دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

ارزیابی پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان طی دوره‌های آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم

حسین سلمانی[۱]، محمد رستمی خلج[۲]، حامد روحانی[۳]، مجتبی محمدی[۴] و صادق تالی خشک[۲]

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه تهران، (نویسنده مسوول: hsalmani@alumni.ut.ac.ir)
۲- کارشناس ارشد، دانشگاه تهران
۳- استادیار، مجتمع آموزش عالی گنبد
۴- مربی، مجتمع آموزش عالی سراوان

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۱۳

چکیده

در سال‌های اخیر نگرانی‌ها درباره تأثیر تغییر اقلیم بر طبیعت و سیستم‌هایی اقتصادی- اجتماعی افزایش یافته است و باعث توجه بیشتر به این موضوع در بین مجامع علمی شده است، از این رو هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات پارامترهای بارش، دمای کمینه و بیشینه توسط مدل گردش عمومی و تعیین اثرات آن بر متوسط رواناب حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان با استفاده از مدل SWAT می‌باشد. در ابتدا این پارامترها تحت دو سناریو انتشار A2 و B1 با استفاده از مدل گردش عمومی HadCM3 و با به‌کارگیری مولد اقلیمی LARS-WG برای دوره‌های آتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ میلادی به صورت مصنوعی شبیه‌سازی و ریزمقیاس گردید. برای بررسی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه با اعمال تغییرات ایجاد شده در داده‌های ورودی اقلیمی به مدل بهینه‌سازی شده بارش- رواناب SWAT، مدل اجرا گردید و خروجی مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه متوسط دمای کمینه و بیشینه در هر دو دوره زمانی و به‌خصوص در دوره دوم تحت هر دو سناریو افزایش خواهد یافت. همچنین بارش در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در همه ماه‌ها افزایش می‌یابد در حالی که در دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ تنها بارش ماه‌های سرد سال افزایش خواهد یافت. تحلیل رواناب حوزه نشان می‌دهد که تحت دو سناریو A2 و B1 در دوره آتی نسبت به سناریو مبنا (سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۸۵) رواناب حوزه بین ۱۳۳/۲۸ تا ۲۶/۶۶- درصد برای ماه‌های مختلف تغییر خواهد کرد. مقایسه سناریوهای A2 و B1 نشان از وضعیت بحرانی‌تر سناریو B1 نسبت به سناریو A2 و دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نسبت به دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در این حوزه دارد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، رواناب، سناریوهای انتشار، HadCM3، SWAT

مقدمه

افزایش گازهای گلخانه‌ای تغییراتی را در اقلیم کره زمین به وجود آورده است که در نوشته‌های علمی به آن تغییر اقلیم گفته می‌شود (۹). این افزایش سبب می‌شود تا امواج مادون قرمز ساطع شده از زمین بیش از پیش توسط گازهای گلخانه‌ای جذب شده و اتمسفر گرم‌تر گردد. گرم شدن جو نیز به نوبه خود بر وضعیت اجزاء دیگر سیستم اقلیم تأثیر گذاشته و پدیده تغییر اقلیم را موجب می‌گردد (۲). در طول ۱۰۰ سال گذشته کره زمین به طور غیرطبیعی گرم‌تر شده که این موضوع دانشمندان را نگران کرده است (۹). تغییر اقلیم تغییرات متوسط شرایط جوی در یک مکان یا ناحیه خاص است. این تغییرت اثرات قابل توجهی در منابع آبی یک منطقه می‌گذارند (۲۸)، لذا ارزیابی پدیده تغییر اقلیم و پیامدهای احتمالی آن بر فرآیندهای هیدرولوژی حوزه کمک فراوانی به چالش‌های مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب در دوره‌های آتی خواهد نمود (۲۶). پاسخ هیدرولوژیکی حوزه به تغییر اقلیمی با تغییر در متغیرهای مختلف از قبیل بارندگی، تبخیر و تعرق، دما و تمرکز CO_2 صورت می‌گیرد. به طور کلی افزایش مقدار بارندگی در دوره‌های آتی مقادیر رواناب حوزه را افزایش می‌دهد در حالی که افزایش مقدار تبخیر و تعرق باعث کاهش رواناب و رطوبت خاک می‌گردد (۱۸). تغییر در مقدار آب قابل دسترس یکی از مهم‌ترین پیامدهای تغییر اقلیم در قرن ۲۱ در هر دو سیستم طبیعی و بشری است (۱۱). اثر تغییر اقلیم به‌وسیله شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی با مدل فیزیکی بارش رواناب مورد بررسی قرار می‌گیرد. مدل‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

هیدرولوژی چارچوبی را برای بررسی رابطه بین هواشناسی و منابع آب فراهم می‌کنند (۲۶). این مدل‌ها از خروجی‌های مدل‌های چرخش عمومی GCMs[1] به عنوان اطلاعات اولیه برای شبیه‌سازی استفاده می‌کنند (۱۲). مدل نیمه‌توزیعی SWAT[2] در این زمینه ابزاری سودمند می‌باشد که برای بازگو نمودن اثرات تغییرات اقلیمی بر فرآیندهای مختلف فیزیکی و هیدرولوژیکی سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). ذهبیون و همکاران (۲۶) برای تخمین رواناب خروجی از حوزه قره‌سو در طی دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰ میلادی از داده‌های مدل اقلیمی HadCM3-AR4 تحت سناریوی انتشار A2 از مجموع سناریوهای SRES[3] ریز مقیاس شده در مدل SWAT استفاده نمودند. نتایج نشان داد که با تغییر دمای C° ۱ تا ۴ و بارش ۳۰- درصد تا ۳۰ درصد در ماه‌های مختلف رواناب منطقه در این دوره بین ۱۲۰-۹۰ درصد تغییر می‌یابد. ژانگ و همکاران (۲۷) برای بررسی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه‌ای در چین از خروجی‌های دو مدل چرخش عمومی HadCM3 و CGCM2 تحت دو سناریوی تغییر اقلیم A2 و B2 در مدل SWAT استفاده نمودند. نتایج نشان داد که رواناب متوسط شبیه‌سازی شده در دوره نزدیک (2020_S) تغیرات چندانی ندارد و در آینده دور (2050_S) رواناب ۱۰ درصد افزایش می‌یابد. به طور کلی رواناب متوسط ماهانه و سالانه حوزه در دوره آتی ۲۰± تغییر پیدا نمود. نتایج مطالعات فیکلین و همکاران (۶) در بررسی رواناب و آب مورد نیاز آبیاری حوزه‌ای در اروپای مرکزی در دوره آتی نشان داد که تحت سناریو انتشار A1F1 (۹۷۰ پی پی ام CO_2 و افزایش ۶/۴ درجه سانتی‌گراد) مقدار آب حوزه تا ۳۶/۵٪ افزایش پیدا می‌کند. مطالعات وایپینگ و همکاران (۲۵) در بررسی هیدرولوژیکی حوزه رودخانه می‌سی‌سی‌پی در پاسخ به تغییر اقلیمی با استفاده از مدل نیمه توزیعی SWAT در ترکیب با مدل‌های GCM نشان داد که مقدار باران و رطوبت خاک در بهار افزایش یافته و در تابستان کاهش پیدا می‌کند که این توزیع نامتوازن آب در طی فصول سال خطر وقوع سیلاب و خشکسالی حوزه را افزایش می‌دهد. پژوهش‌های سانگمن و همکاران (۲۳) حاکی از آن است که بارش سالانه حوزه کاربی تایلند در بازه زمانی ۲۰۶۴-۲۰۴۵ به مقدار ۲۰٪ تا ۳٪ افزایش می‌یابد و میانگین حداکثر دما سالانه C° ۳/۸-۱/۶ افزایش خواهد یافت. که این تغییرات با افزایش دبی در ماه‌های می تا اکتبر موجب عدم تعادل آب حوزه می‌شود. مطالعات گیوتی و همکاران (۸) نشان داد که با تغییر دما متوسط ماهانه C° ۱/۷-۰ و بارندگی ۳۲/۲-۲/۴٪ رواناب حوزه رودخانه دریاچه ویکتوریا ۱۱۵-۶٪ در همه مدل‌های GCM در همه سناریوهای اقلیمی افزایش می‌یابد. ژوان و همکاران (۱۰) روند متغیرهای مختلف بارندگی، تبخیر و تعرق و دما را با استفاده از تست غیرپارامتری من-کندال و t-test متحرک بررسی کردند که نتایج نشان داد رواناب سالانه حوزه رودخانه تاور در چین در دوره آتی نسبت به زمان پایه تغییر می‌یابد که سهم تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های بشری در این تغییرات به ترتیب ۴۵٪ و ۵۵٪ است. به طور کلی هدف از پژوهش حاضر، بررسی آثار تغییر اقلیم در روی متغیرهای هواشناسی (دما و بارش) و رواناب خروجی از حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان در طی دوره آتی می‌باشد، لذا دو سناریو اقلیمی A2 و B1 در دو دوره دیده‌بانی شده ۲۰۳۰-۲۰۱۱ (آینده نزدیک) و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ (آینده دور) در مدل گردش عمومی جو (AOGCM) HadCM3 و با به‌کارگیری مولد اقلیمی LARS-WG مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

