

Projection of Climate Changes in Yazd Province in both the Near and Distant Future using SDSM Linear Multiple Model

E. Rafiei Sardooi^{1*}, A. Azareh², J. Rafi Sharifabad³, M. Jafary Godeneh⁴

1. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Department of Ecological Engineering, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
2. Assistant Professor, Faculty of Literature and Humanities, Department of Geography, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
3. Ph.D., Faculty of Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
4. Ph.D. student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

* Corresponding Author: ellrafiei@ujiroft.ac.ir

Received date: 10/05/2021

Accepted date: 30/06/2021

 [10.22034/JDMAL.2021.246298](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2021.246298)

Abstract

In recent decades, the increase in temperature has caused widespread climate change all over the world, especially in arid and semi-arid regions of Iran and Yazd province. The purpose of this study is to project climate change in Yazd province using the CanESM2 model and new emission scenarios (RCP) during 2021-2050 (near future) and 2051-2080 (distant future) and to study the trend of changes in the baseline period using the Mann-Kendall test. The statistical indices of R^2 , RMSE, and NSE were used to evaluate the performance of the CanESM2 model. According to the results, the model had an appropriate performance for projecting precipitation and temperature in the future period and was classified into good and very good classes in terms of capability. Investigating the trend of the annual change of temperature and precipitation in the baseline period showed that the temperature had an increasing trend under most scenarios and stations, while the trend of the change of precipitation was no significant. The results of temperature changes in Yazd province indicated an increase of 2.2, 1.2, and 2.5 °C during 2021-2050 and 2.28, 3.19, and 4.77°C during 2051-2080 under RCP2, RCP4.5, and RCP8.5 scenarios, respectively. Changes in precipitation in Yazad province during the winter season showed a decrease in precipitation by 32, 26, and 34% during 2021-2050 and by 32, 32, and 5% during 2051-2080 under RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5 scenarios, respectively.

Keywords: Temperature; Precipitation; Mann-Kendall; Downscaling; Emission scenarios





بررسی تغییرات اقلیمی استان یزد در آینده دور و نزدیک به کمک مدل چندگانه خطی SDSM

الهام رفیعی ساردوئی^{۱*}، علی آذره^۲، جواد رفیع شریف‌آباد^۳، میثم جعفری گدنه^۴

۱. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

۲. استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

۳. دانش‌آموخته دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۴. دانشجوی دکتری آب‌خیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: ellrafiei@ujiroft.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۹

doi [10.22034/JDMAL.2021.246298](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2021.246298)

چکیده

در چند دهه گذشته افزایش دمای زمین موجب تغییرات اقلیمی گسترده‌ای در بیشتر سطح کره زمین به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران و استان یزد ایجاد شده است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات اقلیمی استان یزد با استفاده از مدل CanESM2 و سناریوهای جدید انتشار (RCP) در دو بازه آینده نزدیک ۱۴۲۹-۱۴۰۰ و آینده دور ۱۴۵۹-۱۴۳۰ و بررسی روند تغییرات در دوره پایه با استفاده از آزمون من-کندال است. همچنین به‌منظور بررسی کارایی مدل CanESM2 از شاخص‌های آماری R^2 ، RMSE و NSE استفاده شد. برطبق نتایج مدل کارایی لازم را در پیش‌بینی بارش و دما در دوره آتی داشت و از نظر قابلیت در کلاس خوب و خیلی خوب طبقه‌بندی شد. بررسی روند تغییرات سالانه متغیرهای دما و بارش در دوره پایه نشان داد که روند دما در بیشتر ایستگاه‌ها و سناریوها افزایشی است، درحالی‌که روند تغییرات بارش معنی‌دار نبود. نتایج تغییرات دمایی در استان یزد در دوره آتی نسبت به دوره پایه حاکی از افزایش دمای میانگین سالانه به میزان $2/2^{\circ}\text{C}$ ، $2/1^{\circ}\text{C}$ و $2/5^{\circ}\text{C}$ در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ و به‌میزان $3/19^{\circ}\text{C}$ ، $4/77^{\circ}\text{C}$ و $2/28^{\circ}\text{C}$ در دوره ۱۴۵۹-۱۴۳۰، به‌ترتیب، تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 بود. همچنین بررسی تغییرات میانگین بارندگی در فصل زمستان در استان یزد نشان داد که کاهش بارندگی در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ به‌میزان ۳۲، ۳۶ و ۳۴٪ و در دوره ۱۴۵۹-۱۴۳۰ به‌میزان ۳۲، ۳۲ و ۵٪، به‌ترتیب، تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 رخ خواهد داد.

واژگان کلیدی: دما؛ بارش، من-کندال؛ ریزمقیاس‌نمایی؛ سناریوهای انتشار

■ مقدمه

خطرات و پیامدهای تغییر اقلیم بیش از پیش در حال آشکار شدن هستند. تجزیه و تحلیل‌ها حاکی از آن است که از ابتدای قرن بیستم درجه حرارت متوسط جهانی تقریباً 1°C افزایش یافته است (۱۰). یکی از چهار سناریوی انتشار گازهای گلخانه‌ای (RCP8.5^1) بیانگر آن است که تا سال ۲۱۰۰ دمای زمین بین 2.6°C تا 4.8°C افزایش می‌یابد و اثرات مخربی بر اکوسیستم‌های جهانی و زندگی بشر روی زمین خواهد داشت (۱۱، ۱۷ و ۳۰). در این زمینه، کنفرانس تغییرات آب و هوایی سازمان ملل در سال ۲۰۱۵ متعهد شد تا افزایش دما را تا پایان قرن به کمتر از 2°C ، ترجیحاً به 1.5°C ، محدود نمایند (۱). از طرفی اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به شدت شکننده‌اند و می‌توانند به راحتی خدشه‌دار گردند. توسعه آن‌ها تحت شرایط بسیار حاد اگزوترمال^۲ صورت می‌گیرد و بهبود آن‌ها با رفع شرایط نامطلوب نیز به‌کندی انجام می‌پذیرد و در موارد شدیداً حاد عدم تعادل بیولوژیکی باعث تخریب غیرقابل برگشت و افت توان بیولوژیکی می‌شود. بنابراین آسیب‌پذیری این مناطق نسبت به تغییرات آب‌وهوایی با توجه به کمبود رطوبت خاک، شدت تأثیر خورشید، دمای بالا بیش از سایر مناطق است (۳، ۷، ۸، ۱۱، ۱۳ و ۲۴). از طرفی خشکی یا محدودیت آب یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی در ایران است. عناصر اقلیمی به‌ویژه میزان بارش به‌صورت معنی‌داری در مناطق مختلف تفاوت دارد. توزیع پراکنش میزان بارندگی در طی سال در اغلب مناطق از شرایط مناسبی، که برای رشد گیاه مفید باشد، برخوردار نیست. بنابراین تغییر اقلیم یکی از مسائل مهم حال حاضر جهان به شمار می‌رود که مطالعات بسیاری را در زمینه‌های متعدد به خود اختصاص داده است.

نتایج روابط میان بیابان‌زایی و شاخص‌های تغییرات آب‌وهوایی در سراسر شمال چین نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی یکی از عوامل محرک برگشت بیابان‌زایی، در مناطق

شمال‌شرقی و شمال‌غربی این کشور، بین سال‌های ۱۹۷۵ و ۱۹۹۰ بوده است. این تغییرات در مناطق شهری بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است و با فاصله گرفتن از این مناطق تغییرات اقلیمی مشهود است (۳۰). خشک‌سالی ناشی از افزایش دما تحت سناریوهای RCP8.5 در حوزه آبخیز رودخانه پُرل^۳ چین شدیدتر از دو سناریوی RCP2.6 و RCP4.5 در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۶ رخ داده است. در برخی مناطق حوزه سناریوی RCP2.6 و RCP4.5 نیز افزایش شدت خشک‌سالی مثبت بوده است، بنابراین می‌بایست سیاست‌های لازم را در این حوزه در راستای کاهش مصرف آب اتخاذ کرد (۱۹). همچنین بررسی تغییرات اقلیمی شهرستان سنجند طی ۳۰ سال آینده تحت سناریوهای RCP و مدل CanESM2 حاکی از آن است که تغییرات افزایشی دما به‌میزان حدود یک درصد نسبت به میانگین دوره پایه است. می‌توان نتیجه گرفت که یکی از عوامل افزایش دما طی دوره مشاهداتی در این شهرستان پدیده تغییر اقلیم بوده است (۲). ارزیابی تغییرات اقلیمی شهرستان کرمان با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۵۰ نشان داد که همه مدل‌ها در زمینه پیش‌بینی دمای این شهرستان پاسخ یکسانی در زمینه افزایش حداکثری دمای مینیم و ماکزیم نشان داده‌اند؛ به‌گونه‌ای که بیشینه افزایش دمای مینیم در مدل‌های GFDL-CM^4 ، HadGEM2-ES^5 ، MIROC5^6 و MPI-ESM-MR^7 به‌ترتیب به‌میزان 3.56°C ، 2.73°C ، 2.33°C و 2.30°C در ماه سپتامبر صورت گرفته است (۱۴). از طرفی ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای اقلیمی حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، با استفاده از مدل LARS-WG^8 حاکی از آن بود که بارش سالانه به‌میزان 4.03% کاهش و دمای حداقل به‌میزان 0.64°C تا 1.35°C افزایش خواهد یافت. همچنین بیشترین افزایش دمای بیشینه در ماه نوامبر به‌میزان 1.27°C و کم‌ترین افزایش آن در ماه ژانویه به‌میزان 0.33°C خواهد بود.

