

پیش‌بینی تغییر اقلیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی جنوب استان کرمان)

هوشنگ اکبری: دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
طیبه مصباح زاده*: دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران
غلامرضا زهتابیان: استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۳۱

تاریخچه‌ی مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۹)

DOR: 20.1001.1.22517812.1400.11.3.4.6

چکیده

تغییرات آب و هوایی ممکن است به یک سلسله حوادث مکرر شدید از جمله خشکسالی، باران شدید و درجه حرارت بالا منجر شود که در پی آن، دو افق هیدرولوژیکی خشکسالی و سیل را به همراه داشته باشد. بنابراین، بررسی تغییرات اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک بیش از پیش ضروری است. هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات اقلیمی جنوب استان کرمان با استفاده از مدل CanESM2 با استفاده از نرم‌افزار SDSM4.5، و بررسی روند این تغییرات با استفاده از آزمون من-کنندال طی دو دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۱ و ۲۰۵۱-۲۰۸۰ در ایستگاه‌های سینوپتیک کهنوج و جیرفت است. تغییرات دمایی در ایستگاه سینوپتیک جیرفت حاکی از آن است که در دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۱ تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5، دما به ترتیب به میزان ۱/۶۳، ۱/۶۱ و ۲/۰۶ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. این تغییرات دمایی در دوره ۲۰۵۱-۲۰۸۰ نیز مثبت است و منطبق بر سناریوهای ذکر شده به ترتیب به میزان ۲/۰۲، ۲/۸۸ و ۴/۲۳ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. این تغییرات در ایستگاه سینوپتیک کهنوج نیز همانند ایستگاه جیرفت افزایشی است و در طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۱، بر مبنای سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱/۵۴، ۱/۵۲ و ۱/۹۸ درجه سانتی‌گراد و در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۱، به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به میزان ۱/۹۳، ۲/۷۸ و ۴/۱۳ درجه سانتی‌گراد افزایش دما می‌یابد. همچنین در ایستگاه سینوپتیک جیرفت، بارندگی تنها در دوره اول در سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 به میزان ۵ و ۸ درصد در فصل زمستان افزایش دارد؛ اما در سناریوی RCP8.5، به میزان ۱۴ درصد کاهش دارد. همچنین بارندگی در این ایستگاه در دوره دوم در فصل زمستان تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱۷، ۱۴ و ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. از طرفی، بارندگی در ایستگاه سینوپتیک کهنوج نیز در هر دو دوره در تمامی فصول افزایشی است.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، سناریوهای RCP، روند، گرمایش جهانی، جنوب کرمان.

۱- مقدمه

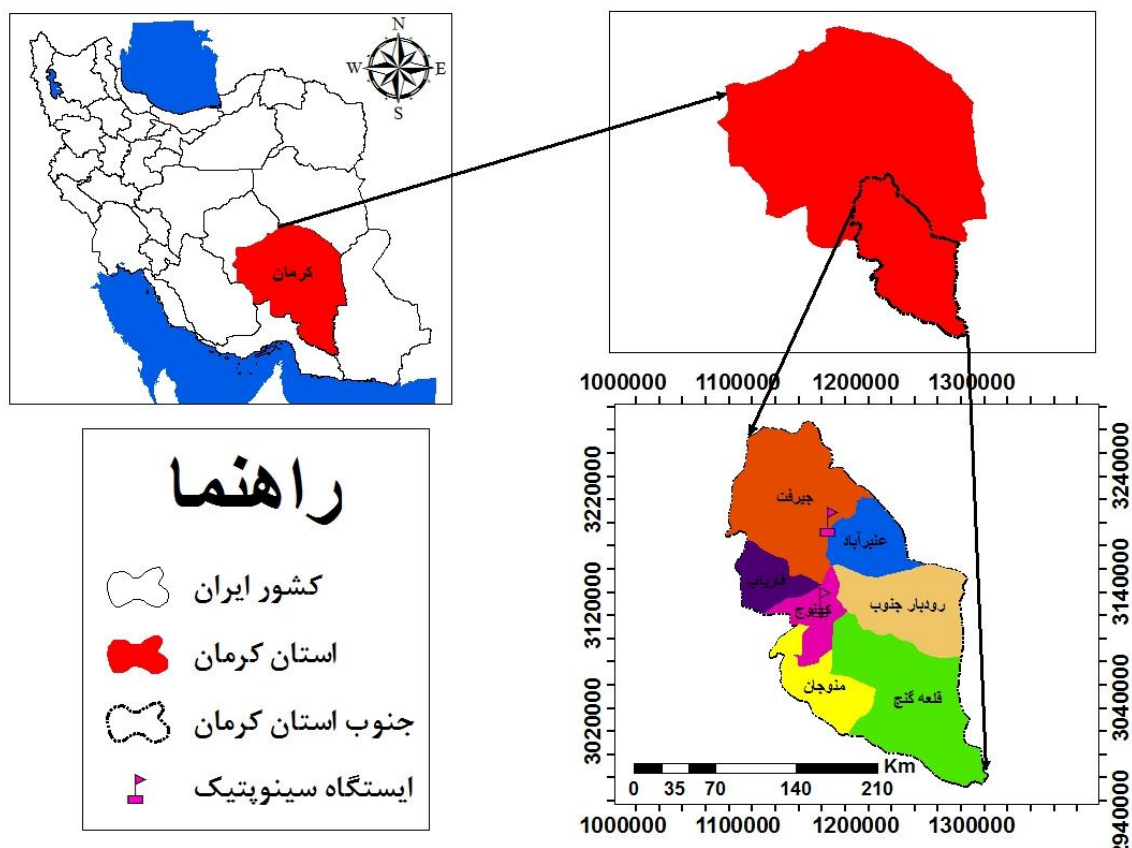
گرم شدن زمین در دهه‌های اخیر رخ داده‌است و روند گرم شدن آن به دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر ناشی از فعالیت‌های انسانی به وضوح ادامه خواهد یافت (IPCC, 2013). در پی گرم شدن سطح جهانی، در میانگین بارش بسیاری از مناطق نیز تغییراتی ثبت شده که به دلیل افزایش رطوبت جوی است (Wang et al, 2013). همچنین تغییرات آب و هوایی، تهدید دیگری برای امنیت منابع آب محسوب می‌شود؛ از این رو، بر چرخه هیدرولوژیکی در مقیاس جهانی (Kleidon and Renner, 2013 & IPCC, 2013 & Roderick et al, 2014)، منطقه‌ای (Turner and Annamalai, 2012 & Hasson et al, 2014) و محلی (Roderick et al, 2014 & Greve et al, 2014) تأثیر قابل توجهی دارد. موضوع درک تغییرات اقلیمی برای مناطقی اهمیت ویژه دارد که به در دسترس بودن آب فصلی وابسته هستند، یا در معرض اقلیم‌های آب و هوایی آسیب‌پذیر قرار دارند (Hirabayashi et al, 2013). بنابراین، داشتن درک عمیق از اثرات تغییرات اقلیمی برای تهیه برنامه‌های استراتژیک برای مدیریت پایدار حوضه‌ها ضروری است (Wang et al, 2016). در پژوهش‌های مختلف، کاربرد داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده به روش‌های متفاوتی ارائه شده‌است. یکی از کاربردهای مهم و بسیار سودمند این داده‌ها، استفاده از آنها برای پیش و ارزیابی خشکسالی است. در این راستا مدل‌های آب و هوایی جهانی (GCM)، ابزار اصلی برای مطالعه تغییرات اقلیمی - تاریخی و طراحی آب و هوای آینده است؛ به طوری که مدل‌های گزارش پنجم نسبت به مدل‌های گزارش سوم و چهارم، در بیان تغییرات اقلیمی و شدت شرایط آب و هوایی در جهان عملکرد خوبی را نشان داده‌اند (Wu et al, 2018 & DONG et al, 2017). از مدل‌های گردش عمومی (GCM) می‌توان برای برآوردن تغییرات آب و هوایی آینده استفاده کرد. از طرفی، استفاده مستقیم از خروجی‌های این مدل‌ها برای حل فرایندهای مطالعاتی در سطح محلی و منطقه‌ای، به ریزمقیاس‌سازی نیاز دارد؛ به طوری که این عمل، ابزاری مناسب برای ارائه داده‌های با وضوح بالا در مورد ارزیابی شرایط آب و هوایی در هر منطقه است (Shiferaw, 2018 & Yang et al, 2010 & Timbal et al, 2009). مطالعات متعددی در زمینه بررسی تغییرات اقلیمی با استفاده از شاخص‌های دما و بارش در سطح داخل و خارج از کشور صورت گرفته‌است که در زیر به مواردی از آنها اشاره می‌شود:

Shagega و همکاران (۲۰۱۸) به پیش‌بینی آب و هوای آینده در حوضه رودخانه Ngerengere تانزانیا با استفاده از نرم‌افزار Lars-WG پرداختند. نتایج این پژوهش، بیانگر افزایش حداقل و حداکثر دما بین ۰/۲ تا ۲/۶ درجه سانتی‌گراد در دهه ۲۰۵۰ و بین ۲/۷ تا ۴/۴ درجه سانتی‌گراد در دهه‌ی ۲۰۸۰ است؛ به طوری که کمترین افزایش دما در آینده، در اکتبر و نوامبر و بیشترین افزایش، در ماه ژوئن و ژوئیه رخ می‌دهد. پیش‌بینی می‌شود بارندگی‌های آینده در ماه‌های آوریل، مه، ژوئن و ژوئیه به میزان ۳۷-۱۲ درصد کاهش یابد؛ در حالی که در ماه‌های دیگر، با افزایش ۵۸-۳ درصد افزایش می‌یابد. Pholkern و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی اثرات بالقوه تغییرات آب و هوایی در حوزه آبخیز Huai Luang در شمال شرقی تایلند، از دو مدل SEACAM و CanESM2 به همراه شش سناریوی اقلیمی استفاده کردند. نتایج نشان داد که ظرف ۳۰ سال آینده، بارش در مدل‌های SEACAM و CanESM2 به ترتیب به میزان ۲۰/۸۵ و ۱۸/۳۵ درصد افزایش می‌یابد. جعفری و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی بارش و دمای شهرستان کرمان با

استفاده از مدل‌های گزارش پنجم بیان کردند که این مدل‌ها در زمینه پیش‌بینی دمای این شهرستان و افزایش حداکثری دمای مینیمم و ماکزیمم، پاسخ یکسانی ارائه داده‌اند؛ به عبارتی، تغییرات دمایی همسو با گرمایش جهانی است. همچنین نتایج روابط بین بیابان‌زایی و شاخص‌های تغییرات آب و هوایی در سراسر شمال چین نشان داد که تغییرات اقلیمی یکی از عوامل محرک برای برگشت بیابان‌زایی در مناطق شمال شرقی و شمال غربی چین بین سال‌های ۱۹۷۵ و ۱۹۹۰ است. این تغییرات در مناطق شهری، بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار داشت و با فاصله گرفتن از این مناطق، تغییرات اقلیمی بیشتر مشاهده می‌شود (Zhang et al, 2020). از سوی دیگر، موقعیت جغرافیایی ایران در منطقه جنب حاره، به قرار گرفتن آن در کمربند خشک جهان منجر شده است. با توجه به این موقعیت جغرافیایی، میانگین بارش در ایران (۲۵۵ میلی‌متر) بسیار کمتر از میانگین جهانی (۸۶۰ میلی‌متر) است (Safavi, 2009). نکته قابل توجه درباره بارش ایران علاوه بر ریزش کم، تغییرپذیری بالای آن است (Yarahmadi and Azizi, 2007). از طرفی در قرن گذشته شواهد تغییر جهانی آب و هوایی، در افزایش درجه حرارت، افزایش تغییرات بارش و کاهش مناطق یخچال و برف انعکاس یافته است. علاوه بر این، افزایش جمعیت و فعالیت‌های مرتبط با آن، تغییرات در منابع آب و توزیع مکانی و زمانی آنها، منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده و بر شرایط محیط زیست محلی تأثیر گذاشته است (wang and Qin, 2017). بنابراین، بارندگی یک ورودی کلیدی در چرخه هیدرولوژیکی است که به طور فزاینده‌ای هم در سطح منطقه و هم در سطح جهان متغیر است (Nsubuga et al, 2014) و از آن در زمینه مدیریت منابع آب یکپارچه، پیش‌بینی نیازهای محصول و ارزیابی محیط زیست به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود (Haiyun et al, 2016). بنابراین شاخص‌های آب و هوایی به ویژه بارش، برای مدیریت منابع آب، کشاورزی، آب و کاربران بسیار قابل توجه است (Guobin et al, 2013). در این بین منطقه جنوب شرق کشور به خصوص جنوب استان کرمان نیز وضعیت به مراتب پیچیده‌تر و بغرنج‌تری دارد؛ زیرا وجود بارش کمتر نسبت به میانگین کشوری، قرار گرفتن در مجاورت یکی از خشن‌ترین کانون‌های بیابانی دنیا و وزش بادهای شدید، مشکلات و معضلات محیطی این خطه را دو چندان کرده است (Eqtedarnejad et al, 2016 & Parvazi, 2018). به دلیل اهمیت این موضوع، این تحقیق بر آن است تا روند بارش و دما و تغییرات اقلیمی این مؤلفه‌ها را در آینده نزدیک (۲۰۵۰-۲۰۲۱) و آینده دور (۲۰۸۰-۲۰۵۱) تحت سناریوهای RCP بررسی کند.

۲- منطقه مورد مطالعه

جنوب استان کرمان در جنوب شرقی ایران با وسعت ۳۷۷۵۵/۴۹ کیلومتر مربع، در موقعیت $۲۲^{\circ} ۵۳' ۵۶''$ تا $۱۸' ۰۲''$ طول شرقی و $۲۶^{\circ} ۲۸' ۵۹''$ تا $۲۹^{\circ} ۲۱' ۴۴''$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). این منطقه از نظر آب و هوایی، جزء مناطق نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Faryabi et al, 2010 & Soleimani et al, 2016).



شکل ۱: محدوده منطقه مورد مطالعه

۳- مواد و روش

در این تحقیق برای بررسی پدیده تغییر اقلیم طی دوره زمانی ۲۰۱۷-۱۹۸۹، ابتدا داده‌های دمای روزانه و بارندگی ایستگاه سینوپتیک جیرفت و کهنوج از سازمان هواشناسی استان کرمان تهیه شد. سپس به منظور بررسی تغییرات اقلیمی، از نرم‌افزار SDSM4.5 و بررسی روند این تغییرات، از آزمون من-کندال استفاده شد که مراحل اجرای پژوهش به شرح زیر است:

