

Simulation of the daily average temperature in the southern half of Iran under climate change conditions Case study: Hamedan stations and Shiraz

Roya Poorkarim Barabadi ¹ | Zahra Haydari Monfared ²

1. PhD of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, zanjan University, zanjan, Iran

2. PhD Student of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, zanjan University, zanjan, Iran

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:

2023/8/11

Received:
2023/9/15

Accepted:
2023/10/20

Published:
2024/2/4

Keywords:

Downscaling, Mean maximum temperature, Southern half of Iran, simulation

Abstract: Temperature changes, in the context of the phenomenon of climate change, are one of the important issues of the current societies. It is important to study the trend of temperature changes on a global, regional, and local scale. The general atmospheric models of the atmosphere, including the instrument of simulation and the assessment of future climate-temperature conditions, are considered under various scenarios. One of the main topics in the application of these models is their spatial separation. This problem can be explored with the aid of a downscaling method and can be solved to a large extent. One of the tools of statistical downscaling (SDSM) is using multivariate linear regression technique. In this study, using SDSM, at stations (Yazd and Shiraz) and according to the RCP 8.5 scenario for the upcoming periods 2018-2048, 2078-2078 and 2079-2099, using the output of the change model the canESM2 climate can be monitored for temperature variations. The average daily temperature observation for the 1976-2005 period has been modeled as input. Output results of the downscaling model showed that in the upcoming periods and based on the scenario under review, the average temperature increase would increase. This increase will increase by almost 1 degree Celsius in the first two stages, with a 30-year-old step, and in the last-20-year-old period. In the third period (2108- 2079) the largest increase, compared to the baseline is expected. The highest seasonal increase, For the summer season is and then autumn. Meanwhile, the first place is for Shiraz and Yazd stations in July. The months of June and August are jointly in the next place.

Cite this article: Poorkarim Barabadi, R, Haydari Monfared, Z (2024). Simulation of the daily average temperature in the southern half of Iran under climate change conditions Case study: Hamedan stations and Shiraz. *Climat Chenge and Climat Disasters*, 2(4), 272-285.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





شبیه‌سازی میانگین روزهنگام دما در نیمه جنوبی ایران زمین تحت شرایط تغییر اقلیم

(مطالعه موردی: ایستگاه‌های همدید یزد و شیراز)

رویا پورکریم برآبادی^۱ ✉، ازهرا حیدری منفرد^۲ ID

۱. دانش آموخته رشته آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲. دانشجوی دکترا، رشته آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۳

بازنگری: ۱۴۰۲/۶/۲۴

پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۸

انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

واژگان کلیدی:

ریزمقیاس گردانی، میانگین بیشینه دما، نیمه جنوبی ایران، شبیه‌سازی

چکیده: تغییرات دمایی در بستر پدیده تغییر اقلیم از مسایل و چالش‌های پیش‌روی جوامع کنونی است. بررسی و ارزیابی میزان روند تغییرات دمایی در مقیاس جهانی، منطقه‌ای و محلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدل‌های گردش عمومی جو از جمله ابزار شبیه‌سازی و ارزیابی شرایط اقلیمی-دمایی آینده تحت سناریوهای مختلف به‌شمار می‌آیند. یکی از مباحث اصلی در کاربرد این مدل‌ها، تفکیک مکانی آن‌هاست. این مساله با کمک شگرد ریزمقیاس‌نمایی قابل بررسی و تا حدود زیادی قابل حل است. یکی از این ابزارها ریزمقیاس‌نمایی آماری (SDSM) است که با استفاده از شگرد رگرسیون خطی چند متغیره است. در پژوهش حاضر با استفاده از SDSM خروجی مدل تغییر اقلیم canESM2 در منطقه ایستگاه‌های مورد مطالعه (یزد و شیراز) و با در نظر گرفتن سناریو RCP 8.5 برای دوره‌های آینده‌ی ۲۰۴۸-۲۰۱۹، ۲۰۷۸-۲۰۴۹ و ۲۰۹۹-۲۰۷۹ تغییرات دمایی مورد بررسی قرار گرفت. مشاهدات روزانه میانگین بیشینه دما برای دوره پایه‌ی ۲۰۰۵-۱۹۷۶ به عنوان ورودی وارد مدل شده است. نتایج خروجی مدل ریزمقیاس‌نشان داد که در دوره‌های آینده و بر اساس سناریو مورد بررسی، میانگین بیشینه دما افزایش خواهد یافت. این افزایش در هر دو دوره اول با گام ۳۰ ساله و در دوره آخر با گام ۲۰ ساله، نسبت به دوره‌ی قبل تقریباً ۱ درجه سلسیوس بیش‌تر خواهد شد. در دوره سوم (۲۰۷۹-۲۱۰۸) بیش‌ترین افزایش نسبت به دوره‌ی پایه مورد انتظار است. بالاترین نرخ افزایش فصلی مربوط به فصل تابستان و پس از آن پاییز است. در این میان در ایستگاه‌های شیراز و یزد ماه جولای رتبه نخست را داراست. ماه‌های ژوئن و اوت به شکل مشترک در جایگاه بعدی قرار دارند.

