نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و ششم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۲۰۳ تا ۲۱۶

مدل‌سازی سیل‌خیزی حوزه آبخیز مروست تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و الگوی کشت

مهدی حیات‌زاده[۱*]، مسعود عشقی‌زاده[۲] و وحید موسوی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۴)

چکیده

از آنجا که تغییر کاربری اراضی و همچنین تغییر متغیرهای اقلیمی از جمله افزایش دما بر بسیاری از فرایندهای طبیعی نظیر فرسایش خاک و تولید رسوب، سیلاب و تخریب خصوصیات فیزیکی و شمیایی خاک اثر می‌گذارد، بنابراین نیاز است تا جنبه‌های مختلف اثر این تغییرات، در مطالعات و تصمیم‌گیری‌ها مورد توجه قرار گیرد. در تحقیق حاضر به‌منظور آگاهی از میزان اثرگذاری تغییر اقلیم و شرایط مدیریت کشت بر میزان سیل‌خیزی، اقدام به آزمون و تحلیل سناریوهای منطقی بر اساس پیشینه حوزه آبخیز مروست با استفاده از مدل مفهومی SWAT شد. در این راستا پس از واسنجی مدل، اقدام به آزمون دو سناریوی مذکور شد. سناریوی اول در زمینه مدیریت زارعی و تبدیل باغات به اراضی کشاورزی و سناریوی دوم افزایش ۰/۵ درجه‌ای دما با ثابت فرض کردن سایر شرایط درنظر گرفته شده است. نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل با آزمون نش- ساتکلیف به‌ترتیب ۰/۶۶ و ۰/۶۸ نشان از کارایی قابل قبول مدل در محدوده مورد مطالعه دارد. در ادامه نتایج به‌کارگیری دو سناریوی تغییر کاربری اراضی و گرمایش نشان از تأثیر ۳۰ درصدی سناریوی اقلیمی با افزایش متوسط دبی ماهانه به‌میزان ۳/۷۲ مترمکعب بر ثانیه حاکی از افزایش سیل‌خیزی حوضه به‌ویژه در سال‌های اخیر دارد. از طرفی سناریوی تغییر کاربری اراضی باغی به کشاورزی در دو حالت ۲۰ درصد و ۵۰ درصد تغییر کاربری باعث افزایش متوسط دبی ماهانه به‌ترتیب به میزان ۱/۲۶ و ۱/۵ مترمکعب بر ثانیه و به‌عبارتی ۱۰ و ۱۲ درصد به سیل‌خیزی حوضه اضافه شد. نتایج حاکی از آن است که در مناطق مشابه منطقه مورد مطالعه که در منطقه اقلیمی خشک واقع شده است، افزایش احتمالی دما می‌تواند اثر قابل ملاحظه‌ای را بر سیل‌خیزی حوضه داشته باشد. البته تأثیر غیرمستقیم عامل انسانی نیز به‌صورت افزایش گازهای گلخانه‌ای بر افزایش سیل‌خیزی حوضه را نباید نادیده گرفت.

واژه‌های کلیدی: گرمایش زمین، تغییر کاربری اراضی، مدیریت زراعی، مدل‌سازی

۱. گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
۲. گروه مهندسی کشاورزی، دانشکده علوم پایه، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران
۳. گروه مدیریت آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mhayatzadeh@ardakan.ac.ir

مقدمه

تغییر کاربری اراضی و گسترش شهرسازی به‌سمت حوضه‌های کوهستانی مجاور شهرها، تبدیل جنگل به کاربری زراعی خطر سیلاب را به‌علت افزایش اوج و حجم دبی بیشتر کرده، زمان رسیدن دبی به اوج را نیز کاهش می‌دهد (۷ و ۱۴). نواحی ساخته شده به‌طور متوسط ۹۰ درصد از بارش را به رواناب تبدیل می‌کنند، درحالی که در نواحی غیرشهری مثل جنگل، ۲۵ درصد از بارش نگهداشته می‌شود (۱۵). تأثیر تغییرات انسان ساخت بر هیدرولوژی سطحی می‌تواند از طریق نسبت دبی سیلاب پس از ایجاد این تغییرات به دبی سیلاب پیش از آنها طی دوره‌های بازگشت اندازه‌گیری شود (۶). ولی با وجود این، تحلیل تأثیرات تغییر کاربری بر فراوانی سیلاب مسئله‌ای سخت به‌نظر می‌رسد که این به خاطر کمبود داده‌های سیلاب و همچنین فرایند توسعه غیرایستا یا پویا به‌ویژه در نواحی ساخته شده است (۱۷). کاربری اراضی شامل انواع بهره برداری از زمین به‌منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است. یکی از پیش شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای کاربری اراضی و دانستن تغییرات هر کدام از کاربری‌ها در طول زمان است. تغییر کاربری یکی از آشکارترین تغییرات در مناطق کشاورزی بسیاری از نقاط دنیا است. علاوه بر تغییر اقلیم و تغییرات اجتماعی- اقتصادی، تغییر کاربری اثرات بسیار زیادی در تعادل آبی حوزه آبخیز رودخانه‌ها دارد. تغییر کاربری می‌تواند بر تناوب سیل، جریان پایه و میانگین سالانه جریان رودخانه، اثرگذار باشد (۱۸). در نیمه دوم قرن بیستم دمای کره زمین نسبت به نیمه اول این قرن افزایش پیدا کرده است و پیش‌بینی می‌شود که این افزایش دما در قرن بیست و یکم همچنان ادامه یابد و درنتیجه تغییراتی در شرایط اقلیمی مناطق مختلف کره زمین به‌وجود آید (۹). بالا آمدن سطح آب دریا و تغییر در آستانه‌های دمایی و بارندگی همچنین تغییر الگوی توزیع بارش و به‌طور کلی تغییر شرایط هیدرولوژیکی منطقه از پیامدهای تغییر اقلیم است (۵). در آینده نیز انتظار افزایش بیشتر دمای جهانی، احتمال تغییر در مقدار و الگوهای بارش، و انتظار افزایش در تکرار و شدت مخاطرات محیطی مانند خشکسالی، دوره‌های گرمایی، سیل و آتش‌سوزی می‌رود (۱۲).

از طرفی آمارها حاکی از آن است که سیلاب چه از نظر تلفات جانی و چه از نظر خسارت مالی مقام اول را در میان حوادث دیگر داراست. این امر کشور ایران را به لحاظ سیل‌خیزی در رتبه هفتمین کشور دنیا قرار داده است (۱۸). برای این منظور مدل‌سازی شرایط هیدرولوژیکی ابزاری مفید و توانمند برای شناسایی عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی حوضه‌ها و پهنه‌بندی حوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی هستند. در دو دهه اخیر مدل‌هایی ارائه شده‌اند که ماهیت نیمه توزیعی داشته و در شبیه سازی‌های حوضه‌های وسیع موفق بوده‌اند. یکی از این مدل‌ها که به‌تازگی در نقاط مختلف جهان به‌طور گسترده‌ای برای شبیه سازی عوامل هیدرولوژیکی حوضه آبریز، چه از نظر کمی و کیفی، مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل هیدرولوژیکی SWAT (Soil & Water Assessment Tool) است. این مدل توسط سرویس تحقیقات کشاورزی امریکا (USDA-ARS) تهیه شده است (۲). از مهم‌ترین ورودی‌های مدل می‌توان به نقشه کاربری اراضی حوضه و همچنین داده‌های اقلیمی اشاره کرد. مطالعات مختلفی تأثیر تغییرات اقلیم و کاربری اراضی را تأیید کرده‌اند (۱۶). با وجود این برخی دیگر از مطالعات صورت گرفته بر روی کاربری اراضی اثرات تغییر اقلیم را نشان نداده‌اند (۱۳). تغییر اقلیم و کاربری اراضی دارای ارتباط بالا و وابسته به مقیاس، ذینفعان محلی، کشاورزان و تصمیم‌گیران هستند؛ اثر متقابل تغییر اقلیم و کاربری اراضی هنوز به‌خوبی درک نشده است (۳). لذا درک مقادیر و اثرات مدیریت زمین، آب و اقلیم برای دستیابی به یک اکوسیستم سالم، کاهش تغییرات کاربری زمین و تغییرات آب و هوایی، مورد نیاز است.

