دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی آینده بر آورد رسوب معلق حوزه‌های آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهرکرد)

رضا قضاوی[۱]، عباس غفاری[۲] و سیامک دخانی[۳]

۱- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه کاشان، (نویسنده مسوول: ghazavi@kashanu.ac.ir)
۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد و استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه کاشان
تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۱

چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که بخش‌های مختلف زندگی انسان را در روی زمین تحت تاثیر قرار داده است. ارزیابی پدیده تغییر اقلیم و پیامدهای احتمالی آن بر فرآیندهای هیدرولوژی حوضه کمک فراوانی به چالش‌های مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب در دوره‌های آتی خواهد کرد. هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر پدیده تغییر اقلیم بر آورد رسوب خروجی حوضه شهرکرد در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ می‌باشد. در این تحقیق از مدل نیمه توزیعی SWAT در ارزیابی اثر تغییراقلیم بر آورد رسوب حوزه آبریز شهرکرد استفاده شده است. دراین راستا ابتدا مدل پیوسته نیمه توزیعیSWAT برای دوره پایه ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ مورد واسنجی و اعتبارسنجی قرار گرفت. سپس جهت ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بر آورد رسوبات معلق حوضه در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ میلادی داده‌های مدل اقلیمی HadCM3 تحت سناریوهای انتشار A1B، A2 وB1 برای منطقه ریزمقیاس شد. در ادامه داده‌های اقلیمی ریزمقیاس شده به مدل SWAT معرفی و تغییرات رسوب در دوره آتی و در پایه‌های زمانی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج سناریوی اقلیمی دما و بارش مدل HadCM3 نشان داد که در دوره‌ی ۲۰۶۵-۲۰۴۶ دمای منطقه در ماه‌های مختلف بین ۱/۱ تا ۲/۶ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه افزایش خواهد داشت. بارش نیز بجز در ماه‌های کم بارش، تغییری بین ۱۸ تا ۳۰- درصد خواهد داشت که می‌تواند بر مقدار کلی آورد رسوب حوزه آبخیز اثرگذار باشد. شبیه‌سازی‌ها همچنین نشان از تغییر رسوب روزانه بین ۵- تا ٤٦ درصد دارند. در هر سه سناریو در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ کاهش رسوب در مقایسه با رسوب مشاهداتی برای ماه‌های فوریه، مارس و می و افزایش دبی برای سایر ماه‌های سال برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: SWAT، سناریوهای اقلیمی،منابع آب، رسوب ، مدل گردش عمومی HadCM3، LARS-WG

مقدمه

رویکرد توسعه پایدار با حفظ و مدیریت منابع سه گانه آب، خاک و پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز ممکن می‌شود (۱۲،۱۳،۱۴). تغییرات اقلیمی در بعضی موارد می تواند منجر به ایجاد تغییر در میزان، شدت و پراکنش بارندگی‌ها شده، علاوه بر تاثیر بر منابع آب، موجب افزایش میزان فرسایش شود. فرسایش خاک طی چند دهه اخیر به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی جهان مطرح بوده است. رسوب و فرسایش هر چند که می‌توانند به صورت طبیعی رخ دهند، اما توسط فعالیت‌های انسانی نظیر جنگل‌تراشی، چرای بیش از حد دام‌ها و مدیریت کشاورزی ناپایدار تشدید می‌شوند. این فرآیندها سبب تخریب منابع طبیعی و ته‌نشت رسوب در مزارع، دشت‌های ساحلی و سیلابی و سدها می‌شود (۱۱). بر اساس آمار منتشر شده توسط فائو، در سال ۱۹۹۴ میزان فرسایش خاک در ایران بین ۱۵ تا ۲۰ تن بر هکتار در سال برآورد شده است، در حالی که این میزان در زمان مشابه در آمریکا و اروپا کمتر از یک تن بر هکتار در سال بوده است (۱۵،۳).

گرم شدن زمین و تاثیر آن بر چرخه آب مسئله‌ای است که امروزه تمام دانشمندان علوم جوی بر روی آن اتفاق نظر دارند. بر اساس یکی از نظریه‌های موجود، بخشی از دلایل تغییر اقلیم در دوره‌های آماری، مربوط به فعالیت‌های بی‌رویه انسان و بویژه فعالیت‌های صنعتی و افزایش گازهای گلخانه ای است (۱۹). هیئت بین دول تغییر اقلیم (IPCC) با قطعیت بالا (احتمال ۹۹ درصد) گزارش کرده است که دمای سطح خشکی و آب در کره زمین از قرن ۱۹ تاکنون به میزان ۰/۴ تا ۰/۷۸ درجه سانتیگراد افزایش داشته است (۷). همچنین در مقیاس جهانی از سال ۱۹۹۰ تاکنون شاهد ۱۰ سال گرم بوده‌ایم که ازسال ۱۸۶۰ تاکنون بی‌سابقه بوده است (۱۲). براساس پیشگویی‌های هیأت بین دولتی تغییر اقلیم با توجه به رشد جمعیت و افزایش نیاز بشر به انرژی، دی اکسید کربن از میزان ۳/۱ میلیارد تن در سال ۱۹۸۵میلادی، به میزان ۴/۷ میلیارد تن در سال ۲۰۲۵ میلادی، افزایش خواهد یافت (۹). مدل‌های گردش عمومی و مطالعات انجام شده، بیانگر افزایش درجه حرارت به میزان ۱ الی ۲ درجه سانتی‌گراد و افزایش بارندگی، به میزان ۳ الی ۱۵ درصد می‌باشند. اما به دلیل الگوی غیر یکنواخت توزیع، در مناطق خشک و نیمه خشک، کاهش بارندگی و در مناطق مرتفع و مرطوب افزایش بارندگی مشاهده می‌شود (۱۹۹۶، IPCC). تمام مدل‌های گردش عمومی جو افزایش دما در سطح زمین و افزایش شدت بارش و مقدار آن بر اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای را در قرن حاضر پیش‌بینی می‌کنند (۱۲). هوای گرم قادر به نگهداری رطوبت بیشتر می‌باشد که افزایش تبخیر از سطوح مرطوب را به همراه دارد. با افزایش رطوبت در اتمسفر، رخدادهای بارش باران و برف در بعضی مناطق شدیدتر شده و پتانسیل وقوع سیلاب افزایش می یابد. باتوجه به اینکه مقدار رطوبت درخاک برای تبخیر کم و یا ناچیز می‌باشد میزان بازتابش خورشیدی از سطح خاک بیشتر شده که این نیز به شدت و مدت گرم شدن می‌افزاید. بنابراین تغییر در اقلیم، مقدار رطوبت خاک، تغذیه آب‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

زیرزمینی، فراوانی سیلاب و وقوع خشکسالی در مناطق مختلف را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲). مطالعات مختلفی که با استفاده از الگوهای فعلی بارش انجام شده نیز نشان داده که تغییرات اقلیمی باعث نوساناتی در میزان برف و باران و به خصوص کاهش نسبت برف به باران و همچنین تغییراتی در میزان رطوبت خاک، شدت و فراوانی طوفان‌ها، رواناب، سیلاب‌ها، و میزان رسوب شده است (۲،۱۶).