استناد: پورکریم برآبادی، رویا. حیدری منفرد، زهرا. (۱۴۰۲). شبیه‌سازی میانگین روزهنگام دما در نیمه جنوبی ایران زمین تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: ایستگاه‌های همدید یزد و شیراز). دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۲(۴)، ۲۷۲-۲۸۵

© نویسندگان

Homepage: cccd.znu.ac.ir

ناشر: دانشگاه زنجان



مقدمه

رشد صنایع و به موجب آن مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی از یک سو، و افزایش جمعیت جهان، تغییر کاربری زمین و تخریب پوشش گیاهی از جمله جنگل و مرتع از سوی دیگر، موجب شده است تا پس از انقلاب صنعتی به تدریج تغییرات مشهودی در اقلیم کره زمین به وجود آید (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۶). تغییر اقلیم کمبود منابع آبی و بیابان‌زایی جزو چالش‌های اساسی بشر به شمار می‌آیند، از دیدگاه بسیاری از صاحب‌نظران یک پدیده طبیعی است که در توالی‌های زمانی بلندمدت به وقوع می‌پیوندد (محمملو و همکاران، ۱۳۹۵).

شناخت سازوکار فرایند تغییر اقلیم و اثرات آن بر عناصر آب و هوایی نظیر دما امکان مقابله و نیز کاهش هزینه‌های خسارت بار ناشی از این پدیده را میسر می‌سازد. مدل‌های اقلیمی شناخت سازوکار مزبور را آسان‌تر می‌سازد. پیش‌بینی‌های مدل‌های اقلیمی جهانی از اقلیم آینده تحت سناریوهای انتشار مختلف معمولاً برای توسعه استراتژی‌های کاهش و سازگار با تغییر اقلیم استفاده می‌شود (هاشمی و همکاران،

۲۰۱۱). از این‌رو بروغنی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی در سه استان شمالی گیلان، مازندران و گلستان تأثیرات تغییرات آب و هوا بر خشک‌سالی در سواحل جنوبی دریای خزر در دوره‌های آینده ارزیابی با استفاده از مدل گردش عمومی HadCM3 از مدل SDSM استخراج نمودند. نتایج بدست آمده از خروجی شاخص در دوره نظارت و دوره‌های آینده نسبت به دوره نظارت افزایش خواهد یافت. این افزایش برای شرق دریای خزر شدیدتر است، به طوری که شدت خشک‌سالی دهه ۲۰۸۰ سه برابر دوره مشاهده خواهد بود و تغییرات آب و هوایی منجر به افزایش فراوانی و شدت خشک‌سالی در منطقه مورد مطالعه می‌شود. رضایی و همکاران (۱۳۹۵)، در پیش‌بینی بلند مدت بارش با استفاده از مدل SDSM در ایستگاه‌های چترود و سعادت آباد سیرجان خاطرنشان کردند که مدل عملکرد بالایی در هر دو ایستگاه را نشان می‌دهد و باران در هر دو ایستگاه برای سال‌های آتی کاهش داشت.