بررسی وضعیت تغییر اقلیم

برای شناخت و ارزیابی تغییرات بارش و دمای جنوب کرمان طی دهه‌های آینده، از مدل SDSM4.2 به عنوان ابزاری برای ریزمقیاس‌گردانی آماری بر روی خروجی مدل‌های بزرگ مقیاس جوی استفاده شد. مدل ریزمقیاس-سازی SDSM4.2 در سال ۲۰۰۲ در انگلستان توسط Wilby و همکاران (۲۰۰۲) توسعه یافت. فرآیند ریزمقیاس-گردانی، عامل ایجادکننده ارتباط میان متغیرهای اقلیمی در مقیاس ایستگاه‌های مشاهداتی (پیش‌بینی شونده‌ها) و متغیرهای بزرگ مقیاس جوی (پیش‌بینی کننده‌ها) است. داده‌های بزرگ مقیاس جوی شامل پیش‌بینی کننده‌های مرکز NCEP در دوره مشابه دیده‌بانی (۲۰۰۵-۱۹۸۹)، برونداد مدل بزرگ مقیاس CanESM2 تحت سناریوهای موجود در دوره مشابه دیده‌بانی و در دوره آینده (۲۰۵۱-۲۰۸۰ و ۲۰۲۱-۲۰۵۰)، از تارنمای مرکز داده‌های تغییر اقلیم کانادا به صورت خام استخراج شد (جدول ۱). سپس پیش‌بینی کننده‌های این مدل نسبت به میانگین و انحراف معیار دوره

¹ National Centers for Environmental Prediction

مشاهداتی (۲۰۰۵-۱۹۸۹)، نرمالیزه شد. برای شناسایی و انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌های مناسب و دارای قویترین ارتباط معنی‌داری با بارش و دمای مشاهداتی هر ایستگاه در سطح ۹۵ درصد، از تحلیل همبستگی بین پیش‌بینی‌کننده‌ها (با هم) و با پیش‌بینی‌شونده‌ها از تحلیل همبستگی جزئی استفاده شد. بدین ترتیب در این پژوهش بر اساس نتایج حاصل از تحلیل‌های همبستگی، بهترین پیش‌بینی‌کننده‌ها برای طراحی و چیدمان مدل رگرسیون چند متغیره در هر ماه از سال و برای ایستگاه مشاهداتی ایستگاه‌های کهنوج و جیرفت انتخاب شد که در این میان، هر چه میزان این همبستگی به ± 1 نزدیک‌تر باشد شدت همبستگی بیشتر خواهد شد.

جدول ۱: مشخصات مدل گردش عمومی جو CanESM2 در دسترس به عنوان ورودی نرم‌افزار SDSM4.2 (Miao et al, 2014)

مدل جهانی	IPCC	مرجع	قدرت تفکیک مکانی به درجه	سناریوها	واداشت تابشی (w/m ²)	غلظت دی‌اکسید کربن
				RCP2.6	حداثر مقدار آن ۳ وات بر مترمربع سپس کاهش می‌یابد	۴۹۰ Ppm قبل از سال ۲۱۰۰ سپس کاهش می‌یابد
CanESM2	IPCC-AR5	مرکز داده‌های تغییر اقلیم کانادا	۲/۸۱۲۵*۲/۷۹۰۶	RCP4.5	۴/۵ وات بر مترمربع و بعد از سال ۲۱۰۰ ثابت می‌ماند	۶۹۰ Ppm و بعد از سال ۲۱۰۰ ثابت می‌ماند
				RCP8.5	بیش از ۸/۵ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰	۱۳۷۰ Ppm تا سال ۲۱۰۰

همچنین به منظور قابلیت این مدل، از معیارهای آماری R^2 ، نش‌ساتکلیف (NSE) و مجذور مربعات خطا (RMSE) استفاده شد؛ جایی که در آن بهترین عملکرد برای R^2 و NSE، مقدار عددی یک و برای RMSE، صفر است (روابط ۱ تا ۳) (Dash et al, 2019 & Moriasi et al, 2007).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}) \cdot (E_i - \bar{E})]^2}{[[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2]^{0.5} \cdot [\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2]^{0.5}]^2} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن O_i داده‌های مشاهده‌ای، E_i داده‌های شبیه‌سازی شده در دوره پایه، \bar{O} میانگین داده‌های مشاهده‌ای و \bar{E} میانگین داده‌های شبیه‌سازی شده در دوره پایه است. در نهایت، با توجه به معادلات آماری و رگرسیون کالیبره شده بین پیش‌بینی‌کننده‌های بزرگ مقیاس مرکز NCEP با شاخص‌های بارش و دمای مشاهده‌ای، فرآیند ریزمقیاس‌نمایی بر روی داده‌های آینده مدل CanESM2 تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 طی دوره آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۵۰) و دور (۲۰۸۰-۲۰۵۱) انجام شد (شکل ۲).

بررسی روند تغییرات اقلیمی

آزمون من - کندال ابتدا توسط من^۱ (۱۹۴۵) ارائه شد، سپس توسط کندال^۲ (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت. از این روش به طور متداول و گسترده در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی استفاده و یکی از روش‌های مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. با معلوم بودن اصول آماره آزمون من - کندال، S با استفاده از رابطه‌ی ۴ و معنی‌داری روند نیز با محاسبه آماره Z مشخص می‌شود (رابطه ۵):

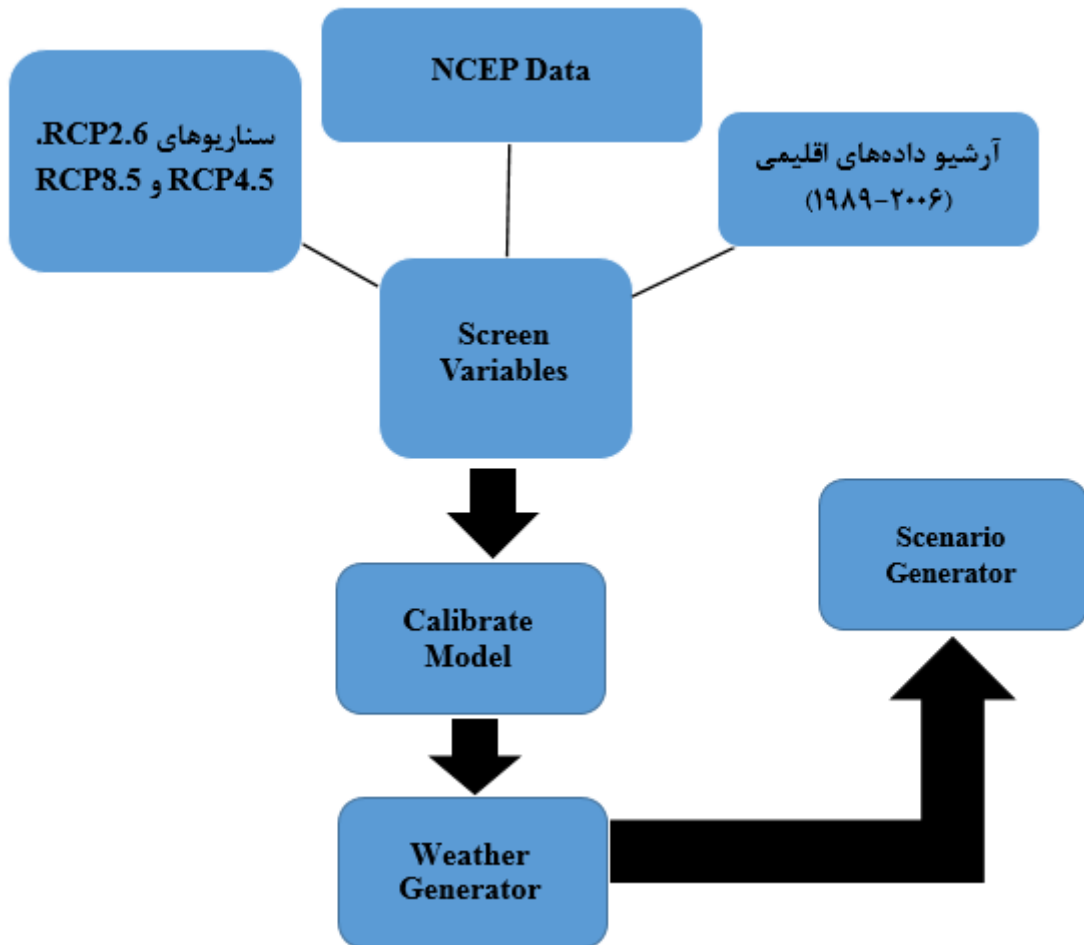
$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(Y_j - Y_i)}{\sigma_s} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{when } s > 0 \\ 0 & \text{when } s = 0 \\ \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{when } s < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۵}$$

جایی که در آن σ_s انحراف معیار داده‌ها، n تعداد داده‌ها، Y_i و Y_j مقادیر داده‌ها در دوره‌های متوالی، $\text{sgn}(Y_j - Y_i)$ که ۱، ۰ یا -۱ است و این مقادیر به ترتیب حاکی از روند صعودی، فقدان روند و روند نزولی می‌باشد. همچنین $\text{var}(s)$ ، واریانس از آماره S است (Sadidi et al, 2019).