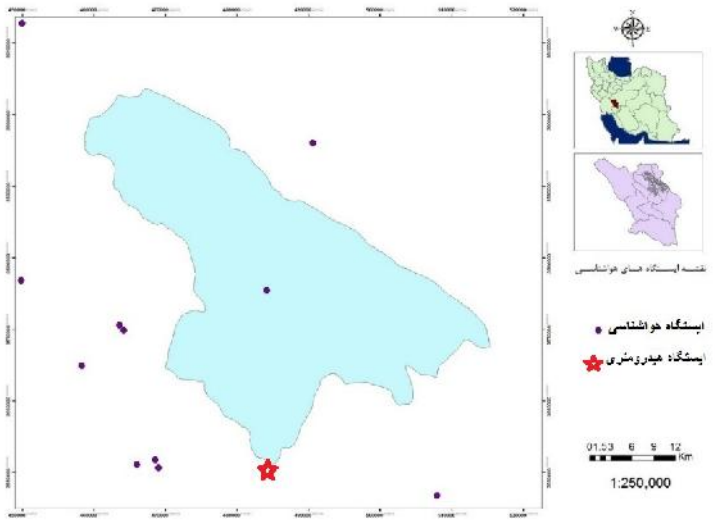
مطالعات متعددی به بررسی و شبیه‌سازی تاثیر تغییرات اقلیمی بر آورد حوضه‌های آبخیز پرداخته اند. در بسیاری از این مطالعات، داده‌های ریز مقیاس شده اقلیمی به عنوان ورودی‌های مدل کالیبره شده هیدرولوژیکی به این مدل‌ها معرفی شده و تاثیرات احتمالی تغییر اقلیم بر آورد دبی و رسوب حوضه‌های آبخیز بررسی شده است (۱۲،۱۳،۴،۶). اثر تغییر در رژیم بارندگی بر رواناب بارندگی ماهانه با استفاده از خروجی‌های مدل HadCM3 در هشت منطقه در ایالات متحده آمریکا بررسی بررسی شد (۱۳). آنها گزارش کردند که تغییرات در بارندگی سالانه از ۱۰/۶ درصد تا ۹/۶- و تغییر در میزان رواناب از ۲۴- درصد تا ۴۱/۵ درصد متغیر می‌باشد. اثرات روند تغییرات اقلیمی گذشته در حوضه سن جاکینتو تگزاس با استفاده از مدل SWAT شبیه‌سازی شد (۱۲). نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش جریان رودخانه می‌تواند سیلابی شدن بیشتر را به همراه داشته باشد این در حالی است که فراوانی جریان‌های نرمال و جریان‌های کمینه کاهش یافته است.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسان همراه با تغییرات اقلیمی باعث تغییر در چرخه هیدرولوژیکی شده و این امر خود میزان فرسایش و رسوب را در حوزه‌های آبخیز تحت تاثیر قرار داده است. وقوع سیل‌های با شدت بالا، گرما و سرماهای بی موقع، تکرار بیشتر خشکسالی‌ها، بالا آمدن سطح آب دریاها، کاهش ضخامت لایه ازن، گرم شدن جهانی هوا و ذوب شدن یخ‌های دائمی از جمله مواردی است که بحث تغییر اقلیم را در دهه جاری در جهان بیشتر مطرح کرده است. اهداف اصلی در این مطالعه عبارتند از: ۱) پیش‌بینی تغییرات میزان بارش و دما تحت تاثیر تغییر اقلیم در حوزه آبخیز شهرکرد و ۲) برآورد تغییرات میزان آورد رسوب در زیرحوضه دشت شهرکرد تحت تاثیر تغییرات دما و بارش.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حوزه آبخیز شهرکرد در استان چهار محال و بختیاری و در محدوده شهرستان شهرکرد می‌باشد ('۳۸ ، °۵۰ تا '۱۰ ، °۵۱ طول شرقی و '۰۷، °۳۲ تا '۳۵ ،°۳۲ عرض شمالی). رودخانه اصلی این حوضه رود جهانبین است که پس از دریافت آب مازاد چشمه‌ها و قنوات در نواحی جنوبی به رودخانه کیار متصل می‌شود. مساحت تقریبی حوزه آبخیز مورد مطالعه ۱۱۹۵ کیلومترمربع و میزان بارش سالانه منطقه بین ۳۵۰ تا ۶۵۰ میلی‌متر متغیر بوده و میزان متوسط بارندگی در این منطقه ۴۲۷/۶ میلی‌متر در سال برآورد شده است (شکل ۱). متوسط دمای سالانه حوزه آبخیز شهرکرد برابر ۱۱.۴ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی حوزه آبخیز شهرکرد همراه با موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده
Figure 1. Situation of the Sharekord watershed in Iran and in Shahrekord province and location of the meterological station

در این مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر میزان آوردرسوب در زیر حوضه دشت شهرکرد، کارون شمالی با استفاده از مدل تغییر اقلیم Lars WG و مدل SWAT مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور ابتدا مدلSWAT بر اساس داده‌های اندازه‌گیری

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

شده دبی و رسوب در خروجی حوضه مورد مطالعه با ۷۰ درصد از داده‌ها واسنجی و با ۳۰ درصد باقیمانده اعتبار سنجی شد. با توجه به این‌که در منطقه مورد مطالعه ایستگاه هیدرومتری شهرکرد در خروجی منطقه مورد بررسی قرار دارد و از آمار بلندمدت دبی آب و رسوب (مترمکعب برثانیه) برخوردار است به‌عنوان ایستگاه شاهد در نظر گرفته شد و داده‌های این ایستگاه به‌عنوان داده‌های مشاهداتی به نرم‌افزار SWAT CUP داده شد و با توجه به این داده‌ها، خروجی مدل مورد واسنجی و اعتبار سنجی قرار گرفت.

کالیبراسیون مدل به صورت اتوکالیبراسیون و با استفاده از برنامه SUFI2 و بر اساس آمار سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ انجام شد. در تحقیق حاضر بیش از ۱۰۰ بار برنامه SUFI2 اجرا شده و مدل واسنجی (کالیبره) شد.

اعتبارسنجی مدل با استفاده از مقادیر پارامترهای اصلاح شده در مرحله واسنجی و بر اساس آمار سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ صورت گرفت. نتیجه این بخش میزان اعتبار مدل واسنجی شده را نشان داده،سپس داده‌های خروجی مدل گردش عمومی جو HADCM3 با سه سناریو تغییر اقلیم A1B (جهان یکپارچه، جمعیت ۹ میلیاردی در سال ۲۰۵۰ با تاکید بر استفاده متعادل از انواع منابع انرژی)، A2 (عدم همگرایی دنیا توسعه منطقه محور) و B1 (دنیا یکپارچه، دوستار محیط زیست، استفاده از منابع پاک و تکنولوژی نوین و تاکید بر راه حل جهانی پایداری محیط زیستی اقتصاد) توسط مدل LARS-WG در حوضه شهرکرد ریز مقیاس شد. خروجی‌های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش می‌باشند. تولید داده توسط این مدل در سه مرحله شامل کالیبره کردن، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی انجام شد. در این مدل داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G شامل بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش به صورت روزانه استخراج شد و برای هر شبکه مدل گردش عمومی جو یک سناریوی خاص مدل LARS-WG تدوین شد. برای تدوین این سناریو داده‌های شبکه‌ای مدل ECHO-G در دوره پیش‌بینی، با دوره پایه مقایسه می‌شوند (Semenov ،۲۰۰۷). این داده‌ها در محیط اکسل وارد و سپس اطلاعات ماهانه و سالانه برای آن بدست آمد ودر نهایت وارد مدل SWAT شد. بعد از واسنجی و اعتبارسنجی اطلاعات در مدل SWAT داده‌های شبیه سازی شده دوره‌های ۳۰ ساله آتی به مدل SWAT معرفی شد و با راه‌اندازی مجدد مدل، میزان رسوب آینده، برای دوره ۳۰ ساله آتی برآورد شد. داده‌های ورودی موردنیاز مدل SWAT شامل داده‌های مربوط به زمین (شامل نقشه رقومی ارتفاع (DEM)، نقشه کاربری اراضی تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدید میدانی، نقشه شبکه آبراهه تهیه شده از لایه‌های دیجیتال آبراهه ومدل رقوم ارتفاعی و نقشه خاک تهیه شده از نقشه خاک اداره کل منابع طبیعی و بازدیدهای میدانی) در محیط GIS تهیه شد (شکل ۲). داده‌های اقلیمی ایستگاه شهرکرد شامل داده‌های مربوط به حداقل، حداکثر و میانگین دمای روزانه، مقدار بارش روزانه، سرعت باد روزانه، تشعشع خورشیدی روزانه و رطوبت نسبی روزانه از اداره هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری و مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه شهرکرد تهیه شد.

در این تحقیق به‌منظور تحلیل کیفیت نتایج، از سه نمایه ضریب همبستگی (رابطه ۱)، راندمان نش- ساتکلیف (رابطه ۲) و میانگین مربعات خطا (رابطه ۳) استفاده شد. به این منظور از دبی‌های شبیه سازی شده بوسیله مدل با مقادیر مشاهداتی در دوره زمانی (۲۰۱۰-۲۰۰۲) استفاده شد.

