دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در دوره آتی بر پایه مدل HadCM3 با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM در حوزه آبخیز آق‌چای (آذربایجان‌غربی)

لیلا همتی[1] و میرحسن میریعقوب‌زاده[2]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه
۲- استادیار و عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، (نویسنده مسوول: m.miryaghoubzadeh@urmia.ac.ir)
تاریخ ارسال: ۹۸/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۲۶
صفحه: ۹۵ تا ۱۰۷

چکیده

صنعتی‌شدن جوامع و افزایش گازهای گلخانه‌ای موجب افزایش دمای کره زمین و تغییر دیگر متغیرهای اقلیمی شده است. این پدیده مهمترین معضل کره زمین در قرن حاضر می‌باشد از این رو ارزیابی میزان روند شکل‌گیری آن در مقیاس جهانی و منطقه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تاکنون مدل‌های گردش عمومی متعددی برای پیش‌بینی وضعیت اقلیم در آینده طراحی شده است، اما خروجی حاصل از این مدل‌ها به‌دلیل محدودیت در تفکیک مکانی در مقیاس محلی، قابل استفاده نمی‌باشد. بنابراین روش‌های مختلفی به‌منظور استفاده از خروجی این مدل‌ها در مقیاس منطقه‌ای و محلی ابداع شده است. در این پژوهش برای بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی در حوزه آبخیز آق‌چای واقع در شمالغرب کشور از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM استفاده شده است بدین‌منظور ابتدا میزان کارایی این مدل برای ریزمقیاس‌نمایی متغیرهای اقلیمی در ایستگاه سینوپتیک خوی مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس شاخص‌های مذکور تا سال ۲۱۰۰ شبیه‌سازی شد. مدل SDSM با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه سینوپتیک خوی و داده‌های NCEP کالیبره و واسنجی شد. به‌منظور ارزیابی مدل از معیار میانگین خطای مطلق و مجذور میانگین مربعات خطا استفاده شد و پس از حصول اطمینان از کارایی مدل، خروجی‌های مدل HadCM3 در دوره‌های زمانی ۲۰۵۰-۲۰۲۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ حوزه آبخیز آق‌چای، تحت سناریوهای A2 و B2 توسط مدل آماری SDSM ریزمقیاس شد. نتایج نشان‌دهنده افزایش دمای کمینه و بیشینه منطقه مطالعاتی در اکثر ماه‌های سال می‌باشد. به‌طوریکه افزایش ۳/٤۸ درجه سانتیگراد دمای بیشینه در دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ و ٥/٦ سانتیگراد در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ و دمای کمینه به‌میزان ۳/٤٥ برای دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ و ٥/٥۱ برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ قابل مشاهده بود. همچنین نتایج نشان‌دهنده افزایش بارش در اکثر ماه‌های سال برای دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ (در محدوده ۰/۱ تا ۹٥/۷٤) می‌باشد. تغییرات بارش برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ نیز به‌صورت افزایش در اکثر ماه‌های سال با حداکثر مقدار ۹٤/٦٤ و حداقل مقدار ۱/۳٤ درصد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آق چای، ریزمقیاس نمایی، متغیرهای اقلیمی، مدل‌های گردش عمومی جو، مدل SDSM

مقدمه

ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و مدیریت صحیح منابع آب و در نظر گرفتن تغییرات آب و هوایی در برای استفاده بهینه از ذخایر محدود آب کشور اهمیت ویژه‌ای دارد. دو متغیر مهم در هیدرولوژی و منابع آب، درجه حرارت و بارش می‌باشند که با استفاده از درجه حرارت می‌توان تبخیر از آب‌های سطحی و تعرق از گیاهان و با استفاده از بارش می‌توان حجم مخزن، میزان رواناب را محاسبه و الگوی مصرف آب را تعیین کرد (۱۴). تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی، که در طولانی‌مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی، رخ بدهد تغییر اقلیم نامیده می‌شود؛ درواقع تغییر اقلیم نشان‌دهنده تغییرات غیرعادی در اقلیم در اتمسفر و پیامدهای ناشی از آن در قسمت‌های مختلف کره زمین می‌باشد. افزایش و تشدید تغییرات متغیرهای اقلیمی ناشی از آن، می‌تواند تاثیرات منفی زیادی را بر سیستم‌های مختلف از جمله منابع آب، محیط‌زیست، صنعت، بهداشت، کشاورزی و کلیه سیستم‌هایی که در کنش با سیستم اقلیمی می‌باشند، بگذارد (۱۹). مهم‌ترین تبعات تغییر اقلیم تأثیرگذاری آن بر پدیده‌های حدی جوی[1] و اقلیمی نظیر طوفان، سیل، تگرگ، خشکسالی، امواج گرمایی و سرماهای نابهنگام خواهد بود، به‌طوری‌که انتظار می‌رود پدیده‌های حدی جو در طی دهه‌های آینده روند افزایشی داشته باشند (۵). برای درک ماهیت پیچیده جو و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده بایستی از روابط کمی بین متغیرهای موثر استفاده شود. به‌علت پیچیدگی معادلات از نظر ریاضی و تعدد آنها و نیز پیچیده-بودن شرایط مرزی، حل این معادلات به روش تحلیلی امکان‌پذیر نیست، بنابراین متخصصان از روش‌های عددی برای حل این معادلات استفاده می‌کنند (۳). در حال حاضر مدل‌های گردش عمومی جو (GCM)[2] تنها ابزاری هستند که اثر تغییر اقلیم در سطح جهانی را برای عناصر جوی در شبکه‌های بزرگ مکانی شبیه‌سازی می‌کنند. با توجه به قدرت تفکیک این مدل‌ها که حدود ۴۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد، خروجی این مدل‌ها از نظر مقیاس مکانی و زمانی برای مطالعات محلی و کاربردی نظیر هیدرولوژیکی مناسب نمی‌باشند (۶). با توجه به اینکه اکثر مطالعات کاربردی و

1- Statistical Down Scaling Model
2- General Circulation Model

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

پروژه‌های اجرایی اکوسیستم‌های زمینی در مقیاس حوزه آبخیز صورت می‌گیرد، لذا برای استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی جو به ابزاری نیاز هست که بتوان داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو را به مقیاس محلی و سطح حوزه آبخیز تبدیل کرد، به‌همین منظور دانشمندان روش‌های مختلفی برای ریزمقیاس‌نمایی مدل‌های مذکور ابداع نموده‌اند. اساس کلیه روش‌های ریزمقیاس‌نمایی بر پایه ایجاد ارتباط بین متغیرهای مدل‌های گردش عمومی جو به‌عنوان متغیرهای مستقل (مانند فشار هوا، رطوبت، باد و...) و متغیرهای اقلیمی به‌عنوان متغیرهای وابسته (مانند بارش، دما و...) در مقیاس منطقه‌ای، محلی و حتی نقطه‌ای استوار می باشد (۸) و (۲۳). کلیه روش‌های ریزمقیاس‌نمایی را در چهار گروه دینامیکی، سینوپتیکی، آماری و تابع انتقالی طبقه‌بندی کردند. از آنجا که مدل‌های دینامیکی و سینوپتیکی برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی نیاز به کامپیوتر و ابزار پیچیده دارند، امروزه مدل‌های آماری خصوصاً تابع انتقالی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. این گروه برحسب اینکه بر پایه روابط آماری یا ریاضی استوار باشند، به دو دسته مدل‌های آماری و ریاضی تقسیم‌بندی می‌شوند.

