J. Keen. 2014. Can changes to pasture management reduce runoff and sediment loss to the Great Barrier Reef? The results of a 10-year study in the Burdekin catchment, Australia. *The Rangeland Journal* 36(1): 67-84.
20. Gholami, V. 2013. The influence of deforestation on runoff generation and soil erosion (Case study: Kasilian Watershed). *Journal of Forest Science* 59(7): 272-278.
21. Jianzhong, Y. and H. Fenqin. 2012. "Researching the relationship between the change of vegetation cover and runoff based on RS and GIS. *Procedia Environmental Sciences* 12: 1077-1081.
22. Kafle, T., M. Hazarika, S. Karki, R. Shrestha, R. Sharma and L. Samarakoon. 2007. Basin scale rainfall-runoff modeling for flood forecasts. *In:* Proceedings of the 5th Annual Mekong Flood Forum, Ho Chi Minh City, Vietnam. PP: 11.
23. Kathol, J., H. Werner and T. Trooien. 2003. Predicting Runoff for Frequency Based Storm Using a Prediction-Runoff Model. ASAE, South Dakota, USA.
24. Kato, H., Y. Onda, Y. Tanaka and M. Asano. 2009. Field measurement of infiltration rate using an oscillating nozzle rainfall simulator in the cold, semiarid grassland of Mongolia. *Catena* 76(3): 173-181.
25. Knebl, M., Z. L. Yang, K. Hutchison and D. Maidment. 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(4): 325-336.
26. Miller, S. N., W. G. Kepner, M. H. Mehaffey, M. Hernandez, R. C. Miller, D. C. Goodrich, K. Devonald, D. T. Heggem and W. P. Miller. 2002. Integrating Landscape Assessment and Hydrologic Modeling for Land Cover Chance Analysis, *Journal of the American Water Resources Association* 38 :915-929.
27. Molinar, F., D. Galt and J. Holechek. 2001. Managing for mulch. *Rangelands* 23(4): 3-7.
28. Moreno-de Las Heras, M., L. Merino-Martín and J. Nicolau. 2009. Effect of vegetation cover on the hydrology of reclaimed mining soils under Mediterranean-Continental climate. *Catena* 77(1): 39-47.
29. Nunes, A., C. Coelho, A. De Almeida and A. Figueiredo. 2010. Soil erosion and hydrological response to land abandonment in a central inland area of Portugal. *Land Degradation and Development* 21(3): 260-273.
30. Nunes, A. N., A. C. De Almeida and C. O. Coelho. 2011. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. *Applied Geography* 31(2): 687-699.
31. Urgeghe, A. M., D. D. Breshears, S. N. Martens and P. C. Beeson. 2010. Redistribution of runoff among vegetation patch types: on eco hydrological optimality of herbaceous capture of run .on. *Rangeland Ecology and Management* 63(5): 497-504.
32. Vásquez-Méndez, R., E .Ventura-Ramos, K. Oleschko, L. Hernández-Sandoval, J. F. Parrot and M. A. Nearing. 2010. Soil erosion and runoff in different vegetation patches from semiarid Central Mexico. *Catena* 80(3): 162-169.
33. Wildhaber, Y. S., D. Bänninger, K. Burri and C. Alewell. 2012. Evaluation and application of a portable rainfall simulator on subalpine grassland. *Catena* 91: 56-62.
34. Zhang, G. H., L. Guo-Bin and W. Guo-Liang. 2010. Effects of Caragana Korshinskii Kom. Cover on runoff, sediment yield and nitrogen loss. *International Journal of Sediment Research* 25(3): 245-257.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 2, Summer 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Simulation Effects of Soil and Water Conservation in Rangelands on Runoff Characteristics Using HEC-HMS Model (A Case Study: Rangelands of Meikhoran Watershed, Kermanshah Province)

S.Parvini, Z. Jafarian* and A. Kavian[1]

(Received: January 16-2017 ; Accepted: June 14-2017)

Abstract

Due to the lack of necessary equipment for measuring and recording changes in watershed runoff and flood situation after the implementation of corrective actions, using hydrologic models is considered as an efficient tool to assess the undertaken actions and simulate the behavior of the watershed before and after the implementation of these measures. The present study aimed to simulate the effects of corrective actions on runoff components using HEC- HMS hydrological models in the form of a rangeland and watershed plan in 2006 and the predicting plan of applicable operations in a region in the Meikhoran watershed, Kermanshah. For this purpose, three scenarios including the conditions before running the rangeland and watershed plan, the conditions after running the project and requirements and enforcement actions resulting from the proposed location map were considered in the spring of 2006. First, a map of the curve number (CN) changes was prepared under all three scenarios caused by the vegetation changes and by implementing HEC-HMS model, the curve number criteria, the peak discharge and flood volume were determined to assess the changes in hydrological basins and their values for all three scenarios were calculated and compared. The results showed that the HEC- HMS model for the base period (first scenario) with Nash-Sutcliffe coefficient 0/551 and the coefficient of determination 0/63 had an acceptable accuracy in predicting runoff. Nash-Sutcliffe coefficient for the second and third scenarios was 766/0 and 0/777, respectively. Also, the results showed that in the second scenario, there was an 8/85 and 7/74% decrease in the peak flows and runoff volumes, respectively, and these values for the proposed operation were estimated to be 12.84% and 6.33%, respectively. Overall, the results indicated the considerable impact of rangelands and watershed management (third scenario) on the reduction of effective runoff components, particularly flood peak, on the basis of the location model.

Keywords: HEC- HMS, Locating, Meikhoran Watershed, Rainfall-runoff model, Rangeland and watershed design

1. Department of Range and Watershed Management, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, Iran.
*: Corresponding Author, Email: z.jafarian@sanru.ac.ir