(رابطه ۱)

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}[(Q_i sim - \bar{Q}_i sim)(Q_i obs - \bar{Q}_i obs)]^x}{\sum_{i=1}^{n}(Q_i sim - Q_i sim)^2 \sum_{i=1}^{n}(Q_i obs - \bar{Q}_i obs)}$$

که در آن $\bar{Q}_i sim$ متوسط مقادیر شبیه‌سازی‌شده، $\bar{Q}_i obs$ متوسط مقادیر مشاهده‌ای هست. $Q_i sim$ مقدار شبیه‌سازی‌شده برای نقطه iام، $Q_i obs$ مقدار مشاهده‌ای برای نقطه iام هست.

(رابطه ۲)

$$E_{NS} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_i sim - Q_i obs)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_i obs - Q_i sim)^2}$$

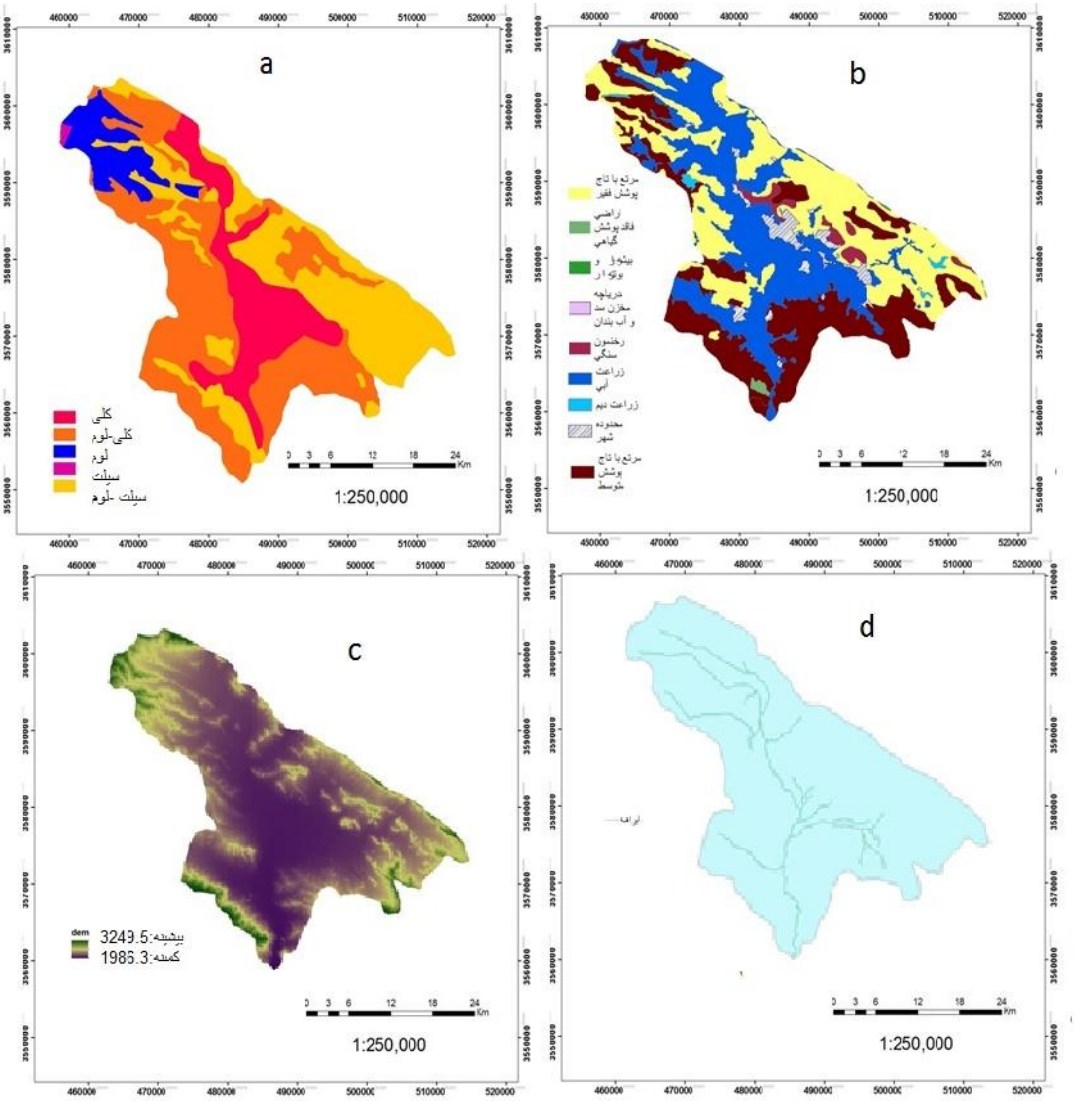
که در آن $Q_i sim$ مقدار شبیه‌سازی‌شده برای نقطه iام و $Q_i obs$ مقدار مشاهده‌ای برای نقطه iام هست. مقدار این ضریب بین یک تا منفی بی‌نهایت متغیر است. مقدار بهینه این متغیر یک هست.

(رابطه ۳)

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Q_i sim - Q_i obs)^2$$

که در آن که در آن $Q_i sim$ مقدار شبیه‌سازی‌شده برای نقطه iام و $Q_i obs$ مقدار مشاهده‌ی برای نقطه iام هست. هرچه این شاخص به صفر نزدیک تر باشد نشان می‌دهد که شبیه‌سازی مدل موفق تر بوده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]



شکل ۲- نقشه بافت خاک (a)، کاربری اراضی (b)، Dem(c) و شبکه آبراهه‌های حوزه آبخیز شهر کرد (d)
Figure 2. Soil texture (a), Land use(b), Dem (c) and Drainage (d) Maps of the Shahrekord watershed

پس از تهیه داده‌ها، در ابتدا از روی نقشه DEM و نقشه شبکه آبراهه‌ها و مختصات خروجی حوزه مرز حوضه بسته شد و حوزه به ۲۷ زیرحوزه تقسیم گردید. پس از مشخص شدن حوزه آبخیز اصلی و زیرحوزه‌ها نقشه کاربری اراضی و سپس نقشه خاک و نقشه شیب به آن اضافه گردید و از تلفیق این سه نقشه واحدهای HRU در نرم‌افزار SWAT مشخص شد (شکل ۳). پس‌ازاین مرحله داده‌های هواشناسی شامل دما، سرعت باد، رطوبت نسبی، بارش و تشعشع خورشیدی بر اساس راهنما آماده‌سازی و وارد مدل گردید در مرحله آخر نیز مدل با پارامترهای پیش فرض به اجرا درآمد. در این مرحله، شبیه‌سازی روزانه با ۳ سال آموزش مدل از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱، ۶ سال واسنجی از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ و ۳ سال اعتبارسنجی شامل سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ اجرا .

آنالیز حساسیت، واسنجی و صحت سنجی مدل

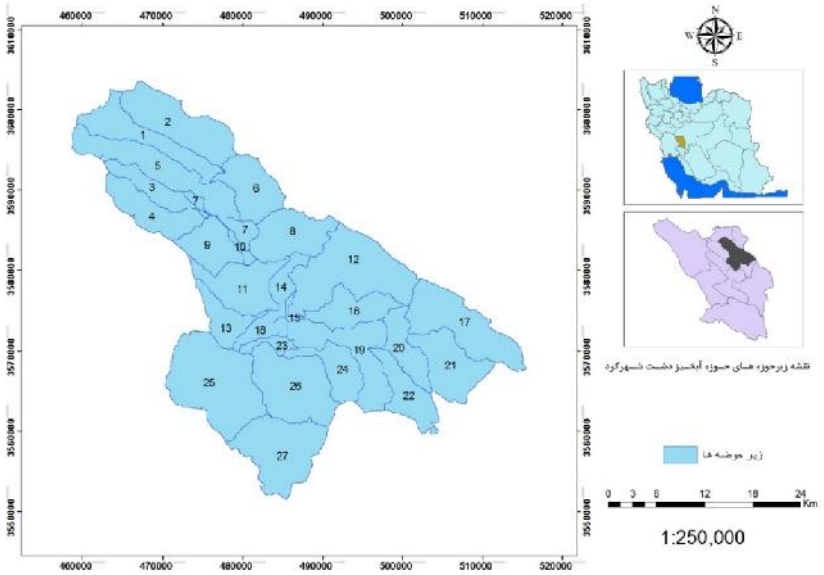
با انجام آنالیز حساسیت می‌توان پارامترهای مهم و حساس را شناخته و با تمرکز بر روی آنها واسنجی مدل را سریعتر انجام داد. در این مطالعه واسنجی مدل بصورت روزانه و با استفاده از برنامه SUFI2 انجام گردید. در ابتدا ۲۰ پارامتر در تولید رواناب و رسوب حوزه آبخیز موثر شناخته شد که این پارامترها به همراه محدوده مجاز تغییرات آن‌ها به مدل وارد گردید.