با توجه به اینکه بخش زیادی از حوضه مورد مطالعه تحت کاربری زراعی و باغی است و از آنجا که در سال‌های اخیر علاوه بر نوسانات اقلیمی به‌دلیل عدم مدیریت زراعی در منطقه بسیاری از باغات پسته رها شده یا اینکه تبدیل به زمین زراعی (گندم) شده است. بنابراین آگاهی از ادامه این روند و نقش این تغییر

کاربری و تغییر اقلیم روی سیل‌خیزی حوضه حائز اهمیت است. لذا در این تحقیق سعی می‌شود اثرات گرمایش زمین و همچنین فاکتور مدیریت زراعی به‌صورت تبدیل اراضی باغی به زراعی بر سیل‌خیزی حوزه آبخیز مروست، با استفاده از مدل SWAT مورد مدلسازی قرار گیرد. بدین منظور از دو سناریوی اقلیمی و کاربری اراضی به‌صورت مجزا و با ثابت فرض کردن سایر شرایط، استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

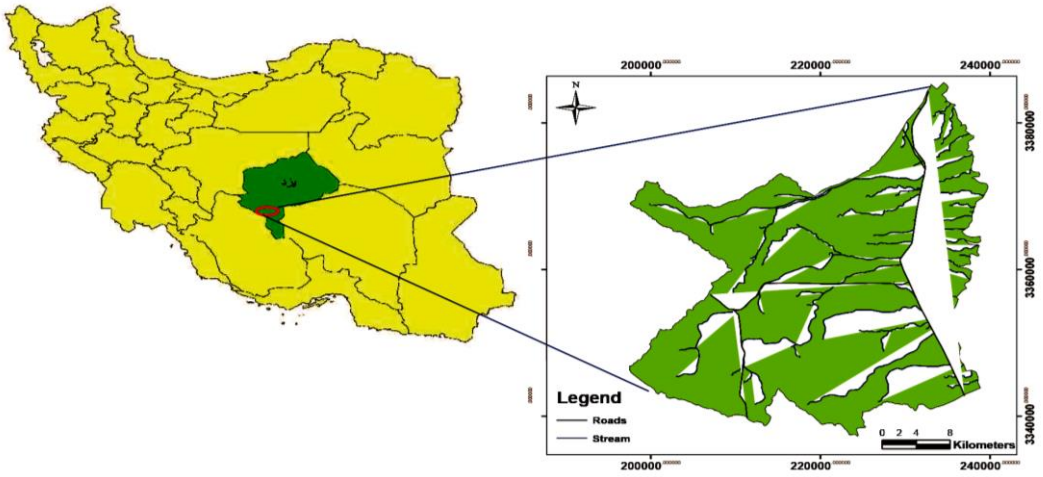
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه که شهر مروست بخشی از آن را تشکیل می‌دهد و درحد فاصل رشته کوه‌های زاگرس مرکزی و بین دو گسل مهم و سراسری نائین- بافت و رورانگی زاگرس در غرب قرار دارد بین عرض‌های جغرافیایی ′۱۰ °۳۰ تا ′۳۰ °۳۰ شمالی و طول‌های جغرافیایی ′۵۰ °۵۳ تا ′۲۰ °۵۴ شرقی واقع شده است (شکل ۱). واحد هیدروژئولوژیک مروست در منتهی‌الیه جنوبی استان یزد واقع شده است. از نظر منابع آب‌های سطحی، رودخانه دائمی مروست در بخش جنوبی وارد دشت می‌شود. این رودخانه در سرابی به نام بوانات و شامل دو شاخه عمده سوریان و مزیجان است. رودخانه بوانات از به‌هم پیوستن شاخه‌های مزیجان و سوریان در بالادست منج تشکیل می‌شود. حوضه آبریز بوانات تا محل آبگیر مروست ۹۵۰ کیلومتر مربع و تا محل ایستگاه هیدرومتری مروست ۱۰۲۵ کیلومتر مربع مساحت دارد. بر اساس آمار هفت ساله از ایستگاه محل آبگیر مروست، میانگین دبی سالانه رودخانه ۰/۷۶ متر مکعب در ثانیه است. بر اساس آمار ۱۳ ساله در محل ایستگاه هیدرومتری مروست نیز میانگین دبی سالانه آن ۸۹ لیتر بر ثانیه است. ویژگی‌های اقلیمی مشاهداتی منطقه مطالعاتی طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۱۱ در جدول ۱ ارائه شده است.

مدل SWAT

مدل‌ها از لحاظ پیچیدگی و اطلاعات لازم، دارای درجه‌بندی و کاربرد متفاوت هستند و بر اساس فرایندهای شبیه‌سازی فیزیکی، همانند الگوریتم‌ها و محاسبات توصیفی فرایندها و اطلاعات اولیه، همچنین بر اساس اصول ساخت و فنون به‌کار رفته در حل آنها طبقه‌بندی می‌شوند (۸).

SWAT یک مدل جامع و کامل در مقیاس حوضه است که توسط سرویس تحقیقات کشاورزی آمریکا برای پیش‌بینی تأثیر روش‌های مدیریتی متفاوت بر جریان، رسوب، عناصر غذایی و بیلان مواد شیمیایی در حوضه‌هایی با خاک، کاربری اراضی و شرایط مدیریتی متفاوت برای دوره‌های زمانی طولانی ارائه شده است (۱ و ۱۱). مدل SWAT یک مدل هیدرولوژیکی نیمه توزیعی است که به‌منظور پیش‌بینی اثرات فعالیت‌های مدیریتی اراضی بر بیلان آب، حرکت رسوب و عوامل شیمیایی کشاورزی در مقیاس حوضهٔ آبخیز با تنوع در خاک، کاربری اراضی و شرایط مدیریتی در بازهٔ زمانی طولانی توسعه یافته است. این مدل اطلاعاتی راجع به هوا، خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز دریافت می کند و فرایندهای فیزیکی مرتبط با حرکت آب، رسوب و رشد گیاه به‌طور مستقیم با استفاده از داده‌های ورودی شبیه‌سازی می شود. فرایندهای هیدرولوژیکی اصلی که توسط مدل SWAT شبیه‌سازی می‌شوند شامل تبخیر و تعرق، رواناب سطحی، ذوب برف، نفوذ سطحی، نفوذ عمقی و جریان آب زیرزمینی و جریان های زیرسطحی است. در این مدل جریان رودخانه از سه منبع اصلی تأمین می‌شود که عبارتند از رواناب سطحی، جریان زیرسطحی و جریان پایه یا همان جریان آب زیرزمینی غیرمحصور. باید توجه داشت که شرایط آبخوان برای مدل SWAT قابل تعریف نیست و این حالت‌های مذکور را به‌طور پیش فرض برای همه حوضه‌ها درنظر می‌گیرد. ارزیابی عملیات حفاظتی برای حوزه‌های آبخیز با ابعاد مختلف، شبیه‌سازی هیدرولیکی، تخمین جریان پایه و کارستی، شبیه‌سازی آب و خاک، ذوب برف، مطالعات هدررفت آلودگی، مطالعات



