

Prediction and evaluation of temperature changes in the west and southwest of Iran

Zahra Taran ¹  | Hossein Mirmousavi ² 

1- Masters Sciences in Climatology, Faculty Social Sciences , University of Zanjan, Iran

2- Associate Professor Climatology, Faculty Social Sciences , University of Zanjan, Iran

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:
2023/8/12

Received:
2023/9/17

Accepted:
2023/10/21

Published:
2024/2/4

Keywords:

climate change,
temperature, SDSM,
prediction

Abstract: Climate change in the twenty-first century is the most important challenge facing human societies. Considering the effect of temperature in each region's climate and the importance of its prediction in environmental planning, the use of general atmospheric circulation models has been widely used to assess and predict temperature variations. In this research, the prediction and evaluation of temperature changes in the west and southwest of Iran during a period of 1961 through 1990 for predict the period of 2011 to 2100 has been discussed. For this purpose, temperature network data of 30 synoptic stations related to western and southwestern provinces of Iran have been used on a daily, monthly and annual scale. Accordingly, by using exponential microscale model, the average temperature changes were predicted and evaluated by RCP 2.6 and RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios, then their maps were drawn by Surfer software. The results indicate an average temperature increase in all seasons. According to the annual period scenarios, the highest mean increase with a high coefficient of variation in the northern regions, including the stations of Sanandaj, Bijar, Saqez and Hamadan, has been observed. Some of the southern half of the range, such as Izeh and Koohrang, with the least variability, will experience the slightest increase in average temperatures.

Cite this article: Taran, Z, Mirmousavi, H (2024). Prediction and evaluation of temperature changes in the west and southwest of Iran. *Climat Chenge and Climat Disasters*, 2(4), 242-271.
© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





پیش بینی و ارزیابی تغییرات دما در غرب و جنوب غرب ایران

زهرا تاران^۱ | سیدحسین میرموسوی^۲

۱. کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲. دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۱

بازنگری: ۱۴۰۲/۶/۲۶

پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۹

انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

واژگان کلیدی:

تغییر اقلیم، دما، SDSM، پیش بینی

چکیده: تغییر اقلیم در قرن بیست و یکم مهمترین چالش پیش روی جوامع بشری است. با توجه به تاثیر دما در شرایط اقلیمی هر منطقه و اهمیت پیش بینی آن در برنامه ریزی های محیطی، استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو به منظور ارزیابی و پیش بینی تغییرات دما، کاربرد وسیعی پیدا کرده است. در این پژوهش به پیش بینی و ارزیابی تغییرات دما در غرب و جنوب غرب ایران طی دوره‌ی آماری ۱۹۹۰-۱۹۶۱ برای دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۱۰ پرداخته شده است. برای این منظور داده‌های شبکه ای دمای ۳۰ ایستگاه سینوپتیک مربوط به استان های غرب و جنوب غرب ایران در مقیاس روزانه، ماهانه و سالیانه مورد استفاده قرار گرفته است. در این راستا با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی SDSM، تغییرات میانگین دما توسط سناریوهای RCP 2.6 و RCP 4.5 و RCP 8.5 پیش بینی و ارزیابی شده و سپس نقشه‌های آن بوسیله ی نرم افزار سورفر ترسیم گردیده است. نتایج حاکی از افزایش تغییرات میانگین دما در تمام فصول می‌باشد. مطابق سناریوهای بازه‌ی سالانه، بیشترین مقدار افزایش میانگین با ضرب تغییرات بالا در مناطق شمالی که شامل ایستگاه‌های سنندج، بیجار، سقر و همدان می‌باشد، مشاهده شده است. تعدادی از ایستگاه‌های نیمه‌ی جنوبی محدوددهی مورد مطالعه مانند ایذه و کوهرنگ نیز با کمترین تغییر پذیری، کمترین افزایش را در تغییرات میانگین دما تجربه خواهند کرد.

استناد: تاران، زهرا. میرموسوی، سیدحسین. (۱۴۰۲). پیش بینی و ارزیابی تغییرات دما در غرب و جنوب غرب ایران. دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۲(۴)، ۲۷۱-۲۴۲.

© نویسنده‌گان .

ناشر: دانشگاه زنجان.