نتایج و بحث

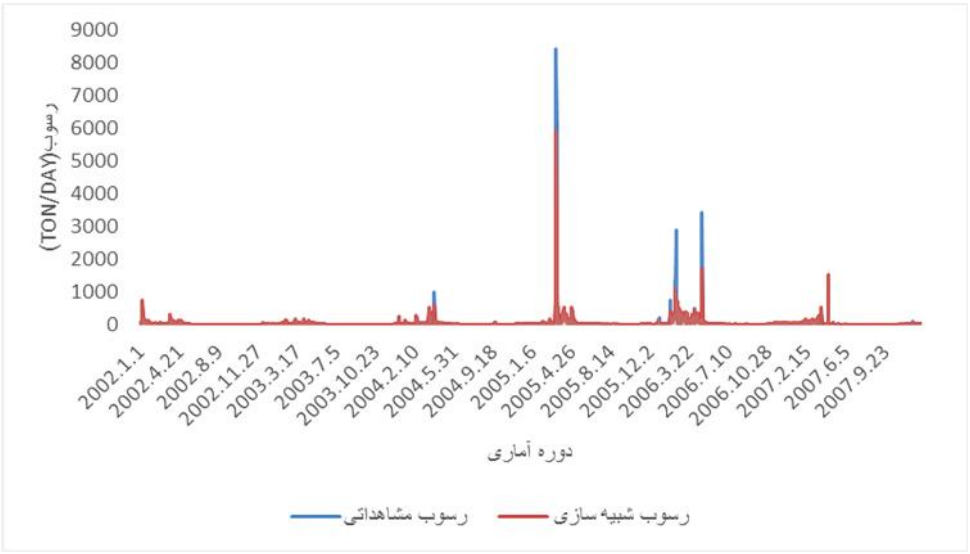
شکل ۴ رسوب متناظر شبیه‌سازی و مشاهده‌ای دوره واسنجی (۲۰۰۷-۲۰۰۲) ضریب همبستگی رسوب مشاهداتی و شبیه‌سازی روزانه برای دوره واسنجی (۲۰۰۷-۲۰۰۲) با

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

۴۸۵جفت داده اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده نشان‌دهنده همبستگی داده‌ها با ضریب ۰/۸۲ در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌داری بود. شکل ۵ رسوب متناظر شبیه‌سازی و مشاهده‌ای روزانه، دوره اعتبارسنجی ۲۰۰۸–۲۰۱۰ و شکل ۶ ضریب همبستگی رسوب مشاهداتی و شبیه‌سازی روزانه، دوره اعتبارسنجی ۲۰۰۸– ۲۰۱۰ را نشان می‌دهند.

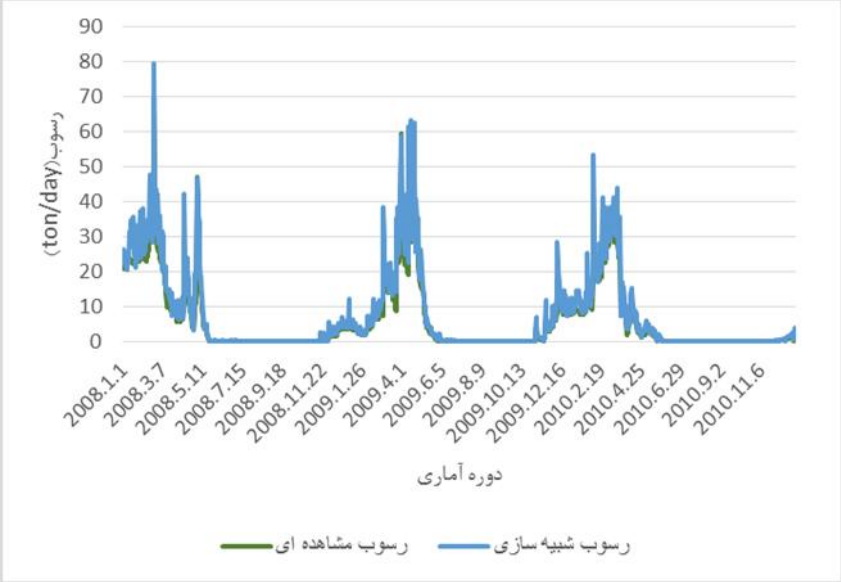


شکل۳- نقشه زیر حوزه‌های حوزه آبخیز دشت شهرکرد
Figure 3. Studied sub- *catchments* in Sharekord Watershed

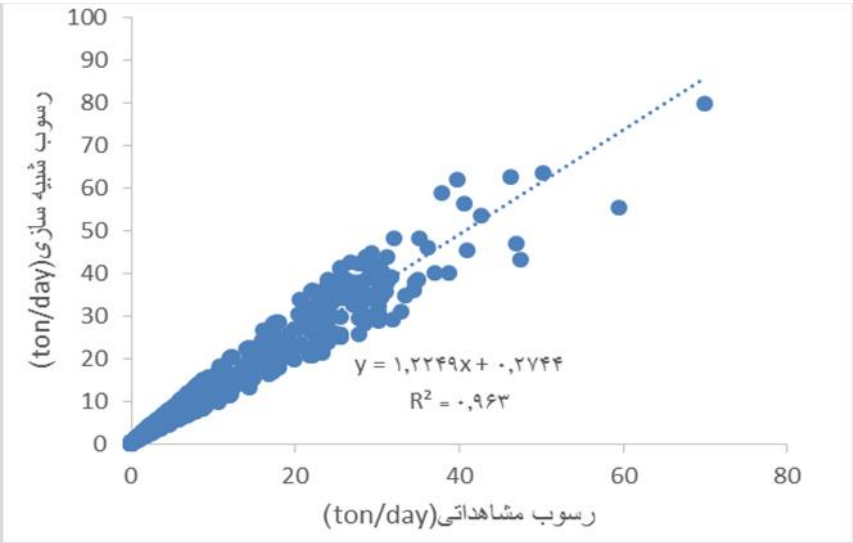


شکل ۴- رسوب متناظر شبیه‌سازی و مشاهده‌ای دوره واسنجی ۲۰۰۲–۲۰۰۷
Figure 4. Observed and simulated daily sediment Calibration period (2002-2007)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]



شکل ۵-رسوب متناظر شبیه‌سازی و مشاهده‌ای روزانه، دوره اعتبارسنجی ۲۰۰۸-۲۰۱۰
Figure 5. Simulated and Observed values of daily sediment Validation period (2010-2008)



شکل ۶- ضریب همبستگی رسوب مشاهداتی و شبیه‌سازی روزانه، دوره اعتبارسنجی
Figure 6. Correlation coefficient between Observed n and simulated daily sediment Validation period (2010-2008)

میزان ضریب تبیین بین داده‌های مشاهداتی و داده‌های شبیه‌سازی شده در دوره اعتبارسنجی رواناب برابر ۰/۹۶ (در سطح ۹۵ درصد) بوده است. جدول (۱) نتایج ارزیابی پارامترهای آماری مرتبط با رسوب در مرحله اعتبارسنجی و واسنجی نشان داده‌شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان ضریب R^2 در دوره اعتبارسنجی در مقایسه با دوره واسنجی به ۱ نزدیک تر شده که نشان‌دهنده همبستگی بیشتر بین رسوب شبیه‌سازی و مشاهده‌ای در دوره اعتبارسنجی می‌باشد. شاخص NS در دوره اعتبارسنجی برابر ۰/۹۰ می‌باشد که نشان‌دهنده ایده‌آل و کامل بودن مدل می‌باشد در صورتی که در دوره واسنجی برابر ۰/۷۵ می‌باشد که نسبت به دوره اعتبار سنجی از رضایت کمتری برخوردار می‌باشد. شاخص‌های R-factor و P-factor در دوره اعتبارسنجی در مقایسه با دوره واسنجی از حالت ایده‌ال تری برخوردار می‌باشد.