شکل ۱. موقعیت حوزه آبخیز مروست

جدول ۱. میانگین ماهانه بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر حوزه آبخیز مروست در دوره آماری ۲۰۱۷-۲۰۱۱

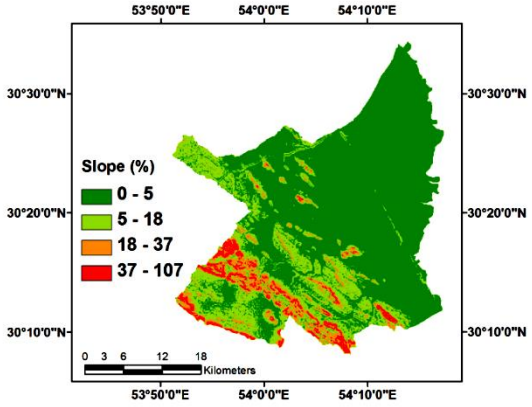
عامل	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوییه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
بارش	۱۳/۱	۸/۸	۱۰/۱	۹/۹۶	۱/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۷/۱	۱۱/۲	۶۲/۲
دمای حداقل	-۱/۱	۱/۴	۴/۸	۹/۴	۱۳/۷	۱۸	۲۰/۹	۱۸/۵	۱۴/۱	۸/۵	۳/۷	-۰/۱	۹/۳
دمای حداکثر	۱۳/۱	۱۶/۳	۲۰/۹	۲۵/۷	۳۱/۸	۳۶/۶	۳۸/۶	۳۶/۹	۳۳/۶	۲۷/۴	۱۹/۶	۱۵	۲۶/۳

رسوب، نیتروژن و فسفر، مطالعات مرتبط با تالاب‌ها و مخازن، سناریوهای مدیریتی و تأثیرات کاربری اراضی، بررسی تغییرات اقلیم روی هیدرولوژی و مطالعه تأثیرات علف‌کش‌ها و آفت کش‌ها و نیز تعیین میزان تغذیه. از آنجایی که مدل SWAT یک مدل پیوسته است و همچنین در برگیرنده فرایندهای مختلف شامل اقلیم، هیدرولوژی، عناصر غذایی، آفت‌کش‌ها، فرسایش، پوشش گیاهی، روش‌های مدیریتی و روندیابی جریان است، به‌عنوان یک ابزار مهم مطالعاتی در مقیاس حوضه‌ای مناسب به نظر می‌رسد.

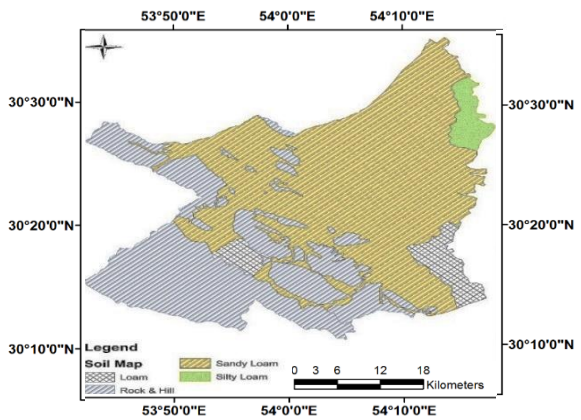
تهیه ورودی‌های مدل

نقشه‌های پایه مورد نیازشامل نقشه مدل رقومی ارتفاع DEM، نقشه کاربری اراضی و نقشه خاک هستند که هر سه باید در قالب جامع هواشناسی، کیفیت آب، عوامل مؤثر بر جریان سطحی و کانال، آب زیرزمینی، برداشت آب، مدیریت اراضی، اطلاعات مربوط به کیفیت آب، مخازن و برخی زمینه‌های دیگر با توجه به هدف تحقیق باید در مدل وارد شوند. در این مدل نقشه مرز زیرحوضه‌ها و شبکه آبراهه‌ای قابل استخراج از نقشه DEM و در محیط نرم‌افزاری مدل است. تابع شیب Slope ماکزیمم آهنگ تغییرات ما بین هر سلول و سلول همسایه را محاسبه می‌کند که از روی رقومی ارتفاع حوضه استخراج و خروجی نقشه شیب برحسب درصد شیب محاسبه شد (شکل ۲). در تحقیق حاضر از داده‌های SRTM برای تهیه نقشه شیب استفاده شد.

به‌منظور تهیه نقشه خاک از روی پروفیل‌های حفر شده در منطقه از ماژول Stratigraphy نرم‌افزار GMS استفاده شد. بدین منظور داده‌های مربوط به پروفیل‌ها وارد این نرم‌افزار شده، مقاطع عرضی بین پروفیل‌ها ترسیم شد. در گام بعد نقشه شبکه مثلثی (TIN) تهیه شد. درنهایت نیز نقشه خاک منطقه با توجه به پروفیل‌های موجود و مرز و نقشه شبکه مثلثی تولید شد. شکل ۳ نقشه خاک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه شیب منطقه مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)



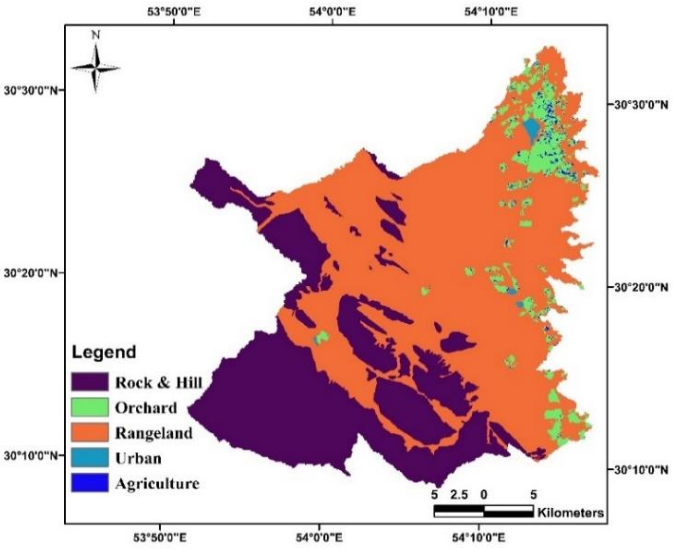
شکل ۳. نقشه خاک منطقه مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

در این مطالعه به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. تصحیح رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای از اثرات جوی به دو صورت تصحیح با درنظر گرفتن عوامل جزئی و تصحیح کلی انجام می‌شود. در روش عوامل جزئی پارامترهایی مانند درجه حرارت، رطوبت نسبی، فشار هوا و قابلیت دید در زمان تصویربرداری درنظر گرفته می‌شوند ولی در روش کلی جزئیات درنظر گرفته نشده و اغلب از طریق هیستوگرام تصاویر تصحیح صورت می‌گیرد. در این مطالعه از روش تصحیح کلی استفاده شد. در این بخش تصحیحات رادیومتریک، اتمسفری و هندسی روی تصویر انجام شد. به‌منظور تصحیح اتمسفری از روش Dark Subtraction استفاده شد. برای این کار با استفاده از تصویر Geoeye که با خطای (RMS) معادل ۰/۵۳ پیکسل تصحیح شده بود و نیز نقاط ثبت شده توسط GPS؛ روی تصویر +ETM نقاط کنترل انتخاب شد. سپس تابع چند جمله ای درجه یک برای عملیات تصحیح انتخاب شد. متوسط میزان خطا (RMS) با تابع مذکور به‌ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۴۹ پیکسل برای تصاویر چندطیفی و باند پانکروماتیک بوده است. در بازنویسی تصویر نیز به‌خاطر حفظ DN اولیه تصویر از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. در گام بعد بهترین تصویر وارد فرایند طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی‌گرا شد. به‌منظور مقایسه و تعیین اثر ادغام تصویر با قدرت تفکیک مکانی مختلف بر صحت نقشه‌های موقعیت مکانی از هر دو روش طبقه‌بندی استفاده شده است.