6 Model for Interdisciplinary Research On Climate

7Max-Planck-Institute Earth System Model running on mixed resolution grid

8 Long Ashton research station weather generator

1 Representative Concentration Pathway

2 Exothermal

3 Pearl

4 Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Coupled Model

5 Hadley Centre Global Environmental Model, version 2-Earth System

■ مواد و روش‌ها

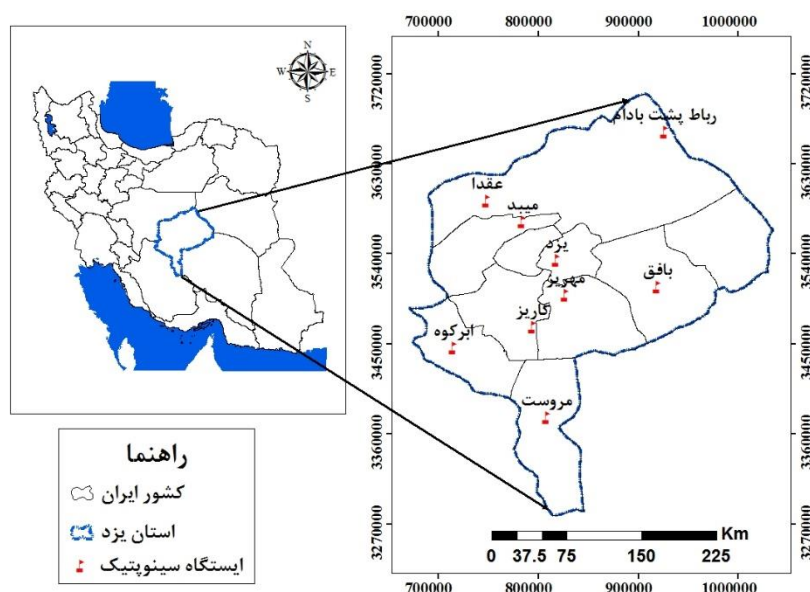
منطقه مورد بررسی

استان یزد در مرکز ایران و در حاشیه دشت کویر و بیابان لوت از یکسو و از سوی دیگر کوه‌های نائین و پیش‌کوه‌های زاگرس قرار دارد. مساحت این استان حدود 128766 km^2 ، میانگین بارندگی متوسط آن در حدود 70 mm و مقدار تبخیر و تعرق آن حدود 2000 mm است (۲۷) و در محدوده $29^\circ 35' 45''$ تا $52^\circ 48' 10''$ و $35^\circ 05' 39''$ عرض شمالی واقع شده است (۲۶ و ۲۷). موقعیت این استان در کشور ایران در شکل شماره (۱) نشان داده شده است.

روش پژوهش

در پژوهش حاضر داده‌های بارش و دمای روزانه ایستگاه‌های همدیدی استان یزد، شامل ابرکوه، بافق، گاریز، مروست، مهریز، میبد، عقدا، رباط پشت بادام و یزد برای بررسی پدیده تغییر اقلیم طی دوره زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۷ از سازمان هواشناسی استان یزد تهیه شد. دوره آماری موجود در منطقه مورد مطالعه، ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۷ بوده و به عنوان دوره پایه برای مقایسه با تغییر اقلیم در دوره آینده نزدیک (۱۴۲۹-۱۴۰۰) و آینده دور (۱۴۵۹-۱۴۳۰) در نظر گرفته شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات، به منظور بررسی تغییرات اقلیمی از نرم‌افزار SDSM5.2 استفاده شد. مراحل انجام پژوهش به شرح زیر است:

با توجه به مطالعات صورت گرفته، در دوره آتی، افزایش دما و گرمایش جهانی رخ خواهد داد و از این رو نمی‌توان نقش تغییرات اقلیمی را در در مناطق خشک و نیمه‌خشک نادیده گرفت. ارزیابی تأثیرات زیست محیطی از تغییر اقلیم بر منابع آب و اجزای بیولوژیکی، بخش جدایی‌ناپذیر تحقیقات هیدرولوژیکی و اکولوژیکی در قرن بیست و یک است، بنابراین بررسی اثرات تغییر اقلیم برای اتخاذ سیاست‌های مناسب به منظور کاهش اثرات تغییر اقلیم اهمیت بسزایی دارد (۱۵). استان یزد، از جمله استان‌های واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که در سال‌های اخیر به دلیل افزایش کارخانجات صنعتی و آلودگی هوا، افزایش جمعیت و... ناهنجاری‌های اقلیمی قابل توجهی را تجربه کرده است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر دما و بارش استان یزد در دوره آتی با مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM است. از آنجاکه منابع آب سطحی و زیرزمینی در این استان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بررسی عوامل اقلیمی مؤثر بر آن‌ها امری ضروری است. از آنجا که در مطالعات صورت گرفته در زمینه تغییر اقلیم بیشتر از گزارش چهارم بهره گرفته شده است، در پژوهش حاضر سعی شده تا این تأثیرات تحت تأثیر گزارش پنجم بررسی شوند. در راستای هدف پژوهش حاضر به منظور پیش‌بینی داده‌های دما و بارش در دو دوره آینده نزدیک (۱۴۲۹-۱۴۰۰) و آینده دور (۱۴۵۹-۱۴۳۰) از سناریوهای انتشار RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد و نتایج به دست آمده با هم مقایسه شدند.



شکل ۱. محدوده منطقه مورد مطالعه

بررسی وضعیت تغییر اقلیم

در تهیه گزارش ارزیابی پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم تحت عنوان «پروژه درون‌مقیاسه‌ای مدل‌های جفت‌شده» (CMIP5^۱)، نسل جدیدی از مدل‌های گردش عمومی جو استفاده شد. این مدل‌ها مجموعه‌ای از آزمایش‌ها، از قبیل شبیه‌سازی‌های قرن بیستم و پروژه‌های اقلیمی قرن ۲۱ با سناریوهای جدیدالانتشار را به عنوان نماینده خط سیر غلظت گازهای گلخانه‌ای (RCP) را تشکیل داده‌اند (۲۳). در پژوهش حاضر از مدل CanESM2^۲ قابل استفاده در نرم‌افزار SDSM5.2 برای پیش‌بینی اقلیم استان یزد بهره‌گیری شد (جدول ۱).

مدل SDSM5.2 به عنوان ابزاری برای ریزمقیاس‌نمایی آماری بر روی خروجی مدل‌های بزرگ‌مقیاس جوی، استفاده شده است. فرآیند ریزمقیاس‌نمایی، عامل ایجادکننده ارتباط میان متغیرهای اقلیمی در مقیاس ایستگاه مشاهداتی و متغیرهای بزرگ‌مقیاس جوی است (۲۹). داده‌های بزرگ‌مقیاس جوی شامل پیش‌بینی‌کننده‌های مرکز NCEP^۳ در دوره مشابه دیده‌بانی ۱۳۶۹-۱۳۸۴ و برون‌داد مدل بزرگ‌مقیاس CanESM2 تحت سناریوهای موجود در دوره مشابه دیده‌بانی و در دوره آینده از تارنمای مرکز داده‌های تغییر اقلیم کانادا به صورت خام استخراج، سپس پیش‌بینی‌کننده‌های این مدل نسبت به میانگین و انحراف معیار دوره مشاهداتی نرمالیزه شدند. داده‌های بازتحلیل NCEP برای استفاده در مدل SDSM از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۴ شمسی (۲۰۰۵-۱۹۶۱ میلادی) موجود می‌باشند. با توجه به اینکه در منطقه مورد بررسی داده‌ها از سال ۱۳۶۹

شمسی (۱۹۹۰ میلادی) در دسترس‌اند، این دوره از ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴ شمسی (۲۰۰۵-۱۹۹۰ میلادی) در نظر گرفته شد. برای شناسایی و انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌های مناسب و با بیشترین ارتباط معنی‌دار با بارش و دمای مشاهداتی هر ایستگاه در سطح ۰.۹۵٪، از تحلیل همبستگی جزئی بین پیش‌بینی‌کننده‌ها و پیش‌بینی‌شونده‌ها استفاده شد (۵). بدین ترتیب در پژوهش حاضر براساس نتایج حاصل از تحلیل‌های همبستگی، بهترین پیش‌بینی‌کننده‌ها برای طراحی و چیدمان مدل رگرسیون چندمتغیره در هر ماه از سال و برای ایستگاه‌های مشاهداتی موجود در استان یزد انتخاب شدند که در این میان هرچه میزان این همبستگی به ± 1 نزدیک‌تر شد، شدت همبستگی بیشتر بود. همچنین به منظور قابلیت این مدل از معیارهای آماری ضریب تبیین (R^2)، نش‌ساختگی (NSE)، مجذور مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. جایی که در آن بهترین عملکرد مربوط به R^2 و NSE یک و RMSE صفر است (روابط ۱ تا ۳) (۴ و ۲۲).

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

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

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}) \cdot (E_i - \bar{E})]^2}{[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2]^{0.5} \cdot [\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2]^{0.5}} \quad (3)$$

که در آن O_i داده مشاهداتی، E_i داده شبیه‌سازی شده در دوره پایه، $\bar{O}$ میانگین داده مشاهداتی و $\bar{E}$ میانگین داده شبیه‌سازی شده در دوره پایه است.

جدول ۱. مشخصات مدل گردش عمومی جو CanESM2 در دسترس به عنوان ورودی نرم‌افزار SDSM5.2 (۲۱)

مدل جهانی	IPCC	مرجع	قدرت تفکیک مکانی به درجه	سناریوها	واداشت تابشی (w/m^2)	غلظت دی‌اکسیدکربن
				RCP2.6	حداکثر مقدار آن $3 w/m^2$ و سپس کاهش می‌یابد.	۴۹۰ Ppm قبل از سال ۲۱۰۰ و سپس کاهش می‌یابد.
CanESM2	IPCC-AR5	مرکز داده‌های تغییر اقلیم کانادا	$2/8125 \times 2/7906$	RCP4.5	$4/5 w/m^2$ و بعد از سال ۲۱۰۰ ثابت می‌ماند.	۶۹۰ Ppm و بعد از سال ۲۱۰۰ ثابت می‌ماند.
				RCP8.5	بیشتر از $8/5 w/m^2$ در سال ۲۱۰۰	۱۳۷۰ تا ۲۱۰۰ Ppm

■ نتایج و بحث

نتایج حاصل از عملکرد مدل CanESM2 به منظور قابلیت آن در ریزمقیاس‌نمایی دو پارامتر بارش و دمای متوسط طی دوره پایه حاکی از آن بود که این مدل قابلیت بالایی در شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی استان یزد برای دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ و ۱۴۵۹-۱۴۳۰ داشت. طبق یافته‌های پژوهش، ریزمقیاس‌نمایی دمای متوسط بهترین عملکرد را نسبت به بارش روزانه داشت (جدول ۲). از دلایل آن می‌تواند این باشد که تغییرات دمایی نسبت به تغییرات بارش طی دوره‌ای زمانی از توزیع نرمال پیروی می‌کند، درحالی‌که پارامتر بارش نوسانات بسیاری دارد. با توجه به سه معیار ارزیابی NSE، RMSE و R^2 ، عملکرد مدل CanESM2 در کلاس خیلی خوب و خوب قرار گرفت. جداول ۳ تا ۶ بیانگر نسبت تغییرات بارش ($\%$) و میزان تغییرات دما ($^{\circ}\text{C}$) نسبت به دوره پایه است. بررسی تغییرات دمایی در سه سناریو نشان دادند که بیشینه تغییرات دمایی در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ مربوط به ایستگاه همدیدی عقدا به میزان $^{\circ}\text{C}$ ۴/۲، ۳/۷ و ۴/۷ بوده و کمینه افزایش دما در ایستگاه همدیدی ابرکوه به میزان $^{\circ}\text{C}$ ۰/۵، ۰/۷ و ۱ به ترتیب در سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 رخ داده بود.