با توجه به اهمیت تغییرات متغیرهای اقلیمی و اثرات آن بر سایر متغیرهای اقلیمی مطالعات متعددی در این خصوص در داخل کشور صورت گرفته است:

تمام مدل‌های AOGCM افزایش دما در سطح زمین بر اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای را در قرن حاضر پیش‌بینی می‌کنند (۱۰).

لیو و همکاران (۱۳) میزان دما را در دوره (۲۰۹۹-۱۹۶۱) در چین پیش‌بینی نمودند. نتایج نشان از افزایش پنج درجه سانتیگراد در دمای بیشینه و کمینه دارد. سیاری و همکاران (۲۰) با پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در حوضه کشف رود استان خراسان طی سه دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری ASD خروجی مدل HadCM3 نشان دادند که تغییرات دمای کمینه و بیشینه در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه روند افزایشی دارند. عباسی و اثمری (۱) با استفاده از خروجی دو الگوی گردش عمومی جو (ECHAM4 و HadCM2) و لحاظنمودن ۱۸ سناریوی انتشار، شرایط اقلیم ایران را در دهه‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵، ۲۰۵۰، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ الگوسازی نمودند. بر اساس بررسی‌های به‌عمل‌آمده نتایج هر دو الگو بیانگر افزایش دمای تمامی استان‌های کشورمان در دهه‌های آینده هستند. این دو الگو به‌طور میانگین، افزایش ۳ تا ۳/۶ درجه سانتیگراد را تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی می‌کنند. آبکار و همکاران (۲) با شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از مدل SDSM به این نتیجه رسیدند میانگین درجه حرارت سالانه برای دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت.

دوستی و همکاران (۱۶) با بررسی شاخص‌های اقلیمی حوضه آبخیز تمر استان گلستان در شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدل LARS-WG نشان دادند که میانگین دما با در نظر گرفتن سناریوی A2، ۲/۴۸ و با در نظر گرفتن سناریوی A1B، ۲/۴۳ درجه افزایش خواهد یافت. رضایی و همکاران (۱۴) با بررسی کارایی مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM در پیش‌بینی متغیرهای دمایی در دو اقلیم خشک و فراخشک کرمان و بم شاهد افزایش دما در تمامی ماه‌ها برای این منطقه بودند.

شیداییان و همکاران (۱۸) با مقایسه دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و SDSM در کوچک مقیاس‌سازی متغیرهای اقلیمی نشان دادند که مدل SDSM از کارایی مناسب‌تری برای کوچک مقیاس‌سازی متغیرهای اقلیمی نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی برخوردار است و نتایج نشان‌دهنده افزایش دما در سال های آینده بود.

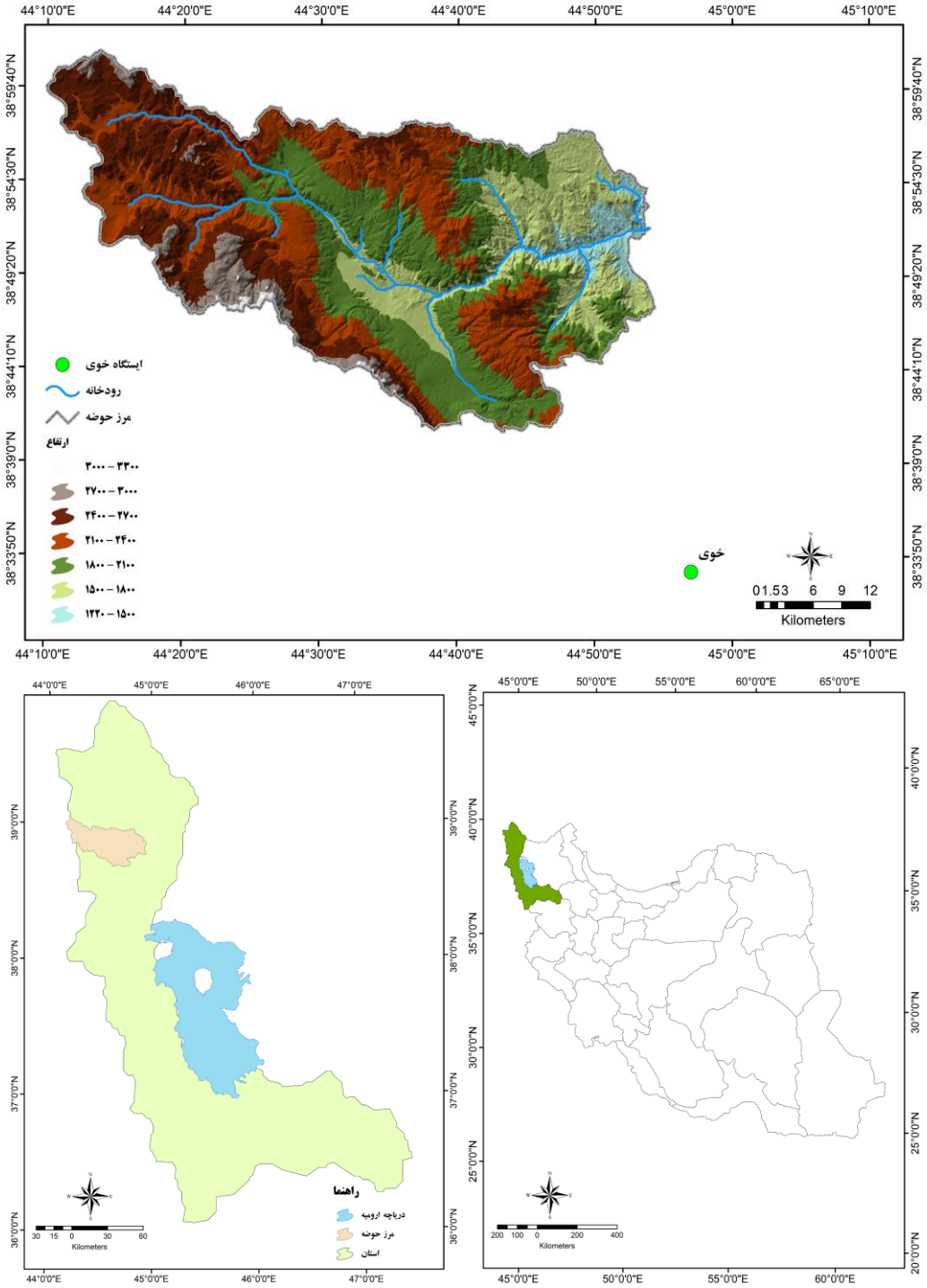
سلاجقه و همکاران (۱۵) با پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM در دوره آینده بر پایه سناریو A2 به این نتیجه رسیدند که بر پایه سناریوی A2 در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه، مقدار بارش میانگین در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۵ و ۲۰۶۵-۲۰۴۰، نسبت به دوره پایه کاهش و دمای متوسط کمینه و دمای متوسط بیشینه نسبت به دوره پایه افزایش می یابد.