درنهایت برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه، تصویر لندست به‌صورت طبقه‌بندی شیءگرای با پارامترهای مختلف قطعه‌بندی شد. قطعه‌بندی‌ها در چهار مقیاس ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۸۰۰ صورت پذیرفت. شکل ۴ نتیجه طبقه‌بندی و نقشه کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی شیءگرا و جدول ۲ نتایج صحت‌سنجی این نقشه و جدول ۳ میزان مساحت و درصد مساحتی هر یک از کاربری‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان دهنده دقت مناسب این روش است. لذا این نقشه برای مدل‌سازی به مدل SWAT وارد شد.

مدل‌سازی SWAT

در این مرحله با استفاده از نقشه‌های خاک، کاربری اراضی و طبقات شیب، واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU ها) تعریف شدند. برای این منظور هر سه نقشه تهیه شده با هم و در محیط نرم‌افزار مدل ترکیب شدند. لازم به ذکر است هر سه نقشه پایه اشاره شده در فرمت رستری تهیه و در مدل استفاده شدند. پس از تهیه نقشه HRU ها، داده‌های هواشناسی وارد مدل شده مدل‌سازی صورت پذیرفت. چاه‌های بهره برداری در منطقه و میزان برداشت آنها که نقش مهمی در بیلان آبی حوضه دارد به مدل وارد شد.



شکل ۴. نقشه کاربری منطقه حاصل از روش شیءگرا

جدول ۲. جدول خطای طبقه‌بندی نهایی (روش شیءگرا)

	مرتع	کوهستانی	باغی	زراعی	مسکونی
مرتع	۷۶	۵	۰	۰	۳
کوهستانی	۳	۱۷۹	۳	۴	۰
باغی	۰	۴	۱۹۰	۱	۰
زراعی	۰	۸	۶	۱۶۹	۵
مسکونی	۰	۸	۳	۹	۵۰
کاپا			۸۹		
صحت کل			۹۲		

جدول ۳. توزیع مساحتی کاربری‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه

کاربری	مساحت (متر مربع)	درصد مساحتی
مرتع	۶۷۶۷۶۴۹۷۶	۵۸/۷۳
منطقه کوهستانی	۴۰۳۳۲۴۶۴۳	۳۵
مسکونی	۳۴۷۵۸۱۱	۰/۳
باغی	۶۳۰۵۶۵۴۴	۵/۴۷
زراعی	۵۵۳۶۸۱۱	۰/۴۸

در گام بعدی دبی رودخانه بوانات نیز بندهای تغذیه مصنوعی موجود در منطقه برای مدل تعریف شد. با اجرای مدل، متوسط پارامترهای هر زیر حوضه محاسبه می‌شود. محاسبه این پارامترها از دو جهت حائز اهمیت فراوان است، ابتدا با محاسبه این پارامترها از محاسبات تکراری در برخی مراحل کالیبراسیون مدل جلوگیری می‌شود و درنتیجه مدت زمان لازم برای اجرای

مجدد مدل برای بهینه‌سازی پارامترهای عمومی مدل به‌صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد و دوم اینکه این خروجی‌های میانی در علم هیدرولوژی بسیار مهم هستند چرا که این خروجی‌ها به‌عنوان ورودی بسیاری از مدل‌های توزیعی و نیمه‌توزیعی در علم هیدرولوژی هستند و با اجرای مدل SWAT می‌توان این پارامترها را در هر حوضه محاسبه و در پروژه‌ها مورد استفاده قرار داد. با توجه به مقیاس زمانی مدل و از آنجا که مدل SWAT یک مدل پیوسته مکانی است لذا بدیهی است که گستره وسیعی از داده‌های هواشناسی را مورد استفاده قرار دهد.

در مدل SWAT رواناب سطحی با استفاده از بارش روزانه یا کوتاه‌تر، حجم رواناب سطحی و نرخ بیشینه رواناب از روش شماره منحنی SCS اصلاحی و یا روش نفوذ Green & Ampt محاسبه می‌شود. روش Green & Ampt به داده‌های بارش کوتاه‌تر از روزانه نیاز دارد و نفوذ را بر اساس تابعی از پتانسیل ماتریس حد رطوبتی و هدایت هیدرولیکی فعال محاسبه می‌کند. وقتی دمای سطح خاک به صفر درجه می‌رسد رواناب سطحی افزایش می‌یابد ولی همچنان درصورتی که خاک خشک باشد نفوذ معنی‌دار برقرار است. پیش‌بینی حداکثر نرخ رواناب با استفاده از روش استدلالی اصلاح شده انجام می‌شود. در فرمول روش استدلالی اصلاح شده، نرخ رواناب بیشینه تابعی از نسبت بارش روزانه که در طی زمان تمرکز زیرحوضه واقع می‌شود، حجم رواناب سطحی روزانه و زمان تمرکز آبخیز است. نسبت رواناب رخ داده در طی زمان تمرکز آبخیز، بر اساس تابعی از مجموع بارش روزانه با استفاده از یک روش آماری برآورد می شود. زمان تمرکز با استفاده از فرمول منینگ که هر دو جریان دامنه و کانال را در بر می‌گیرد برآورد می‌شود.

روابط استفاده شده برای برآورد رواناب سطحی به‌صورت رابطه (۱) است:

$$Q_{surf} = \frac{\left(R_{day} - I_a\right)^2}{\left(R_{day} - I_a + S\right)} \qquad (۱)$$

در این رابطه Qsurf مقدار رواناب یا بارش مازاد، Rday مقدار بارش در روز مورد نظر، Ia جذب اولیه (که شامل ذخیره سطحی، ذخیره لاشبرگ و نفوذ قبل از شروع رواناب است) و S پارامتر نگهداشت است که همگی واحد یکسانی از مقدار آب دارند. پارامتر نگهداشت خود تابعی از متغیرهای مکانی شامل خصوصیات خاک، کاربری اراضی، مدیریت و شیب زمین، و متغیر وابسته به زمان یعنی محتوای آب قابل دسترس خاک است. این پارامتر بر اساس رابطه (۲) به‌دست می‌آید:

$$S = 25/4\left[\frac{1000}{CN} - 10\right] \qquad (۲)$$

در استفاده از رابطه (۱) مقدار Ia به‌طور معمول حدود 0.2 S درنظر گرفته می‌شود و این رابطه به شکل رابطه (۳) در می‌آید:

$$Q_{surf} = \frac{\left(R_{day} - 0/2S\right)^2}{\left(R_{day} - 0/8S\right)} \qquad (۳)$$

رواناب تنها زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار Rday بزرگ‌تر از Ia باشد.