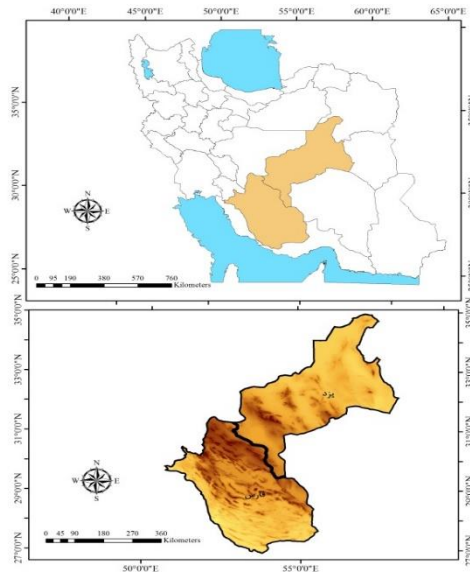
صیوری (۱۳۹۳) ، راوند و همکاران (۱۳۹۸) و شاهی‌نژاد و همکاران، (۱۴۰۱) اشاره کرد.

۱. داده‌ها و روش‌ها

۱-۱. داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر از داده‌های روزانه میانگین دمای بیشینه ۲ ایستگاه همدید نیمه جنوبی ایران، شامل ایستگاه‌های یزد و شیراز طی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ استفاده شده است (شکل ۱). داده‌های مزبور از سایت سازمان هواشناسی کشور استخراج شده‌اند. همچنین داده‌های مدل جهانی گردش عمومی، داده‌های جو بالا برای دوره پایه از مرکز ملی پیش بینی محیطی و تحقیقات جوی (NCEP/NCAR) مورد استفاده قرار گرفت و سناریوی استفاده شده در این پژوهش (RCP 8.5) می‌باشد.

شیخ ربیعی و همکاران (۱۴۰۰)، با مقایسه کارایی مدل‌های SDSM و CCT در مطالعات تغییر اقلیم (مطالعه موردی حوزه آبخیز کرگانرود) به این نتیجه دست یافتند که روند تغییرات بارش و دما شبه‌سازی شده در دوره-های آتی در مدل CCT، معنی‌دارتر از مدل SDSM بوده و بیش‌ترین میزان معنی‌داری به ترتیب مربوط به دمای بیشینه و دمای کمینه در سطح اطمینان بالای ۹۵ درصد مربوط به RCP8.5 می‌باشد. در این زمینه پژوهش‌های پرشمار صورت گرفته است، از جمله می‌توان به تحقیقات گانگون و همکاران (۲۰۰۵)، ساوویگنت و همکاران (۲۰۱۰)، صمدی و همکاران (۲۰۱۱)، چن و همکاران (۲۰۱۲)، لی تیتوس و همکاران (۲۰۱۳)، سادات آشفته و مساح بوانی (۱۳۸۶)، عباسی و همکاران (۱۳۸۹)، طاوسی و همکاران (۱۳۹۱)، رضایی و همکاران (۱۳۹۳)، میرموسوی و



شکل ۱. نقشه موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه

گسسته در نظر گرفته نمی شود بلکه می‌توان طول موج های نامتناهی و در بازه پیوسته ای نیز برای آن متصور شد (چتفیلد ۱۹۷۵، ۱۳۳). تحلیل طیفی، یک روش تعمیم یافته‌ای از تحلیل همسازها است که اولین بار به وسیله وینر (۱۹۳۰ و ۱۹۴۹) ارائه شد. تحلیل طیفی، یکی از روش‌های استخراج و تحلیل نوسان‌های اقلیمی آشکار و نهان با طول موج‌های مختلف است. طیف اندازه‌ای از توزیع واریانس را در امتداد تمامی طول موج‌های ممکن سری زمانی به دست می‌دهد. روش تحلیل طیفی و فیلترینگ دیجیتال در مطالعه

۲-۱. روش‌ها

در پژوهش حاضر از مدل آماری دینامیکی SDSM استفاده خواهد شد. این مدل که مبتنی بر رگرسیون چند متغیره و براساس روند بلند مدت مشاهدات است، توسط ویلیبی و همکاران در سال ۲۰۰۱ توسعه یافته است. برای تکمیل مباحث از تحلیل طیفی نیز بهره گرفته شد. در تحلیل طیف، تصادفی نبودن نوسانات در سری زمانی آزمون می شود. در این رویه برخلاف تصور و برخلاف روش های معمول، سری زمانی تنها حاوی نوسانات محدود و با طول موج های