زارعی و همکاران (۲۴) به پیش‌بینی عناصر اقلیمی سناریوهای RCP در ایستگاه سینوپتیک گرگان توسط مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM پرداخته‌اند. ایشان به این نتیجه رسیدند که میزان بارش در دوره نزدیک از ماه فروریه تا آگوست و در دوره دور از ماه دسامبر تا آگوست کاهش خواهد داشت. تغییرات اقلیمی در سرتاسر جهان با شدت‌های متفاوت در حال رخدادن است، با توجه به تاثیر آن در نحوه زندگی و فعالیت‌های بشری، برای درک ماهیت پیچیده جو و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده باید آن را مدلسازی نمود. هدف از این پژوهش پیش‌بینی تغییرات متغیرهای اقلیمی برای دوره‌های آتی در حوزه آبخیز آق چای می‌باشد. به‌دلیل اینکه تنها ایستگاه سینوپتیک و دارای آمار طولانی مدت به این حوضه ایستگاه خوی می‌باشد لذا پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در این ایستگاه برای حوضه مذکور انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز آق‌چای به مساحت ۱۴۴۰/۹ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط ۲۰۹۵/۶ متر بین عرض‌های شمالی ″۳۳-َ۴۰-°۳۸ تا ″۳۰-َ۳-°۳۹ و طول‌های شرقی ″۹-َ۱۰-°۴۴ تا ″۷-َ۵۷-°۴۴ در شمال شهرستان خوی و جنوب شهرستان سیه‌چشمه در استان آذربایجان غربی واقع شده است. متوسط دمای سالانه این حوضه ۶/۱ درجه سانتی‌گراد و کمینه دمای سالانه در این حوضه به مقدار ۲/۲ درجه سانتی‌گراد و بیشینه دما به‌مقدار ۹/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با بررسی‌های صورت گرفته اقلیم غالب منطقه با توجه به اقلیم‌نمای آمبرژه نیمه‌مرطوب سرد می‌باشد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز آق چای را در ایران و استان آذربایجان‌غربی نشان می‌دهد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز آق‌چای در ایران و استان آذربایجان غربی
Figure 1. Geographical Location of AghChai Watershed in Iran and West Azarbaijan

در این پژوهش از داده‌های بیشینه و کمینه دما و بارش روزانه ایستگاه سینوپتیک خوی استفاده شده است. مشخصات ایستگاه در جدول ۱ آورده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک خوی

Table 1. Geographic specifications of Khoy synoptic station

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	مشخصات جغرافیایی		
		ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
خوی	سینوپتیک	۱۱۰۳	۴۵°	۳۸° ۳۳′

روش تحقیق

در این پژوهش، برای ریزمقیاس نمایی آماری متغیرهای اقلیمی، از داده‌های مدل HadCM3 استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های ایستگاه سینوپتیک خوی، داده‌های مرکز ملی پیش‌بینی متغیرهای محیطی کانادا (NCEP) و داده‌های مدل HadCM3، تحت دو سناریوی A2 و B2 که با فرمت dat. وارد مدل می‌شوند، می‌باشد. داده‌های ایستگاه سینوپتیک خوی شامل بیشینه و کمینه دمای روزانه و بارش روزانه از اول ژانویه ۱۹۸۲ تا پایان دسامبر ۲۰۰۷ برای اعتبارسنجی و واسنجی مدل مورد استفاده قرار گرفتند که برای این منظور ابتدا داده‌ها به فرمت قابل قبول مدل SDSM تبدیل شده و سپس وارد مدل شدند. داده‌های مدل HadCM3 دارای شبکه‌هایی به ابعاد ۲/۵ در ۳/۷۵ درجه (به‌ترتیب شرقی و شمالی) می‌باشند که توسط گوردون و همکاران (۹) ارائه شده است. خروجی این مدل‌ها بدون هیچ تغییری و به‌طور مستقیم قابل استفاده در مدل SDSM می‌باشد. در این پژوهش از داده‌های ۴۰ ساله NCEP از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱، برای واسنجی و ارزیابی مدل و از داده‌های مدل HadCM3 تحت دو سناریو A2 و B2 برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره پایه (۲۰۰۷-۱۹۸۲) و دو دوره آینده سی‌ساله (۲۱۰۰-۲۰۷۰ و ۲۰۵۰-۲۰۲۰) استفاده شد. متغیرهای NCEP شامل ۲۶ متغیر مستقل اتمسفری می‌باشد که از بین آنها، متغیرهای مستقلی که دارای بالاترین ضریب همبستگی و کمترین واریانس خطا با داده‌های پیش‌بینی‌شونده می‌باشند، انتخاب می‌شوند (۲۱). برای انتخاب متغیر مستقل غالب از مدل SDSM استفاده شد که از میان متغیرها، ژئوپتانسیل در ارتفاع فشاری ۵۰۰ و ۵ هکتوپاسکال و رطوبت نسبی سطحی، بالاترین همبستگی را با متغیرهای وابسته (متغیرهای اقلیمی) دارا بودند. فهرست متغیرهای NCEP به‌شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- متغیرهای NCEP

Table 2. NCEP variables

ردیف	متغیر	ردیف	متغیر
۱	فشار سطح صفر	۱۴	سرعت مداری سطحی
۲	قدرت جریان هوای سطحی	۱۵	واگرایی سطحی
۳	سرعت نصف النهاری سطحی	۱۶	حالت گردابی سطحی
۴	سرعت نصف النهاری در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۱۷	سرعت مداری در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۵	قدرت جریان هوا در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۱۸	حالت گردابی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۶	جهت باد سطحی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۱۹	جهت باد در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۷	ژئوپتانسیل در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۲۰	واگرایی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۸	سرعت نصف النهاری در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال	۲۱	سرعت مداری در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال
۹	قدرت جریان هوا در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال	۲۲	حالت گردابی در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال
۱۰	ژئوپتانسیل در ارتفاع فشاری ۸۵۰هکتوپاسکال	۲۳	جهت باد در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال
۱۱	واگرایی در ارتفاع فشاری ۸۵۰هکتوپاسکال	۲۴	رطوبت نسبی در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال
۱۲	رطوبت نسبی در ارتفاع فشاری ۸۵۰هکتوپاسکال	۲۵	رطوبت نسبی سطحی
۱۳	رطوبت ویژه سطحی	۲۶	میانگین دما در ارتفاع دو متری

جدول ۳- مشخصات مدل جوی – اقیانوسی HadCM3 (IPCC, 1999)

Table 3. Atmospheric and Oceanic HadCM3 model properties

مدل	AGCM Resolution	OGCM Resolution	GHG Simulation	دوره شبیه‌سازی	سناریوهای شبیه‌سازی SRES
HadCM3	۲/۵ × ۳/۷۵	۲/۵ × ۳/۷۵	CO2: ۱۹۸۹-۱۸۶۰ SO4: ۱۹۸۹-۱۸۶۰	SRES Scenarios: ۲۰۹۹ – ۱۹۵۰	A1, A2, B1, B2

تشریح مدل SDSM

مدل SDSM اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط ویلبی و همکاران (۲۳) تحت عنوان نسخه ۲/۱ ارائه شد. این مدل از نوع مدل‌های تابع انتقالی آماری است درواقع بهترین مدل هیبریدی از مدل‌های رگرسیونی و مدل‌های آماری به حساب می‌آید.

اساس کار مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری تابع انتقالی نظیر مدل SDSM بر پایه ارتباط بین متغیرهای مستقل اتمسفری (فشار سطح دریا، نیروی جریان هوا در سطح زمین و...) و متغیرهای وابسته زمینی نظیر بارش، دما و... استوار است. در این مورد انتخاب متغیرهای مستقل که ارتباط منطقی و مناسبی با متغیرهای وابسته داشته باشند، از اهمیت خاصی برخوردار است (۲۰).