به‌منظور واسنجی و اعتبارسنجی مدل، از داده‌های جریان رودخانه (متر مکعب بر ثانیه) در ایستگاه هیدرومتری مروست استفاده شد. واسنجی مدل‌های توزیعی و فرایندمحور مانند SWAT، پیچیدگی‌ها و مشکلات خاصی دارد. یکی از مسائلی که هنگام واسنجی این مدل‌ها پیش می‌آید عدم قطعیت در شبیه‌سازی است که به‌خاطر عدم قطعیت در ورودی‌های مدل، عدم قطعیت در مدل مفهومی (ساختار مدل) و عدم قطعیت در پارامترهای مدل ایجاد می‌شود. در این مدل‌ها همچنین، به‌دلیل تعدد پارامترهای مدل و اثر جبرانی یا تشدیدی پارامترها بر یکدیگر، اغلب چندین مجموعه پارامترهای کاملاً متفاوت می توانند به نتیجه مشابه و قابل قبول منتهی شوند. به این پدیده همپایانی یا منحصر به فرد نبودن اطلاق می‌شود. در این تحقیق برای واسنجی دقیق، تحلیل عدم قطعیت و اعتبارسنجی مدل SWAT برای حوضه مروست، از نرم‌افزار SWAT-CUP و روش SUFI-۲، استفاده شد.

SUFI-2 واسنجی و عدم قطعیت را ترکیب می‌کند و سعی می‌کند پارامترهای عدم قطعیت را به نحوی پیدا کند که اکثر داده‌های اندازه‌گیری شده در ناحیه عدم قطعیت تخمین قرار گیرند، درحالی که کوچک‌ترین طیف عدم قطعیت تخمین

ممکن را ایجاد می‌کند. سپس این عدم قطعیت در گام‌های متوالی کاهش می‌یابد تا دو شرط: الف) اکثر داده‌های مشاهده ای در سطح ppu ۹۵ واقع شوند (p-factor) و ب) فاصله متوسط بین حد بالا و حد پایین ۹۵ درصد تقسیم بر انحراف معیار داده‌های اندازه‌گیری شده تا حد ممکن کوچک شود (R-factor) برقرار شود.

در این پژوهش ۳۰۰ مرحله شبیه‌سازی در دو مرحله تکرار انجام پذیرفت. دامنه پارامترها پس از هر تکرار اصلاح شد و عدم قطعیت پارامترها در هر مرحله کاهش یافت. بعد از اینکه دامنه پارامترها تا حدودی کاهش یافت، تحلیل حساسیت مطلق (تغییر یک پارامتر به شرط ثابت نگهداشتن سایر پارامترها) انجام شد. در این مرحله ۷ پارامتر تأثیرگذارتر انتخاب و پس از آن مدل با مجموعه جدید پارامترها مجدد در ۳۰۰ مرحله شبیه سازی در دو تکرار اجرا شد و در هر تکرار دامنه پارامترها تعدیل شد.

SUFI-2 با استفاده از ضریب همبستگی خطی (R^2)، ضریب ناش ساتکلیف (NSE) و ضریب دقت (PBIAS) بین داده‌های مشاهداتی و بهترین مقادیر شبیه‌سازی شده کمی‌سازی شده است (۴ و ۱۰). در این تحقیق داده‌های ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری آبگیر مروست طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور داده سال اول (۱۳۹۰-۱۳۸۹) برای اجرای اولیه مدل، ۵ سال (۱۳۹۵-۱۳۹۰) برای کالیبراسیون و سال ۱۳۹۶ برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد.

سناریوی اقلیمی و مدیریت زراعی

پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل و تعیین بازه پارامترهای مؤثر در مدل‌سازی، سناریوهای مختلف اقلیم و کاربری اراضی و تأثیر آن بر واکنش هیدرولوژیکی حوضه مدل‌سازی شد. به طوری که پس از تعیین کارایی مدل SWAT در منطقه مورد مطالعه، به‌منظور تعیین اثر گرمایش و تغییر کاربری اراضی بر واکنش هیدرولوژیکی حوضه از داده‌های اقلیمی و مدیریتی منطقه استفاده شد. با بررسی‌های صورت گرفته از کاربری های منطقه مورد مطالعه در دوره ۲۰ سال نتایج حاکی از آن بود که در این دوره بیش از ۲۰ درصد سطح زیر کشت اراضی باغی پسته رها شده یا تبدیل به کاربری زراعی شده است. لذا با درنظر گرفتن این پیشینه، سناریوهای ۲۰ و ۵۰ درصد تغییرات کاربری اراضی درنظر گرفته شد. در زمینه بررسی داده‌های متوسط دمای روزانه در دوره ۳۰ ساله در حوضه مورد مطالعه، افزایش ۰/۴ درجه سانتی‌گراد مشخص شد. لذا با فرض ادامه همین روند سناریوی افزایش ۰/۵ درجه سانتی‌گراد به دما در این تحقیق درنظر گرفته شد. بدین صورت که در سناریوی اول به‌صورت تغییر کاربری باغی به زراعی در دو مرحله تغییر ۲۰ درصد اراضی باغی و تغییر ۵۰ درصد اراضی باغی به زراعی صورت گرفته و مدل در شرایط اقلیمی و سایر شرایط مدیریتی به صورت ثابت، اجرا شد. لازم به ذکر است که سطح زیرکشت باغی غالب منطقه پسته است و سطح زیر کشت زراعی غالب در منطقه گندم است. در سناریوی دوم با افزایش ۰/۵ درجه سانتی‌گراد به دمای روزانه در طول دوره آماری ۷ ساله با ثابت فرض کردن سایر شرایط اقلیمی و مدیریتی، مدل واسنجی شده اجرا شد. برای تعیین اثر هر کدام از پارامترهای اقلیم و کاربری اراضی در واکنش هیدرولوژیکی حوزه آبخیز مروست از سناریوهای مذکور استفاده و مدل بار دیگر اجرا شد. نتایج آزمون سناریوهای مختلف در اجرای مدل SWAT واسنجی شده روی رواناب، مقایسه و تحلیل شد.

نتایج و بحث

کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل

پس از مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار SWAT CUP مدل ساخته شده کالیبره شد. کالیبراسیون یک مدل مفهومی شامل تنظیم متغیرهای ورودی مدل برای ایجاد حداکثر پاسخگویی مدل در برابر مشاهدات اندازه‌گیری شده است. کالیبراسیون مدل SWAT در حوزه آبخیز مروست از طریق روش SUFI-2 روی یک دوره ۵ ساله از داده‌ها با مقایسه مقادیر جریان مشاهداتی و شبیه‌سازی شده انجام شد. اعتبارسنجی مدل SWAT روی یک

دوره یکساله از داده‌ها با مقایسه مقادیر جریان شبیه‌سازی شده و مشاهداتی صورت گرفت (شکل ۵).

کالیبراسیون به ما اجازه داد تا یک عملکرد خوبی از مدل برای مقادیر جریان با یک ضریب ناش ساتکلیف ۰/۶۶ و ضریب دقت ۱۳/۲- به‌دست آید (شکل ۶). پس از کالیبره کردن اعتبارسنجی داده‌های باقیمانده مقدار ضریب ناش ساتکلیف ۰/۶۸ و ضریب دقت ۱۱/۶- را نشان داد (شکل ۷).

عدم قطعیت مدل

جدول ۴ اولویت پارامترهای مؤثر در شبیه‌سازی در مدل SWAT پس از واسنجی از طریق الگوریتم SUFF2 را نشان می دهد. در حوضه‌هایی که این پارامترها و ضرایب برای آنها در دسترس نیست در اولین مرحله شبیه‌سازی از مقادیر پیش‌فرض مدل استفاده می‌شود و در مرحله واسنجی مقادیر مناسب آنها تعیین می‌شود.