(متغیر پیش‌بینی شونده) یک تابع انتقال ارائه شد. در مدل‌های تابع انتقالی همانند مدل SDSM قبل از کالیبره کردن مدل، متغیرهای اقلیمی که بیش‌ترین همبستگی را با پارامترهای مورد نظر دارند تعیین می‌کنیم. در این پژوهش انتخاب پیش‌بینی کننده‌های منتخب پارامتر اقلیمی پرداخته شد. بدین جهت، از بین ۲۶ پارامتر بزرگ مقیاس NCEP پارامترهای نهایی بزرگ مقیاس برای متغیر اقلیمی مورد نظر (میانگین بیشینه دما)، انتخاب گردید که نتایج در جدول ۱ آمده است. با توجه به نتایج جدول بالا، مشخص گردید که در ایستگاه‌های یزد و شیراز میانگین دما در ارتفاع دو متری (به ترتیب با میزان همبستگی بالای ۰/۸۵ و ۰/۸۸) نسبت به سایر متغیرهای پیش‌بینی کننده بیش‌ترین همبستگی را با متوسط بیشینه دمای هر دو ایستگاه نشان می‌دهد.

سری‌های زمانی داده‌های اقلیمی و شناخت بهتر عوامل و واداشتهای اقلیمی و کمک به پیش‌بینی پدیده‌های اقلیمی، کمک مؤثری می‌کند. بدون استفاده از این روش و روش‌های دیگری که به منظور شناخت بهتر واداشتها و تغییرپذیری‌های اقلیم به کار رفته است، قضاوت در مورد سری‌های زمانی پیچیده داده‌های اقلیمی کار مشکلی خواهد بود (تقوی و همکاران ۱۳۸۹). در بررسی تحلیل طیفی پارامترهای جوی، به منظور بررسی دوره‌های مختلف تکرارپذیر داده‌های اقلیمی تحقیقات فراوانی (برای مثال عساکره ۱۳۸۸)، علیجانی و همکاران (۱۳۹۳)، سلیقه و همکاران (۱۳۹۴) و (عساکره و اکبرزاده، ۱۳۹۶)) انجام شده است. در این مطالعه با استفاده از رابطه بین پارامترهای مختلف جوی و سینوپتیکی (متغیرهای پیش‌بینی کننده ارایه شده در جدول ۱) و میانگین بیشینه دما

متغیر ایستگاهی	پیش‌بینی کننده‌های منتخب	همبستگی مطلق (%)	همبستگی جزئی	P-Value
میانگین دما	mean temperature at 2m	۰/۸۴	۰/۸۲	۰
پیشینه دما	500 hpa geopotential height	۰/۷۸	۰/۵۰	۰
میانگین دما	Mean sea level pressure	-۰/۶۸	-۰/۵۳	۰

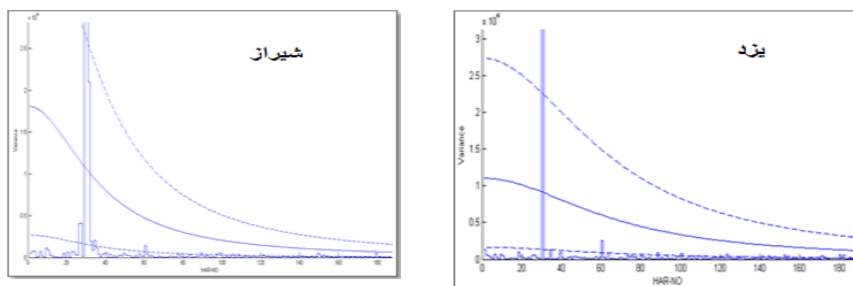
۰/۰۰۰۸	۰/۰۳	-۰/۵۸	500 hpa zonal velocity	شیراز میانگین بیشینه دمای ایستگاه
۰	-۰/۱۸	-۰/۵۴	850 hpa zonal velocity	
۰	۰/۶۹	۰/۸۷	mean temperature at 2m	
۰	۰/۷۴	۰/۸۱	500 hpa geopotential height	
۰	-۰/۵۶	-۰/۷۲	Mean sea level pressure	
۰/۰۴	-۰/۰۰۵	-۰/۶۱	500 hpa zonal velocity	
۰	-۰/۰۷	-۰/۶۰	500 hpa air flow strength	
۰/۰۰۷۸	۰/۰۲	۰/۵۹	500 hpa divergence	