این مدل برای شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در یک ایستگاه خاص در شرایط حاضر و در شرایط آینده تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم به‌کار می‌رود و داده‌های آن به‌صورت سری‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

زمانی روزانه برای یک سری از متغیرهای اقلیمی مانند دما، بارندگی و سایر متغیرهای جوی استفاده می‌شود. مراحل کار مدل شامل هفت مرحله می‌باشد که عبارتند از: کنترل کیفیت و تبدیل داده‌ها، انتخاب متغیرهای مستقل مناسب، واسنجی مدل، تولید داده‌های هواشناسی زمان حاضر با استفاده از متغیرهای مستقل مشاهده‌ای، تحلیل آماری داده‌های مشاهده‌شده، نمایش هندسی خروجی مدل، تولید داده‌های هواشناسی آینده با استفاده از متغیرهای مستقل ویلبی و همکاران (۲۳) ارزیابی و واسنجی مدل با استفاده از داده‌های NCEP صورت می‌گیرد و با استفاده از داده‌های HadCM3، میزان دمای بیشینه و کمینه برای ایستگاه خوی برای دو دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ پیش‌بینی و با دوره پایه مقایسه می‌گردد. به‌منظور ارزیابی و مقایسه دقت روش‌ها و سناریوهای مدل استفاده شده و شناسایی بهترین روش برای پیش‌بینی دما، از معیار میانگین خطای مطلق (MAE) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) که روابط آن‌ها به شرح زیر می‌باشد، استفاده شده است.

$$MAE = \sum_{i=1}^{n} \left|\frac{p_i - o_i}{n}\right| \quad (۱)$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p_i - o_i)^2}}{n} \quad (۲)$$

که در آن o و p به‌ترتیب مقادیر مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده و n تعداد داده‌ها می‌باشد. هرچه میزان MAE و RMSE کمتر باشد، نشان‌دهنده کارایی بیشتر مدل در برآورد متغیرهای اقلیمی می‌باشد.

نتایج و بحث

ارزیابی مدل

بیشترین میزان همبستگی پیش‌بینی‌کننده‌های NCEP با شاخص‌های دمایی شامل: فشار متوسط سطح دریا، واگرایی سطحی، قدرت جریان هوا در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال، جهت باد سطحی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال، ژئوپتانسیل در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال، میانگین دما در ارتفاع دو متری و بیشترین میزان همبستگی پیش‌بینی‌کننده‌های NCEP با شاخص بارش شامل: فشار متوسط سطح دریا، حالت گردابی سطحی، جهت باد سطحی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال، ژئوپتانسیل در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال، میانگین دما در ارتفاع دو متری ریزمقیاس‌نمایی داده‌های بارش و دما در دوره پایه مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین‌منظور داده‌های NCEP مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش به‌منظور بررسی میزان کارایی مدل از معیار میانگین خطای مطلق و مجذور میانگین مربعات خطا استفاده شد. با توجه به مقادیر جدول ۳ نتایج حاصل از محاسبات معیار میانگین خطای مطلق و مجذور میانگین مربعات خطا برای متغیر دما نشان از توانایی مدل SDSM در ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های بزرگ مقیاس دارد. شکل ۲ و ۳ مقایسه میانگین ماهانه دمای کمینه و بیشینه مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده توسط مدل SDSM را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مقادیر میانگین خطای مطلق و مجذور میانگین مربعات خطا

Table 4. Mean absolute error and Root mean squared error

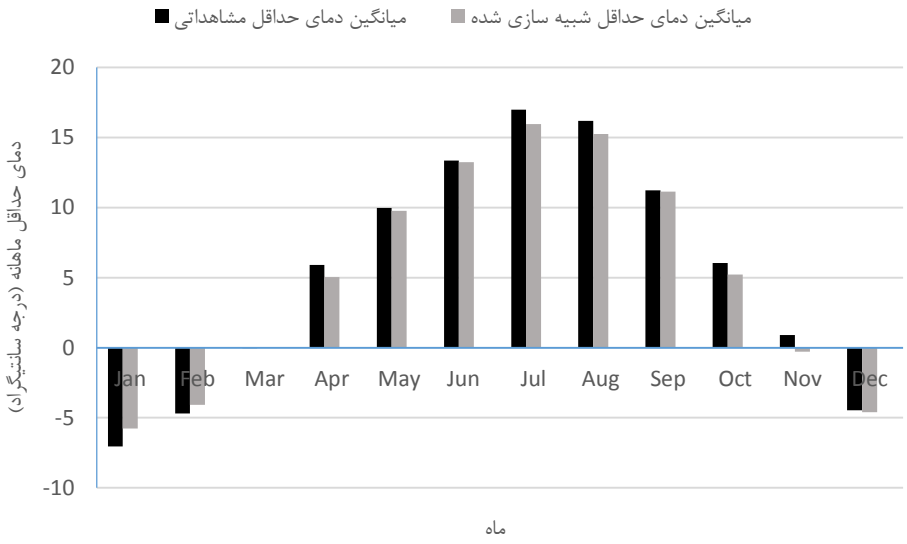
متغیر	بارش	دمای بیشینه	دمای کمینه
میانگین خطای مطلق	۰/۰۳۹	۰/۹۷۲	۰/۲۷۸
مجذور میانگین مربعات خطا	۰/۱۹۸	۰/۹۸۶	۰/۵۲۷

جدول ۵- میانگین و واریانس داده‌ها در دوره پایه

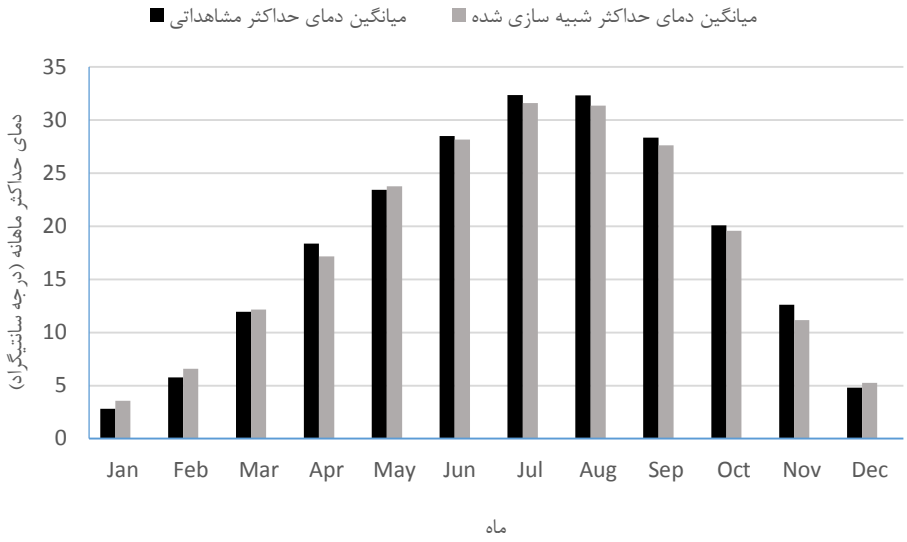
Table 5. Mean and Variance of the data in base period