در آنالیز حساسیت ابتدا ۷ پارامتر مربوط به جریان انتخاب شدند. پس از اولین اجرا، ۴ پارامتر شماره منحنی، متوسط طول شیب آبراهه، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و ضریب جبران تبخیر از سطح خاک حساس‌ترین پارامترها برای مدل‌سازی جریان در حوزه آبخیز مروست مشخص شدند. نتایج در این حوزه آبخیز برای ۴۵۷ واحد هیدرولوژیکی و ۱۱ زیرحوضه بوده است. نتایج شبیه‌سازی در بازه زمانی ماهانه ایجاد شده به وسیله مدل SWAT مناسب بود که برای مدیریت منابع آب در حوضه مروست می‌تواند مفید باشد.

مدل‌سازی سناریوهای تغییر کاربری و تغییر دما

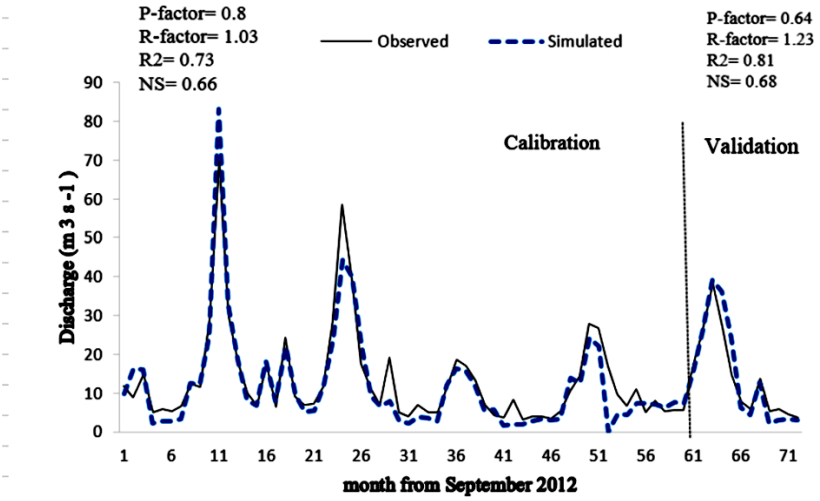
پدیده گرمایش جهانی باعث تغییر اقلیم کره زمین می‌شود و به دنبال این رویداد، الگوهای آب و هوایی نیز در بلندمدت از مکانی به مکان دیگر تغییر خواهد کرد. یکی از نشانه‌هایی که می تواند گواه روند افزایش دمای هوا به‌ویژه در عرض‌های میانه باشد، تغییر در رژیم بارش‌ها در این مناطق است. فارغ از تغییر بارش‌ها از نظر کمی در سال‌های اخیر، تغییر در رژیم بارش‌ها به ویژه در مناطق خشک، رفتار هیدرولوژیکی حوزه های آبخیز این مناطق را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است. از طرفی همگام با تغییرات در متغیرهای اقلیمی در سال‌های اخیر در بسیاری از مناطق، مدیریت زراعی نیز به نحو صحیحی صورت نمی‌گیرد. بنابراین در این تحقیق مدل واسنجی شده SWAT در دو سناریوی متفاوت اجرا شد. سناریوی اول مربوط به تبدیل اراضی باغی (پسته) به اراضی زراعی (گندم) در دو سطح ۲۰ و ۵۰ درصد از کاربری است. در عین حال سایر شرایط، اعم از اقلیمی و مدیریتی ثابت درنظر گرفته شد. سناریوی دوم مربوط به افزایش دمای روزانه به میزان ۰/۵ درجه سانتی‌گراد با فرض ثابت بودن سایر شرایط است. شکل ۸ نتایج حاصل از مقایسه مقادیر دبی مشاهداتی و برآوردی مربوط به سناریوی تغییر کاربری کشاورزی به میزان ۲۰ درصد را نشان می‌دهد.

متوسط دبی ماهانه مقادیر مشاهداتی ۱۲/۵۲ مترمکعب بر ثانیه و در حالت سناریوی تغییر کاربری به میزان ۲۰ درصد برابر ۱۳/۷۸ است. شکل ۹ نیز نتایج حاصل از مقایسه دبی مشاهداتی و برآوردی را در حالت تغییر کاربری کشاورزی به میزان ۵۰ درصد (از حالت کشت پسته به کشت گندم) با ثابت فرض کردن سایر شرایط ادافیکی و اقلیمی را نشان می‌دهد. در این حالت نیز مقادیر ماهانه دبی برآوردی با متوسط ۱۴/۰۲ مترکعب بر ثانیه افزایش یافته است.

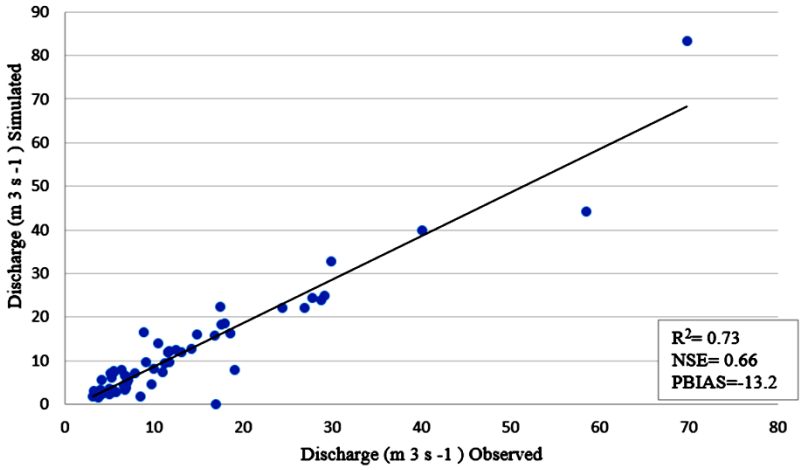
شکل ۱۰ نیز نتایج حاصل از مقایسه دبی مشاهداتی و برآوردی را در حالت سناریوی دوم یعنی تغییر شرایط دمایی (افزایش دمای حداقل و حداکثر روزانه به میزان ۰/۵ درجه سانتی گراد) با ثابت فرض کردن سایر شرایط مدیریتی و اقلیمی را نشان می‌دهد. در این حالت نیز مقادیر ماهانه دبی برآوردی با متوسط ۱۶/۲۴مترمکعب بر ثانیه افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

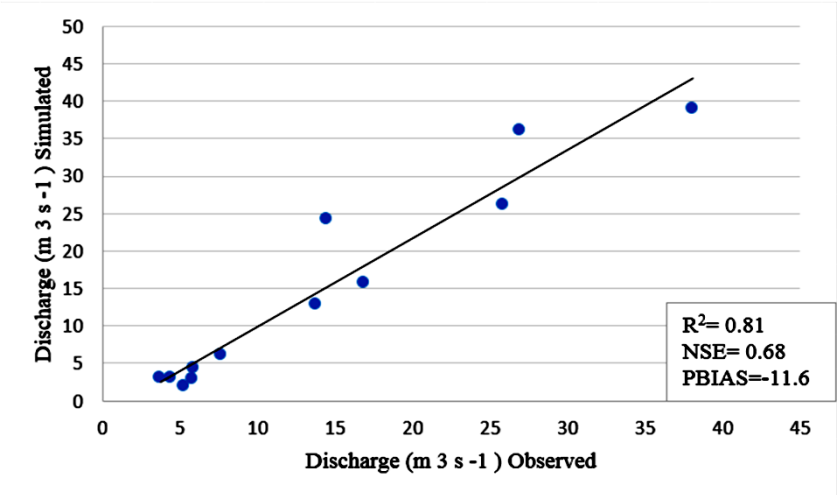
در این تحقیق با به‌کارگیری فناوری سنجش از دور و با استفاده از تصاویر لندست ۸ اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه



شکل ۵. مقادیر ماهانه جریان مشاهداتی و شبیه‌سازی شده برای کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل SWAT (شروع دوره ۱۳۹۱/۰۶/۱۱)



شکل ۶. نمودار توزیعی مقادیر مشاهداتی و برآوردی در دوره کالیبراسیون

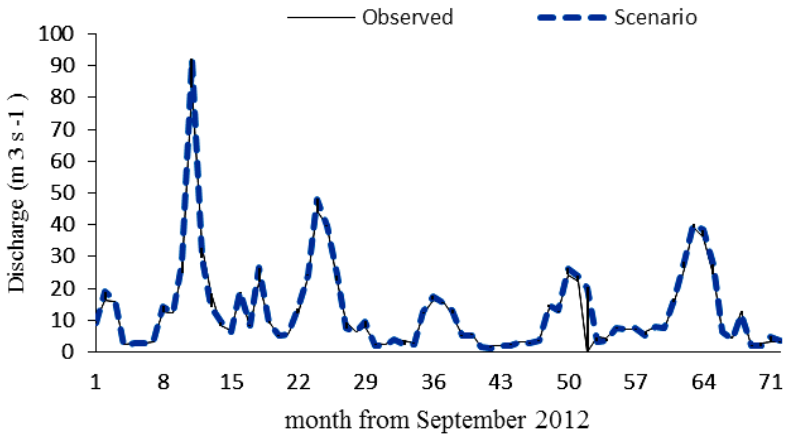


شکل ۷. نمودار توزیعی مقادیر مشاهداتی و برآوردی در دوره اعتبارسنجی

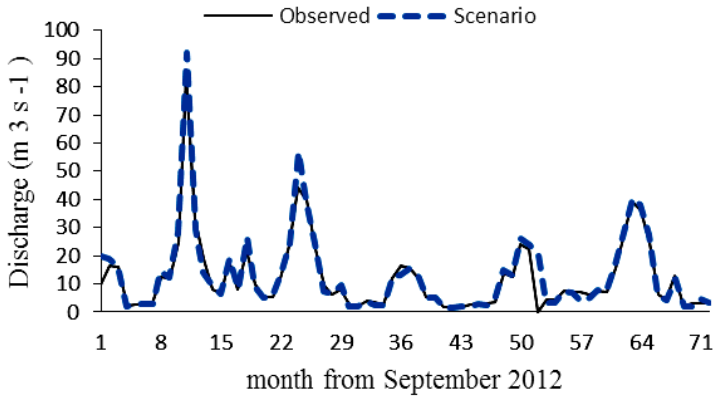
جدول ۴. پارامترهای به‌کار رفته برای آنالیز حساسیت، مقادیر داده شده و مقادیر P-values بعد از کاربرد SUFI-2

پارامتر	رتبه	مقدار بهینه	مقدار حداقل	مقدار حداکثر	شاخص P
R__CN2.mgt	۱	۰/۱۲۲	۰/۰۸۴	۰/۲۵۳	۰/۸۷
R__SLSUBBSN.hru	۲	۰/۱۱۰	۰/۰۷۸	۰/۱۹۴	۰/۳۵
R__SOL_K().sol	۳	-۰/۱۱۰	-۰/۱۸۰	-۰/۰۱۶	۰/۳۵
V__ESCO.hru	۴	۰/۹۲	۰/۰۰۵	۱	۰/۷
V_ Alpha_Bf.rte	۵	۰/۳۵	۰	۱	۰/۷۸
V__CH_N2.rte	۶	۰/۰۷	۰	۰/۹۷	۰/۳۷
V__CH_K2.rte	۷	۲۸/۰۳	۰	۱۵۰	۰/۷۳

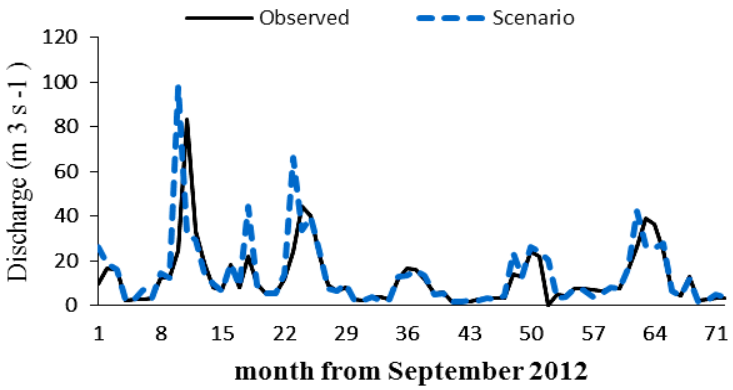
V: means the existing parameter value is to be replaced by a given value;
R: means an existing parameter value is multiplied by (1 þ a given value)



شکل ۸. مقادیر جریان ماهانه شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای سناریو ۱ (تغییر ۲۰ درصد کاربری اراضی) شروع دوره ۱۳۹۱/۰۶/۱۱



شکل ۹. مقادیر جریان ماهانه شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای سناریو ۱ (تغییر ۵۰ درصد کاربری اراضی) شروع دوره ۱۳۹۱/۰۶/۱۱



شکل ۱۰. مقادیر جریان ماهانه شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای سناریو ۲

آبخیز مروست شد. به‌منظور طبقه‌بندی تصویر لندست از روش شیءگرا استفاده و کارایی نقشه حاصل بر اساس نقاط کنترل زمینی در حد قابل قبولی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از روش شیءگرا بیشترین مساحت منطقه متعلق به کاربری مرتع فقیر و کمترین آن محدوده ساخت و ساز شده شهری است. اراضی باغی و زراعی نیز که کاربری‌های مورد مطالعه در این تحقیق هستند نیز تنها ۶ درصد از مساحت منطقه را شامل می شوند. نوع محصول زراعی غالب در منطقه گندم و محصول باغی غالب در منطقه پسته است. همچنین در این مطالعه برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوضه مروست با استفاده از داده‌های اقلیمی و هیدرومتری موجود، از مدل مفهومی SWAT استفاده شده است. همچنین از برنامه SUFI-2 در بسته SWAT-CUP برای تجزیه و تحلیل، کالیبراسیون، عدم قطعیت، اعتبارسنجی و تحلیل حساسیت استفاده شد. داده‌های هیدرومتری موجود، برای تنظیم مدل و همچنین کالیبراسیون و اعتبار سنجی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مدل‌سازی در مرحله واسنجی و صحت‌سنجی نشان از کارایی مناسب مدل در شبیه‌سازی جریان سطحی در منطقه مورد مطالعه دارد. نتایج شیفرا و همکاران (۱۶) که برای آگاهی از پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبخیز ایلالا در ازای تغییرات اقلیم از مدل SWAT استفاده کرده‌اند، نشان داده است که مدل SWAT کارایی لازم برای مدل‌سازی شرایط هیدرولوژیکی حوضه را دارد که نتایج تحقیق کنونی نیز با آن همسو است.