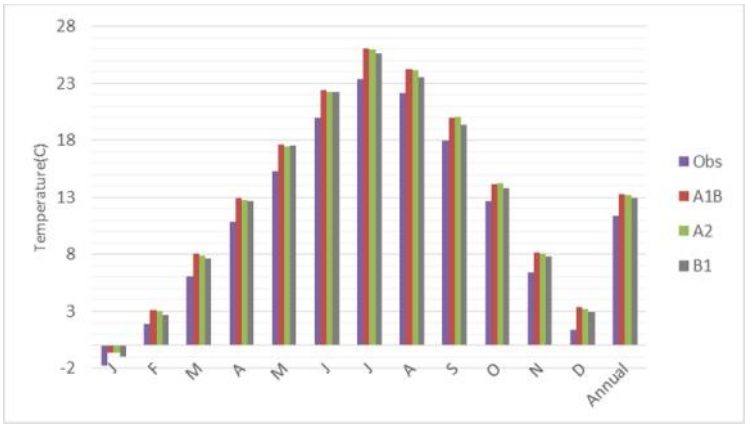
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

جدول ۱- پارامترهای آماری دوره اعتبارسنجی، رسوب روزانه
Table 1. Statistical parameters in validation periods for daily sediment

دوره	R^2	NS	r-factor	p-factor
دوره واسنجی	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۱۹	۰/۵۸
دوره اعتبارسنجی	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۴۲	۰/۵۷

پیش‌بینی تغییرات اقلیمی

تغییرات دمای متوسط سالانه در دوره ۲۰۴۶-۲۰۴۵، برای سه سناریو A1B، A2 و B1 نشان می‌دهد که هر سه سناریو دمای هوا را بیشتر از دمای متوسط سالانه دوره مشاهداتی پیش‌بینی کرده اند. دمای متوسط سالانه برای سناریو A1B در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶، ۱۳/۲۹درجه سانتی‌گراد، برای سناریو A2، ۱۳/۲درجه سانتی‌گراد و برای سناریو B1 در این دوره، ۱۲/۹۱ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است. در مقابل دمای متوسط سالانه مشاهداتی برای دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۵، ۱۱/۳۷ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۷).



شکل ۷- تغییرات دمای متوسط ماهانه و سالانه سناریوهای A1B، A2 و B1 در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ در مقایسه با داده‌های مشاهداتی
Figure 7. Monthly and annual variation of temperature under A1B, A2, and B1 scenarios (2065-2046) Compared to average observation value

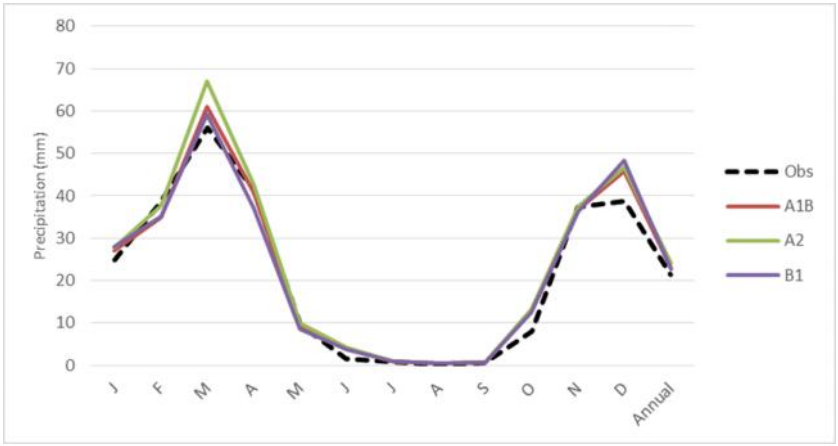
جدول ۲ تغییرات فصلی دما پیش‌بینی شده تحت سه سناریوی B1, A1B, A2 (۲۰۴۶-۲۰۶۵) در مقایسه با مقادیر مشاهداتی نشان می دهد. از نظر تغییرات فصلی، هر سه سناریو در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶، افزایش دما را برای تمام فصول پیش‌بینی کردند که این میزان افزایش، برای فصل‌های بهار و تابستان بیشتر از سایر فصول می‌باشد (جدول ۲). هر سه سناریو به صورت مشترک تنها برای ماه فوریه کاهش بارندگی را برای دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ پیش‌بینی کردند. در حالیکه دو سناریو A1B و B1 برای ماه‌های آوریل، مه و نوامبر نیز این کاهش را پیش‌بینی کرده‌اند (شکل ۴-۱۶). اما در مجموع، بارش متوسط سالانه و ماهانه در این دوره روند افزایشی را دارد.

جدول ۲- تغییرات فصلی دما پیش بینی شده تحت سه سناریوی B1, A1B, A2 (۲۰۴۶-۲۰۶۵) در مقایسه با مقادیر مشاهداتی
Table 2. Seasonal variation of temperature under A1B, A2 and B1 scenarios (2065-2046) Compared to average observation value

فصل	A1B	A2	B1	مشاهداتی	مقدار افزایش (C)
زمستان	۳/۴۹	۳/۴۲	۳/۱۰	۲/۰۷	۱/۰۴ -۱/۴۳
بهار	۱۷/۶۶	۱۷/۴۹	۱۷/۴۸	۱۵/۳۶	۲/۱۲ -۲/۳
تابستان	۲۳/۴۶	۲۳/۴۱	۲۲/۸۸	۲۱/۱۹	۱/۶۹ -۲/۲۸
پاییز	۸/۵۵	۸/۴۹	۸/۱۹	۶/۸۵	۱/۳۳ -۱/۶۹

میزان بارش متوسط سالانه پیش‌بینی شده برای دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ برای سه سناریو A1B، A2 و B1 به ترتیب ۲۷۴/۶، ۲۸۸/۳ و ۲۷۰/۶ میلی‌متر می‌باشد. در مقابل میزان بارندگی مشاهداتی ۲۵۷/۷ میلی‌متر است. در نتیجه میزان افزایش در این دوره، ۱۲/۹ تا ۳۰/۶ میلی‌متر و به عبارتی ۵ تا ۱۱/۹ درصد می‌باشد. تغییرات نسبی بارندگی ماهانه و سالانه پیش‌بینی شده در سناریوهای مختلف نسبت به مقادیر مشاهداتی در شکل ۸ آورده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]



شکل ۸- تغییرات مقادیر بارش متوسط ماهانه و سالانه سناریوهای A1B، A2 و B1 در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ در مقایسه با مقادیر مشاهداتی
Figure 8. Seasonal and annual variation of precipitation under A1B, A2 and B1 scenarios (2065-2046) Compared to average observation value

از نظر تغییرات فصلی، ملاحظه شد که تنها در فصل بهار توسط سناریو B1 کاهش بارندگی وجود خواهد داشت. که این کاهش بارندگی در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ به میزان ۶/۳ درصد پیش‌بینی شده است. دامنه افزایش بارش در جدول (۳) ارائه شده است، همان طور که ملاحظه می‌شود میزان افزایش بارش در فصل پاییز حداکثر و فصل زمستان در رتبه بعد قرار گرفته است.

هر سه سناریو به صورت مشترک برای فصول زمستان و پاییز کاهش ساعات آفتابی را برای دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ پیش‌بینی کرده‌اند.در مجموع، ساعات متوسط تابش نور خورشید سالانه در این دوره با استفاده از دو سناریو A1B و B1 روند افزایشی را دارد. ساعات متوسط تابش نور خورشید سالانه برای سناریو A1B در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶، ۲۶۸/۵۶ ساعت، برای سناریو A2، ۲۶۷/۸۷ ساعت و برای سناریو B1 در این دوره، ۲۶۹/۲۹ ساعت تخمین زده شد. در مقابل ساعات متوسط تابش نور خورشید سالانه مشاهداتی برای دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۵، ۲۶۸/۱۴ ساعت است.