پس از صحت‌سنجی مدل SDSM، با توجه به معادلات آماری و رگرسیون کالبره‌شده بین پیش‌بینی‌کننده‌های بزرگ‌مقیاس مرکز NCEP با پارامترهای بارش و دمای مشاهداتی، فرآیند ریزمقیاس‌نمایی روی داده‌های آینده مدل CanESM2 تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 طی دو دوره آینده نزدیک ۱۴۲۹-۱۴۰۰ و آینده دور ۱۴۵۹-۱۴۳۰ انجام شد.

بررسی روند تغییرات اقلیمی

آزمون من-کندال ابتدا توسط من^۱ (۲۰) ارائه شد و سپس توسط کندال^۲ (۱۶) بسط و توسعه یافت. این روش به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می‌شود و یکی از روش‌های مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. با معلوم‌بودن اصول آماره آزمون من-کندال، این آماره به سه صورت مثبت، صفر و منفی است که این مقادیر به ترتیب نشان‌دهنده روند صعودی، عدم وجود روند و روند نزولی است (۲۵). در پژوهش حاضر از آزمون من-کندال برای بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در دوره پایه استفاده شد.

جدول ۲. نتایج عملکرد معیارهای ارزیابی مدل CanESM2 در پیش‌بینی بارش و دمای روزانه

ایستگاه	پارامتر	دوره	R^2	RMSE	NSE
ابرکوه	بارش	۱۳۹۷-۱۳۸۰	۰/۸۵۷	۱/۵۸۲	۰/۸۶۱
	دما		۰/۹۹۸	۰/۷۵۲	۰/۹۹۱
بافق	بارش	۱۳۹۷-۱۳۷۰	۰/۷۸۵	۱/۷۱۵	۰/۸۰۷
	دما		۰/۹۹۸	۱/۰۰۸	۰/۹۸۲
گاریز	بارش	۱۳۹۷-۱۳۸۰	۰/۹	۱/۱۹۲	۰/۸۳۶
	دما		۰/۹۹۸	۰/۹۰۸	۰/۹۸۵
مروست	بارش	۱۳۹۷-۱۳۷۳	۰/۹۵۸	۱/۴۳۵	۰/۹۱۹
	دما		۰/۹۹۶	۰/۹۷۶	۰/۹۸۳
مهریز	بارش	۱۳۹۷-۱۳۸۰	۰/۸۴۹	۱/۷۹۶	۰/۸۳۲
	دما		۰/۹۹۸	۰/۸۰۳	۰/۹۹
میبد	بارش	۱۳۹۷-۱۳۷۹	۰/۹۴۹	۱/۳۴۴	۰/۹۱۸
	دما		۰/۹۹۹	۰/۸۱۶	۰/۹۹۱
عقدا	بارش	۱۳۹۷-۱۳۸۰	۰/۹۱۶	۱/۱۶۸	۰/۹۲۲
	دما		۰/۹۹۷	۰/۹۱۷	۰/۹۸۸
رباط پشت بادام	بارش	۱۳۹۷-۱۳۶۹	۰/۹	۱/۴۴۴	۰/۸۴۱
	دما		۰/۹۹۶	۰/۹۷۷	۰/۹۸۵
یزد	بارش	۱۳۹۷-۱۳۶۹	۰/۹۵۵	۱/۰۲۶	۰/۸۹۲
	دما		۰/۹۹۹	۰/۷۶۶	۰/۹۹۲

دمایی در آینده دور ۱۴۵۹-۱۴۳۰ نشان از افزایش این مؤلفه بود. به گونه‌ای که بیشترین افزایش دما در $4/68^{\circ}\text{C}$ ، $5/37$ و $7/84$ به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 بود. همچنین حداقل افزایش دما در ایستگاه ابرکوه به میزان $0/59^{\circ}\text{C}$ ، $1/45$ و $2/49$ تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 رخ داده بود. این تغییرات اقلیمی مؤلفه دما در سطح استان یزد در سناریوهای فوق به ترتیب به مقدار $2/28^{\circ}\text{C}$ ، $3/19$ و $4/77$ بود (جدول ۵). از طرفی در این دوره در تمامی ایستگاه‌ها در فصل زمستان کاهش بارندگی صورت گرفته و این کاهش در سطح استان یزد به مقدار ۳۲، ۳۲ و ۵٪ به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 بوده است (جدول ۶).

همچنین تغییرات دمایی در سطح استان یزد حاکی از افزایش $2/2^{\circ}\text{C}$ ، $2/1$ و $2/5$ در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ بوده و به ترتیب در سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 اتفاق افتاده بود. به عبارتی نتایج نشان دهنده افزایش دما از سناریوی RCP2.6 به سمت RCP8.5 بود (جدول ۳). همچنین بررسی تغییرات بارندگی در استان یزد در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ در فصل زمستان بیانگر آن بود که در سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۳۲، ۲۶ و ۳۴٪ کاهش بارندگی را نسبت به دوره پایه شاهد بودیم. همچنین در این دوره تنها در ایستگاه عقدا افزایش بارندگی به میزان ۹، ۴۳ و ۲۱٪ به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 رخ داده بود (جدول ۴). همچنین بررسی تغییرات

جدول ۳. تغییر دما ($^{\circ}\text{C}$) در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های همدیدی استان یزد

ایستگاه	سناریو	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
ابرکوه	RCP2.6	۱/۷	۱/۲	۰/۵	۱/۲	۱/۵	۳/۱	۳/۲	۳/۵	۲/۵	۰/۷	۱/۷	۱/۴
	RCP4.5	۱/۶	۱/۳	۰/۷	۱/۱	۱/۵	۲/۹	۲/۸	۳/۴	۱/۸	۰/۷	۱/۵	۱/۳
	RCP8.5	۲	۱/۷	۱/۹	۱/۳	۱/۳	۲/۶	۳/۵	۴	۲/۵	۱	۱/۴	۱/۳
بافق	RCP2.6	۳/۱	۱/۳	۰/۷	۰/۷	۱/۴	۲/۵	۲/۶	۳/۳	۲/۶	۲/۵	۳/۱	۳/۵
	RCP4.5	۲/۶	۱/۶	۱	۰/۸	۱/۵	۲/۸	۱/۸	۳/۱	۲/۷	۲/۸	۳/۴	۳/۳
	RCP8.5	۳/۲	۲/۶	۲	۰/۷	۱/۳	۲/۶	۲/۸	۴/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۸
گاریز	RCP2.6	۲/۱	۱/۷	۱/۹	۱/۷	۲/۱	۲/۸	۲/۲	۲/۸	۲/۴	۱/۷	۲/۴	۱/۹
	RCP4.5	۱/۷	۱/۹	۱/۷	۱/۹	۲/۱	۲/۹	۱/۶	۲/۳	۲/۱	۱/۷	۲/۵	۱/۶
	RCP8.5	۲/۳	۲/۵	۲/۹	۲/۳	۱/۹	۲/۷	۲/۱	۲/۹	۲/۲	۱/۹	۲/۵	۲/۱
مروست	RCP2.6	۱/۸	۰/۹	۱/۳	۱/۳	۱/۸	۲/۶	۱/۹	۳/۱	۲/۴	۱/۵	۲/۱	۱/۶
	RCP4.5	۱/۵	۰/۸	۱/۲	۱/۲	۲	۳/۱	۱/۶	۲/۷	۱/۹	۱/۸	۲/۴	۱/۲
	RCP8.5	۲	۱/۷	۲/۲	۱/۸	۱/۶	۲/۶	۲/۶	۳	۲/۵	۲	۲/۳	۱/۴
مهریز	RCP2.6	۱/۸	۱/۲	۰/۸	۱/۷	۲/۲	۳/۴	۳/۳	۳/۸	۲/۵	۱/۴	۲	۱/۷
	RCP4.5	۱/۷	۱/۲	۰/۷	۱/۵	۲/۱	۳/۳	۳	۳/۶	۲/۵	۱/۴	۲/۵	۱/۷
	RCP8.5	۲/۱	۱/۹	۱/۸	۱/۹	۱/۸	۳/۱	۳/۴	۴/۱	۲/۸	۱/۶	۲/۳	۱/۷
میبد	RCP2.6	۱/۹	۱/۱	۰/۷	۱/۱	۱/۷	۳/۱	۳	۳/۶	۲/۵	۱/۱	۱/۹	۱/۷
	RCP4.5	۱/۵	۰/۸	۱	۱/۴	۱/۶	۲/۹	۲/۴	۳/۴	۲/۱	۱/۱	۱/۹	۱/۶
	RCP8.5	۱/۸	۱/۶	۱/۸	۱/۹	۱/۲	۲/۸	۳/۵	۴	۲/۵	۱/۳	۱/۸	۲/۲
عقدا	RCP2.6	۲	۱/۲	۰/۷	۱/۴	۲/۱	۳/۷	۴	۴/۲	۲/۹	۱/۱	۲/۵	۲/۴
	RCP4.5	۲/۱	۱/۴	۰/۴	۱/۱	۱/۹	۳/۷	۳/۲	۳/۶	۲/۴	۱/۴	۲/۸	۲/۳
	RCP8.5	۲/۵	۱/۹	۱/۸	۱/۹	۱/۹	۳/۹	۴/۲	۴/۷	۲/۸	۱/۹	۲/۴	۲/۳
رباط پشت بادام	RCP2.6	۳/۲	۱/۹	۱/۱	۰/۵	۱/۶	۳/۱	۲/۶	۳/۳	۲/۸	۲/۴	۳	۳/۲
	RCP4.5	۲/۸	۱/۵	۱/۱	۱	۲	۳/۲	۱/۹	۲/۸	۲/۴	۲/۹	۳/۳	۳/۱
	RCP8.5	۳/۴	۳/۱	۲/۵	۱	۱/۴	۳	۲/۹	۳/۷	۳/۱	۲/۹	۳/۵	۳/۶
یزد	RCP2.6	۲/۳	۱/۲	۱/۲	۱	۱/۴	۳/۲	۲/۳	۳/۲	۲/۴	۱/۸	۲/۱	۲/۳
	RCP4.5	۲/۵	۱/۳	۱/۱	۰/۹	۲	۲/۹	۱/۹	۲/۷	۲/۳	۱/۸	۲/۴	۲
	RCP8.5	۲/۹	۲/۳	۲/۴	۱/۴	۱/۳	۲/۷	۲/۸	۳/۴	۲/۶	۲/۳	۲/۲	۲/۴