فصل	بارش		دمای بیشینه		دمای کمینه	
	میانگین (میلیمتر)	واریانس	میانگین (درجه سانتیگراد)	واریانس	میانگین (درجه سانتیگراد)	واریانس
بهار	۰/۸۱	۷/۱۴	۹/۷۴	۵۸/۹۳	-۱/۵۰	۴۳/۸۴
تابستان	۱/۰۰	۹/۶۷	۲۴/۹۸	۴۴/۶۱	۱۰/۶۳	۲۷/۱۱
پاییز	۰/۴۹	۵/۸۶	۲۸/۱۷	۴۰/۹۳	۱۲/۴۸	۲۸/۴۱
زمستان	۰/۶۷	۵/۵۱	۱۱/۰۱	۹۳/۹۹	-۰/۵۰	۵۳/۰۲
سالانه	۰/۷۴	۷/۰۸	۱۸/۴۷	۱۲۶/۷۴	۵/۲۸	۷۸/۰۸

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

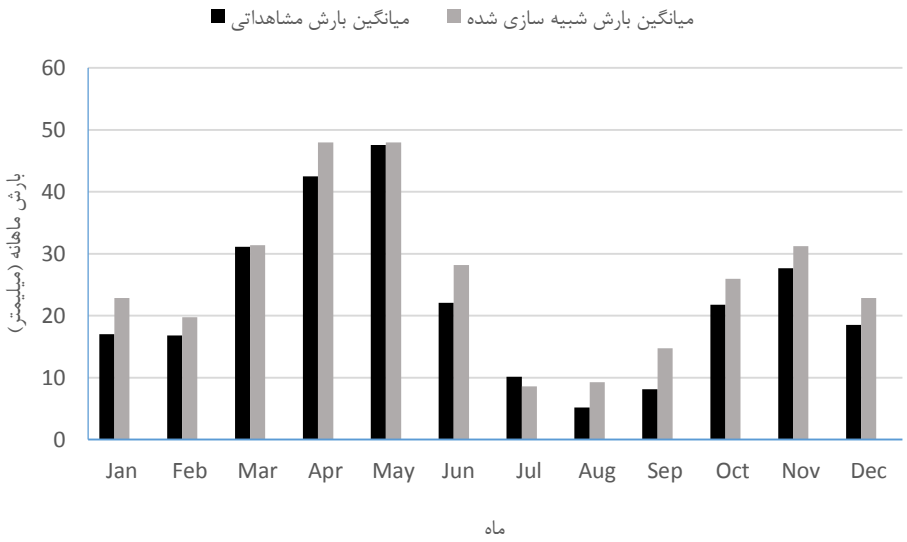


شکل ۲- میانگین ماهانه دمای کمینه مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده در دوره پایه
Figure 2. Average monthly observed and simulated minimum temperature during the base period



شکل ۳- میانگین ماهانه دمای بیشینه مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده در دوره پایه
Figure 3. Average monthly observed and simulated maximum temperature during the base period

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]



شکل ۴- میانگین ماهانه بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دوره پایه (۲۰۰۰-۱۹۸۲)
Figure 4. Average monthly observed and simulated maximum precipitation during the base period

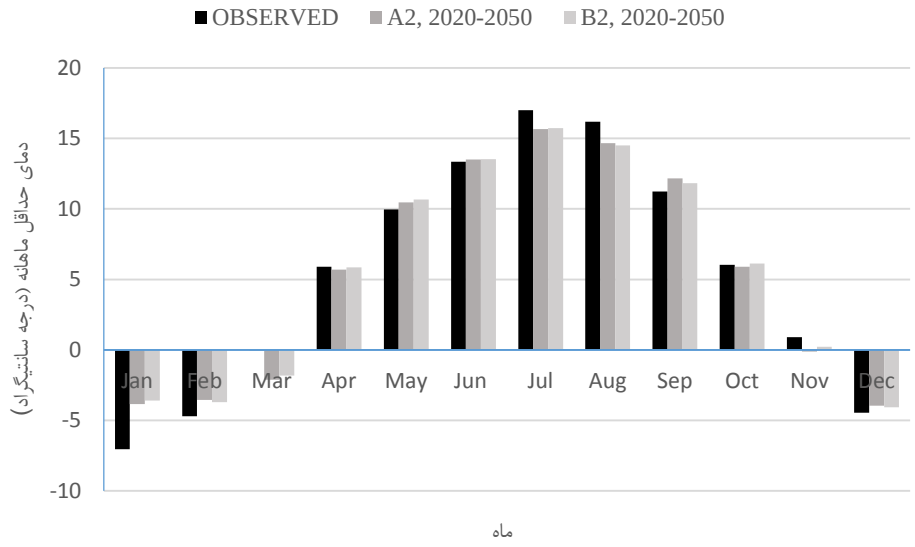
شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی

پس از اطمینان از صحت و کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی شاخص‌های دما و بارش حوزه آبخیز آق‌چای، خروجی‌های مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B2 برای دوره‌های ۲۰۵۰-۲۰۲۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ ریزمقیاس‌شده و مقادیر بارش و دمای کمینه و دمای بیشینه پیش‌بینی‌شده و با مقادیر آنها در دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفت.

تغییرات دمای کمینه

دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ (آینده نزدیک)

با توجه به شکل ۵ مدل HadCM3 تحت هر دو سناریوی A2 و B2 در ماه‌های مارس، آوریل، جولای، آگوست و نوامبر کاهش دما و در ماه‌های ژانویه، فوریه، می، ژوئن، سپتامبر و دسامبر افزایش دما را پیش‌بینی کرده است. تنها در ماه اکتبر سناریوی A2، کاهش و سناریوی B2، افزایش دما را نسبت به دوره مشاهداتی پیش‌بینی کرده است. بیشترین افزایش دما مربوط به ماه ژانویه سناریوی B2 و به‌میزان ۳/۴۵ درجه سانتیگراد و بیشترین کاهش دما مربوط به ماه مارس و به‌میزان ۲/۰۸ در سناریوی A2 می‌باشد.

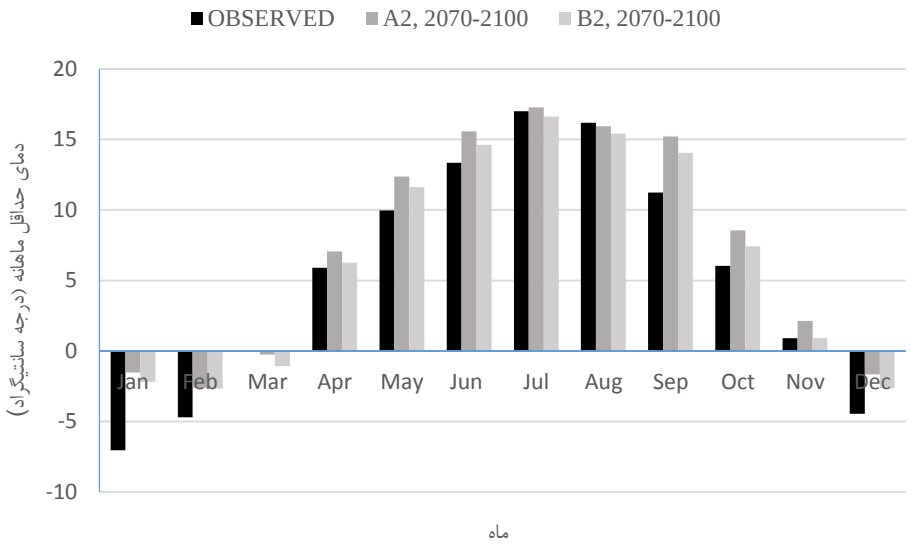


شکل ۵- میانگین دمای کمینه ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ تحت دو سناریوی A2 و B2
Figure 5. Average monthly observed and simulated minimum temperature in 2020-2050 period under A2 and B2 scenarios