توصیف منطقه مورد مطالعه

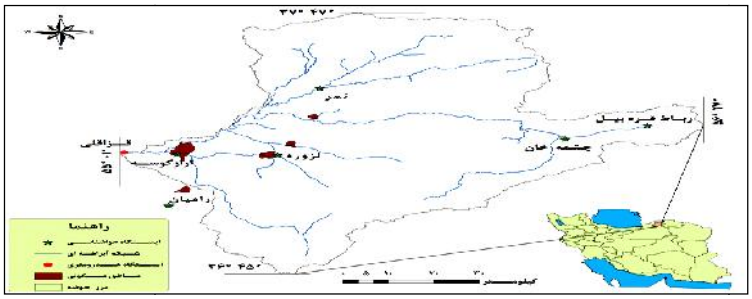
حوزه آبخیز قزاقلی با مساحت ۷۰۷۲ km^2 در مختصات جغرافیایی ″۳۷ ′۰۱ °۵۵ تا ″۴۰ ′۲۷ °۵۶ طول شرقی و ″۴۸ ′۴۵ °۳۶ تا ″۵۶ ′۴۷ °۳۷ عرض شمالی در استان گلستان و در چین خوردگی‌های شمالی سلسله جبال البرز قرار دارد (شکل ۱). این حوزه از شمال به حوزه آبخیز اترک، از جنوب به حوزه شاهرود، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به بخشی از حوزه بزرگ گرگانرود محدود می‌شود. ارتفاع این حوزه از ۲۸۸۹ متر در مناطق کوهستانی تا ۱۸ متر در مناطق دشتی متغیر است. درجه حرارت متوسط سالانه ۱۸/۲ درجه سانتی‌گراد و بارش متوسط سالانه ۵۵۶ میلی‌متر است.

شبیه‌سازی بارش- رواناب با استفاده از مدل نیمه توزیعی- فیزیکی SWAT

در این پژوهش برای شبیه‌سازی رواناب از مدل SWAT استفاده شده است. مدل SWAT از نظر زمانی یک مدل پیوسته است که در گام‌های زمانی ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه اجرا می‌شود و برای شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی در حوزه‌های آبخیز پیچیده و وسیع با توجه به تغییرات خاک، کاربری اراضی و شرایط آب و هوایی در دوره‌های طولانی کاربرد دارد. فرآیندهای هیدرولیکی شبیه‌سازی شده به‌وسیله مدل شامل رسوب، نفوذ، رواناب سطحی، تبخیر و تعرق، جریان زیر قشری و تراوش است.

1- General circulation models 2- Soil and Water Assessment tool 3- Special Report on Emissions Scenario

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق برای روندیابی جریان از روش ماسکینگام استفاده شد و حجم و حداکثر رواناب به ترتیب با استفاده از روش شماره منحنی SCS و روش استدلالی محاسبه گردید. همچنین تبخیر و تعرق با استفاده از روش پنمن- مانتیس محاسبه شد (۲۰). داده‌های مورد نیاز مدل برای شبیه‌سازی شامل مدل رقومی ارتفاع (DEM)، نقشه شبکه زهکشی، کاربری اراضی، داده‌های خاک‌شناسی و اطلاعات هواشناسی است. داده‌های هواشناسی مورد نیاز مدل شامل بارندگی، حداقل و حداکثر درجه حرارت، رطوبتی نسبی، تشعشع خورشید و سرعت باد بر پایه زمانی روزانه مربوط به ایستگاه‌های داخل و اطراف حوزه می‌باشد (جدول ۱). آنالیز حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی با استفاده از برنامه GLUE تحت بسته نرم‌افزاری SWAT CUP صورت گرفت. همچنین ایستگاه هیدرومتری قزاقلی واقع در خروجی حوزه آبخیز قزاقلی به‌عنوان ایستگاه مبنا برای مشاهده تغییرات رواناب حوزه در طی دو دوره واسنجی سال‌های آماری ۱۹۹۰-۱۹۸۷ (سال آبی ۶۶-۱۳۶۵ تا ۶۹-۱۳۶۸) و صحت‌سنجی دوره زمانی سال ۱۹۹۲-۱۹۹۱ (سال‌های آبی ۷۰-۱۳۶۹ تا ۷۱-۱۳۷۰) انتخاب شد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مشاهداتی مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
لزوره	۳۵۸۲۶۹	۴۱۲۰۹۸۳	۱۵۵
ارازکوسه	۳۳۶۱۱۱	۴۱۲۱۴۱۳	۳۵
رامیان	۳۳۴۲۴۶	۴۰۹۸۷۵۵	۲۰۰
تمر	۳۶۷۵۸۴	۴۱۵۰۴۰۴	۱۳۲
چشمه خان	۴۲۱۷۷۴	۴۱۲۸۱۷۴	۱۲۵۰
رباط قره بیل	۴۳۹۹۴۰	۴۱۳۴۲۹۵	۱۴۵۰

مدل اقلیمی تولیدکننده داده برای دوره آتی و سناریوهای انتشار تغییر اقلیمی

برای ارزیابی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه در پاسخ به تغییر اقلیم از دو متغیر بارش و دما به‌عنوان اثر گذارترین عوامل موثر بر رواناب استفاده شده است (۱۷،۱۴،۵). همچنین از داده‌های روزانه ۶ ایستگاه هواشناسی منتخب حوزه قزاقلی طی بازه زمانی ۱۹۹۵-۱۹۸۵ به‌عنوان دوره پایه یا همان دوره گذشته (جدول ۱) و از داده‌های خروجی مدل چرخش عمومی جو HadCM3 جهت برآورد و تولید داده‌های دو دوره آینده ۲۰۳۰-۲۰۱۱ (آینده نزدیک) و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ (آینده دور) استفاده شده است که در جدول ۲ مشخصات این مدل ارائه گردیده است.