جدول ۴. نسبت تغییرات بارش در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های همدیدی استان یزد

ایستگاه	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	سناریو
ابركوه	-۰/۳	-۰/۳	۱۰/۲	۱/۳	۰	-۰/۶	۵/۱	-۰/۶	-۰/۷	-۰/۶	-۰/۳	-۰/۵	RCP2.6
	-۰/۳	-۰/۵	۱۲/۸	-۰/۱	۰	۳	۳/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۶	۰	-۰/۳	RCP4.5
	-۰/۴	-۰/۲	۱۳/۵	۰/۳	۰	-۰/۶	۳/۷	-۰/۸	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۴	RCP8.5
بافق	-۰/۵	-۰/۲	۳/۴	۷۰/۶	۲۶۰۴	۱/۹	۷	۰/۴	-۰/۷	-۰/۶	-۰/۵	-۰/۷	RCP2.6
	-۰/۳	۰/۱	۳/۲	۵۹/۷	۲۳۰۶/۷	۴/۷	۶/۲	-۰/۲	-۰/۷	-۰/۵	-۰/۶	-۰/۷	RCP4.5
	-۰/۳	-۰/۲	۳/۵	۵۲/۷	۳۳۲۹/۲	۳/۸	۱۱/۷	-۰/۲	-۰/۸	-۰/۷	-۰/۷	-۰/۷	RCP8.5
گاریز	-۰/۲	-۰/۳	۳/۵	۱/۶	۶/۲	-۰/۳	۵/۹	۰/۱	-۰/۵	-۰/۶	-۰/۲	۰	RCP2.6
	-۰/۳	۰/۲	۵/۱	۳/۸	۱۳/۷	۰/۲	۶/۸	۰/۷	-۰/۴	-۰/۵	۰/۱	-۰/۲	RCP4.5
	-۰/۲	۰/۲	۵/۱	۴/۹	۱/۴	-۰/۹	۴/۱	۰/۵	-۰/۳	-۰/۶	-۰/۳	-۰/۴	RCP8.5
مروست	۰/۲	۰/۶	۱۰/۹	۵/۶	۴/۳	۹/۸	۱۲/۶	۲	۰/۳	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۶	RCP2.6
	-۰/۴	۰/۸	۱۲/۷	۷/۴	۳/۳	۸/۲	۱۹/۳	۱/۳	۰/۱	-۰/۵	-۰/۳	-۰/۵	RCP4.5
	۰/۱	۱/۴	۱۷/۶	۱/۵	۲/۴	۴	۲۷/۷	۳/۳	۰/۷	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۵	RCP8.5
مهریز	-۰/۶	-۰/۳	۵/۲	۰	۰	۱/۱	۰	۰/۳	-۰/۱	-۰/۳	-۰/۳	-۰/۲	RCP2.6
	-۰/۴	-۰/۲	۶/۸	۰	۰	۵/۳	۰	-۰/۵	-۰/۲	-۰/۶	-۰/۲	-۰/۲	RCP4.5
	-۰/۳	-۰/۳	۳/۶	۰	۰	۵/۳	۰	-۰/۳	۰/۱	-۰/۴	-۰/۱	-۰/۳	RCP8.5
میبد	-۰/۶	-۰/۴	۶/۷	۲۳۱/۷	۱۰۰/۱	۳/۲	۷۷/۴	۰/۲	-۰/۷	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۶	RCP2.6
	-۰/۶	-۰/۴	۷/۴	۱۹۴/۳	۱۲۴/۲	۷/۵	۶۱/۹	۰/۹	-۰/۷	-۰/۲	-۰/۱	-۰/۵	RCP4.5
	-۰/۷	-۰/۵	۶/۵	۱۴۵/۵	۹۳/۲	۴/۴	۱۱۷/۱	-۰/۴	-۰/۶	۰/۲	-۰/۲	-۰/۷	RCP8.5
عقدا	-۰/۲	۲	۳۰/۳	۰	۰	۷/۸	۱۲/۸	۱/۴	۰/۹	۰/۱	۱	-۰/۵	RCP2.6
	-۰/۳	۱/۲	۱۶/۲	۰	۰	۸/۵	۱۱/۶	۲	۰/۵	۰/۵	۲	-۰/۵	RCP4.5
	۰/۳	۲/۵	۲۶/۹	۰	۰	۵/۹	۱۳/۳	۱/۷	۱/۱	-۰/۵	۰/۵	-۰/۲	RCP8.5
رباط پشت بادام	-۰/۱	۱/۷	۲/۲	۰	۰	۴۸/۸	۹/۷	۱/۱	-۰/۱	-۰/۵	-۰/۳	-۰/۲	RCP2.6
	-۰/۲	۱/۴	۱/۶	۰	۰	۳۳/۱	۴/۷	۱/۴	-۰/۲	-۰/۳	-۰/۳	-۰/۵	RCP4.5
	-۰/۲	۰/۹	۴	۰	۰	۴۴/۶	۷/۲	۱/۶	۰	-۰/۳	-۰/۵	-۰/۶	RCP8.5
یزد	-۰/۵	۰/۵	۲/۸	۰	۰	۰	۲	۰/۹	۰/۲	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۶	RCP2.6
	-۰/۴	۰/۳	۳/۶	۰	۰	۰	۰/۹	۰/۴	۰/۳	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۷	RCP4.5
	-۰/۵	۱	۳/۲	۰	۰	۰	۲/۵	۱/۶	۰/۴	-۰/۸	-۰/۷	-۰/۶	RCP8.5

جدول ۵. تغییرات دما (°C) در دوره ۱۴۵۹-۱۴۳۰ نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های همدیدی استان یزد

ایستگاه	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	سناریو
ابركوه	۱/۱	۱/۳	۰/۶	۲/۴	۴/۱	۳/۵	۲/۹	۱/۶	۱/۳	۱/۴	۱/۶	۱/۸	RCP2.6
	۲/۳	۲/۱	۱/۵	۳/۲	۴/۵	۴/۶	۳/۸	۲/۴	۲/۴	۱/۵	۲/۴	۲/۶	RCP4.5
	۳/۵	۴	۳/۳	۵/۴	۶/۴	۵/۷	۵/۳	۳/۵	۳/۱	۲/۵	۳	۳/۶	RCP8.5
بافق	۳/۲	۳	۲/۷	۳/۲	۳/۶	۲/۶	۲/۸	۱/۳	۰/۸	۱/۳	۲/۳	۳/۲	RCP2.6
	۴/۶	۴/۷	۳/۶	۳/۷	۴/۵	۳/۹	۳/۴	۱/۹	۱/۵	۱/۸	۳/۱	۴/۳	RCP4.5
	۶/۲	۶/۱	۵/۹	۶/۳	۷	۵/۷	۵	۴	۳	۳/۴	۴/۱	۵/۶	RCP8.5
گاریز	۱/۷	۱/۹	۱/۵	۲/۸	۳	۲/۳	۲/۹	۲/۴	۱/۹	۲/۱	۲/۳	۲/۲	RCP2.6
	۲/۵	۳/۳	۲/۸	۳/۱	۳/۶	۳/۴	۳/۷	۲/۸	۳	۲/۵	۳/۱	۳/۴	RCP4.5
	۴/۲	۵	۴/۵	۵/۴	۵/۶	۴/۷	۵	۴/۱	۴	۳/۷	۳/۹	۴/۲	RCP8.5
مروست	۱/۲	۱/۷	۱/۷	۲/۷	۳/۴	۲/۵	۲/۶	۲/۳	۱/۸	۱/۵	۱/۶	۱/۶	RCP2.6
	۲/۳	۳/۳	۲/۸	۳/۳	۳/۶	۳/۶	۴	۲/۶	۲/۷	۲/۱	۲/۳	۳	RCP4.5
	۳/۸	۵/۱	۴/۸	۵/۶	۶/۱	۵/۱	۵/۴	۴	۳/۵	۳/۲	۳/۳	۳/۷	RCP8.5
مهریز	۱/۷	۱/۷	۱/۲	۲/۶	۴/۲	۳/۳	۳/۱	۲/۵	۱/۸	۱/۳	۱/۶	۱/۷	RCP2.6
	۲/۸	۳/۵	۲/۴	۳/۸	۴/۷	۵/۱	۴/۴	۲/۷	۳	۱/۹	۲/۶	۳	RCP4.5

ادامه جدول ۵. تغییرات دما (°C) در دوره ۱۴۵۹-۱۴۳۰ نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های همدیدی استان یزد

ایستگاه	سناریو	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
میبد	RCP8.5	۳/۹	۳/۵	۳	۳/۵	۴/۴	۶	۶/۴	۷/۱	۶/۱	۴/۴	۵/۳	۴/۴
	RCP2.6	۲	۱/۷	۱/۱	۱/۴	۱/۸	۲/۹	۳/۵	۴/۲	۲/۸	۰/۹	۱/۳	۱/۴
	RCP4.5	۲/۸	۲/۱	۱/۵	۲/۶	۲/۲	۴/۱	۴/۳	۴/۵	۳/۴	۲/۲	۳	۲/۶
	RCP8.5	۳/۸	۳/۱	۳	۳/۵	۳/۳	۵/۵	۶	۶/۸	۵/۸	۴/۲	۴/۶	۴/۲
عقدا	RCP2.6	۲/۴	۱/۶	۱	۱/۷	۲/۲	۳/۵	۴/۵	۴/۷	۲/۹	۱/۱	۲	۲/۱
	RCP4.5	۳/۷	۲/۸	۱/۴	۲/۷	۲/۷	۴/۸	۵/۴	۵/۴	۳/۸	۲/۲	۳/۷	۳/۳
	RCP8.5	۴/۶	۳/۵	۳	۳/۸	۴/۴	۶/۳	۷/۲	۷/۸	۶/۱	۴/۶	۵/۵	۴/۹
	RCP2.6	۳/۵	۲/۵	۱/۶	۱/۱	۲	۲/۹	۲/۶	۳/۶	۳/۲	۲/۹	۲/۹	۳/۱
رباط پشت بادام	RCP4.5	۴/۵	۳/۳	۲/۲	۲/۲	۲/۷	۴	۴/۱	۴/۲	۴/۱	۳/۹	۴/۵	۴
	RCP8.5	۵/۴	۴/۲	۳/۶	۳/۳	۴/۲	۶	۵/۵	۶/۸	۶/۴	۶/۱	۶/۵	۶/۴
	RCP2.6	۲/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۲	۲/۱	۳	۲/۷	۳/۴	۳	۱/۸	۱/۹	۲
	RCP4.5	۳/۷	۲/۷	۱/۹	۲/۱	۲/۵	۴/۱	۳/۹	۳/۸	۳/۵	۳	۲/۹	۳/۳
یزد	RCP8.5	۴/۹	۳/۷	۳/۵	۳/۲	۴/۲	۵/۶	۵/۴	۶/۵	۶	۵/۴	۵	۴/۵