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ (آینده دور)

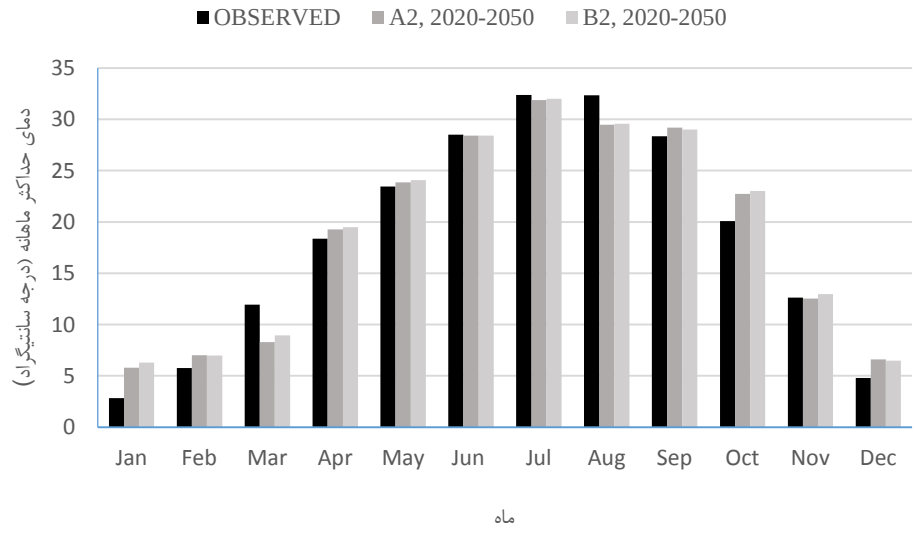
با توجه به شکل ۶ میانگین دمای کمینه ماهانه در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ برای حوضه آبخیز آق‌چای نسبت به دوره مشاهداتی در تمام ماه‌ها به‌جز ماه مارس افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش دما مربوط به ماه ژانویه در سناریوی A2 و بیشترین کاهش دما در ماه مارس سناریوی B2 به‌میزان ۱/۰۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.



شکل ۶- میانگین دمای کمینه ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ تحت دو سناریوی A2 و B2
Figure 6. Average monthly observed and simulated minimum temperature in 2070-2100 period under A2 and B2 scenarios

تغییرات دمای بیشینه
دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ (آینده نزدیک)

در شکل ۷ نمودار تغییرات دمای بیشینه منطقه مطالعاتی دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ نسبت به دوره مشاهداتی ارائه شده است. هر دو سناریوی A2 و B2 افزایش دما را در بیشتر ماه‌های سال پیش‌بینی می‌کنند. تنها در ماه‌های مارس، جولای و آگوست هر دو سناریو کاهش دمای بیشینه را نشان می‌دهند. تنها در ماه ژوئن هر دو سناریو تغییرات دمایی نشان نمی‌دهند و در بقیه ماه‌ها هر دو سناریو افزایش دما را نشان می‌دهند. بیشترین افزاش هم مربوط به ماه ژانویه سناریوی B2 به‌میزان ۳/۴۸ درجه سانتیگراد است.

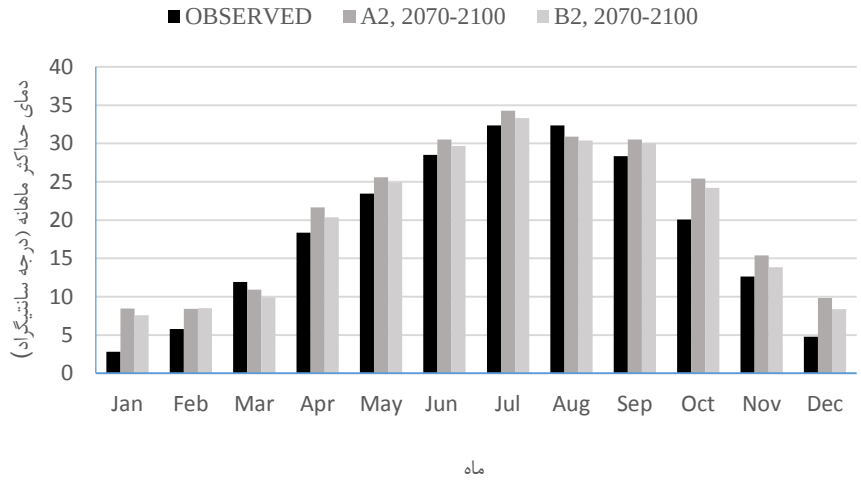


شکل ۷- میانگین دمای بیشینه ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ تحت دو سناریوی A2 و B2
Figure 7. Average monthly observed and simulated maximum temperature in 2020-2050 period under A2 and B2 scenarios

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ (آینده دور)

شکل ۸ تغییرات میانگین دمای بیشینه ماهانه دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ را نسبت به دوره مشاهداتی نشان می‌دهد. بررسی دمای بیشینه ماهانه این دوره حاکی از افزایش دما در بیشتر ماه‌های سال می‌باشد. فقط در ماه‌های مارس و آگوست در هر دو سناریوی A2 و B2 کاهش دما نسبت به دوره مشاهداتی پیش‌بینی شده است. بیشترین مقدار افزایش دما مربوط به ماه ژانویه و اکتبر سناریوی A2 و به‌میزان ۵/۶ و ۵/۰۳ درجه سانتیگراد می‌باشد.

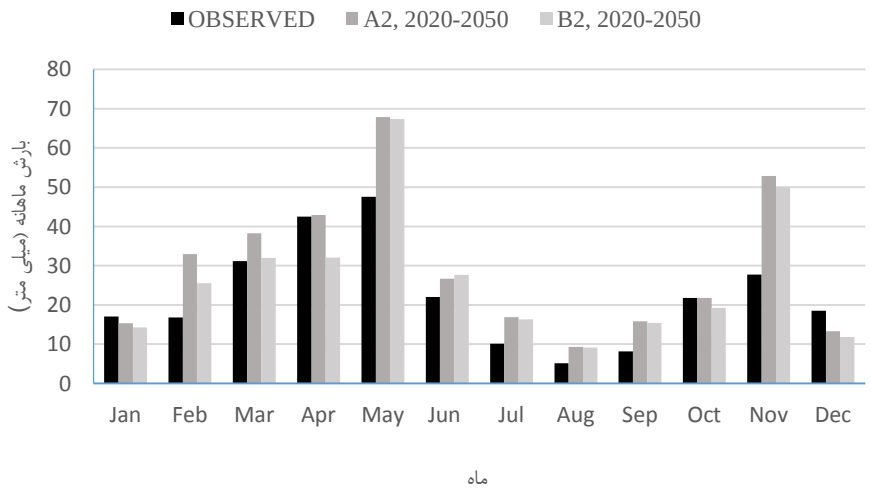


شکل ۸- میانگین دمای بیشینه ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ تحت دو سناریوی A2 و B2
Figure 8. Average monthly observed and simulated maximum temperature in 2070-2100 period under A2 and B2 scenarios

تغییرات بارش

دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ (آینده نزدیک)

شکل ۹ نتایج میزان اختلاف میانگین بارش ماهانه مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده ارائه شده است. میزان تغییرات بارش دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ نسبت به دوره پایه از روند یکنواختی برخوردار نمی‌باشد. مدل HadCM3 در برخی از ماه‌ها میزان بارش را بیشتر و در برخی ماه‌ها نیز کمتر پیش‌بینی می‌کند. هر دو سناریوی A2 و B2 در ماه ژانویه، اکتبر و دسامبر کاهش بارندگی و در سایر ماه‌ها افزایش بارندگی را پیش‌بینی نموده‌اند. به‌جز ماه آوریل که در آن سناریوی A2 افزایش و سناریوی B2 کاهش بارندگی را نشان می‌دهند. بیشترین افزایش بارندگی مربوط به ماه فوریه‌ی سناریوی A2 به‌میزان ۹۵/۷۴ درصد می‌باشد و کمترین میزان افزایش بارش مربوط به ماه آوریل سناریوی A2 به‌میزان ۰/۹ درصد می‌باشد.