جدول ۲- خصوصیات مدل گردش عمومی جو HadCM3 (۳)(۲۱)

ویژگی	توضیحات
طراح مدل	مرکز تحقیقات و پیش بینی اقلیمی هادلی- بریتانیا (انگلستان)
متغیرهای پیشگویی جوی	دما، مؤلفه‌های افقی سرعت باد، فشار سطح، ظرفیت آب مایع، آب مایع موجود
متغیرهای پیش گویی اقیانوسی	دما، شوری، مؤلفه‌های افقی سرعت باد در جو بارو کلینیک، عمق لایه اختلاط
قدرت تفکیک جوی	عرض جغرافیایی $2/75^{\circ}$ و طول جغرافیایی $3/75^{\circ}$
قدرت تفکیک اقیانوسی	عرض جغرافیایی $1/25^{\circ}$ و طول جغرافیایی $1/25^{\circ}$
قدرت تفکیک سطحی	استوا: ۴۱۷km × ۲۸۷km عرض 45°: ۲۹۵km × ۲۸۷km
سناریوها	A2، B1 و A1B

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

در مدل‌های گردش عمومی جو خواص فیزیکی اتمسفر (و اقیانوس‌ها) به وسیله روابط ریاضی شبیه‌سازی می‌شوند. با توجه به قدرت تفکیک کم و دامنه مکانی بالای این مدل‌ها برون‌داد این مدل‌ها نمی‌تواند مستقیماً برای پیش‌بینی و ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم در مقیاس منطقه‌ای و نقطه‌ای مورد استفاده قرار گیرند و استفاده مستقیم از آنها جهت پیش‌بینی‌های محلی تقریباً خالی از خطا نیست (۲۲)، لذا باید جهت برخورداری از قابلیت مطالعات منطقه‌ای و ایستگاهی خروجی این مدل‌ها در مقیاس محلی ریزگردانی گردند (۵). اصطلاح ریز مقیاس نمایی به روش‌هایی اطلاق می‌شود که اطلاعات اقلیمی محلی و منطقه‌ای از داده‌های بزرگ اتمسفری یا خروجی مدل‌های گردش عمومی جو استخراج می‌شود. روش‌های مختلف برای ریز مقیاس کردن داده‌های بارش وجود دارد این روش‌ها شامل روش‌های دینامیکی و روش‌های آماری می‌باشند. در روش‌های دینامیکی از مدل‌های دینامیکی منطقه‌ای استفاده می‌شود. این روش جزء روش‌های پرهزینه و زمان بر در ایران می‌باشند که در دسترس نمی‌باشند. کوچک مقیاس کردن آماری شامل توسعه روابط بین متغیرهای بزرگ مقیاس (پیش‌بینی‌کننده) و متغیرهای سطحی محلی (پیش‌بینی‌شده) است (۱۴). در این روش ریز مقیاس نمایی در سطح هر ایستگاه و در بازه زمانی کوتاهی صورت می‌پذیرد. روش آماری خصوصاً در مواقعی که هزینه کمتر و ارزیابی سریع‌تر عوامل موثر بر تغییرات آب و هوایی مورد نیاز است از مزیت‌ها و قابلیت‌های بیشتری برخوردار است. ریز مقیاس نمایی آماری بر اساس روابط تجربی بین متغیرهای اتمسفری بزرگ مقیاس و متغیرهای محلی سطحی صورت می‌گیرد (۲). برای ریزمقیاس کردن داده‌های مدل HadCM3 از روش ریز مقیاس نمایی مدل آماری LARS-WG استفاده گردید و داده‌های هر یک از ایستگاه‌ها در مقیاس زمانی روزانه ریزمقیاس گردیدند. مدل LARS-WG یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی می‌باشد که برای شبیه‌سازی مقادیر بارش، دمای کمینه و بیشینه و تابش خورشیدی در یک مکان واحد تحت شرایط اقلیمی حال و آینده به کار می‌رود (۳). این مدل به تهیه میانگین سری‌های زمانی داده‌های مصنوعی شبیه‌سازی شده با مشخصات آماری مطابق با آمار دیده‌بانی شده در یک ایستگاه می‌پردازد. مبنای تولید داده در این مدل توزیع نیمه تجربی می‌باشد. در توزیع نیمه تجربی فاصله‌ها به طور مساوی بین مقادیر ماکزیمم و مینیمم سری زمانی ماهانه تقسیم می‌شوند:

$$EPM=\{a_0,a_i,h_i,.....,i=0,1,2,....,10\} \quad (۲)$$

اگر: $a_{i-1}<a_i$ و $[a_{i-1},a_i]$ باشد که در اینجا EPM یک هیستوگرام با ده بازه با شدت‌های مختلف بارش است و h_i تعداد رخداد بارش در iامین فاصله را نشان می‌دهد. تولید داده توسط این مدل به سه مرحله واسنجی داده‌ها، ارزیابی داده‌ها و تولید داده‌های هواشناسی در طی دوره‌های آتی تقسیم می‌گردد (۳،۲). با در نظر گرفتن دوره زمانی ۱۹۹۵-۱۹۸۵ به‌عنوان دوره پایه (گذشته) داده‌های مورد نیاز مدل که شامل مقادیر بارش، دمای کمینه و بیشینه روزانه ۶ ایستگاه هواشناسی ذکر شده در بالا اخذ گردید و پس از مرتب‌سازی و تبدیل این داده‌ها به فرمت مربوطه به مدل وارد شدند و مدل برای دوره گذشته واسنجی گردید. برای ارزیابی دقت مدل واسنجی شده از شاخص‌های آماری ضریب تعیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب ناش ساتکلیف (E_{NS}) به صورت زیر استفاده گردید:

$$R^2=\frac{\left[\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})(Y_i-\overline{Y})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\overline{Y})^2} \quad (۳)$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i-Y_i)^2} \quad (۴)$$

$$E_{NS}=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-Y_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i-Y_i)^2} \quad (۵)$$

که در این روابط: X_i و Y_i به ترتیب مقادیر مشاهده‌ای (واقعی) و برآورد شده توسط مدل برای نقطه iام، $\overline{X}$ و $\overline{Y}$ میانگین کل داده‌های X_i و Y_i در جامعه آماری و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند. پس از اطمینان از قابلیت مدل LARS-WG5 در شبیه‌سازی درست مقادیر دما و بارش در زمان پایه این مدل جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 و تولید داده‌های مصنوعی در طی دوره آتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ مورد استفاده قرار گرفت. در این مدل برای هر گونه مدل‌سازی و بررسی تغییر اقلیمی در دوره

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

آتی نیازمند یک سناریوی اقلیمی ویژه می‌باشیم و معتبرترین ابزار جهت تولید سناریو اقلیمی استفاده از مدل گردش عمومی جو (AOGCM) می‌باشد (۱۹). سناریوهای موجود در مدل شامل سناریوهای A1B، A2 و B1 می‌باشد. در این سناریوها وضعیت گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۱۰۰ بر اساس فرض‌های مختلف برای وضعیت اقتصادی، اجتماعی و تغییرات رشد جمعیت کره زمین نشان داده شده‌اند. در این بررسی از دو سناریو A2 و B1 استفاده شده است. ویژگی این سناریوهای انتشار در جدول ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳- خصوصیات سناریوهای تغییر اقلیمی SRES مدل گردش عمومی جو HADCM3 (۳،۱)