۲. یافته‌ها و نتایج

چرخه‌های دمایی

شکل ۲ دوره‌نگار میانگین بیشینه دمای ایستگاه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. در این نمودارها محور افقی پایین چرخه‌ها (فرکانس) و همسازها، محور عمودی واریانس هر یک از چرخه‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان چرخه معنی دار را به همراه فرکانس آن مشاهده کرد. شایان توجه است زمانی که چرخه‌ها از مرز معنا داری عبور کنند حاکی از عدم تصادفی بودن و معنادار بودن چرخه‌ها می‌باشد. در این نمودارها از مرزهای معنی داری ۹۵ و ۹۹ درصد و مرز نوفه سفید (خط ممتد میانی که به نام خط صفر پیوسته می‌باشد) استفاده شده است. اگر مقدار

طیفی از این خط بالاتر یا پایین‌تر باشد، یک نوسان در فرکانس مربوطه را نشان می‌دهد (عساکره و یوسفی‌زاده ۱۳۹۴). بدین ترتیب با توجه به شکل شماره ۲، یک چرخه با ضریب ۹۹ درصد در دمای حداکثر روزانه ۳۰ روزه هر دو ایستگاه یزد و شیراز وجود دارد، این چرخه در همساز سی‌ام با دوره بازگشت تقریبی ۲۰۰ روزه می‌باشد مفهوم این است که این دمای حداکثری هر ۲۰۰ روز تکرار می‌شود. همین‌طور عامل به وجود آمدن این چرخه در هر دو ایستگاه مورد مطالعه محلی و منطقه‌ای می‌باشد و عامل سینوپتیک در آن نقشی ندارد. در نمودار حداکثر دمای ایستگاه شیراز و یزد دو چرخه با ضرایب پنج درصد وجود دارد که در همسازهای ۲۵ و ۶۰ قابل مشاهده می‌باشد.

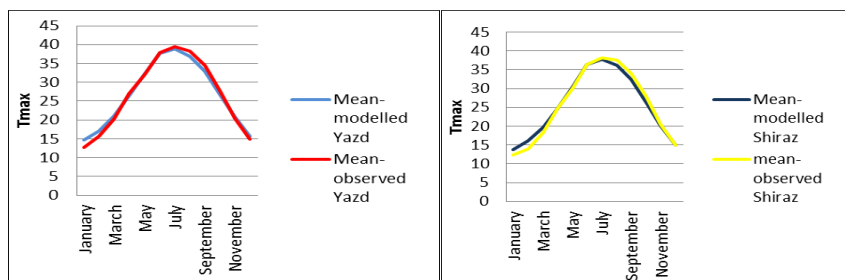


شکل ۲: دوره نگار، طیف و فاصله اطمینان برای میانگین بیشینه دمای روزانه ایستگاه‌های مورد بررسی طی دوره سی ساله (۲۰۰۵-۱۹۷۶).

- ارزیابی مدل

در طول دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۷۶) در شکل شماره ۳، می‌توان دریافت که مدل ارائه شده (با در نظر گرفتن متغیرهای جدول شماره ۱)، مدل مناسب و کارآیی بوده و مقادیر شبیه‌سازی از میانگین دمای بیشینه آینده است.

با مقایسه مقادیر ریزگردانی و مشاهده شده و یا حال در مقابل سناریوهای اقلیم آینده، می‌توان مدل برازنده را ارزیابی نمود. با توجه به تطابق نمودارهای خطی مقادیر مشاهدات ایستگاهی و مقادیر برازش یافته



شکل ۳: داده‌های مشاهده شده و داده‌های مدل شده متوسط حداکثر دمای ایستگاه‌های سینوپتیک یزد و شیراز (۲۰۰۵-۱۹۷۶).

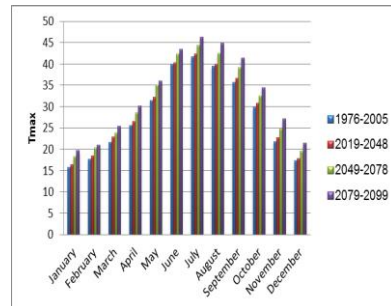
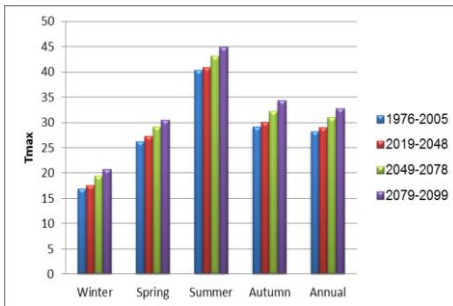
- شبیه‌سازی