جدول ۳- تغییرات فصلی داده‌های بارش با سه سناریو A1B، A2 و B1 (۲۰۶۵-۲۰۴۶) در مقایسه با میانگین مقادیر مشاهداتی
Table 3. Seasonal variation of precipitation under A1B, A2, and B1 scenarios (2065-2046) Compared to average observed values

فصل	A1B	A2	B1	مشاهداتی	اختلاف (mm)
زمستان	۴۰/۹۷	۴۴/۱۲	۴۰/۷۲	۳۹/۸۶	۰/۸۷ – ۴/۲۶
بهار	۱۸/۰۳	۱۸/۹۱	۱۶/۴۴	۱۷/۵۵	-۱/۱ – ۱/۳۶
تابستان	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۷۲	۰/۵۱	۰/۱۶ – ۰/۲
پاییز	۳۱/۸۶	۳۲/۳۹	۳۲/۳۱	۲۷/۹۸	۳/۸۷ – ۴/۴

تغییرات رسوب در دوره‌های آینده تحت تأثیر تغییر اقلیم

پس از اینکه مدل بارش- رواناب SWAT 2009 در محیط ARC GIS برای خروجی رسوب در ایستگاه خروجی (ایستگاه خروجی حوضه) صحت‌سنجی و اعتبارسنجی شد، داده‌های شبیه‌سازی شده دوره‌های سی ساله (۲۰۴۶-۲۰۶۵) برای سه سناریو A1B ، A2 و B1 به مدل SWAT معرفی شد و با راه‌اندازی مجدد مدل رسوب در حوضه در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ برای هر سه سناریو به دست آمد

تغییرات رسوب روزانه

نتایج حاصل از شبیه‌سازی رسوب تحت تاثیر سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که دو سناریو A1B و B1 افزایش میزان متوسط رسوب را برای دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ را پیش‌بینی نموده‌اند و سناریو A2 کاهش میزان رسوب را پیش‌بینی نموده است سناریوی A1B دارای بیشترین تغییرات وبیشترین افزایش رسوب نسبت به مقادیر مشاهداتی می‌باشد. میزان متوسط رسوب مشاهداتی برابر ۲۱/۰۹ تن در روز می‌باشد در حالی که میزان متوسط رسوب پیش‌بینی تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب برابر ۲۹/۷۷، ۱۹/۹ و ۲۴/۳۶ تن در روز می‌باشد. تغییرات میانگین رواناب پیش‌بینی با سه سناریو A1B، A2 و B1 (۲۰۶۵-۲۰۴۶) در مقایسه با مقادیر مشاهداتی در جدول (۴) ارائه شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

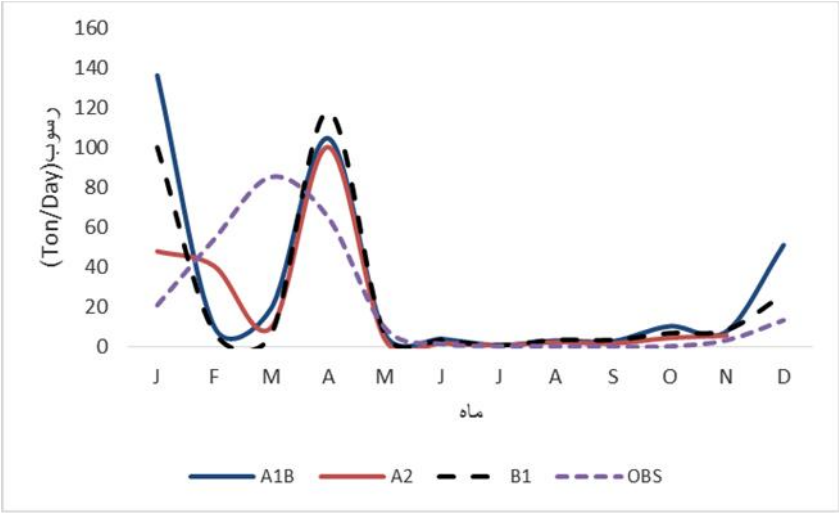
جدول۴- تغییرات میانگین رسوب روزانه با سه سناریو A1B، A2 و B1 (۲۰۶۵-۲۰۴۶) در مقایسه با مقادیر مشاهداتی
Table 4. Dailyl variation of sediment under A1B, A2 and B1 scenarios (2065-2046) Compared to average observation value

سناریو	میانگین رسوب روزانه(Ton/Day)	اختلاف با رسوب مشاهداتی (Ton/Day)	اختلاف با رسوب مشاهداتی (٪)
A1B	۲۹/۷۷	۸/۶۸	۴۱/۱۶
A2	۱۹/۹	-۱/۱۹	-۵/۶۴
B1	۲۴/۳۸	۳/۲۹	۱۵/۶۰
Obs	۲۱/۰۹		

تغییرات رسوب ماهانه

در هر سه سناریو در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶، کاهش رسوب در مقایسه با رسوب مشاهده‌ای در ماه‌های فوریه، مارس، مه، پیش‌بینی شده است که از لحاظ درصد و حجم بیشترین کاهش مربوط به ماه مارس می‌باشد. همچنین افزایش دبی رسوب در ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر، دسامبر مشاهده می‌شود، که از لحاظ درصد بیشترین افزایش مربوط به ماه اکتبر و از لحاظ حجم بیشترین افزایش مربوط به ماه ژانویه می‌باشد. در صورتی که با توجه به کاهش رواناب در ماه‌های آوریل و ژونیه انتظار کاهش رسوب در این دو ماه بود که برعکس افزایش یافته است (شکل ۹). این تغییرات می تواند مرتبط با بارندگی‌های کوتاه مدت با شدت زیاد موجود در منطقه و یا اثر ذوب برف باشد. اختلاف رسوب مشاهداتی و رسوب حاصل از پیش‌بینی سناریوهای A1B، A2 و B1 برای این دوره نیز در جدول ۵ نشان داده شده است.

با توجه به اینکه اکثر بارش‌های منطقه در فصل پاییز و زمستان به صورت برف می باشد و این برف‌ها در طول بهار و تابستان ذوب می‌شوند با وجود کاهش بارش در بهار و تابستان میزان رسوب در این ماه‌ها افزایش می‌یابد.



شکل ۹- تغییرات رسوب شبیه‌سازی ماهانه در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ تحت سه سناریو در مقایسه با میانگین رسوب مشاهده‌ای
Figure 9. Variation of the simyulated sediment under A1B, A2 and B1 scenarios (2065-2046) Compared to average observation value

تغییرات رسوب فصلی

در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶، کاهش رسوب در فصل زمستان در سناریو A2 و B1 وافزایش رسوب در سناریو A1B پیش‌بینی شده است که بیشترین کاهش مربوط به سناریو A2 و بیشترین افزایش مربوط به سناریو A1B می‌باشد (جدول ۶).

در فصل‌های بهار، تابستان و پاییز میزان رسوب بیشتر از مقدار مشاهداتی برآورد می گردد که برای فصل تابستان بیشترین افزایش در مقایسه با رسوب مشاهداتی، براورد شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

جدول ۵- تغییرات رسوب ماهانه با سه سناریو A1B، A2 و B1، (۲۰۶۵-۲۰۴۶) در مقایسه با میانگین رسوب مشاهداتی
Table 5. Monthly variation of sediment under A1B, A2 and B1 scenarios (2065-2046) Compared to average observation value