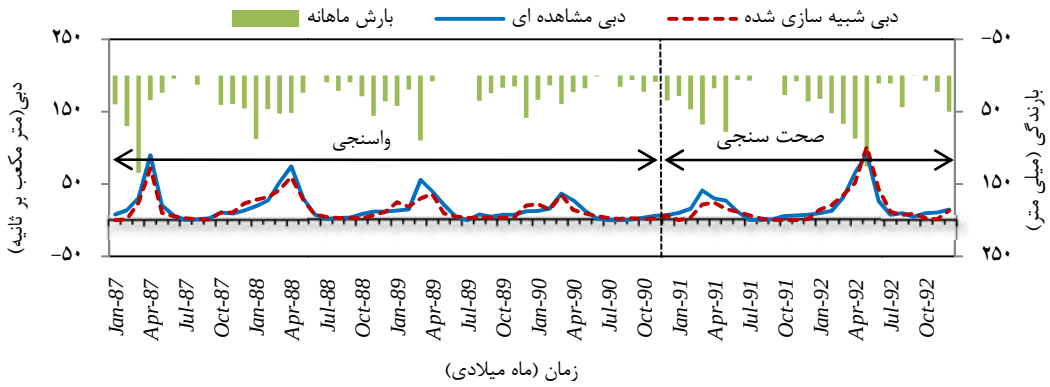
سناریو	توضیحات
A1B	رشد سریع اقتصادی و تکنولوژی‌های جدید و کارامد، بیشینه رشد جمعیت در اواسط قرن ۲۱ و روند کاهشی پس از آن
B1	رشد سریع جمعیت جهان، اقتصاد ناهمگن و همسو با شرایط منطقه ای جهان، تاکید بر انرژی‌های پاک و حفظ محیط زیست و برقراری اقتصاد جهانی
A2	همگرایی جمعیت در سطح جهان، تغییر ساختار اقتصادی (کاهش مواد آلاینده و معرفی منابع فناوری پاک)، وابستگی کمتر به پیشرفت سریع اقتصادی

بعد از ایجاد داده‌های مصنوعی بارش، دمای کمینه و بیشینه در طی دوره‌های آتی و بررسی مقدار تغییرات ایجاد شده در هر یک، این تغییرات در داده‌های ورودی به مدل بارش- رواناب SWAT اعمال گردید و بعد از اجرای مدل واسنجی شده SWAT با داده‌های اقلیمی تغییر داده شده مقادیر خروجی مدل مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

واسنجی مدل بارش- رواناب SWAT

قبل از استفاده مدل SWAT بایستی که پارامترهای موجود در مدل برای حوزه مورد مطالعه بهینه‌سازی گردد، لذا مدل برای یک دوره زمانی ۴ ساله اجرا گردید و واسنجی در طی بازه زمانی ۱۹۹۰-۱۹۸۷ و با استفاده از برنامه GLUE در بسته نرم‌افزاری SWATCUP صورت گرفت. بعد از بهینه‌سازی پارامترها برای بررسی دقت مدل واسنجی شده مدل در طی بازه زمانی ۱۹۹۲-۱۹۹۱ اجرا گردید. شکل ۲ نشان‌دهنده مقادیر دبی خروجی از حوزه در هر دو دوره واسنجی و صحت‌سنجی می‌باشد. انطباق زیادی بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده وجود دارد. همچنین شاخص‌های ارزیابی مدل در طی هر دو دوره در جدول ۴ ارائه گردیده است. در مرحله واسنجی ضریب تعیین (R^2) برابر ۰/۸۶، ضریب ناش- ساتکلیف (E_{NS}) برابر ۰/۸۴ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برابر ۷/۵۳ بدست آمد. مقادیر این شاخص‌ها برای دوره صحت‌سنجی به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۸۳ و ۸/۵۹ بدست آمدند. مقادیر بالای ضرایب R^2 و E_{NS} و مقادیر پایین RMSE در طی هر دو دوره واسنجی و صحت‌سنجی نشان‌دهنده دقت بالای مدل بهینه شده در طی هر دو دوره واسنجی و صحت‌سنجی دارد.



شکل ۲- مقادیر ماهانه رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله واسنجی و صحت‌سنجی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۴- شاخص‌های آماری ارزیابی دقت مدل در شبیه‌سازی رواناب ماهانه

دوره	شاخص آماری		
	R^2	E_{NS}	RMSE
واسنجی	۰/۸۶	۰/۸۴	۷/۵۳
صحت‌سنجی	۰/۸۴	۰/۸۳	۸/۵۹

ارزیابی مدل LARS-WG5

در جدول ۵ نتایج ارزیابی دقت داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل LARS-WG5 و داده‌های مشاهده‌ای در طی دوره زمانی پایه (۱۹۹۵-۱۹۸۵) در ۶ ایستگاه ارائه گردیده است. همان طوری که در این جدول مشاهده می‌شود، مقدار ضریب تعیین (R^2) بین ۰/۸۵۹-۰/۹۹۹، ضریب ناش- ساتکلیف (E_{NS}) بین ۰/۸۵۶-۰/۹۹۹ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) بین ۱۴/۶۳۰-۰/۱۹۱ در ایستگاه‌های مختلف تغییر پیدا می‌کند. مقدار بالای ضرایب ناش- ساتکلیف و ضریب تعیین و مقدار پایین ریشه میانگین مربعات خطا در تمامی ایستگاه‌ها نشان‌دهنده انطباق بالای مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل و مقادیر واقعی در طی دوره پایه دارد، لذا با توجه به قابلیت مدل مذکور شبیه‌سازی در طی دوره آتی صورت گرفت.

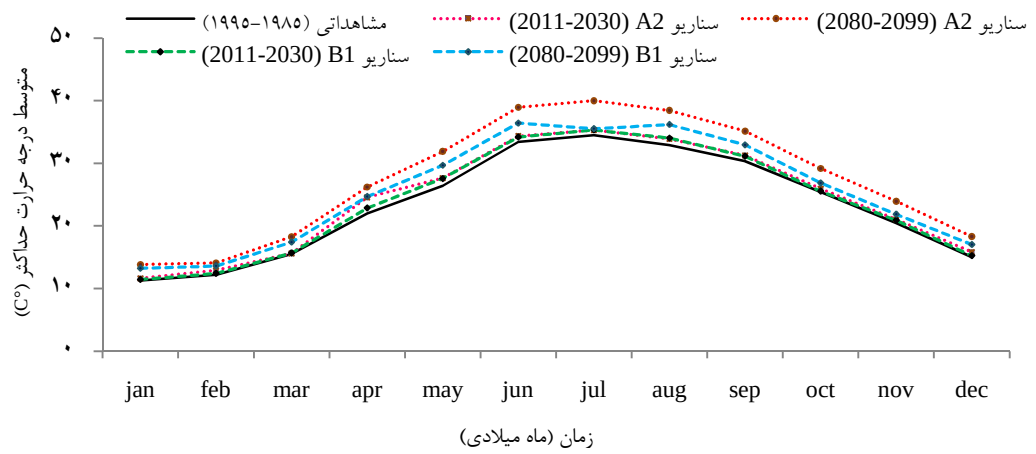
جدول ۵- مقادیر آماره‌های واسنجی جهت ارزیابی مدل LARS-WG5 در دوره پایه (۱۹۹۵-۱۹۸۵)

ایستگاه	آماره	بارش	دمای کمینه	دمای بیشینه	ایستگاه	آماره	بارش	دمای کمینه	دمای بیشینه
ارازکوسه	E_{NS}	۰/۹۲۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۶	چشمه خان	E_{NS}	۰/۹۲۲	۰/۹۹۶	۰/۹۹۴
	R^2	۰/۸۵۹	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷		R^2	۰/۹۶۱	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶
	RMSE	۸/۲۹۲	۰/۳۳۴	۰/۴۵۰		RMSE	۴/۷۶۵	۰/۴۱۷	۰/۶۳۹
لزوره	E_{NS}	۰/۹۱۲	۰/۹۹۷	۰/۹۹۳	رامیان	E_{NS}	۰/۸۵۶	۰/۹۹۹	۰/۹۹۳
	R^2	۰/۹۲۷	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵		R^2	۰/۹۳۲	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷
	RMSE	۱۲/۲۸۳	۰/۳۵۵	۰/۵۸۸		RMSE	۱۴/۶۳۰	۰/۱۹۱	۰/۵۷۷
رباط قره بیل	E_{NS}	۰/۹۳۴	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷	تمر	E_{NS}	۰/۹۶۴	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵
	R^2	۰/۹۷۵	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷		R^2	۰/۹۷۱	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶
	RMSE	۳/۴۷۳	۰/۳۱۹	۰/۴۵۸		RMSE	۵/۵۰۳	۰/۳۳۵	۰/۴۸۸