ساله و در دوره سوم با گام زمانی ۳۰ ساله، در قرن ۲۱ (۲۰۴۸-۲۰۱۹، ۲۰۷۸-۲۰۴۹) و بر اساس مدل جهانی $canESM_2$ تحت سناریو

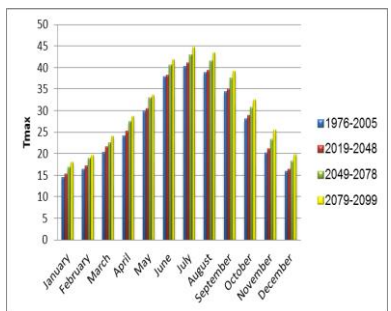
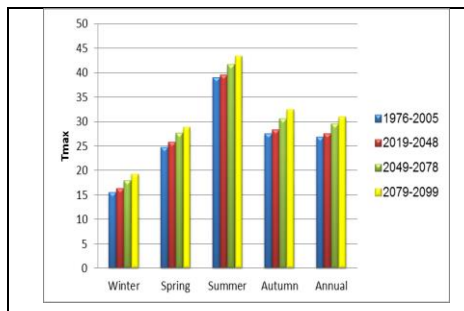
پس از ارزیابی دقت مدل برای دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۷۶) شبیه‌سازی میانگین بیشینه دما برای دوره‌های آتی برآورد شد. مدل را برای دو دوره اول با گام زمانی ۳۰

RCP8.5 برای ایستگاه‌های سینوپتیک یزد و شیراز تولید و تغییرات مقادیر شبیه سازی شده در سناریو مدنظر نسبت به دوره پایه مورد بررسی قرار گرفت. در شکل‌های شماره ۴، ۵ و ۶، تغییرات میانگین بیشینه دمای هر دو ایستگاه یزد و شیراز برای دوره پایه و سه دوره آینده نشان داده شده است. مطابق این نمودارها میانگین بیشینه دمای هر دو ایستگاه مورد بررسی در کلیه ماه‌ها در دوره‌های آینده افزایش خواهد داشت. افزایش میانگین بیشینه دما در هر دوره آتی

نسبت به دوره‌ی قبل‌تر تقریباً به میزان ۱ درجه سانتی‌گراد خواهد بود که در دوره سوم این افزایش نسبت به دوره‌ی پایه بالاترین مقدار (حدوداً ۳ درجه سانتی‌گراد) خواهد بود. بررسی فصلی و سالانه تغییرات متغیر مدنظر در هر سه دوره آینده، افزایش دما پیش بینی می‌شود که به شکل واضح در فصل تابستان این روند شدیدتر خواهد بود. فصل پاییز در رتبه بعدی افزایش حداکثر دمای ایستگاه‌های مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۴: تغییرات میانگین بیشینه دمای ایستگاه یزد در دوره‌های ۲۰۴۸-۲۰۱۹، ۲۰۷۸-۲۰۴۹ و ۲۰۹۹-۲۰۷۹ در مقایسه با دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۷۶.



شکل ۵: تغییرات میانگین بیشینه دمای ایستگاه شیراز در دوره‌های ۲۰۴۸-۲۰۱۹، ۲۰۷۸-۲۰۴۹ و ۲۰۹۹-۲۰۷۹ در مقایسه با دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۷۶.

نتیجه‌گیری

مدل‌های گردش عمومی مناسب‌ترین ابزار برای مطالعه پدیده تغییر اقلیم شناخته شده‌اند. اما این مدل‌ها به شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی در مقیاس بزرگ می‌پردازند. روش‌های مختلفی جهت ریز مقیاس کردن خروجی شبیه‌های گردش عمومی جو وجود دارد که هر کدام نتایج متفاوتی خواهد داشت، زیرا نتایج حتمی و قطعی نمی‌باشد. در تحقیق حاضر برای شبیه‌سازی متغیر متوسط حداکثر دما با استفاده از مدل چندگانه خطی SDSM و مدل‌های گردش عمومی جو در ایستگاه‌های همدید و شیراز استفاده شد. در این پژوهش از خروجی مدل canESM2