¹ Mann

² Kendall



شکل ۲: مراحل ریزمقیاس‌سازی شاخص بارش و دما در نرم‌افزار SDSM4.2 (Feyissa et al, 2018)

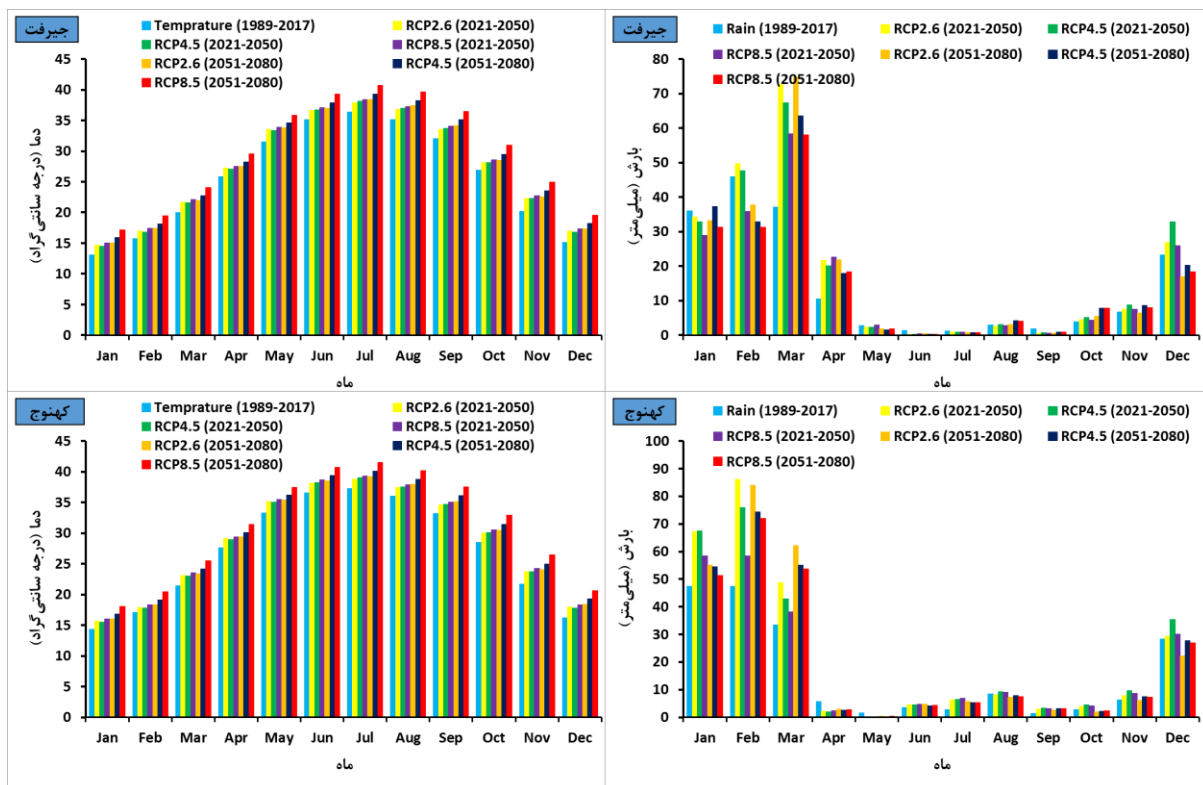
۴- یافته‌ها (نتایج)

نتایج حاصل از عملکرد مدل CanESM2، به منظور قابلیت آن در ریزمقیاس‌نمایی دو شاخص بارش و دمای متوسط طی دوره پایه حاکی از آن است که این مدل در شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی جنوب استان کرمان برای دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۱ و ۲۰۸۰-۲۰۲۱ قابلیت بالایی دارد. بر طبق جدول ۲، ریزمقیاس‌نمایی دمای متوسط بهترین عملکرد را نسبت به بارش روزانه دارد که یکی از دلایل آن می‌تواند این باشد که تغییرات دمایی نسبت به تغییرات بارش، در طی یک زمانی از توزیع نرمال پیروی می‌کند؛ در حالی که شاخص بارش نوسان‌های زیادی دارد. با توجه به سه معیار ارزیابی NSE، RMSE و R2، عملکرد مدل CanESM2 در کلاس خیلی خوب و خوب قرار می‌گیرد.

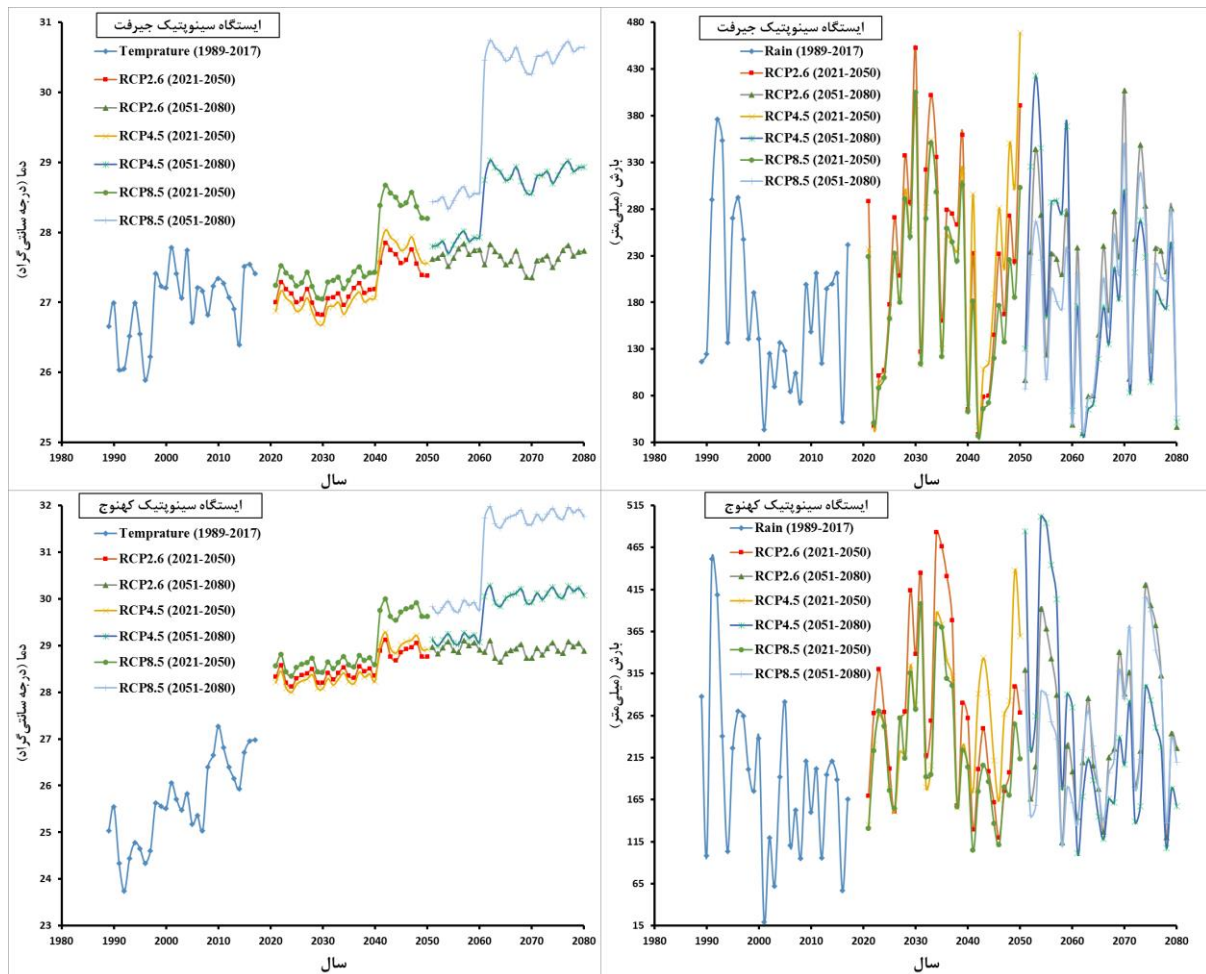
جدول ۲: نتایج عملکرد مدل CanESM2 در پیش‌بینی بارش و دمای روزانه (۲۰۰۵-۱۹۸۹)