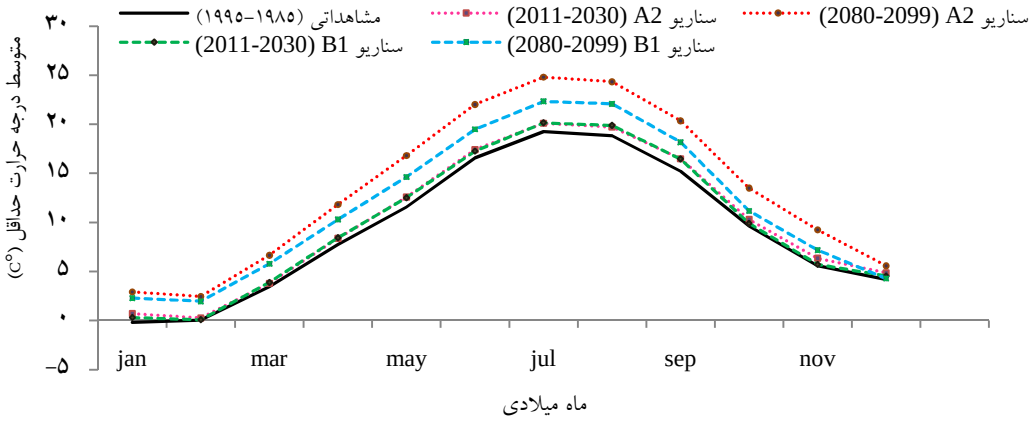
تجزیه و تحلیل دما و بارندگی بر اساس داده‌های تغییر اقلیمی

در اشکال ۳ و ۴ تغییرات متوسط کمینه و بیشینه دما ماهانه حوزه آبخیز قزاقلی طی دو دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نشان داده شده است. با توجه به این اشکال مقدار دمای کمینه و بیشینه در هر دو دوره و تحت هر دو سناریو A2 و B1 در تمامی ماه‌ها افزایش پیدا می‌کند. که این روند در دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نسبت به دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در هر دو سناریو شدیدتر می‌باشد. دامنه تغییرات دمای کمینه در دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در سناریو A2 بین ۱/۲۸-۰/۲۲ و در سناریو B1 بین ۱/۲۶-۰/۰۶ می‌باشد. مقدار این تغییرها در دو سناریو A2 و B1 در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ به ترتیب ۵/۵۴-۱/۳۹ و ۳/۲۶-۰/۰۸ می‌باشد. همچنین در دو سناریو A2 و B1 تغییرات دمای بیشینه در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ به ترتیب ۲/۶۲-۰/۰۷ و ۱/۱۶-۰/۰۹ و در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ به ترتیب ۵/۵۶-۱/۸۸ و ۳/۳۰-۱/۰۵ می‌باشد. به‌طورکلی روند تغیرات دمای کمینه و بیشینه در طی ماه‌های مختلف متفاوت می‌باشد ولی بیشترین تغییر دمای کمینه مربوط به ماه‌های می، آگوست و سپتامبر و بیشترین تغییر دمای بیشینه مربوط به ماه‌های می، ژوئن، جولای و آگوست می‌باشد. (شکل ۵) روند تغییرات بارندگی متوسط ماهانه حوزه را در دوره آتی نشان می‌دهد. در سناریو A2 در دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ مقدار بارندگی ۴۸/۲ تا ۴/۶- درصد تغییر می‌یابد. این روند در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بین ۱۸/۸ تا ۴۸/۷- می‌باشد. همچنین در سناریو B1 در دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بارش به ترتیب ۵۳ تا ۱/۳- درصد و ۱۵/۶ تا ۳۰- درصد تغییر می‌یابد.

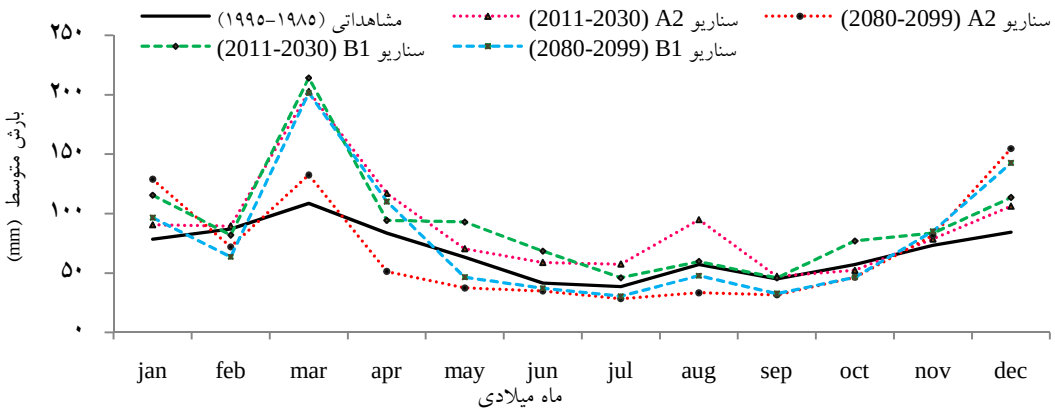
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]



شکل ۳- الگوی تغییرات میانگین حداکثر درجه حرارت ماهانه حوزه آبخیز قزاقلی برای دوره آتی و دوره مشاهداتی تحت دو سناریو A2 و B1



شکل ۴- الگوی تغییرات میانگین حداقل درجه حرارت ماهانه حوزه آبخیز قزاقلی برای دوره آتی و دوره مشاهداتی تحت دو سناریو A2 و B1



شکل ۵- الگوی توزیع میانگین بارندگی ماهانه حوزه آبخیز قزاقلی برای دوره آتی و دوره مشاهداتی تحت دو سناریو A2 و B1

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

در جدول ۶ روند تغییرات بارندگی و دما در دوره زمانی فصلی و سالانه نشان داده شده است. در این جدول مقدار دما کمینه و بیشینه در هر دو سناریو و در دو دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ افزایش می‌یابد. در دو سناریو A2 و B1 در هر دو بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بیشترین تغییر دمای کمینه و بیشینه مربوط به فصل بهار می‌باشد که سناریو B1 در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ از این قضیه تبعیت می‌کند ولی در سناریو A2 و بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بیشترین تغییر دمای کمینه و بیشینه مربوط به فصل تابستان می‌باشد. بارندگی در هر دو سناریو A2 و B1 در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در هر چهار فصل سال و متوسط سالانه افزایش می‌یابد. ولی در هر دو سناریو و در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ با وجود افزایش مقدار بارندگی متوسط سالانه و فصل پاییز و زمستان در دو فصل بهار و تابستان شاهد کاهش بارندگی خواهیم بود.