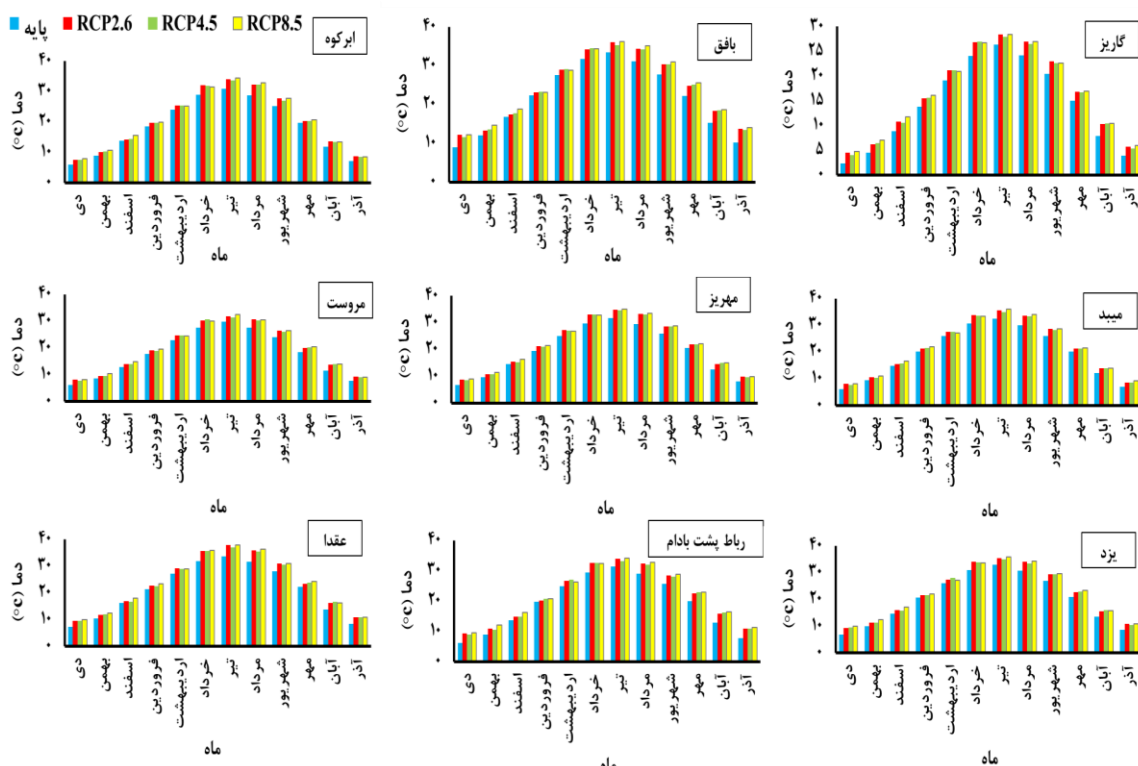
جدول ۶. نسبت تغییرات بارش در دوره ۱۴۵۹-۱۴۳۰ نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های همدیدی استان یزد

ایستگاه	سناریو	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
ابرکوه	RCP2.6	-۰/۱	-۰/۴	-۰/۳	-۰/۳	-۰/۵	۰/۳	۱	۰	۱/۶	۱۰/۷	-۰/۴	-۰/۶
	RCP4.5	-۰/۳	-۰/۲	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۷	۲/۳	-۰/۴	۰	۱/۱	۹	۰	-۰/۳
	RCP8.5	-۰/۱	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۸	۳/۲	-۰/۵	۰	۰	۹/۴	-۰/۵	-۰/۵
	RCP2.6	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۶	۱۱/۵	۴/۷	۱۴۷۰/۳	۳۵/۵	۲/۵	۰/۱	-۰/۴
بافقی	RCP4.5	-۰/۷	-۰/۳	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۴	۶/۵	۰/۵	۲۲۱۵/۹	۷۴/۶	۳	-۰/۳	-۰/۴
	RCP8.5	-۰/۶	-۰/۳	-۰/۷	-۰/۶	-۰/۲	۱۶/۶	۱/۳	۴۰۲۴/۸	۶۰/۷	۲/۵	-۰/۳	-۰/۵
	RCP2.6	۰	-۰/۱	-۰/۶	-۰/۴	۰/۶	۵/۷	-۰/۷	۷/۳	۲	۴/۶	۰/۱	-۰/۲
	RCP4.5	-۰/۳	-۰/۲	-۰/۴	-۰/۵	۰/۶	۵/۴	۰	۴/۷	۳	۶/۷	-۰/۱	-۰/۱
گاریز	RCP8.5	-۰/۲	-۰/۴	-۰/۶	-۰/۳	۰/۵	۵/۱	۰	۳/۶	۲/۸	۴/۱	۰/۲	-۰/۱
	RCP2.6	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۵	۱	۳	۹/۵	۷/۱	۱/۹	۸/۹	۲۱/۵	-۰/۲	-۰/۳
	RCP4.5	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	۰/۱	۴/۱	۶/۲	۸/۷	۴	۶	۱۰/۱	۰/۲	۰
	RCP8.5	-۰/۵	۰/۷	-۰/۵	۰/۲	۴/۵	۱۹/۱	۷/۶	۱/۴	۱۱/۸	۲۷/۴	۱/۲	۱/۱
مروست	RCP2.6	-۰/۴	-۰/۱	-۰/۵	-۰/۴	۰/۴	۰	۲/۲	۰	۰	۶/۵	-۰/۱	-۰/۳
	RCP4.5	-۰/۱	-۰/۳	-۰/۶	-۰/۳	۰/۳	۰	۲/۶	۰	۰	۶/۴	-۰/۴	-۰/۲
	RCP8.5	-۰/۱	-۰/۲	-۰/۵	-۰/۵	۱	۰	۰/۵	۰	۰	۵/۸	-۰/۵	۰
	RCP2.6	-۰/۶	۰	-۰/۱	-۰/۴	۰/۱	۹۵	۷/۴	۸۱	۱۴۵/۳	۱۱/۸	-۰/۵	-۰/۶
میبد	RCP4.5	-۰/۷	۰/۲	-۰/۳	-۰/۶	-۰/۱	۸۳/۶	۳/۴	۷۹/۸	۱۰۵/۳	۸/۵	-۰/۵	-۰/۵
	RCP8.5	-۰/۸	۰	-۰/۳	-۰/۶	۰	۱۰۱/۹	۴/۹	۹۸/۶	۱۲۰/۲	۵/۷	-۰/۴	-۰/۵
	RCP2.6	-۰/۵	۰/۲	-۰/۱	۱/۱	۲	۱۸/۲	۴/۶	۰	۰	۴۲/۱	۰/۱	۰/۱
	RCP4.5	-۰/۴	۰/۱	-۰/۲	۰/۳	۲/۶	۸/۱	۷/۳	۰	۰	۱۱/۵	۰/۲	۰/۲
عقدا	RCP8.5	-۰/۳	۲/۶	-۰/۲	۱	۲/۴	۱۳/۱	۶/۴	۰	۰	۱۹/۱	۲	۱/۵
	RCP2.6	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۴	۰	۱/۶	۷/۴	۶۳/۶	۰	۰	۲/۹	۰/۸	-۰/۲
	RCP4.5	-۰/۶	-۰/۳	-۰/۲	۰/۲	۱/۵	۷/۶	۳۲/۳	۰	۰	۱/۹	۰/۸	-۰/۳
	RCP8.5	-۰/۶	-۰/۳	-۰/۲	-۰/۱	۱	۷/۳	۳۴/۳	۰	۰	۱/۷	۱/۴	۰
رباط پشت بادام	RCP2.6	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۷	۰/۵	۱/۳	۱/۶	۰	۰	۰	۴/۸	۰/۳	-۰/۵
	RCP4.5	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۶	۰/۲	۱/۴	۲/۳	۰	۰	۰	۳/۵	۰/۱	-۰/۴
	RCP8.5	-۰/۷	۰	-۰/۵	۰/۴	۱/۲	۵/۲	۰	۰	۰	۴/۹	۰/۱	-۰/۲
	RCP2.6	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۷	۰/۵	۱/۳	۱/۶	۰	۰	۰	۴/۸	۰/۳	-۰/۵
یزد	RCP4.5	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۶	۰/۲	۱/۴	۲/۳	۰	۰	۰	۳/۵	۰/۱	-۰/۴
	RCP8.5	-۰/۷	۰	-۰/۵	۰/۴	۱/۲	۵/۲	۰	۰	۰	۴/۹	۰/۱	-۰/۲