ایستگاه	شاخص	معیار ارزیابی		
		R ²	RMSE	NSE
کهنوج	بارش	۰/۹۵	۴/۵۹	۰/۸۹
	دمای روزانه	۰/۹۹	۰/۱۸	۰/۹۹
جیرفت	بارش	۰/۹۷	۴/۱۵	۰/۹۳
	دمای روزانه	۰/۹۹	۰/۲۱	۰/۹۹

خروجی حاصل از مدل گردش عمومی جو CanESM2 تحت سه سناریو انتشار RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5، به صورت ماهانه و سالانه پس از ریزمقیاس‌نمایی در شکل (۳ و ۴) نمایش داده شد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات دمایی در هر دو دوره و هر دو ایستگاه، افزایشی است. اما تغییرات بارندگی در هر کدام از سناریوها از قاعده‌ی خاصی پیروی نمی‌کند و افزایشی و کاهش‌ی است.



شکل ۳: متوسط بارندگی و دمای ماهانه ایستگاه کهنوج و جیرفت تحت سناریوهای RCP



شکل ۴: تغییرات بارش و دمای متوسط سالانه ایستگاه سینوپتیک کهنوج و جیرفت تحت سناریوهای RCP

بر طبق جدول ۳، نتایج متوسط دما در طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۵۰ در ایستگاه سینوپتیک جیرفت حاکی از آن است که دما تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱/۶۳، ۱/۶۱ و ۲/۰۶ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. این تغییرات دمایی در دوره ۲۰۵۱-۲۰۸۰ نیز مثبت بوده‌است و منطبق بر سناریوهای ذکر شده به ترتیب به میزان ۲/۰۲، ۲/۸۸ و ۴/۲۳ درجه سانتی‌گراد دما افزایش می‌یابد. همچنین این تغییرات در ایستگاه سینوپتیک کهنوج همانند ایستگاه جیرفت افزایشی است و در طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۵۰ مبتنی بر سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱/۵۴، ۱/۵۲ و ۱/۹۸ درجه سانتی‌گراد و در دوره ۲۰۵۱-۲۰۸۰ به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به میزان ۱/۹۳، ۲/۷۸ و ۴/۱۳ درجه سانتی‌گراد افزایش دما صورت می‌گیرد. همچنین بارندگی در ایستگاه سینوپتیک جیرفت تنها در دوره اول در سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 به میزان ۵ و ۸ درصد در فصل زمستان افزایش می‌یابد؛ اما در سناریو RCP8.5، به میزان ۱۴ درصد کاهش می‌یابد. همچنین بارندگی در این ایستگاه در دوره دوم در فصل زمستان تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱۷، ۱۴ و ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. از طرفی در ایستگاه سینوپتیک کهنوج نیز این پدیده در هر دو دوره در تمامی فصول افزایشی است.

جدول ۳: نسبت تغییرات بارش و دمای متوسط در دوره آتی نسبت به دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۷) در ایستگاه‌های سینوپتیک جنوب کرمان

ایستگاه	دوره	شاخص	ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
جیرفت	2021-2050	دما	RCP2.6	1.63	1.27	1.68	1.47	2.01	1.50	1.55	1.63	1.57	1.23	2.15	1.85
			RCP4.5	1.42	1.14	1.58	1.30	1.87	1.61	1.77	1.80	1.69	1.28	2.11	1.69
			RCP8.5	1.94	1.72	2.08	1.77	2.36	2.02	2.08	2.10	2.08	1.74	2.60	2.19
		بارش	RCP2.6	-0.05	0.08	0.96	1.06	-0.13	-0.72	-0.22	-0.12	-0.66	0.15	0.10	0.15
			RCP4.5	-0.09	0.04	0.82	0.92	-0.15	-0.74	-0.24	0.06	-0.57	0.32	0.30	0.41
			RCP8.5	-0.20	-0.22	0.57	1.14	0.07	-0.69	-0.15	-0.07	-0.66	0.13	0.10	0.11
	2051-2080	دما	RCP2.6	2.00	1.68	1.93	1.71	2.30	1.91	2.07	2.26	2.15	1.59	2.42	2.19
			RCP4.5	2.81	2.47	2.72	2.45	3.06	2.81	2.94	3.09	3.13	2.62	3.37	3.08
			RCP8.5	4.09	3.77	4.08	3.78	4.33	4.16	4.37	4.43	4.46	4.07	4.80	4.40
		بارش	RCP2.6	-0.08	-0.18	1.01	1.07	-0.31	-0.71	-0.30	0.06	-0.66	0.42	-0.06	-0.27
			RCP4.5	0.03	-0.29	0.71	0.70	-0.43	-0.77	-0.38	0.40	-0.48	1.01	0.26	-0.13
			RCP8.5	-0.13	-0.32	0.57	0.74	-0.36	-0.73	-0.34	0.38	-0.47	1.01	0.17	-0.21
کهنوج	2021-2050	دما	RCP2.6	1.32	0.78	1.74	1.52	1.85	1.57	1.56	1.41	1.38	1.51	2.11	1.77
			RCP4.5	1.11	0.64	1.64	1.36	1.75	1.72	1.76	1.56	1.49	1.54	2.05	1.61
			RCP8.5	1.65	1.24	2.15	1.83	2.22	2.10	2.09	1.89	1.90	2.04	2.57	2.13
		بارش	RCP2.6	0.42	0.81	0.46	-0.64	-0.89	0.29	1.39	-0.04	1.29	0.48	0.28	0.04
			RCP4.5	0.42	0.60	0.28	-0.66	-0.88	0.28	1.45	0.10	1.58	0.70	0.56	0.25
			RCP8.5	0.23	0.23	0.14	-0.60	-0.85	0.38	1.55	0.07	1.52	0.58	0.38	0.06
	2051-2080	دما	RCP2.6	1.63	1.23	1.98	1.77	2.16	1.98	1.96	1.93	1.97	1.92	2.43	2.25
			RCP4.5	2.44	2.00	2.74	2.49	2.89	2.85	2.83	2.78	2.92	2.92	3.35	3.11
			RCP8.5	3.71	3.31	4.09	3.81	4.15	4.17	4.30	4.16	4.31	4.40	4.78	4.41
		بارش	RCP2.6	0.16	0.77	0.86	-0.47	-0.78	0.34	1.14	-0.14	1.06	-0.26	-0.03	-0.21
			RCP4.5	0.15	0.57	0.64	-0.54	-0.82	0.18	1.01	-0.06	1.49	-0.16	0.20	-0.02
			RCP8.5	0.08	0.51	0.60	-0.50	-0.78	0.24	0.97	-0.11	1.40	-0.12	0.18	-0.04