تبدیل کاربری اراضی باغی به زراعی به میزان ۲۰ و ۵۰ درصد و همچنین افزایش دما به میزان ۰/۵ درجه سانتی‌گراد با ثابت فرض کردن سایر شرایط، سناریوهای مورد آزمون با استفاده از مدل SWAT واسنجی شده است. درنهایت نتایج اجرای مدل با هر سناریو با وضعیت پایه ثابت مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که مدل به‌خوبی توانسته است، تأثیر تغییر کاربری اراضی و تغییر رژیم دمایی در میزان تغییر پارامترهای هیدرولوژیکی را نشان دهد. هر چند کمیت واکنش هیدرولوژیکی حوضه نسبت اعمال سناریوهای مختلف چندان زیاد نیست ولی در مقایسه آنها می‌توان به تأثیر بالاتر متغیر اقلیمی در تغییرات میزان رواناب حوضه پی برد. نتایج تحقیق افزایش ۱۰، ۱۲ و ۳۰ درصدی به‌ترتیب برای سناریوهای مذکور در میزان رواناب سطحی حوضه را نشان می‌دهد. در زمینه تأثیر تغییر کاربری اراضی باغی به زراعی نظم خاصی در تغییر میزان جریان در حوضه به‌ویژه در مواقع سیلابی دیده نمی‌شود و بیشتر در افزایش میزان متوسط جریان در منطقه تأثیرگذار است. در حالی که روند تغییرات در اعمال سناریوی تغییر دما بارزتر است که با نتایج تحقیق ژی و همکاران (۱۹) همخوانی دارد. به‌طوری که با وجود افزایش میزان رواناب در مواقع سیلابی، تغییر در زمان رخداد سیلاب‌ها در اکثر موارد مشاهده می‌شود. دلیل این تغییر در رفتار هیدرولوژیکی را می‌توان به تغییر رژیم بارش‌ها به‌دنبال افزایش دمای احتمالی نسبت داد. نتایج این تحقیق در جهت

مدیریت جامع حوزه های آبخیز به‌ویژه در مناطقی که رفتار هیدرولوژیکی به‌نسبت پیچیده‌ای در اثر شرایط متنوع ادافیکی و اقلیمی دارند، می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران دورنمایی از شرایط هیدرولوژیکی منطقه را نشان دهد.

منابع مورد استفاده

1- Arnold, J. G., J. R. Kiniry, R. Srinivasan, J. R. Williams, E. B. Haney and S. L. Neitsch. 2012. Soil & Water Assessment Tool: Input/Output Documentation. Texas Water Resources Institute.

2- Arnold, J. G., R. Srinivasan, R. S. Muttiah and J. R. Williams. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: model development. *Journal of the American Water Resources Association* 34(1): 73-89.

3- Elshamy, M. E., I. A. Seierstad and A. Sorteberg. 2009. Impacts of climate change on Blue Nile flows using bias-corrected GCM scenarios. *Hydrology and Earth System Sciences* 13: 551-565.

4- Gupta, H. V., S. Sorooshian and P. O. Yapo. 1999. Status of automatic calibration for hydrologic models: comparison withmultilevel expert calibration. *Journal of Hydrology Engineering* 4(2): 135-143.

5- Hatfield, J. L., K. J. Boote, B. A. Kimball, L. H. Ziska, R. C. Izaurralde, D. Ort, A. M. Thomson and D. Wolfe. 2011. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. *Agronomy Journal* 103: 351-370.

6- Kilbler, D. F., C. D. Froelich and G. Aron. 2007. Analyzing urbanization impacts on Pennsylvania flood peak, *Journal of American Water Resources Association* 17(2): 270-274.

7- Liu, Y. B., F. Smedt, F. Hoffmann and L. Pfister. 2004. Assessing Land Use Impact on Flood Processes in Complex Terrain by Using GIS and Modeling Approach, Environmental Modeling and Assessment, 2004 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

8- Merritt, W. S., R. A. Letcher and A. J. Jakeman. 2003. A review of erosion and sediment transport models. *Enviromental Modelling & Software* 18:761-799.

9- Moghim, S., J. Rahmani. 2021. Efficient Water Management under Climate Change in Urmia Plain. *Journal of Water and Soil Science* 25(1): 129-140.

10-Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models, part I: A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10(3): 282-290.

11-Neitsch, S. L., J. G. Arnold, J. R. Kiniry and J. R. Williams. 2011. Soil and water assessment tool theoretical documentation, version 2009. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406. Texas A&M University System, College Station, Texas, 77843-2118.

12-Roudier, P., B. Sultan, P. Quirion and A. Berg. 2011. The impact of future climate change on West African crop yields: What does the recent literature say?. *Global Environmental Change* 21(3): 1073-1083.

13-rashidi, H., A. Haghizadeh, H. Zeinivand and N. Tahmasebipour. 2021. Modeling the effects of land use change on surface runoff in the watershed of Khorramabad using RS and GIS integration model and L- THIA. *Journal of Environmental Science and Technology* 23(3): 283-296.

14-Saghafian, B., H. Farzjoo, B. Bozorgy and F. Yazdandoost. 2008. Flood intensification due to changes in land use. *Water Resource Management* 22(8): 1051-1067.

15-Shang, J. and P. Wilson. 2009. Watershed urbanization and changing flood behavior across the Los Angeles metropolitan region. *Natural Hazard* 48: 41-57. DOI 10.1007/ SI 1069-008-9241-7.

16-Shiferaw, H., A. Gebremedhin, T. Gebretsadkan and A. Zenebe. 2018. Modelling hydrological response under climate change scenarios using SWAT model: The case of Ilala watershed, Northern Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment* 4: 437-449.

17-Suriya S. and B. V. Mudgal. 2011. Impact of urbanization on flooding: the Thirusoolam sub watershed-A case study. *Hydrology Journal* 412-413: 210-219. doi 10.1016/j. jhydrol.

18-Thomas, W. O. and M. A. Benson. 1968. Uniform Flood Fregency Estimating Methods for Federal Agences. Water Resources Geology.

19-Zhi, L., W. Liu, X. C. Zhang and F. L. Zheng. 2009. Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China. *Journal of Hydrology* 377: 35-42.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 26, No. 4, Winter 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Flood Modeling of Marvast Basin Influenced by Climate and Cultivation Pattern Changes

M. Hayatzadeh[1*], M. Eshghizadeh[2] and V. Moosavi[3]

(Received: July 30-2021; Accepted: June 25-2022)

Abstract

The land use change as well as changes in climatic parameters such as temperature increase affect many natural processes such as soil erosion and sediment production, floods, and degradation of physical and chemical properties of soil. Therefore, it is necessary to pay attention to different aspects of the effect of these changes in studies and macro decisions of the country. In the present study, the SWAT conceptual model was used to test and analyze the existing scenarios in the Marvast basin. After calibrating the model, the two scenarios were tested. The first scenario is in the field of agricultural management and conversion of gardens to agricultural lands and the second scenario is a 0.5-degree increase in temperature by assuming other conditions are constant. The calibration and validation results of the model with the Nash-Sutcliffe test showed 0.66 and 0.68 respectively, which indicate the acceptable performance of the model in the study area. Then, the results of using two scenarios of land use change and heating, especially in recent years showed the effect of 30 percent of the climate scenario on the increase of flooding in the basin. The scenario of changing the use of garden lands to agriculture in two cases of 20% and 50% change of use of 10% and 12% was added to the flooding of the basin. The results indicate that in similar areas of the study area which is located in a dry climate zone, a possible increase in temperature can have a significant effect on flooding in the basin. However, the indirect impact of the human factor in increasing greenhouse gases and flooding in the basin should not be ignored.

Keywords: Global warming, Land use change, Crop management, Modeling

1. Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
2. Department of Agricultural Engineering, Faculty of Basic Sciences, University of Gonabad, Gonabad, Iran.
3. Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
*: Corresponding author, Email: mhayatzadeh@ardakan.ac.ir