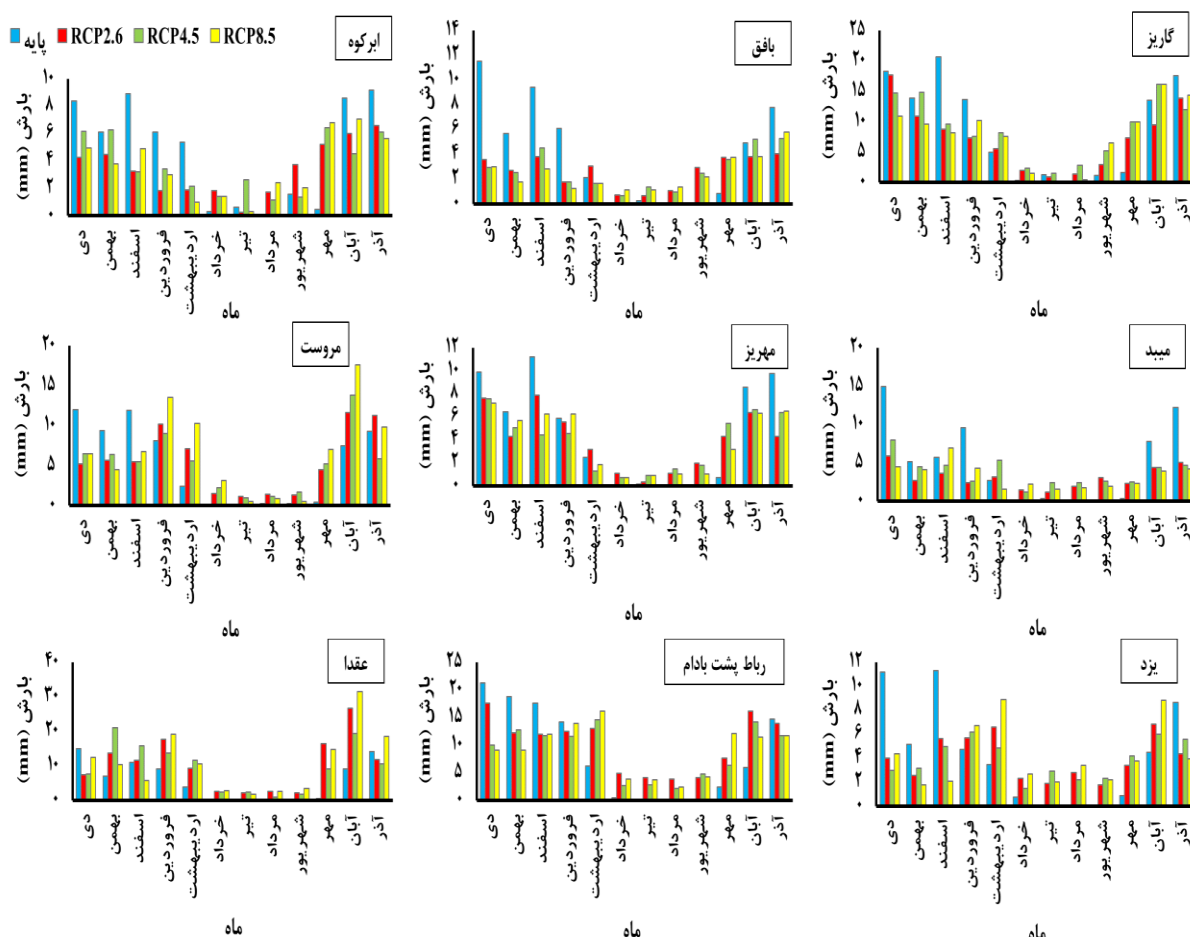
از طرفی مؤلفه بارش در این استان برای تمامی ایستگاه‌ها بدون روند بود. از طرفی جهت روند نشان‌دهنده کاهش این پارامتر بود (جدول ۷). گفتنی است که علامت مثبت و منفی به ترتیب نشان از روند صعودی و نزولی و علامت ۱ و -۱ به ترتیب نشان از معنی دار و عدم معنی دار بودن پارامتر است (جدول ۷). در زمینه پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی دوره آتی با مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی، نمی‌توان قطعاً بیان داشت که بارش یا دمای پیش‌بینی شده مربوط به یک ماه یا روز خاص است، از این رو ترتیب داده‌ها در دوره آتی درست نیست و عدم قطعیت دارد، همچنین نمی‌توان روند پارامترهای اقلیمی در دوره آتی را بررسی کرد. برای بررسی تغییرات در دوره آتی فقط می‌توان متوسط پارامترهای دوره آتی را با دوره پایه مقایسه کرد و بررسی روند در دوره آتی صحیح نیست. بررسی میانگین متغیرهای دما و بارش در دو دوره آتی در مقایسه با دوره پایه، حاکی از افزایش دما و کاهش بارش تحت همه سناریوها و در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو دوره آتی بود. شکل ۶ و ۷، تغییرات بارش و دمای سالانه در دوره پایه، آینده نزدیک (۱۴۲۹-۱۴۰۰) و آینده دور (۱۴۵۹-۱۴۳۰) را تحت سناریوهای مختلف RCP نشان می‌دهد.

همچنین اشکال ۲ تا ۵ نشان‌دهنده مقادیر پارامترهای دما و بارش در دوره پایه و دو دوره آتی تحت سناریوهای مختلف است و برای نمایش و درک بهتر این تغییرات نشان داده شده‌اند. طبق اشکال ۲ تا ۵، در دوره‌های ۱۴۲۹-۱۴۰۰ و ۱۴۵۹-۱۴۳۰، بارش در بیشتر ایستگاه‌ها و ماه‌ها نسبت به دوره پایه کاهش یافته است، در حالی که دما در بیشتر ایستگاه‌ها و ماه‌ها نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. به‌طور کلی نتایج تغییرات دما و بارش در دو دوره آتی در استان یزد حاکی از افزایش دما همسو با گرمایش جهانی و کاهش بارندگی بود.

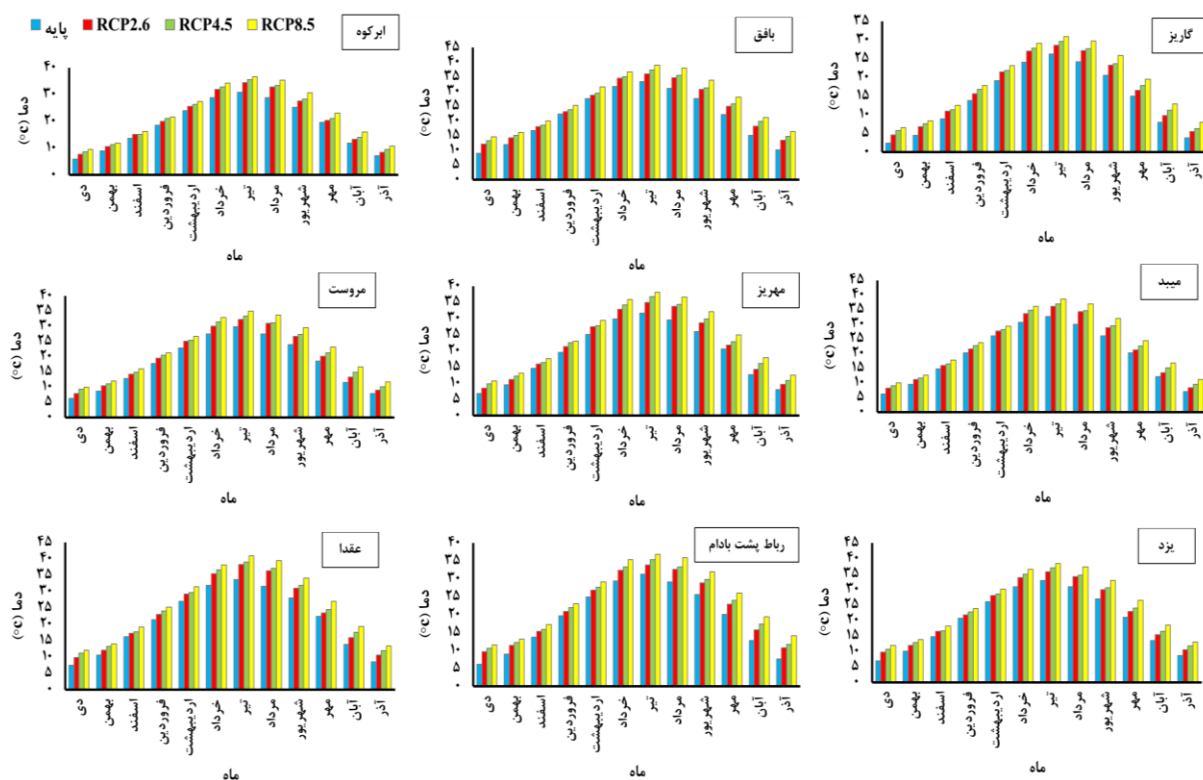
نوسان‌ها در روند متغیرهای هواشناسی از جمله بارندگی و دما، از ویژگی‌های چرخه اتمسفری است. نتایج بررسی روند متغیری دما در دوره پایه برای ایستگاه‌های همدیدی ابرکوه، گاریز، مهریز، میبد و عقدا نشان داد که مقدار Pvalue یا روند، بزرگ‌تر از ۰/۰۵ بوده و روند آن معنی‌دار نبوده است، ولی Kendall's tau یا جهت روند، مثبت بود که نشان‌دهنده روند صعودی این پارامتر و بیانگر افزایش دما در دوره پایه است (جدول ۷). همچنین برای پارامتر دما در دوره پایه در سایر ایستگاه‌ها، مقدار Pvalue کوچک‌تر از ۰/۰۵ و روند آن معنی‌دار نبود. همچنین Kendall's tau مثبت بود، که این امر نشان‌دهنده روند صعودی این پارامتر برای آینده است.



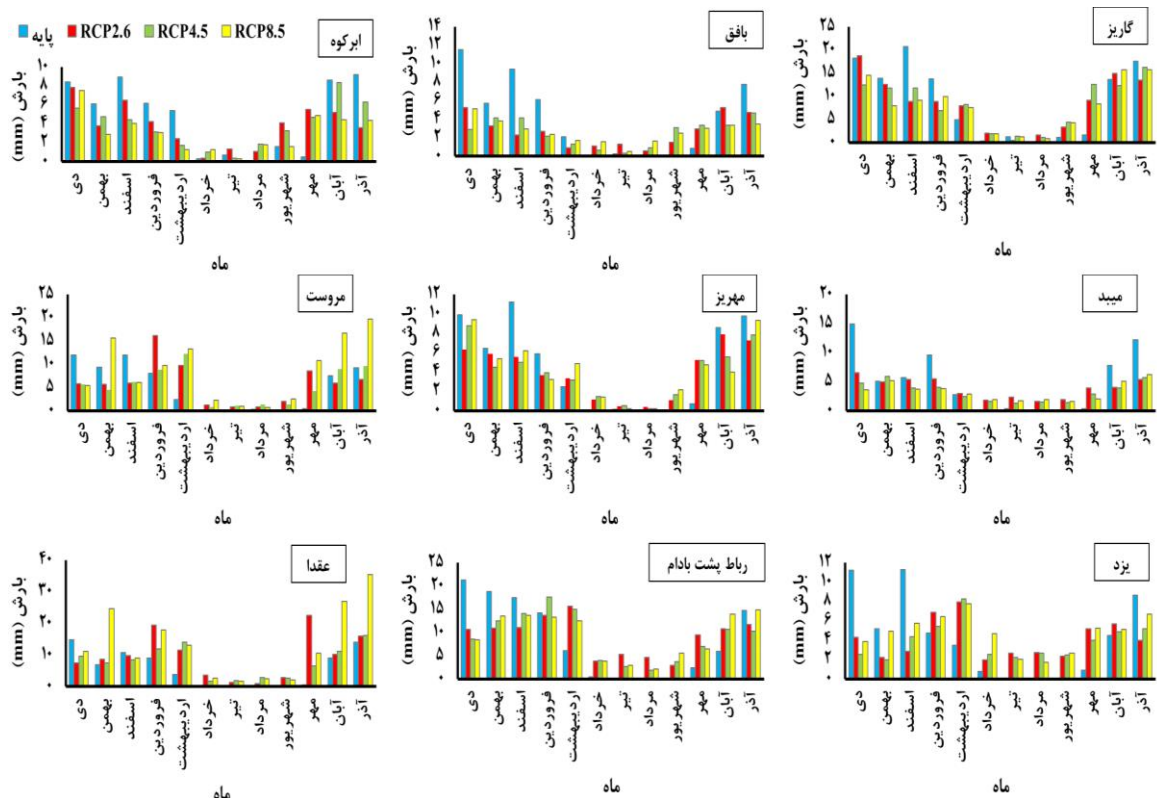
شکل ۲. میانگین دمای ماهانه دوره پایه و آینده نزدیک (۱۴۲۹-۱۴۰۰) تحت سناریوهای RCP