نتایج روند تغییرات دما و بارش در دوره پایه (۲۰۱۷-۱۹۸۹) در جدول ۴ نشان داده شده‌است. بر طبق این جدول، شاخص دما در دوره پایه برای ایستگاه‌های سینوپتیک جیرفت و کهنوج با توجه به اینکه مقدار Pvalue کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، روند معنی‌داری دارد. همچنین Kendall's tau و شیب خط سن نیز مثبت است که روند صعودی این شاخص و افزایش دما در دوره پایه را نشان می‌دهد و بیانگر روند صعودی این شاخص در آینده است. روند تغییرات دما در دوره آتی در هر دو ایستگاه نیز روندی معنی‌دار دارد و بیانگر افزایش دما در آینده است. همچنین تغییرات بارش در دوره پایه در ایستگاه سینوپتیک جیرفت نیز بدون روند و در ایستگاه سینوپتیک کهنوج نیز معنی‌دار و نزولی است. در دوره آتی، بارندگی در ایستگاه سینوپتیک جیرفت نیز بدون روند است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تنها در دوره ۲۰۵۱-۲۰۸۰ در سناریو RCP4.5 در ایستگاه کهنوج، روند بارش معنی‌دار و نزولی است.

جدول ۴: نتایج حاصل از آزمون من - کندال در ایستگاه‌های سینوپتیک کهنوج و جیرفت

ایستگاه	سال	شاخص	سناریو	p-value (Two-ailed)	Kendall's tau	Sen's slope:	روند
جیرفت	1989-2017	بارش	-	0.34	-0.13	-2.46	ندارد
		دما	-	< 0.0001	0.60	0.09	دارد
	2021-2050	بارش	RCP2.6	0.94	-0.01	-0.21	ندارد
			RCP4.5	0.10	0.21	4.29	ندارد
			RCP8.5	0.94	0.01	0.25	ندارد
		دما	RCP2.6	0.00012	0.48	0.02	دارد
			RCP4.5	0.00012	0.48	0.03	دارد
			RCP8.5	0.000102	0.49	0.04	دارد
	2051-2080	بارش	RCP2.6	0.52	0.09	0.46	ندارد
			RCP4.5	0.24	-0.15	-4.16	ندارد
			RCP8.5	0.34	0.13	1.81	ندارد
		دما	RCP2.6	< 0.0001	0.035	0.015	دارد
RCP4.5			< 0.0001	0.60	0.04	دارد	
RCP8.5			< 0.0001	0.60	0.08	دارد	
کهنوج	1989-2017	بارش	-	0.025	-0.30	-4.27	دارد
		دما	-	0.011	0.33	0.03	دارد
	2021-2050	بارش	RCP2.6	0.23	-0.16	-1.99	ندارد
			RCP4.5	0.14	0.20	3.12	ندارد
			RCP8.5	0.19	-0.17	-2.12	ندارد
		دما	RCP2.6	< 0.0001	0.55	0.02	دارد
			RCP4.5	< 0.0001	0.55	0.04	دارد
			RCP8.5	< 0.0001	0.55	0.05	دارد
	2051-2080	بارش	RCP2.6	0.57	0.08	0.9	ندارد
			RCP4.5	0.01	-0.32	-6.08	دارد
			RCP8.5	0.24	0.15	2.38	ندارد
		دما	RCP2.6	< 0.0001	0.53	0.04	دارد
RCP4.5			< 0.0001	0.59	0.04	دارد	
RCP8.5			< 0.0001	0.58	0.07	دارد	

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در قرن گذشته تحولات اقلیمی نگرانی‌های زیادی برای دولت‌ها و جوامع به همراه داشته‌است. بنابراین، شناخت و پیگیری این تغییرات برای برنامه‌ریزی‌های حال و آینده بسیار اهمیت دارد. در پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییرات اقلیمی جنوب استان کرمان، از مدل گزارش پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم CanESM2 و سناریوهای جدید انتشار در دو بازه آینده ۲۰۵۱-۲۰۸۰ و ۲۰۲۱-۲۰۵۰ استفاده شد. همچنین به منظور مشخص کردن روند تغییرات سالانه شاخص درجه حرارت و بارش به عنوان ورودی مدل‌های هیدرولوژیکی، از آزمون غیرپارمتری من - کندال استفاده شد. نتایج حاصل از ارزیابی دقت مدل CanESM2 نشان داد که این مدل، در شاخص‌های دما و بارش در هر دو ایستگاه سینوپتیک دقت مناسبی دارد که با نتایج آقاخانی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد که از بین چهارده مدل اقلیمی گزارش پنجم، چهار مدل MICRO-ESM، GFDL-ESM2G، NorESM1-M و IPSL-CM5A-MR را به عنوان مدل بهینه اقلیمی در حوضه آبخیز کشف رود انتخاب کردند. همچنین با نتایج میر اکبری و همکاران (۱۳۹۷) نیز مطابقت دارد. میراکبری و همکاران (۱۳۹۷) کارایی مدل CanESM2 را بررسی و بیان کردند که معیارهای آماری مانند میانگین خطای مطلق و مجذور میانگین مربعات خطا نشان می‌دهد که این مدل در پیش‌بینی دما کارایی بالاتر و دقت قابل قبولی دارد.

روند بارندگی نیز در تعدادی از این ایستگاه‌ها، افزایشی و در بعضی دیگر، کاهش‌ی یا افزایش یا کاهش بارندگی متأثر از الگوی بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک است. از سوی دیگر، روند تغییرات دمایی در آینده نیز حاکی از آن است که تغییرات دما روند افزایشی خواهد داشت که این امر با نتایج Gorguner و همکاران (۲۰۱۹) و IPCC (۲۰۱۴) همخوانی دارد. آنها بیان کردند که از دمای متوسط سالانه مجموعه تمام پیش‌بینی‌ها به طور کلی پیش‌بینی می‌شود که دما در طول قرن بیست و یکم افزایش یابد. این پیش‌بینی افزایش دما در شرایط RCP4.5 و RCP8.5 سناریوهای قرن بیست و یکم، با گزارش پنجمین ارزیابی مطابقت دارد (IPCC, 2014). نتایج روند بارندگی حاکی از آن است که در تعدادی از ایستگاه‌ها روند بارندگی معنی‌دار و در تعدادی بدون روند است و سیر نزولی یا افزایشی دارد که این امر با نتایج Ishida و همکاران (۲۰۱۷) - که آنها نیز معتقدند بارندگی در دوره آینده در حوضه آبخیز شمال کالیفرنیا تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5، در شش زیرحوضه روند قابل ملاحظه‌ای نداشته‌است که از دلایل آن، حساسیت بارندگی به سناریوهای تغییر اقلیم است - مطابقت دارد. همچنین با نتایج Keggenhoff و همکاران (۲۰۱۴) و Awal و همکاران (۲۰۱۶) نیز که بیان داشتند در افزایش و کاهش شاخص بارش روند معنی‌داری وجود ندارد و تنها تغییرات ناگهانی یا تغییرات در نوع الگوی بارش مشاهده می‌شود، مطابقت دارد. همچنین نتایج تغییرات دمایی ایستگاه سینوپتیک جیرفت نیز حاکی از آن است که دما تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱/۶۳، ۲/۰۶ و ۲/۰۶ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. این تغییرات دمایی در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۱ نیز مثبت بوده‌است و منطبق بر سناریوهای ذکر شده به ترتیب به میزان ۲/۰۲، ۲/۸۸ و ۴/۲۳ درجه سانتی‌گراد دما افزایش می‌یابد. همچنین این تغییرات در ایستگاه سینوپتیک کهنوج نیز همانند ایستگاه جیرفت افزایشی بوده و در طی دوره ۲۰۲۱-۲۰۵۰ مبتنی بر سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۱/۵۴، ۱/۵۲ و ۱/۹۸ درجه سانتی‌گراد و در دوره ۲۰۸۰-۲۰۵۱ به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به میزان ۱/۹۳، ۲/۷۸ و