جدول ۶- تغییرات فصلی و سالانه پارامترهای اقلیمی در دوره‌های آتی نسبت به دوره مبنا تحت سناریوهای A2 و B1

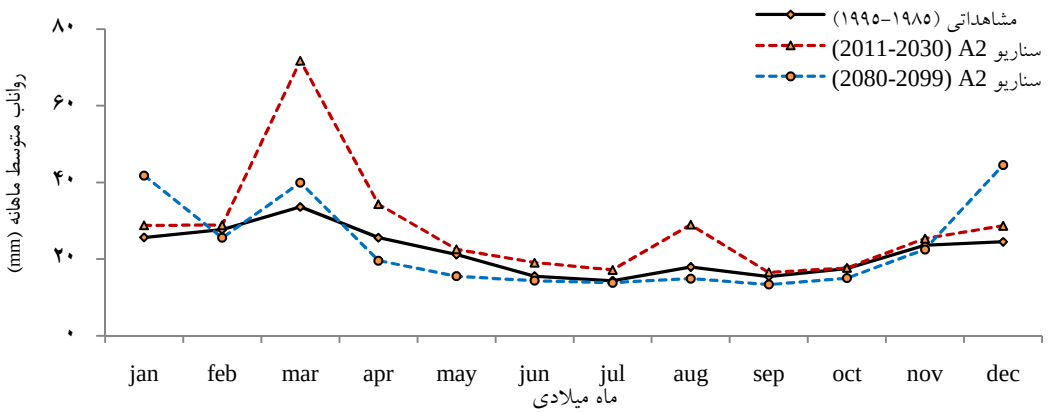
سناریو	دوره زمانی	۲۰۳۰-۲۰۱۱			۲۰۹۹-۲۰۸۰		
		بارندگی (درصد)	درجه حرارت حداکثر (°C)	درجه حرارت حداقل (°C)	بارندگی (درصد)	درجه حرارت حداکثر (°C)	درجه حرارت حداقل (°C)
A2	بهار	۳/۴۳	۱/۲۲	۱/۱	-۲۲/۹۸	۵/۰۷	۴/۹۶
	تابستان	۱۱/۸۰	۰/۰۷	۰/۳۳	-۴۳/۷۷	۵/۲۲	۵/۲۵
	پاییز	۵/۶۹	۰/۵۱	۰/۷۸	۷/۳۶	۳/۵۱	۳/۷۷
	زمستان	۶/۳۹	۰/۲۲	۰/۶۷	۶/۳۰	۲/۵۸	۳
	سالانه	۹/۷۷	۰/۶۵	۰/۷۹	۳/۷۱	۴/۰۸	۴/۲۳
B1	بهار	۶/۰۲	۱/۱۷	۱/۰۴	-۱۸/۴۹	۳/۱۸	۳/۰۷
	تابستان	۹/۶۴	۰/۷۹	۰/۸۲	-۲۹/۴۱	۲/۸۸	۲/۹۲
	پاییز	۶/۸۷	۰/۲۴	۰/۴۹	۷/۵۶	۱/۴۹	۱/۷۶
	زمستان	۶/۱۳	۰/۱۸	۰/۳۲	۳/۶۷	۱/۹۱	۲/۳۲
	سالانه	۸/۵۹	۰/۴۴	۰/۵۹	۴/۳۷	۲/۳۴	۲/۴۹

بررسی پاسخ هیدرولوژیک حوزه بر اساس داده‌های دما و بارش تغییر یافته

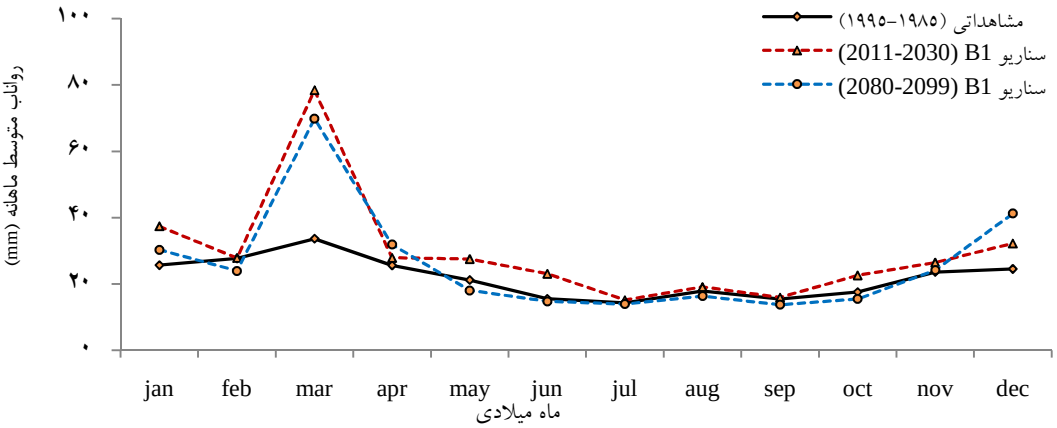
بدیهی است که با تغییر دما و بارش به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی مقدار رواناب حوزه در دوره آتی تحت هر دو سناریو تغییر پیدا می‌کند. با نگاهی اجمالی به شکل ۶ می‌توان دریافت که در سناریو A2 طی بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در تمام ماه‌های سال مقدار رواناب افزایش می‌یابد ولی در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ تنها در طی ماه‌های ژانویه، مارس و دسامبر رواناب افزایش می‌یابد و در بقیه ماه‌ها کاهش رواناب را شاهدیم. تغییرات رواناب در این سناریو در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بین ۱۳۰/۵ تا ۰/۷۴ درصد و در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بین ۸۱/۶۴ تا ۲۶/۵۵- می‌باشد. همچنین بیشترین تغییرات رواناب در سناریو A2 در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ مربوط به ماه‌های مارس و آگوست و در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ مربوط به ماه‌های سرد ژانویه و دسامبر می‌باشد. در شکل ۷ نیز تغییر رواناب در سناریو B1 نمایش داده شده است. تغییر رواناب ماهانه در این سناریو در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ به ترتیب ۱۳۳/۲۸ تا ۰/۶۵ درصد و ۳۶/۲۲ تا ۳/۷۴- درصد می‌باشد. بیشترین تغییرات رواناب در این سناریو و در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ مربوط به دو ماه مارس و ژوئن و در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ مربوط به ماه‌های مارس و دسامبر است.

شکل ۸ نشان‌دهنده مقادیر متوسط سالانه مهم‌ترین اجزا سیکل هیدرولوژیکی در طی دوره گذشته و آتی می‌باشد. انطباق زیادی بین تغییر بارش و تغییر در مقدار آب حوزه و رواناب وجود دارد. با وجود تبعیت تبخیر و تعرق پتانسیل از این روند اما این تغییرات مانند تغییرات بارندگی و رواناب چندان محسوس نمی‌باشد. به طور کلی تغییر رواناب متوسط سالانه در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ در سناریو A2 به ترتیب ۲۹/۴۴ و ۷/۰۳ درصد و در سناریو B1 ۳۴/۸۱ و ۵۱/۲۴ درصد می‌باشد. با وجود افزایش مقدار کل آب، بارش، رواناب و تبخیر و تعرق پتانسیل در هر دو سناریو و در هر دو دوره زمانی این تغییرات در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نسبت به دوره ۲۰۳۰-۲۰۹۹ و سناریو B1 نسبت به سناریو A2 شدیدتر است.