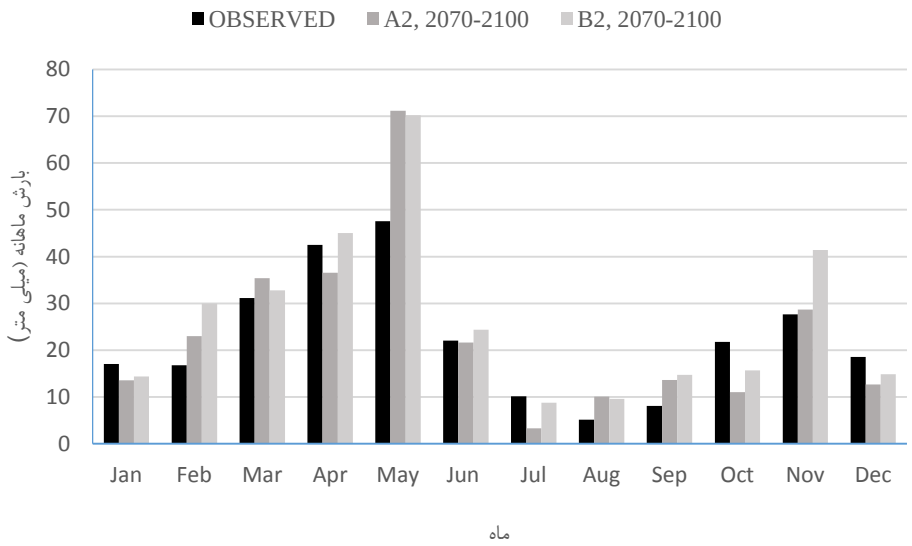


شکل ۹- میانگین بارش ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ تحت دو سناریوی A2 و B2
Figure 9. Average monthly observed and simulated precipitation in 2020-2050 period under A2 and B2 scenarios

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ (آینده دور)

در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ هر دو سناریوی A2 و B2 برای ماه‌های ژانویه، جولای، اکتبر و دسامبر کاهش بارندگی و برای ماه‌های فوریه، مارس، می، آگوست، سپتامبر و نوامبر افزایش بارندگی را پیش‌بینی کردند. در ماه‌های آوریل و ژوئن، سناریوی A2، کاهش و سناریوی B2، افزایش بارندگی را نشان می‌دهند. بیشترین افزایش بارندگی در این دوره مربوط به ماه آگوست سناریوی A2 به‌میزان ۹۴/۶۴ درصد می‌باشد. نمودار مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده در شکل ۱۰ ارائه شده است.



شکل ۱۰- میانگین بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ تحت سناریوهای A2 و B2
Figure 10. Average monthly observed and simulated precipitation in 2070-2100 period under A2 and B2 scenarios

در این مطالعه به بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی در حوزه آبخیز آق‌چای پرداخته شد. برای بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی از مدل SDSM استفاده شد، برای ارزیابی مدل داده مشاهداتی و داده‌های NCEP مورد مقایسه قرار گرفتند. که نتایج حاصل نشان‌دهنده توانایی مدل در ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های بزرگ مقیاس بود. خان و همکارن (۱۲) و آبکار و همکاران (۲) نیز در مطالعات خود به نتیجه مذکور دست یافتند. پس از تایید مدل SDSM در شبیه‌سازی شاخص‌های اقلیمی در حوضه آبخیز آق‌چای، خروجی‌های مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B2 توسط مدل آماری SDSM ریزمقیاس شد نتایج حاصل حاکی از توانمندی بالای مدل مولد داده‌های هواشناسی SDSM برای تولید داده‌های روزانه متغیرهای اقلیمی می‌باشد. تحقیقات صورت‌گرفته توسط محمد الهشمی (۱۱)، بابائیان و نجفی نیک (۵) نیز موید این نتیجه می‌باشد. متغیرهای اقلیمی در دو دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ شبیه‌سازی شوند. با مقایسه داده‌های دمای پیش‌بینی‌شده و دوره مشاهداتی (۲۰۰۷-۱۹۸۲) تغییرات اقلیمی دوره‌های آتی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی دمای بیشینه در هر دو دوره نشان‌دهنده افزایش دما در اکثر ماه‌های سال‌های آتی می‌باشد. به‌طوریکه در ماه‌های ژانویه، فوریه، می، سپتامبر و دسامبر دمای بیشینه در هر دو سناریو در هر دو دوره مطالعاتی افزایش یافته است. بیشترین افزایش در دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ به‌میزان ۳،۴۸ و در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ به‌میزان ۵/۶ می‌باشد. دمای کمینه نیز برای هر دو دوره افزایش دما در اکثر ماه‌های سال را پیش‌بینی می‌کند. بیشترین افزایش دمای کمینه در دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ به‌میزان ۳/۴۵ و در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ به‌میزان ۵/۵۱ می‌باشد که نشان از افزایش اختلاف در آینده دور نسبت به آینده نزدیک در هر دو دوره می‌باشد. همچنین نتایج نشان‌دهنده افزایش بارش در اکثر ماه‌های سال برای دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۰ (در محدوده ۰/۱ تا ۹۵/۷۴) می‌باشد. تغییرات بارش برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۰ نیز به‌صورت افزایش در اکثر ماه‌های سال با حداکثر مقدار ۹۴/۶۴ و حداقل مقدار ۱/۳۴ درصد می‌باشد. نتایج این تحقیق با یافته‌های کار صمدی و همکاران (۱۶)، دوستی و همکاران (۷) و رضایی و همکاران (۱۴) مطابقت دارد. با توجه به نتایج اکثر پژوهشگران اکثریت مدل‌های گردش عمومی جو افزایش دما و شدت بارش و مقدار آن را پیش‌بینی می‌کنند و نیز با توجه به نتایج حاصل و با توجه به تغییراتی که در شاخص‌های اقلیمی موجود رخ خواهد داد و تاثیر این تغییرات متغیرها در سایر پارامترهای اقلیمی، پیشنهاد می‌شود که مسوولان و برنامه‌ریزان منطقه مورد بررسی در بخش‌های کشاورزی، منابع آب، محیط زیست، صنعت و اقتصاد راهکارهای لازم را برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط جدید آب و هوایی اتخاذ کنند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