۴/۱۳ درجه سانتی گراد افزایش دما صورت می‌گیرد که با نتایج قضاوی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی تأثیرات اقلیمی آینده بر تغییرات دبی رودخانه‌های هروچای اردبیل با استفاده از مدل SWAT و LARS-WG - که حاکی از افزایش دما در فصول سرد است - همخوانی دارد. همچنین با نتایج جهانگیر و همکاران (۱۳۹۷) در پیش‌بینی شاخص دمایی در ایستگاه لار نیز مطابقت دارد که افزایش دمای کمینه و بیشینه در دهه ۲۰۲۰ را به ترتیب بین ۱/۱۲ تا ۱/۲۹ و ۱/۰۲ تا ۲/۳۰ درجه سانتی گراد و میزان این افزایش در دهه ۲۰۵۰ را به ترتیب بین ۱/۴۷ تا ۲/۳۵ و ۲/۶۱ تا ۴/۱۳ درجه سانتی گراد بیان کردند. همچنین نتایج نشان داد که شاخص دما در تمامی سناریوها و ایستگاه‌ها، روند افزایشی داشته؛ در حالی که در افزایش و کاهش شاخص بارش روند معنی‌داری وجود نداشته است و تنها تغییرات ناگهانی یا تغییرات در نوع الگوی بارش مشاهده می‌شود که با نتایج Ishida و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. نتایج به طور کلی حاکی از آن است که دمای هوا در جنوب استان کرمان، همپای افزایش دمای جهانی در حال افزایش است. با توجه به اینکه شهرستان‌های جنوبی استان کرمان لقب گلخانه طبیعی کشاورزی ایران را به خود اختصاص داده‌اند، لزوم تدوین راهبردهای جهانی بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

1. Aga Khani Afshar, A. H.; Hassanzadeh, Y.; Basaltpour, A. A.; & M. Pourreza Belandi, 2016. Annual assessment of climatic components of Kashfarud watershed in future periods using the fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 23 (6), 233-217.
2. Dash, S. S.; Sahoo, B.; & N. S. Raghuwanshi, 2019. A SWAT-Copula based approach for monitoring and assessment of drought propagation in an irrigation command, *Ecological engineering*, 127, 417-430.
3. Dong, T. Y.; Dong, W. J.; Guo, Y.; Chou, J. M.; Yang, S. L.; Tian, D.; & D. D. Yan, 2018. Future temperature changes over the critical Belt and Road region based on CMIP5 models, *Advances in Climate Change Research*, 9(1), 57-65.
4. Eghtdarnejad, M.; Bazrafshan, A.; & F. Rahimi, 2014. Climate change detection in the south of Kerman province, the first conference on marine regions, development and water resources of the coastal areas of the Persian Gulf.
5. Eghtdarnejad, M.; Bazrafshan, A.; & A. Sadegholari, 2016. Comparative evaluation of SPI, RDI and SDI indices in the analysis of meteorological and hydrological drought characteristics (Case study: Bam plain), *Journal of Soil and Water Knowledge*, 26, 2/4, 81-69.
6. Faryabi, M.; Kalantari, N.; & A. Negarestani, 2010. Evaluation of Factors Affecting the Chemical Quality of Groundwater in Jiroft Plain Using Statistical and Hydrochemical Methods, *Journal of Earth Sciences*, 20 (77), 120-115.
7. Feyissa, G.; Zeleke, G.; Bewket, W.; & E. Gebremariam, 2018. Downscaling of future temperature and precipitation extremes in Addis Ababa under climate change, *Climate*, 6(3), 58.
8. Ghazavi, R.; Nadimi, M.; Omidvar, I.; & R. Imani, 1397. Investigation of future climatic effects on changes in discharge of Ardabil Herochai rivers using SWAT and LARS-WG models, *Hydrogeomorphology*, 15, 74-55.
9. Greve, P.; Orłowsky, B.; Mueller, B.; Sheffield, J.; Reichstein, M.; & S. I. Seneviratne, 2014. Global assessment of trends in wetting and drying over land, *Nature geoscience*, 7(10), 716.
10. Guobin, F.; Stephen, P. C.; Francis, H. S. C.; Jin, T.; Hongxing, Z.; Andrew, J. F.; Wenbin, L.; & K. Sergey, 2013. Modelling runoff with statistically downscaled daily site, gridded and catchment rainfall series, *Journal of Hydrology*, 492, 254-265 .

11. Haiyun, S.; Tiejian, L.; Jiahua, W.; Wang, F.; & W. Guangqian, 2016. Spatial and temporal characteristics of precipitation over the Three-River Headwaters region during 1961–2014, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 6, 52–65.
12. Hasson, S.; Lucarini, V.; Pascale, S.; & J. Böhner, 2014. Seasonality of the hydrological cycle in major South and Southeast Asian river basins as simulated by PCMDI/CMIP3 experiments, *Earth Syst. Dyn.*, 5, 67–87.
13. Hirabayashi, Y.; Mahendran, R.; Koirala, S.; Konoshima, L.; Yamazaki, D.; Watanabe, S.; ... & S. Kanae, 2013. Global flood risk under climate change, *Nature Climate Change*, 3(9), 816.
14. IPCC, 2013. In: Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, M.; Tignor, S. K.; Allen, J.; Boschung, A.; Nauels, Y.; Bex, V.; Midgley, P. M.; (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
15. Ishida, K.; Gorguner, M.; Ercan, A.; Trinh, T.; & M. L. Kavvas, 2017. Trend analysis of watershed-scale precipitation over Northern California by means of dynamically-downscaled CMIP5 future climate projections, *Science of The Total Environment*, 592, 12-24.
16. Jafari, M.; Selajegheh, A.; & P. Haghighi, 2020. Comparative forecast of precipitation and temperature in Kerman city using LARS-WG6 models, *Journal of Hydrology*, 7(2), 538-529.
17. Jahangir, M.; Sadatinejad, S. J.; & P. Haghighi, 2018. Prediction of temperature parameters under CanEMS2 model (Case study: Lar Synoptic Station), *Journal of Watershed Management Extension and Development*, 6 (22), 52-45.
18. Kendall, M. G., 1975. *Rank Correlation Methods*, 4th edition, Charles Griffin, London.
19. Kleidon, A., & M. Renner., (2013). A simple explanation for the sensitivity of the hydrologic cycle to surface temperature and solar radiation and its implications for global climate change. *Earth System Dynamics*. 4, 455-465.
20. Miao, C.; Duan, Q.; Sun, Q.; Huang, Y.; Kong, D.; Yang, T.; & W. Gong, 2014. Assessment of CMIP5 climate models and projected temperature changes over Northern Eurasia, *Environmental Research Letters*, 9 (5), 055007.
21. Mirakbari.; Mesbahzadeh, T.; Mohseni Saravi, M.; Khosravi, H.; & Q. Mortezaei Frizhendi, 2018. Evaluation of efficiency of CMIP5 series model in simulation and prediction of climatic parameters of rainfall, temperature and wind speed (Case study: Yazd province), *Natural Geography Research*, 50 (3), 609-593.
22. Moriasi, D. N.; Arnold, J. G.; Van Liew, M. W.; Bingner, R. L.; Harmel, R. D.; & T. L. Veith, 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *J. Amer. Soc. Agric. Biol. Engin.* 50: 3. 885-900.
23. Nsubuga, F. W. N.; Botai, O. J.; Olwoch, J. M.; Dew Rauten bach, C. J.; Yvette, B.; & O. A. Adebayo, 2014. The nature of rainfall in the main drainage sub-basins of Uganda, *Hydrological Sciences Journal*, 59 (2), 278-299. DOI: 10.1080/02626667.2013.804188.
24. Parvazi, M., 2018. Study of Kerman droughts with four indicators TOPSIS, SPI, PNPI and Z, *Journal of Geographical Sciences*, 29, 113-92.
25. Pholkern, K.; Saraphirom, P.; & K. Srisuk, 2018. Potential impact of climate change on groundwater resources in the Central Huai Luang Basin, Northeast Thailand, *Science of The Total Environment*, 633, 1518-1535.
26. Roderick, M.; Sun, F.; Lim, W. H.; & G. Farquhar, 2014. A general framework for understanding the response of the water cycle to global warming over land and ocean.
27. Sadidi, J.; Jafari Gadneh, M.; Sajedi, H.; & G. Hamzehzadeh, 2019, Study of trend and prediction of temperature changes in arid and semi-arid regions (Case study: Kerman province), 14th Congress of the Geographical Association of Iran, Tehran, Geographical Association of Iran.