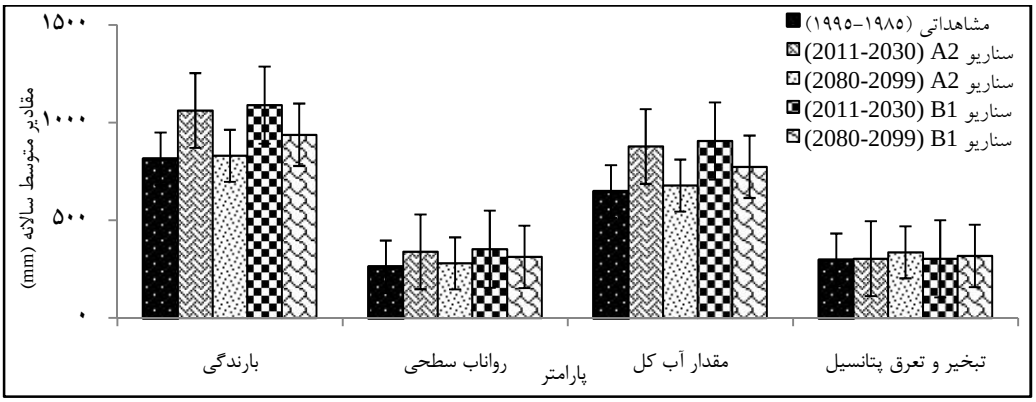
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]



شکل ۶- متوسط ماهانه رواناب حوزه آبخیز قزاقلی در طی دوره مشاهده شده و دوره تغییرات اقلیمی در سناریو A2



شکل ۷- متوسط ماهانه رواناب حوزه آبخیز قزاقلی در طی دوره مشاهده شده و دوره تغییرات اقلیمی در سناریو B1



شکل ۸- مقادیر متوسط سالانه پارامترهای هیدرولوژیکی حوزه آبخیز قزاقلی در طی دوره مشاهده شده و آتی تحت دو سناریو اقلیمی A2 و B1

ارزیابی کارایی مدل LARS-WG با استفاده از سه شاخص آماری ضریب تعیین، ضریب ناش- ساتکلیف و ریشه میانگین مربعات خطا نشان‌دهنده دقت بالای مدل می‌باشد که با نتایج مطالعات اشرف و همکاران (۳) مطابقت دارد. بررسی متغیرهای دمای کمینه و بیشینه و بارش در طی دوره آتی نشان‌دهنده افزایش دما ماهانه، فصلی و سالانه هر دو سناریو در هر دو دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۹ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ و به خصوص در دوره

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

دوم داشته که با نتایج مطالعات سلیمانی نادگانی و همکاران (۲۴) و مسباح بوانی و همکاران (۱۷) مطابقت دارد. نتایج نشان می‌دهند که روند تغییر دمای کمینه به مراتب بیشتر از دمای بیشینه است (۲۸،۲۳). به جز سناریو A2 که در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ بیشترین تغییر دمای بیشینه و کمینه در فصل تابستان می‌باشد در بقیه فصول در هر دو سناریو تغییرات دما در فصل بهار بیشتر است. همچنین بیشترین افزایش دما مربوط به ماه‌های می و آگوست و کمترین افزایش دما مربوط به فوریه، مارس و دسامبر می‌باشد. تغییر بارش باعث تغییر در مقدار کل آب قابل دسترس، زمان پیک و وقایع حد اثرگذاری می‌باشد. تغییر متغیر بارش در طی ماه‌های مختلف سال کمی متفاوت است ولی در کل انطباق زیادی بین شبیه‌سازی دو سناریو A2 و B1 در طی هر دوره زمانی وجود دارد. به طور کلی در دو سناریو A2 و B1 مقدار بارش در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در تمامی ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد ولی در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ به جز ماه‌های سرد سال در بقیه ماه‌ها بارندگی کاهش می‌یابد. در پایه زمانی سالانه مقدار بارش روند صعودی دارد. همچنین با توجه به تغییر نوع بارش از برف به باران در نتیجه افزایش دما مقدار بارش در تابستان و بهار کاهش یافته و در زمستان و پاییز افزایش می‌یابد که از این نظر با نتایج مطالعات مهدی‌زاده و همکاران (۱۴) مطابقت دارد. به طور کلی با تغییر مقدار بارش و دما رواناب حوزه تغییر پیدا می‌کند. در ابتدا مقدار رواناب افزایش می‌یابد سپس با کاهش بارندگی و افزایش بیشتر دما رواناب حوزه در طول سال کاهش می‌یابد و سپس افزایش می‌یابد که با نتایج پژوهش کینگستون و تایلور (۱۱) هم‌خوانی دارد. در بازه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در هر دو سناریو رواناب افزایش می‌یابد که بیشترین افزایش مربوط به ماه مارس می‌باشد همچنین با توجه به نوع ریزش برف در زمستان رواناب در این فصل در دوره آتی افزایش می‌یابد. در بازه زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ به جز ماه‌های ژانویه، مارس، آوریل و دسامبر در بقیه ماه‌ها کاهش رواناب را شاهدیم که در راستای مطالعات سانگمن و همکاران (۲۳) می‌باشد. بیشترین افزایش رواناب در ماه‌های مارس و دسامبر و بیشترین کاهش در ماه‌های آوریل و فوریه می‌باشد. همچنین در این بازه زمانی رواناب پاییز و زمستان افزایش می‌یابد که با نتایج مطالعات ذهبیون و همکاران (۲۶)، وایپینگ و همکاران (۲۵) مطابقت دارد. همچنین مقدار آب کلی در تابستان کاهش و در زمستان افزایش می‌یابد. در نتیجه تغییر دما و بارش در تمامی ماه‌ها تبخیر و تعرق پتانسیل افزایش می‌یابد که این امر به نوبه خود باعث کاهش بازه آبی حوزه می‌گردد (۱۶،۴).

به‌طورکلی تغییر دمای کمینه ۰/۰۶ تا ۵/۵۴ درجه، دمای بیشینه ۰/۰۷ تا ۵/۵۶ درجه و بارش ۵۳ تا ۴۸/۷- درصد باعث تغییر رواناب حوزه بین ۱۳۳/۲۸ تا ۲۶/۶۶- درصد برای ماه‌های مختلف می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که کاهش ناچیزی در بارش سالانه و فصلی می‌تواند اثرات قابل توجهی روی رواناب بگذارد برعکس افزایش کمی بارندگی اثرات کمی روی رواناب دارد (۲۸،۱۵). مقایسه سناریوهای A2 و B1 نشان از وضعیت بحرانی‌تر سناریو B1 در این حوزه دارد که با نتایج مطالعات مسباح بوانی و مرید (۱۷) در این زمینه مطابقت داشته و با نتایج مطالعات گویتی و همکاران (۷) هم‌خوانی ندارد. تغییرات اقلیمی می‌تواند به‌طور بالقوه‌ای اثرات متعدد و پی‌درپی‌ای روی منابع آبی منطقه داشته باشد. اطلاعات مربوط به رابطه اثرات گرمایش جهانی روی فرآیندهای حوزه‌ای محدود باقی می‌ماند با این حال ارزیابی در مقیاس منطقه‌ای برای درک تغییرات در هیدرولوژی و مدیریت بهینه حوزه مفید است. تغییر رواناب در طول سال با تغییر تعادل آبی باعث افزایش خطر وقایعی از قبیل سیلابی شدن و خشکسالی در حوزه آبخیز می‌گردد بنابراین برای غلبه بر این مشکلات بایستی که مدیریتی منظم و برنامه‌ریزی شده اعمال گردد سانگمن و همکاران (۲۳). نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که هیدرولوژی حوزه آبخیز قزاقلی بسیار به تغییرات آب و هوایی حساس است و تغییرات بالقوه بارش نسبت به دما اثرات بیشتری دارند. با توجه به اهمیت موضوع تغییر اقلیم جا دارد که توجه بیشتری به این امر مهم شود زیرا که عدم توجه به آن موجب خواهد شد که کشورمان هزینه‌هایی به مراتب بیشتر را در آینده نه چندان دور به دلیل نداشتن استراتژی خاصی در مقابله با اثرات منفی پدیده تغییر اقلیم بپردازد. برای تحقق این امر لازم است تا تمام دستگاه‌های اجرایی و قانون‌گذاری از هم‌اکنون تحقیقاتی را در زمینه برنامه‌های کوتاه مدت و بلند مدت انجام دهند.