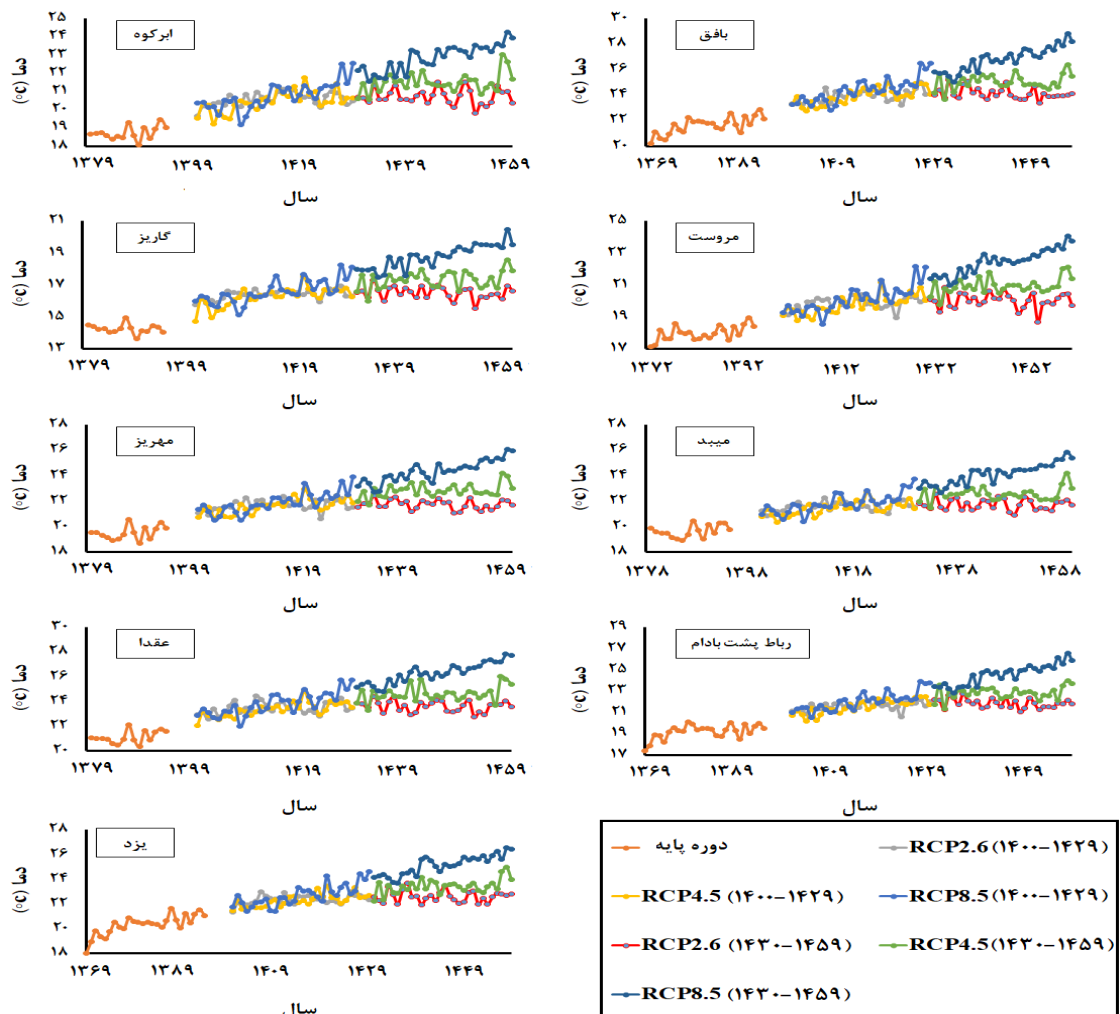
شکل ۳. میانگین بارش ماهانه دوره پایه و آینده نزدیک (۱۴۲۹-۱۴۰۰) تحت سناریوهای RCP



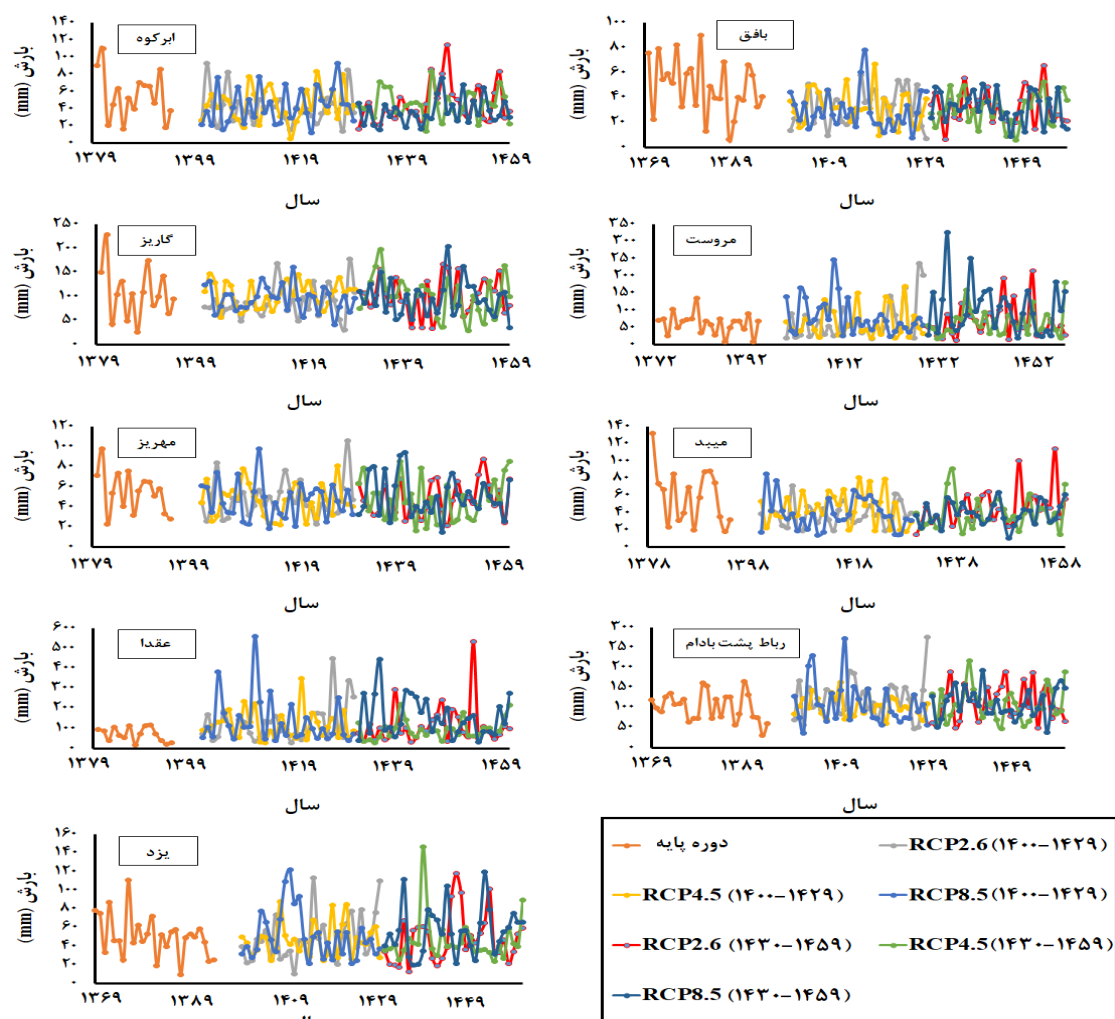
شکل ۴. میانگین دمای ماهانه دوره پایه و آینده دور (۱۴۵۹-۱۴۳۰) تحت سناریوهای RCP



شکل ۵. میانگین بارش ماهانه دوره پایه و آینده دور (۱۴۵۹-۱۴۳۰) تحت سناریوهای RCP



شکل ۶. دمای سالانه دوره پایه، آینده نزدیک (۱۴۲۹-۱۴۰۰) و دور (۱۴۵۹-۱۴۳۰) تحت سناریوهای RCP



شکل ۷. بارش سالانه دوره پایه، آینده نزدیک (۱۴۰۰-۱۴۲۹) و دور (۱۴۳۰-۱۴۵۹) تحت سناریوهای RCP

جدول ۷. روند اقلیمی مؤلفه‌های بارش و دمای ایستگاه‌های همدیدی استان یزد در دوره پایه

ایستگاه	روند		جهت روند	
	دما	بارش	دما	بارش
ابرکوه	-۱	-۱	+	-
بافق	۱	-۱	+	-
گاریز	-۱	-۱	+	-
مروست	۱	-۱	+	-
مهریز	-۱	-۱	+	-
میبود	-۱	-۱	+	-
عقددا	-۱	-۱	+	-
رباط پشت بادام	۱	-۱	+	-
یزد	۱	-۱	+	-

تولیدات کشاورزی و تنوع پوشش گیاهی در مناطق مختلف می‌شود. بنابراین، تغییرات مکانی و زمانی سری زمانی بارندگی و دما از نظر علمی و عملی مهم است. در پژوهش

مهم‌ترین تأثیر تغییرهای آب‌وهوایی مربوط به درجه حرارت و بارش است. زیرا افزایش دما و تغییرات در الگوهای بارش ممکن است منجر به سیل و خشک‌سالی، تأثیر بر

افزایش و کاهش بارندگی متأثر از الگوی بارندگی در مناطق خشک و نیمه خشک بوده است (۱۲).