منابع

1. Abbasi, F. and M. Asmari. 2010. Forecasting and assessment of climate change over Iran during future decades by using MAGICC-SCENGEN model. Journal of Water and Soil, 25(1): 70-83.
2. Abkar, A., M. Habibnenajad, K. Solaimani, H. Naghavi. 2013. Investigation efficiency SDSM model to simulate temperature indexes in arid and semi -arid regions. Journal of Irrigation and Water Engineering, 4(14): 17 pp.
3. Ahmadi, A. 2008. Evaluation of statistical decline in northern Iran. MS. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
4. Athansion, L. and M. Quick. 1996. Effect of climate change on hydrologic regime of two climatically different watersheds. Journal of Hydrologic Engineering., 22(1): 77-78.
5. Babaeian, I. and Z. Najafi Nik. 2006. Introducing and evaluation of LARS-WG model for modeling meteorological parameters of Khorasan province 1961-2003. Journal of Nivar, 62 and 63: 49-65.
6. Babaeian, I., Z. Najafi Nik, F. Zabol Abbasi, M. Habibi Nokhandan and Sh. Mabousi. 2009. Climate change assessment over iran during 2010-2039 by using statistical downscaling of ECHO-G model. Geography and Development Iranian Journal, 16: 135-152.
7. Dousti, M., M. Habibnezhad, K. Shahedi and M.H. Miryaghoubzadeh. 2013. Study of climate indices of Tamar River basin Golestan Province in terms of climate change using by LARS-WG model. Journal of Earth Space Physics, 39(4): 177-189.
8. Fung, F., A.L. Lopez and M. New. 2011. Modeling the impact of climate change on water resources. Wiley-Blackwell, (187): 43-62.
9. Gordon, C., C. Cooper, C.A. Senior, H. Banks, J.M. Gregory, T.C. Johns, J.F.B. Mitchell and R.A. Wood. 2000. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Center coupled model without flux adjustments. Journal of Climate Dynamics, 16: 147-168.
10. Hamlet, A.F. and D.P. Lettenmaier. 2007. Effects of 20th century warming and climate variability on flood risk in the western U.S. Water Resource Research, 43(6): p. W06427.
11. Hashmi, M.Z., A.Y. Shamseldin and B.W. Melville. 2011. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 25(4): 475-484.
12. Khan, M.S., P. Coulibaly and Y.B. Bibike. 2006. Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. Journal of Hydrology, 319: 357-382.
13. Liu, L., Z. Liu, X. Ren, T. Fischer and Y. Xu. 2011. Hydrological impacts of climate change in the yellow river basin for the 21-century using hydrological model and statistical downscaling model. Journal of Hydrology, 244: 211-220.
14. Rezaei, M., M. Nohtani, A. Abkar, M. Rezaei and R.M. Mirkazehi. 2014. Performance evaluation of Statistical Downscaling Model (SDSM) in Forecasting Temperature Indexes in Two Arid and Hyper Arid Regions (Case study: Kerman and Bam). Journal oWatershe fd Management Research, 10(5): 117-131.
15. Salalajegheh, A., E. Rafiei Sardooei, A. Moghadamnia, A. Malekian, Sh. Araghinejad, Sh. Khalighi Sigaroodi and A. Salehpourjam. 2016. Prediction of climatic variable using statistical downscaling model (SDSM) in future under scenario A2. Desert Management , 4 (7): 12-25.
16. Samadi, Z., A. Massah Bavani and M. Mahdavi. 2009. Selection of predictive variable for downscaling of temperature and precipitation data in karkhe watershed. Fifth National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering (sustainable disaster management), Gorgan university of agricultural sciences and natural resources.
17. Sayari, N., A. Alizadeh, M. Bannayan, M.R. Hessami Kermani and A. Faridi Hosseini. 2010. Climate change prediction of Kashaf rood watershed during 2010-2039, 2040-2069, 2070-2099 by using statistical downscaling of HadCM3 output. The first international conference on plant, water, soil and weather modelling, International center for science, high technology and environmental sciences shahid bahonar university of kerman, 19 pp.
18. Sheidaeian. M., M.Kh. Ziatabar Ahmadi and R. Fazloula. 2015. Comparison of artificial neural network (ANN) and SDSM model to downscaling of temperature. Irrigation sciences and engineering, 40: 59-73.
19. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.); The physical science basis, contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. IPCC. 2007, Cambridge University Press, UK, 1-8 pp.
20. Kermani, R.M. and N. Tourin. 2012. Maximum, minimum and average temperature prediction using Nero fuzzy algorithm at Kerman station. 5th National Conference of Watershed Management and Soil and Water Resources Management, 13 pp.
21. Van, T. and N. Van. 2005. Downscaling methods for evaluating the impact of climate change and variability on hydrological regim at basin scale. Role of Water Sciences in Transboundary River basin Management. Thailand: 1-8.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

22. Watson, R.T., M.C. Zinyowera, R.H. Moss and D.J. Dokken. 2001. (Eds.); Special report on the regional impacts of climate change, an assessment of vulnerability. IPCC. 2001. Cambridge University Press, UK, 68 pp.
23. Wilby, R.L. and C. Dawson. 2007. SDSM 4.2- A decision support tool for the assessment of regiona climate change impacts, SDSM manual version 4.2, Environment Agency of England and Wales, 94 pp (In Persian).
24. Zarei, K., H. Mohammdi and S. Bazgir. 2020. Simulation of Gorgan synoptic station temperature and precipitation climates with RCP scenarios. Jounal of natural geography research, 51(4): 563-579.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]

Forecasting of Climate Variables in Future Periods Based on HadCM3 Data using Statistical Downscaling Model (SDSM) in Agh-Chay Basin (West Azarbayjan)

Leila Hemmati[1] and Mirhassan Miryaghoubzadeh[2]

1- Graduated M.Sc. Student, in Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
2- Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding Author: m.miryaghoubzadeh@urmia.ac.ir)
Received: May 22, 2019 Accepted: November 16, 2020

Abstract

The industrialization of communities and the rise of greenhouse gases are causing an increase in the temperature of the earth and other climate parameters. This phenomenon is the most important problem of the planet in the present century, hence the assessment of the extent of its formation on a global and regional scale is of particular importance. So far, several General Circulation Model (GCM) has been designed to predict future climate change, but the outputs from these models cannot be used because of the localization on a local scale. So various methods have been developed to use the outputs of these models on a regional and local scale. In this research Statistical Downscaling Model (SDSM) was used to evaluate the changes in temperature indices in the Agh-Chay watershed. In order to, the efficiency of this model was evaluated for downscaling of the temperature indices in Khoy synoptic station and the indices were simulated until 2100. The SDSM model was calibrated and validated by using Khoy station observation temperature and national center environmental prediction data. For evaluating the model, mean absolute error and root mean squared error was used and after obtaining the efficiency of the model the outputs of the HadCM3 model, the duration of 2020-2050, and 2070-2100 under the A2 and B2 scenarios were downscaled with SDSM statistical model respectively. The results show the increasing of the minimum and maximum temperature in the study area in most of the months. The maximum temperature was up to 3.48 ° C in the period 2020-2050 and up to 5.6 ° C during the period 2070-2100 and the minimum temperature up to 3.45 ° C for the period 2020-2050 and up to 5.51 for the period 2070-2100. The results also show an increase in precipitation in most months of the year from 2050 to 2020 period (in the range of 0.1 to 95.74). Rainfall changes from 2100 to 2070 period are in the form of an increase in most months of the year with a maximum of 94.64 and a minimum of 1.34 percent.

Keywords: Agh-Chay basin, Climate indices, Down Scaling, General Circulation Model, SDSM model

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.10.5]
[DOI: 10.52547/jwmr.12.23.95]