منابع

1. Ababaei, B., T. Sohrabi, F. Mirzaei, V. Rezaverdinejad and B. Karimi. 2010. Climate Change Impact on Wheat Yield and Analysis of the Related Risks: (Case Study: Esfahan Ruddasht Region). Journal of Science Soil and Water. 20: 135-150. (In Persian)
2. Afsharnia, R. 2012. Effect of climate change on precipitation and temperature parameters in the future periods uses the output of general circulation models (Case Study of Ahvaz city). M.Sc. Thesis, Desertification Management. University of Tehran, 94 pp. (In Persian)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

3. Ashraf, B., M. Mousavi Baygi, G.A. Kamali and K. Davari. 2011. Prediction of Seasonal Variations of Climatological Parameters over Next 20 Years by Using Statistical Downscaling Method of HADCM3 Data (Case Study: Khorasan Razavi Province). Journal of Water and Soil, 25: 945-957. (In Persian)
4. Bekele, E.G. and H.V. Knapp. 2010. Watershed Modeling to Assessing Impacts of Potential Climate Change on Water Supply Availability. Water Resour Manage, 24: 3299-3320.
5. Esmaeili, R., A. Gandomkar and H.A. Ghayoor. 2011. Zoning of climate changes rate base on agriculture approach in future climatic period (case study Khorasan Razavi province). Geography and Environmental Planning Journal, 41: 35-52. (In Persian)
6. Ficklin, D.L., Y. Luo, E. Luedeling and M. Zhang. 2009. Climate change sensitivity assessment of a highly agricultural watershed using SWAT. Journal of Hydrology, 374: 16-29.
7. Githui, F.W., W. Bauwens and F. Mutua. 2007. Assessment of impacts climate change on runoff: River Nzoia catchment, Kenya. 4th International SWAT conference, 81-92 pp.
8. Githui, F.W., W. Gitau, F. Mutua and W. Bauwens. 2009. Climate change impact on SWAT simulated stream flow in western Kenya. International Journal of Climatology, 29: 1823-1834.
9. IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, 104 pp.
10. Juan, L., L. Bin, L. Li-qiao, L. Jiu-yi and L. Yu-mei. 2010. Effect of climate change and land use on stream flow in the upper and middle reaches of the Taoer River, northeastern China. Forestry Studies in China, 12: 107-115.
11. Kingston, D.G. and R.G. Taylor. 2010. Sources of uncertainty in climate change impacts on river discharge and groundwater in a headwater catchment of the Upper Nile Basin, Uganda. Hydrology and Earth System Sciences, 14: 1297-1308.
12. Kundzewicz, Z.W. and L. Somlyódy. 1997. Climatic change impact on water resources in a systems perspective. Water Resources Management, 11: 407-435.
13. Legesse, D., C. Vallet-Coulomb and F. Gasse. 2003. Hydrological response of a catchment to climate and land use changes in Tropical Africa: Case study South Central Ethiopia. Journal of Hydrology, 275: 67-85.
14. Mahdi Zadeh, S., M. Meftah Halghi, S. Seyyed Ghasemi and A. Mosaedi. 2011. Study of precipitation variation due to climate change (Case study: Golestan dam basin). Journal of Water and Soil Conservation, 18: 117-132. (In Persian)
15. Mango, L.M., A.M. Melesse, M.E. McClain, D. Gann and S.G. Setegn. 2011. Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper Mara River Basin, Kenya: results of a modeling study to support better resource management, Hydrology and Earth System Sciences, 15: 2245-2258.
16. Marshall, E. and T. Randhir. 2008. Effect of climate change on watershed system: a regional analysis. Journal of Climatic Change, 89: 263-280.
17. Mesbah bavani, A. and S. Mored. 2006. Effects of climate change on river flow Zayandehrod Esfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 4: 17-27. (In Persian)
18. Minville, M., F. Brissette and R. Leconte. 2008. Uncertainty of the impact of climate change on the hydrology of a nordic watershed. Journal of Hydrology, 358: 70-83.
19. Mitchell, T.D. 2003. Pattern Scaling: An Examination of Accuracy of the Technique for Describing Future Climates. Climatic Change, 60: 217-242.
20. Mulungu, D.M. and S.E. Munishi. 2007. Simiyu River catchment parameterization using SWAT model. Physics and Chemistry of the Earth, 32: 1032-1039.
21. Pope, V.D., M.L. Gallani, P.R. Rowntree and R.A. Stratton. 2000. The impact of new physical parameterizations in the Hadley Centre climate model: HadAM3. Climate Dynamics, 16: 123-146.
22. Samadi Neghab, S. 2007. Drought prediction by using down scale method on GCM output. Journal of geography and regional development, 8: 193-212. (In Persian)
23. Sangmanee, C., S. Chinvanno, J. Tanakitmethavut, S. Bunsomboonsakul and J. Thitiwate. 2011. Impact of Climate Change on Hydrological Regime of Khlong Krabi Yai Watershed, Krabi Province, Thailand. Proceedings of SWAT-SEA II Conference- Southeast Asia, Vietnam, 1-10 pp.
24. Soleymani Nanadegani, M., M. Parsinejad, Sh. Araghinejad and A. Massah Bavani. 2011. Study on Climate Change Effect on Net Irrigation Requirement and Yield for Rainfed Wheat (Case Study: Behshahr). Journal of Water and Soil, 25: 389-397. (In Persian)
25. Yiping, W., S. Liu and O.I. Abdul-Aziz. 2011. Hydrological effects of the increased CO_2 and climate change in the Upper Mississippi River Basin using a modified SWAT. Journal of Climatic Change, 110: 977-1003.
26. Zahabiyoun, B., M.R. Goodarzi and A.R. Massah Bavani. 2011. Application of the SWAT model in the Gharesou river basin under climate change. Journal of Climate research, 1: 45-60. (In Persian)
27. Zhang, X., R. Srinivasan and F. Hao. 2006. Prediction hydrologic response to Climate Change in the Luohe river basin using the SWAT model. American Society of Agricultural and Biological Engineering, 50: 901-910.
28. Zhi, L., L. WenZhao, Z. XunChang and Z. FenLi. 2010. Assessing and regulating the impacts of climate change on water resources in the Heihe watershed on the Loess Plateau of China. Journal of Science China Earth Science, 53: 710-720.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

Evaluation of Hydrological Response Ghazaghli Watershed of Golestan During the Future Period by Affected of Climate Change

Hossein Salmani [1], Mohammad Rostami Khalaj[2], Hamed Rouhani[3], Mojtaba Mohamadi[4] and Sadegh Tali Khoshk[2]

1- M.Sc., University of Tehran, (Corresponding author: hsalmani@alumni.ut.ac.ir)
2- M.Sc., University of Tehran
3- Assistant Professor, Gonbad Higher Education Center
4- Instructor, Higher Education Complex of Saravan
Received: September 24, 2012 Accepted: June 3, 2013

Abstract

Concern about the impact of climate change on natural and socioeconomic systems has been increased in recent years and this issue caused an increasing interest in the scientific community .The aim of this study is to evaluate changes in parameters such as precipitation, minimum and maximum temperature by General Circulation Models (GCM) and its impact on average runoff using SWAT model in Ghazaghli watershed in Golestan province. Initially, these parameters based on IPCC scenario A2 and B1 and using HadCM3 of general circulation models and for future periods 2030-2011 and 2099-2080 using LARS-WG weather generator in the synthetic was simulations and downs scaling. To investigate the basin hydrological response with changes in climate input data to the optimized SWAT rainfall - runoff model, after run model output of model was evaluated. The results showed that in the study area, the average minimum and maximum temperatures in both the period and the second period would increase under both scenarios. Rainfall increases in all months in the period 2030-2011 while in the period 2099-2080 the precipitation will increase in the cold season. Runoff analysis shows that under both scenarios A2 and B1 in the future compared to the baseline scenario (period 1995-1985) runoff between the 133.28_-26.66 percent will change to several month. Compare scenarios A2 and B1 show that B1 scenario compared to A2 scenario and 2099-2080 periods compared to 2030-2011 periods in the study area have critical condition.

Keywords: Climate Change, Runoff, IPCC Scenario, HadCM3, SWAT

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]