تحت سناریوی RCP8.5 برای دوره‌های آتی در قرن ۲۱ شبیه‌سازی و مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات میانگین بیشینه دمای هر دو ایستگاه مورد بررسی (شیراز و یزد) در کلیه ماه‌ها در هر سه دوره آینده (دو دوره اول با گام زمانی ۳۰ ساله و دوره سوم با گام زمانی ۲۰ ساله) در کل طی ۸۰ سال آینده، افزایش خواهد داشت. همچنین متغیر مربوطه در تمام فصول افزایش می‌یابد که در فصل تابستان تا ۴/۵ درجه نیز افزایش حداکثر دما نمایان می‌گردد. این افزایش دما در دوره سوم (اواخر قرن) تشدید یافته که این امر نشان دهنده‌ی وقوع تغییر اقلیم در ایستگاه‌های مورد بررسی خواهد بود.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

مدیریت حوضه آبخیز، ۱۰، صص ۱۳۱-۱۱۷.

منابع

- باباییان، ایمان؛ کریمیان، مریم؛ مدیریان، راهله (۱۳۸۶). مدل سازی اقلیم و مطالعه تغییر اقلیم در ایران، مجری طرح، پژوهشکده اقلیم شناسی، گزارش پروژه.
- تقوی، فرحناز؛ نیستانی، ابوالفضل؛ خانبان، مسعود؛ ناصری، محسن (۱۳۸۹). تحلیل طیفی سری‌های زمانی داده‌های اقلیمی و اعمال تکنیک‌های فیلترینگ دیجیتال جهت پردازش آنها، کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم.
- رضایی، مریم؛ تهتانی، محمد؛ مقدم نیا، علیرضا؛ علیجان آبکار؛ رضایی، معصومه (۱۳۸۳). بررسی کارایی مدل ریزمقیاس نمایی آماری در پیش بینی بارش در دو اقلیم خشک و فراخشک. نشریه آب و خاک، ۲۸، صص ۸۴۵-۸۳۶.
- رضایی، مریم؛ تهتانی، محمد؛ مقدم نیا، علیرضا، (۱۳۹۳). بررسی کارایی مدل ریزمقیاس آماری SDSM در پیش بینی پارامترهای دمایی دو اقلیم خشک و نیمه خشک. پژوهشنامه ریزمقیاس نمایی داده‌های
- رضایی، مریم؛ تهتانی، محمد؛ مقدم نیا، علیرضا؛ علیجان آبکار؛ رضایی، معصومه (۱۳۹۵). پیش‌بینی بلندمدت بارش با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری، نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۶، شماره ۱/۲، صفحات ۱۱۵-۱۲۷.
- سادات آشفته، پریسا؛ مساح بوانی علیرضا (۱۳۸۷). تأثیر عدم قطعیت تغییر اقلیم بر رژیم سیلاب، مطالعه موردی، حوضه آیدوغموش آذربایجان شرقی. مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۵(۲)، صص ۲۷-۳۹.
- سلاجقه، علی؛ رفیعی ساردوئی، الهام؛ مقدم نیا، علیرضا؛ ملکیان، آرش؛ عراقی نژاد، شهاب؛ خلیقی سیگارودی شهرام؛ صالح پور جم، امین (۱۳۹۵). پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM در دوره آینده برپایه سناریو A2. نشریه مدیریت بیابان، ۷، صص ۲۵-۱۲.
- صمدی نقاب، سینا؛ خورشیددوست، علی محمد؛ حبیبی نوخندان، مجید؛ زابل عباسی، فاطمه (۱۳۹۰). به کارگیری مدل SDSM جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های