سناریو	A1B	A2	B1	Obs	اختلاف با رسوب مشاهداتی			درصد اختلاف (٪)		
ماه					A1B	A2	B1	A1B	A2	B1
J	۱۳۶/۵۳۵	۴۸/۰۹۷	۱۰۰/۳۸۳	۲۱/۰۱۵	۱۱۵/۵۲	-۲۷	۷۹/۳۷	۵۴۹/۷۰	۱۲۸/۸۷	۳۷۷/۶۷
F	۱۰/۱۳۰	۴۰/۷۲۴	۷/۴۳۶	۵۴/۳۰۳	-۴۴/۱۷	-۱۳/۵۸	-۴۶/۸۷	-۸۱/۳۴	-۲۵/۰۱	-۸۶/۳۱
M	۱۹/۴۷۶	۹/۸۶۶	۶/۳۱۰	۸۵/۵۰۲	-۶۶/۰۳	-۷۵/۶۴	-۷۹/۱۹	-۷۷/۲۲	-۸۸/۴۶	-۹۲//۶۲
A	۱۰۴/۹۳۰	۱۰۰/۵۰۳	۱۱۸/۳۸۹	۶۵/۲۰۸	۳۹/۷۲	۳۵/۲۹	۵۳/۱۸	۶۰/۹۱	۵۴/۱۳	۸۱/۵۶
M	۶/۳۱۲	۳/۷۵۹	۶/۲۲۱	۹/۶۰۴	-۳/۲۹	-۵/۸۵	-۳/۳۸	-۳۴/۲۷	-۶۰/۸۶	-۳۵/۲۳
J	۴/۰۸۳	۱/۹۵۶	۳/۴۲۶	۱/۵۸۹	۲/۴۹	۰/۳۷	۱/۸۴	۱۵۶/۹۶	-۲۳	۱۱۵/۶۳
J	۰/۸۸۷	۰/۸۸۷	۰/۸۵۷	۰/۶۳۹	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۲	۳۸/۸۱	۳۸/۸۰	۳۴/۱۴
A	۳/۲۸۰	۲/۴۵۵	۳/۶۶۰	۰/۳۱۱	۲/۹۷	۲/۱۴	۳/۳۵	۹۵۵/۳۷	۶۸۹/۹۵	۱۰۷۷/۵۲
S	۲/۹۴۴	۱/۸۵۸	۳/۵۴۹	۰/۳۶۹	۲/۵۷	۱/۴۹	۳/۱۸	۶۹۶/۹۵	۴۰۲/۹۸	۸۶۰/۷۴
O	۱۰/۴۶۳	۴/۶۱۳	۷/۰۰۷	۰/۳۶۱	-۱۰Oct	۴/۲۵	۶/۶۵	۲۷۹۶/۶۷	۱۱۷۷/۱۴	۱۸۳۹/۹۴
N	۷/۹۵۰	۵/۷۴۰	۸/۵۴۱	۳/۴۴۶	۴/۵۰	۲/۲۹	-۵	۱۳۰/۶۹	۶۶/۵۴	۱۴۷/۸۳
D	۵۱/۲۸۹	۲۳/۶۳۴	۲۶/۴۸۸	۱۳/۴۷۶	۳۷/۸۱	۱۰/۱۶	-۱۳	۲۸۰/۶۰	۷۵/۳۸	۹۶/۵۶

جدول ۶- تغییرات دبی رسوب فصلی با سه سناریو A1B ، A2 و B1، (۲۰۶۵-۲۰۴۶) در مقایسه با دبی مشاهداتی (Obs)
Table 6. Seasonal variation of sediment under A1B, A2 and B1 scenarios (2065-2046) Compared to average observation

M	سناریو	رسوب (ton/day)	اختلاف	اختلاف درصد (%)
زمستان	A1B	۵۵/۳۸	۱/۷۷	۳/۳۱
	A2	۳۲/۹۰	-۲۰/۷۱	-۳۸/۶۴
	B1	۳۸/۰۴	-۱۵/۵۶	-۲۹/۰۳
	Obs	۵۳/۶۱		
بهار	A1B	۳۸/۴۴	۱۲/۹۸	۵۰/۹۵
	A2	۳۵/۴۱	۹/۹۴	۳۹/۰۳
	B1	۴۲/۶۸	۱۷/۲۱	۶۷/۵۸
	Obs	۲۵/۴۷		
تابستان	A1B	۲/۳۷	۱/۹۳	۴۳۹/۱۳
	A2	۱/۷۳	۱/۲۹	۲۹۴/۲۵
	B1	۲/۶۹	۲/۲۵	۵۱۱/۵۳
	Obs	۰/۴۴		
پاییز	A1B	۲۳/۲۳	۱۷/۴۷	۳۰۳/۲۹
	A2	۱۱/۳۳	۵/۵۷	۹۶/۶۴
	B1	۱۴/۰۱	۸/۲۵	۱۴۳/۲۲
	Obs	۵/۷۶		

در این مطالعه، هدف ارزیابی کارایی مدل SWAT در برآورد رسوب در پایه‌های زمانی مختلف بود. بررسی کارایی مدل با استفاده از ضرایب ناش ساتکلیف، R^2، p-factor و r-factor حاکی از قابلیت بالای مدل در شبیه‌سازی رسوب می‌باشد. به نحوی که محققان دیگری همچون غلامی (۵) و رستمیان (۱۵) نیز در پژوهش‌های جداگانه‌ای دقت بالای شبیه‌سازی توسط این مدل را تایید کرده‌اند. در این پژوهش، داده‌های خروجی مدل گردش عمومی جو HadCM3 با سه سناریو تغییر اقلیم A1B، A2 و B1 توسط مدل LARS-WG در حوزه آبخیز شهرکرد ریز مقیاس شد و نتایج حاصل از آن در دوره پایه ۲۰۱۴- ۱۹۹۵ و دوره آینده ۲۰۶۵- ۲۰۴۶ مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین دما با در نظر گرفتن سناریوی A1B، ۱/۷۶درجه سلسیوس و با در نظر گرفتن سناریوی A2، ۱/۸۴ درجه و همچنین با در نظر گرفتن سناریوی B1، ۱/۵۵ درجه افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج نشان از افزایش ۷/۷٪ بارش در سناریوی A1B، ۱۴٪ بارش در سناریوی A2 و ۵/۹٪ در سناریوی B1 در دوره ۲۰۶۵- ۲۰۴۶ دارد. همین طور میزان ساعت‌های آفتابی در دوره بررسی و با در نظر گرفتن دو A1B و B1 افزایش و تحت سناریو A2 کاهش خواهد یافت که منطبق با افزایش بارندگی و به طبع آن افزایش ابرناکی آسمان است. با توجه به نتایج مشخص می‌شود که سناریو A2 که دارای بیشترین انتشار در اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن است افزایش دما و بارش بیشتری را پیش‌بینی کرده است. تراکم بیش از حد این گازها در جوّ منجر به وقوع پدیده گلخانه‌ای می‌شود. این گازها توانایی جذب انرژی گرمایی بازتابی از سطح زمین را دارند، لذا می‌توانند موجب افزایش جذب انرژی گرمایی در جوّ شوند و در نتیجه اثر گلخانه‌ای تشدید می‌شود (۱). همچنین به علت غلبه عامل دما در تبخیر، در مجموع میزان تبخیر افزایش خواهد یافت .افزایش دما و تبخیر حرکات همرفتی در خشکی را تشدید می‌کند و سبب بارش‌های شدید و کوتاه مدت خواهد

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

شد. همچنین گرم شدن آب و هوا، زمین را از راه‌های گوناگون به سمت خشکی خواهد برد. درجه حرارت زیاد، رطوبت خاک را بیشتر تبخیر می‌کند و موجب بحران می‌شود. با توجه به اینکه بخش وسیعی از حوضه موردنظر دارای اقلیم خشک و سرد است، طبعا اثرات گرم‌تر شدن هوا بر زیستگاه‌های آن مخرب‌تر خواهد بود. نتایج به دست آمده در این پژوهش موید تحقیقات صورت گرفته توسط زاهدی و همکاران (۱۸)، روشن و همکاران (۱۴) و مهدی‌زاده و همکاران (۱۰) در سایر مناطق کشور است.