28. Safavi, H., 2009: Engineering Hydrology. Arkan Danesh Publications. First Edition, 607 p.
29. Sen, P. K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 63, 1379-1389.
30. Shagega, F. P.; Munishi, S. E.; & V. M. Kongo, 2018. Prediction of future climate in Ngerengere river catchment, Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*.
31. Shiferaw, A., 2018. Precipitation Extremes in Dynamically Downscaled Climate Scenarios over the Greater Horn of Africa, pp. 1e28. <https://doi.org/10.3390/atmos9030112>.
32. Soleimani Sardoo, F.; Boromand, N.; & A. Azareh, 2016. Investigation of the trend of spatial and temporal changes in groundwater quality in Jiroft plain, *rangeland and watershed management*, 69 (4), 932-922.
33. Timbal, B.; Fernandez, E.; & Z. Li, 2009. Generalization of a statistical downscaling model to provide local climate change projections for Australia, *Environ. Model. Softw*, 24, 341e358.
34. Turner, A. G., & H. Annamalai., (2012). Climate change and the South Asian summer monsoon. *Nature Climate Change*. 2(8), 587.
35. Wang, W.; Shao, Q.; Yang, T.; Peng, S.; Xing, W.; Sun, F.; & Y. Luo, 2013. Quantitative assessment of the impact of climate variability and human activities on runoff changes: a case study in four catchments of the Haihe River basin, China, *Hydrological Processes*, 27(8), 1158-1174.
36. Wang, W.; Zou, S.; Shao, Q.; Xing, W.; Chen, X.; Jiao, X.; ... & Z. Yu, 2016a. The analytical derivation of multiple elasticities of runoff to climate change and catchment characteristics alteration, *Journal of Hydrology*, 541, 1042-1056.
37. Wang, Y. J., & D. H. Qin., (2017). Influence of climate change and human activity on water resources in arid region of Northwest China: An overview. *Advances in Climate Change Research*. 8, 4, 268-278.
38. Wilby, R. L.; Dawson, C. W.; & E. M. Barrow, 2002. SDSM—a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, *Environmental Modelling & Software*, 157-145,(2)17.
39. Wu, J.; Xu, Y.; & X. J. Gao, 2017. Projected changes in mean and extreme climates over Hindu Kush Himalayan region by 21 CMIP5 models, *Advances in Climate Change Research*, 8(3), 176-184.
40. Yang, W.; Graham, L. P.; Olsson, J.; & M. Swedish, 2010. Distribution based scaling to improve usability of RCM regional climate model projections for hydrological climate change impacts studies. no. February 2014.
41. Yarahmadi, D., & Q. Azizi., (2007). Multivariate analysis of the relationship between seasonal rainfall in Iran and climatic indices. *Geographical Research*. 62, 61-174.

Prediction of climate change in arid and semi-arid regions of the western basin of Jazmourian Wetland

Hooshang Akbarai: *PhD Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran*

Tayyebeh Mesbahzadeh¹: *Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran*

Gholamreza Zehtabian: *Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran*

Article History (Received: 2021/05/19

Accepted: 2021/07/22)

Extended Abstract

1. Introduction

Global warming has occurred in recent decades, and its warming trend will continue due to increasing concentrations of atmospheric greenhouse gases from human activities. Changes in the average rainfall in many areas have also been recorded in connection with global warming due to rising atmospheric humidity. Climate change is another threat to the security of water resources. Therefore, climate change has a significant impact on the hydrological cycle on a global and local scale. The issue of understanding climate change is of particular importance for areas dependent on seasonal water availability and areas exposed to vulnerable climates. On the other hand, Iran's geographical location in the subtropical region has caused it to be located in the dry belt of the world. Due to this geographical location, the average rainfall in Iran (255 mm) is much lower than the global average (860 mm). A noteworthy point about Iran's rainfall, in addition to low rainfall, is its high variability. On the other hand, in the last century, global climate change has been reflected in increasing temperatures, increasing precipitation changes, and decreasing glacial and snow regions.

2. Materials and Methods

This study was conducted in the southern region of Kerman. In this study, the first daily temperature and rainfall data of Jiroft and Kahnooj synoptic stations were prepared by the Kerman Meteorological Organization to investigate climate change during the period (1989-2017). After collecting data, SDSM4.5 software was used to study climate change and the trend of these changes.

3. Results

The results of the performance of the CanESM2 model for its ability to microscale exponential parameters of precipitation and average temperature during the base period indicate that this model has a high capability in simulating climate change in the south of Kerman province for the period (2050-2021 and 2080-2021). According to the exponential microscale results, the average temperature has the best performance relative to the daily precipitation, which can be one of the reasons that the temperature changes relative to the precipitation change over a period of time, while the precipitation parameter fluctuates widely. According to the three evaluation criteria of NSE, RMSE, and R2, the performance of the CanESM2 model is in a very good and good class. The results show that the temperature changes in both periods and both stations are incremental. However, the changes in rainfall in each of the scenarios did not follow a specific rule and are increasing and decreasing.

The results show that the average temperature during the period (2050-2021) in Jiroft synoptic station indicates that under the scenarios of RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5, respectively, 1.63, 1.61 and It rises to 2.06 ° C. These temperature changes in the period (2080-2051) are also positive. Following the mentioned scenarios, the temperature will increase by 2.02, 2.88, and 4.23 ° C. The results of temperature change and precipitation in the base period (1989-2017) showed that in the base period for synoptic stations of Jiroft and Kahnooj, the temperature parameter due to the P-value value is less than 0.05, which means that this trend also includes Kendall's tau and age line slope. The trend of temperature changes in the future in both stations is significant and indicates an increase in temperature in the future. Also, changes in precipitation in the base period in Jiroft synoptic station are without trend.

¹- Corresponding Author: tmesbah@ut.ac.ir

On the other hand, these changes in Kahnooj synoptic station are significant and decreasing. In the next period, rainfall in Jiroft synoptic station is without trend. The results also show that only in the period (2080-2051) in the RCP4.5 scenario in Kahnooj station, its precipitation trend is significant and decreasing.

4. Conclusion

In the present study, to study climate change in the south of Kerman province, the model of the fifth report of the International Board of Climate Change CanESM2 and new release scenarios in the next two periods (2080-2051 and 2050-2021) were used. Also, to clarify the trend of annual changes in temperature and precipitation components as inputs of hydrological models, a non-parametric Mann-Kendall test was used. The results of evaluating the accuracy of the CanESM2 model showed that this model has good accuracy in both temperature and precipitation components in both synoptic stations.. On the other hand, the trend of temperature changes in the future indicates that temperature changes have had an increasing trend.

Key Words: Climate change, RCP scenarios, trends, global warming, south of Kerman