■ نتیجه گیری

پیش بینی میزان بلندمدت بارش و دما در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، از اهمیت بالایی برخوردار است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که مدل SDSM می تواند با دقت بالایی داده های بزرگ مقیاس مدل گردش عمومی جو CanESM2 را ریزمقیاس نمایی کند و می توان در مطالعات بعدی نتایج این مدل را با دیگر مدل های ریزمقیاس نمایی از جمله مدل Lars-wg، که دربرگیرنده پنج مدل گردش عمومی جو است مقایسه کرد تا ضمن کاهش خطاها و کارایی مدل ها، به مدیران و تصمیم گیران در سطح این استان، در به کارگیری سناریوهایی برای مقابله با بحران هایی طبیعی، کمک شایانی کند. در پژوهش حاضر، تجزیه روند تغییرات دما و بارش نشان داد که اقلیم منطقه در حال تغییر است و روند کاهش بارش و افزایش دما و گرم شدن نسبی را سپری می کند. تغییرات در میزان بارش، موجب ایجاد تغییرات مهمی در کیفیت و کمیت منابع آب خواهد شد، که دقت در برنامه ریزی برای بهره برداری از منابع آب را می طلبد. با توجه به خشک و نیمه خشک بودن استان یزد و از آن جاکه کاهش بارش و افزایش دما از عوامل اصلی بیابان زایی اند، پیش بینی تغییرات پارامترهای دما و بارش می تواند آگاه کننده از وقوع خشکسالی، گردوغبار و میزان تغییرات پوشش گیاهی باشد. همچنین مطلع بودن از میزان تغییرات دمایی، می تواند برنامه ریزان و کشاورزان را به کشت گونه های با نیاز آبی کم و استفاده از سامانه آبیاری مناسب و متناسب با گونه مورد نظر سوق دهد.

■ References

1. Agreement, P. (2015). UNFCCC, Adoption of the Paris agreement. COP. 25th session Paris, 30.
2. Alavinia, S. H. & Zarei, M. (2020). Analysis of Extreme Temperature Change Trend under Future Scenarios in order to Assess Climate Fluctuations (Case Study: Sanandaj and Saghez Synoptic Stations). *Arid Regions Geographics Studies*, 11(41), 1-16.

حاضر به منظور بررسی تغییرات اقلیمی استان یزد از مدل گزارش پنجم هیئت بین الدول تغییر اقلیم CanESM2 و سناریوهای جدیدالانتشار در دو بازه آینده نزدیک ۱۴۲۹-۱۴۰۰ و دور ۱۴۵۹-۱۴۳۰ بهره گرفته شد. همچنین برای قابلیت ارزیابی مدل CanESM2 از شاخص های آماری R^2 ، RMSE و NSE استفاده شد. نتایج ارزیابی این مدل نشان داد که مدل کارایی لازم را در پیش بینی بارش و دما در دوره آتی را دارد و از نظر قابلیت در کلاس خوب و خیلی خوب طبقه بندی شد، که با نتایج جعفری و همکاران (۱۴) و سدید و همکاران (۲۵) در بررسی تغییرات اقلیمی استان کرمان مطابقت دارد. نتایج تغییرات دمایی در سطح این دو دوره حاکی از آن است که این استان متأثر از گرمایش جهانی است، به گونه ای که تغییرات دمایی حاکی از افزایش $^{\circ}\text{C}$ ۲/۲، ۲/۱ و ۲/۵ در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ و به میزان $^{\circ}\text{C}$ ۲/۲۸، ۳/۱۹ و ۴/۷۷ در دوره ۱۴۵۹-۱۴۳۰ به ترتیب با سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 اتفاق افتاده است، به طوری که بیشترین افزایش دما تحت سناریوی RCP8.5 رخ داده است که با نتایج گیتون^۱ و همکاران (۶) مطابقت دارد. تغییرات بارندگی در فصل زمستان نشان می دهد که کاهش بارندگی در دوره ۱۴۲۹-۱۴۰۰ به مقدار ۳۲، ۲۶ و ۳۴٪ و در دوره ۱۴۵۹-۱۴۳۰ به میزان ۳۲، ۳۲ و ۵٪ به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 است. همچنین به منظور روشن کردن روند تغییرات سالانه مؤلفه درجه حرارت و بارش به عنوان ورودی های مدل های هیدرولوژیکی از آزمون غیرپارمتری من-کندال استفاده شد. نتایج نشان داد که مؤلفه دما در بیشتر سناریوها و ایستگاه ها روند افزایشی است، در حالی که روند معنی داری در افزایش و کاهش پارامتر بارش وجود نداشته است و تنها تغییرات ناگهانی یا تغییرات در نوع الگوی بارش مشاهده می شود که با نتایج حق شناس گتایی و همکاران (۹) و ورشایان و همکاران (۲۸) مطابقت دارد. به عبارتی این

3. Dash, S. S., Sahoo, B. & Raghuwanshi, N. S. (2019). A SWAT-Copula based approach for monitoring and assessment of drought propagation in an irrigation command. *Ecological Engineering*, 127, 417-430.
4. Asadi Zarch, M. A. (2017). Analyzing climate change effects on drought occurrence in Yazd province, Iran. *Desert Management*, 5(9), 74-90. (in Farsi)
5. Feyissa, G., Zeleke, G., Bewket, W. & Gebremariam, E. (2018). Downscaling of future temperature and precipitation extremes in Addis Ababa under climate change. *Climate*, 6(3), 58.
6. Gaitán, E., Monjo, R., Pórtolés, J. & Pino-Otín, M. R. (2019). Projection of temperatures and heat and cold waves for Aragón (Spain) using a two-step statistical downscaling of CMIP5 model outputs. *Science of the Total Environment*, 650(2), 2778-2795.
7. Givati, A., Thirel, G., Rosenfeld, D. & Paz, D. (2019). Climate change impacts on streamflow at the upper Jordan River based on an ensemble of regional climate models. *Hydrology: Regional Studies*, 21, 92-109.
8. Gong, Z., Kawamura, K., Ishikawa, N., Goto, M., Wulan, T., Alateng, D., ... & Ito, Y. (2015). MODIS normalized difference vegetation index (NDVI) and vegetation phenology dynamics in the Inner Mongolia grassland. *Solid Earth*, 6(4), 1185.
9. Haghshenas Getabi, R., Mohseni, B., Hosseini, A. & Dadashi, N. (2014). Investigation of climate change trend in Tehran province using temperature and precipitation extreme Indices. In: 5th International Conference on Integrated Natural Disaster Management. Permanent Secretariat of the Comprehensive Crisis Management Conference. Tehran, Iran. 23-24 February 2014. pp. 1-8. (in Farsi)
10. Hawkins, E., Ortega, P., Suckling, E., Schurer, A., Hegerl, G., Jones, P., ... & Thorne, P. (2017). Estimating changes in global temperature since the preindustrial period. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(9), 1841-1856.
11. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). In: Solomon, S., et al. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
12. IPCC, (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151(10.1017).
13. Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). (2013). Working Group, I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report *Climate Change 2013: The physical science basis-summary for policymakers*. Intergovernmental Panel of Climate Change, Stockholm.
14. Jafari, M. (2008). Investigation and analysis of climate change factors in Caspian Zone forests for last fifty years. *Forest and Poplar Research*, 16(32), 314-326. (in Farsi)
15. Jafari Godeneh, M., Salajeghe, A., Haghighi, P. (2020). Forecast Comparative of Rainfall and Temperature in Kerman County Using LARS-WG6 Models. *Ecohydrology*, 7(2), 529-538. (in Farsi)
16. Karimi, M. & Nabizadeh, A. (2018). Assessment of climate change impacts on climate parameters of Urmia Lake basin during 2011-2040 years by using LARS-WG. *Geography and Planning*, 22(65), 267-285. (in Farsi)
17. Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London, UK, 202, 15.
18. Kharin, N. (2002). *Vegetation degradation in Central Asia under the impact of human activities*. Springer Science & Business Media. Germany: Springer Nature.

19. Klaus, G., Ernst, A. & Oswald, L. (2020). Psychological factors influencing laypersons' acceptance of climate engineering, climate change mitigation and business as usual scenarios. *Technology in Society*, 60, 101222.
20. Li, J., Wang, Z., Wu, X., Guo, S. & Chen, X. (2020). Flash droughts in the Pearl River Basin, China: Observed characteristics and future changes. *Science of The Total Environment*, 707, 136074.
21. Mann, H.B., 1945. Non-parametric tests against trend, *Econometrica* 13, MathSci Net, pp. 245-259.
22. Miao, C., Duan, Q., Sun, Q., Huang, Y., Kong, D., Yang, T. & Gong, W. (2014). Assessment of CMIP5 climate models and projected temperature changes over Northern Eurasia. *Environmental Research Letters*, 9(5), 055007.
23. Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
24. Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., Van Vuuren, D. P., ... & Meehl, G. A. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463(7282), 747-756.
25. Phillips, J. D. (2019). State factor network analysis of ecosystem response to climate change. *Ecological Complexity*, 40, 100789.
26. Sadidi, J., Jafary Godeneh, M., Sajedi, H. & Hamzehzadeh, G. (2019). Investigation of trend and prediction of temperature changes in arid and semi-arid regions (Case study: Kerman province). In: 14th Congress of the Iranian Geographic Society. Tehran, Iran. 14 May 2019. pp. 1-17. (in Farsi)
27. Saremi Naeini, M. (2017). Estimation of the Frequency of Speed and Direction of the Erosive Winds and Dust storms in the Yazd Province, by Using Windrose, Stormrose and Sandrose. *Desert Management*, 4(8), 96-106. (in Farsi)
28. Soltani Gerd faramarzy, M., Mozafari, Gh. & Shafie, Sh. (2018). Analysis of the effects of recent climatic droughts on the salinity of subterranean waters using geostatistical and GIS methods in Yazd- Ardakan Plain. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 27(106), 179-199. (in Farsi)
29. Varshavian, V., Khalili, A., Ghahreman, N. & Hajjam, S. (2011). Trend analysis of minimum, maximum, and mean daily temperature extremes in several climatic regions of Iran. *Earth and Space Physics*, 37(1), 169-179. (in Farsi)
30. Wilby, R. L. & Dawson, C. W. (2013). The statistical downscaling model: insights from one decade of application. *Climatology*, 33(7), 1707-1719.
31. Yin, L., Dai, E., Zheng, D., Wang, Y., Ma, L. & Tong, M. (2020). What drives the vegetation dynamics in the Hengduan Mountain region, southwest China: Climate change or human activity? *Ecological Indicators*, 112, 1-12.
32. Zhang, C., Wang, X., Li, J. & Hua, T. (2020). Identifying the effect of climate change on desertification in northern China via trend analysis of potential evapotranspiration and precipitation. *Ecological Indicators*, 112, 1-9.