هدف نهایی از این تحقیق بررسی تاثیر پدیده تغییر اقلیم بر رسوب خروجی حوضه شهرکرد در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ می‌باشد. در این تحقیق از مدل توزیعی SWAT در ارزیابی اثر تغییراقلیم بر هیدرولوژی حوزه آبخیز شهرکرد استفاده گردیده است. میزان متوسط رسوب مشاهداتی برابر ۲۱/۰۹ تن در روز است در حالی‌که دو سناریو A1B و B1 افزایش میزان رسوب را در مقایسه با میزان مشاهداتی نشان می‌دهند که به ترتیب برابر با ۲۹/۷۷ و ۲۴/۳۶ تن در روز می‌باشد. همچنین سناریوی A2 رسوبی برابر با ۱۹/۹ تن در روز شبیه‌سازی نموده است که از میزان مشاهداتی کمتر می‌باشد همانگونه که بیان گردید شدت بارندگی در برخی از زمان‌ها در مدت کوتاهی اتفاق می‌افتد که با مشاهده نمودارهای رواناب پیش‌بینی شده این موضوع به وضوح قابل مشاهده می‌باشد که نشان‌دهنده تاثیر مستقیم شدت بارندگی بر میزان رسوب تولید شده می‌باشد با این‌حال همانگونه که ذکر شد باید سایر شرایط طبیعی و انسانی مرتبط با تولید رسوب را نیز در نظر گرفت. درهر سه سناریو در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶، با وجود کاهش بارش در در ماه‌های فوریه، مارس و می، کاهش رسوب در مقایسه با رسوب مشاهده‌ای پیش‌بینی شده است در صورتی که با توجه به کاهش رواناب در ماه‌های آوریل وژونیه انتظار کاهش رسوب در این دو ماه بود که برعکس افزایش یافته است. این تغییرات می‌تواند مرتبط با بارندگی‌های کوتاه مدت با شدت زیاد موجود در منطقه در فصل بهار و یا اثر ذوب برف باشد.با توجه به اینکه اکثر بارش‌های منطقه در فصل پاییز و زمستان به صورت برف می‌باشد و این برف‌ها در طول بهار و تابستان ذوب می شوند با وجود کاهش بارش در بهار و تابستان میزان رسوب در این ماه‌ها افزایش می‌یابد ولی بر اساس نتایج سایر محققان نیز مدل سوات در شبیه‌سازی ذوب برف دارای دقت کمتری است و بنابراین مقادیر شبیه‌سازی شده کمتر از مقادیر مشاهداتی در این ماه‌ها بوده است.در پایان با توجه به تعریف سناریوهای جدید اقلیمی پیشنهاد می‌شود که در مطالعات بعدی، پیش‌بینی‌ها بر اساس سناریوهای جدید انجام شود و نتایج آن با سناریوهای به کار رفته در این مطالعه و سایر مطالعات مشابه مقایسه شوند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

منابع

1. Abbaspour, K.C., M. Faramarzi, S.S. Ghasemi and H. Yang. 2009. Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. Water Resource Research, 45: W104434.
2. Chiew F.H.S., P.H. Whetton, T.A. McMahon and A.B. Pittock.1995. Simulation of the impacts of climate change on runoff and soil moisture in Australian catchments. Journal of Hydrology, 167: 121-147.
3. FAO. UNDP and UNEP. 1994. Land degradation in south Asia: its severity, causes and effects upon the people. World Soil Resources, Report No. 78, FAO, Rome.
4. Fowler, H.J., C.G. Kilsby and J. Stunell. 2007. Modeling the impacts of projected future climate change on water resources in north-west England.Hydrology and Earth System Sciences, 11(3):1115-1126.
5. Gholami, S.H. 2002. Application of a SWAT model for estimating sediment in mountainous basins (Emameh Watershed). Pajohesh and Sazandeghi, 59: 28-33. (In Persian).
6. Gosain A., S. Rao and D. Basuray.2006. Climate change impact assessment on hydrology of Indian River basins. Current Science, 90(3): 346-353.
7. IPCC.1995. Second Assessment Climate Change. A report of the intergovernmental panel on climate change. UNEP Press, 64 pp.
8. Jalalian, A., A. Mohammadi and H. Karimzadeh. 1993. Erosion and sediment in Iranian watershed and case study results in several watersheds. Abstract Proceedings of the 4th Soil Science Congress of Iran. Isfahan University of Technology. 121, Esfahan, Iran (In Persian).
9. Khordadi, M.H., S. Eslamian and J. Abedi kohpai. 2006. Study of the climatological parameters trends in several areas in Iran. Effecet of climate change on water resources. A national workshope.
10. Mahdizadeh, S., M. Meftahi, A. Mosaedi and S. saiedghasemi. 2010. Study the effects of climat change on precipitation of the Golestan watershed. Journal of Soil and Water Research, 18(3): 1-17 (In Persian).
11. Morgan, R.P.C. 1986. Soil erosion and conservation, Longman Group Limited, UK. 298 pp.
12. Mosaffaie, J. 2016. Application of artificial neural network, multiple-regression and index-flood techniques in regional flood frequency estimation. International Journal of Water, 10(4): 328-342.
13. Mosaffaie, J., M.R. Ekhtesasi, M.T. Dastorani, H.R. Azimzadeh and M.A. Zare Chahuki. 2015. Temporal and spatial variation of the water erosion rate. Arabian Journal of Geosciences, 8(8): 5971-5979. DOI: 10.1007/s12517-014-1628-z.
14. Mosaffaie, J. 2015. Comparison of two methods of regional flood frequency analysis by using L-moments. Water Resources, 42(3): 313-321.
15. Mosaffaie, J. and A.Talebi. 2014. A Statistical View to the Water Erosion in Iran. Extension and Development of Watershed Management, 2(5): 9-17
16. Muttiah, R.S. and R.A. Wurbs. 2002. Modeling the impacts of climate change on water supply reliabilities. Water International, 27(3): 407-419.
17. Pruski, F.F. and M.A. Nearing. 2002. Runoff and soil-loss responses to changes in precipitation: A computer simulation study. Journal of Soil and Water Conservation, 57(1): 7-16.
18. Roshan, G.H., F. Akhlagh and G.H. Azizi. 2011. Examination of the suitable general circulation model for prediction of Temperature and precipitation in Iran under global warming. Geography and developments, 27: 19-35 (In Persian).
19. Rostamian, R. 2005. Runoff and sediment estimation in Beheshtabad watershed using SWAT model. M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology, Esfahan, Iran. 126 pp (In Persian).
20. Tubillo, F.N., C. Rosenzweig, B.A. Kimball and P.J. Wall.1999. Testing CERES with FACE Data: CO2 and Water Interactions. Agronomy Journal, 91: 1856-1865.
21. Yates D.N. and K.M. Strzepek.1998. Modeling the Nile basin under climate change. Journal of Hydrologic Engineering, 3(2): b98-108.
22. Zahedi, M., B. Saraf and J. Jamei. 2006. Spatial and Temporal Trend Analysis of Temperature in the Notrth- West of Iran. Geography and developments, 5(10): 183-198 (In Persian).
23. Zarghami, M., A. Abdi, I. Babaeian, Y. Hasanzadeh and R. Kanani. 2011. Impacts of climate change on runoffs in east Azerbaijan, Iran. Global and Planetary Change, 78: 137-146.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]

Modelling the Future Impacts of Climate Change on Watershed Suspended Sediment Transport

Reza Ghazavi[1], Abbas Ghafari[2] and Siyamak Dokhani[3]

1- Associat professor, Dept of Natural Resources, University of Kashan,
(Corresponding author: ghazavi@kashanu.ac.ir)
2 and 3- M.Sc. Student and Assistant Professor, Dept of Natural Resources, University of Kashan
Received: June 20, 2017 Accepted: June 11, 2018

Abstract

Climate change is one of the most important challenges that influenced different parts of human life on the earth. Evaluation of climate change phenomenon and its possible outcomes on hydrological processes can decrese the challenges of managers and planners of water resources in the next period. The main aim of this study is to evaluate the effect of climate change on sediment output of Sharekord watershed basin (2046-2065 period). In this research, SWAT distribution model was used to study the impact of climate change on Shahrekord watershed basin hydrology. SWAT was calibrated and accreditated for the base period of 2002 to 2010. In order to evaluate the effects of climate change and global warming on the basin sediment during 2046-2065, HadCM3 climate model data was subscaled under scenario of A1B, A2 and B1 using LARS. In continuation, downscaled climate data were introdued to SWAT model and sediment changes in the next period were estimated. Results show that climate and hydrology variables of Shahrekord basin will have remarkable changes in the next period. Comparison between observed and simulated climate parameters in 2046-2065 period show that the temprature of region will increase in different months between 1.1 to 2.6 ºC compared to the baseline. Precipitation will have also a change between -30 up to 18 precent, except during the months of low rainfall. It can affect the total quantity of available water, the peak and extreme events. Results of simulations also show the sediment variations between 500 and -90 percent.

Keywords: Modeling, Sediment, SWAT, Climate change, Shahrekord plain, HadCM3 general circulation model, LARS-WG

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.16.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.271]