- GCM بارش و دما مطالعه موردی: پیش بینی‌های اقلیمی ایستگاهی در ایران. نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۵(۶)، صص ۱۲-۲.
- طاوسی، تقی؛ خسروی، محمود؛ زهرایی اکبر (۱۳۹۱). پیش‌بینی تغییرات یخبندان شهر زابل بر پایه شبیه‌سازی مدل گردش عمومی جو، مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۱(۲)، ۲۹-۴۸.
- عباسی، فاطمه؛ ملبوسی، شراره؛ حبیبی نوخندن، مجید؛ اثمیری، مرتضی (۱۳۸۹). ارزیابی تغییر اقلیم زاگرس در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو، نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۱(۱۱-۲)، ۴-۲۰.
- عساکره، حسین؛ اکبرزاده، یونس (۱۳۹۶). شبیه‌سازی تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره (۲۰۱۰-۲۰۱۰) با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری (SDSM) و خروجی مدل CanESM2. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲۱، صص ۱۷۴-۱۵۳.
- عساکره، حسین (۱۳۸۸). تحلیل طیفی سری‌های زمانی دمای سالانه تبریز. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۹۴، ۵۰-۳۳.
- عساکره، حسین؛ یوسفی زاده، رحیم (۱۳۹۴). بررسی روند و رفتار بارشی شهر شاهرود با استفاده از مدل‌های آماری و تحلیل طیفی. فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیا (برنامه ریزی منطقه-ای)، ۵(۳)، صص ۵۱-۶۶.
- علیجانی، بهلول؛ بیات، علی؛ دوستکامیان، مهدی؛ بلیانی، یدالله؛ بخشی، هدیه (۱۳۹۳). تحلیل طیفی سری‌های زمانی بارش سالانه ایران. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه تبریز.
- محمد، سلیقه؛ عساکره، حسین؛ ناصرزاده، محمدحسین؛ یدالله بلیانی (۱۳۹۴). تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه حوضه‌های آبریز حله و مند، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۵(۳۷)، صص ۲۷۲-۲۴۵.
- مسعودیان، ابوالفضل؛ غیور، حسنعلی (۱۳۸۰). نخستین گام در مدل‌سازی اقلیمی. انتشارات دانشگاه اصفهان.
- میرموسوی، سیدحسین؛ صبوری، لیلا (۱۳۹۳). مطالعه روند بارش برف در

- theory and practice. Chapman and Hill, London, 263pp.
- Chen, Hua., Xu, Chong-Yu., Guo, Shenglian. (2012). Comparison and evaluation of multiple GCMs, statistical downscaling and hydrological models in the study of climate change impacts on runoff. *Journal of Hydrology*, 434(435), pp. 36-45.
 - Gagnon, S., Singh, B., Rousselle, J. and Roy, L. (2005). An Application of the Statistical DownScaling Model (SDSM) to Simulate Climatic Data for Streamflow Modelling in Québec. *Canadian Water Resources Journal*, 30(4), pp. 297-314.
 - Lee Titus, M., Sheng, J., Greatbatch, R. and Folkins, I. (2013). Improving Statistical Downscaling of General Circulation Models. *Atmosphere-Ocean*, pp. 1-13.
 - Rasco, P., Szeidl, L., & Semenov, M. A. (1991). A serial approach to local stochastic models. *Journal of Ecological Modeling*, 57, pp. 27-41.
 - شمال غرب ایران. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۱۱۹-۱۳۶.
 - محمدلو، محمد؛ علی حقی زاده، حسین زینی وند و ناصر طهماسبی پور (۱۳۹۵). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روند تغییرات دما و بارندگی حوضه آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان غربی با استفاده از مدل های چرخش عمومی جو. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ۵۶: ۱۵۱-۱۶۸.
 - شیخ ربیعی، محمد رضا؛ پیروان، حمیدرضا؛ دانشکار آراسته پیمان؛ اکبری مهتری؛ معتمدوزیری، بهارک. (۱۴۰۰). مقایسه ی کارایی مدل های SDSM و CCT در مطالعات تغییر اقلیم (مطالعه موردی حوضه آبخیز کرگانرود). نشریه هواشناسی و علوم جو، ۴(۲)، ۱۲۸-۱۴۶.
 - راوند، انوشیروان؛ خالدی شهریار؛ حسن آبادی، داود (۱۳۹۸). پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر روی اقلیم آسایش شهر میانه با استفاده از مدل های اقلیمی (SDSM). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۱، شماره ۶۳، صص ۲۷۰-۲۵۱.
 - Chatfield, C., (1975). The analysis of time series.

- Souvignet, M., Gaese1, H., Ribbe, L., Kretschmer, N. and Oyarzún, R. (2010). Statistical downscaling of precipitation and temperature in north-central Chile: an assessment of possible climate change impacts in an arid Andean watershed. *Hydrological Sciences Journal*, 55, pp. 41-57.
- Wiener, N. (1930), Generalized Harmonic Analysis. *Acta Math*, 55, pp. 117-258.
- Wiener, N. (1949). *Extrapolation, Interpolation and smoothing of stationary Time series*. Wiley and Technology press, pp.163.
- Hashmi, M. Z., Shamseldin, A. Y., & Melville, B. W. (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, 475-484.