Homepage: cccd.znu.ac.ir



مقدمه

تغییر اقلیم یکی از مهمترین مشکلات جهان امروز است که به واسطه ورود اضافی گازهای گلخانه ای به جو توسط بشر به وجود آمده است (آروین و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۵۴). تغییر اقلیم و افزایش دما از مسائل مهم زیست محیطی است و در سالهای اخیر، پژوهش های زیادی درباره ی آن صورت گرفته است. سناریوی گرمایش جهانی یکی از سناریوهای مطرح در سطوح ملی، منطقه ای و جهانی است. امروزه سرعت افزایش درجه حرارت در مقایسه با گذشته افزایش چشمگیری یافته است (فرجزاده و فیضی، ۱۳۹۱: ۴۹ و ۵۰). نگرانی گسترده درباره ی گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای در جو زمین، حس کنجکاو ی دانشمندان را برای بررسی سری های زمانی دما و آشکارسازی روندهای منطقی در طی چند دهه ی اخیر، برانگیخته است. این مطالعات در مقیاس های مختلف جهانی، منطقه ای و محلی صورت گرفته است (منتظری، ۱۳۹۳: ۲۱۰). طبق انتشار گزارش

هیأت بین الدول تغییر اقلیم دمای جهان در طی قرن گذشته در حدود ۰/۷۴ درجه سلسیوس افزایش پیدا کرده است (مجمع بین المللی تغییرات آب و هوایی، ۱، ۲۰۰۷: ۳۰). در مطالعه تغییرات اقلیم در چند سال گذشته اکثر محققین بر اساس سناریوهای سری (SRES) که خط سیر غلطت گازهای گلخانه ای را مشخص می کنند، استوار بوده است. اما با انتشار گزارش پنجم IPCC که به تدریج از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ منتشر شد از سناریوهای جدید که تحت عنوان سناریوهای 2RCP معروف است به عنوان نماینده های خطوط سیر غلطت های گوناگون گازهای گلخانه ای استفاده کرده است. سناریوهای انتشار دارای چهار خط سیر کلیدی با نام های RCP 2.6، RCP 4.5، RCP 6، RCP 8.5 می باشند که بر اساس میزان واداشت تابشی (Radiative Forcing) وات بر مترمربع تا پایان سال ۲۱۰۰ با مقادیر قبل صنعتی مقایسه شده است. روش های مختلفی

EH5OM برای دوره‌ی ۲۰۷۰-۲۰۴۱ نشان داده‌اند که شمال شرقی اروپا، بیشترین افزایش دمای سطح زمین را در زمستان (بیشتر از ۳ درجه‌ی سانتیگراد) و جنوب اروپا، بیشترین گرمایش تابستانی (بیشتر از ۳/۵ درجه‌ی سانتیگراد) را به خود می‌بینند. گو و همکاران ۳ (۲۰۱۲: ۳۰۱) در ارزیابی تغییرات آب و هوایی آینده و شاخص‌های شدید در شرق و جنوب آسیا با استفاده از مدل آب و هوایی منطقه‌ای ReGCM4 اظهار کردند دمای سالانه در حدود ۳-۵ درجه (مقدار کمتر روی اقیانوس و مقدار بیشتر روی خشکی) افزایش می‌یابد. ذوالقرنین و همکاران ۴ (۲۰۱۴: ۲۴۳) با استفاده از SDSM و LARS-WG برای شبیه‌سازی و ریز مقیاس نمایی بارش و دما در مالزی دریافتند که اگرچه هر دو مدل دارای نتایج یکسانی نمی‌باشند، اما سریهای زمانی ایجاد شده توسط هر دو مدل، روند افزایشی را در مقادیر دمای متوسط روزانه نشان می‌دهند. زرینستانک و همکاران

برای تولید سناریوهای آب و هوایی وجود دارد ولی در حال حاضر معتبرترین ابزار برای تولید سناریوهای آب و هوایی مدل‌های سه بعدی سیاره‌ای جو است که تحت عنوان مدل‌های پیوندی جو-اقیانوس (AOGCM) نام برده می‌شود که با هدف شبیه‌سازی فرایندهای اصلی آب و هوای مرتبط با جو، اقیانوس، سطح زمین، یخ پهنه و زیست کره طراحی می‌گردد. در این زمینه مطالعات متعددی صورت گرفته است که به برخی از آنها در ادامه اشاره می‌شود. گوبانوا و لی ۱ (۲۰۰۷: ۲۷) در مقاله‌ی خود با عنوان افزایش دما و بارش در اطراف حوضه‌ی دریای مدیترانه در مجموعه‌ی شبیه‌سازی‌های آینده‌ی سناریوی آب و هوایی نشان داده‌اند که بیشترین افزایش دما در شمال شرقی اروپا برای حداقل دمای سالانه و در جنوب اروپا نیز برای حداکثر دمای سالانه اتفاق می‌افتد. برانکوویچ و همکاران ۲ (۲۰۱۰: ۲۱) در تحقیقی با عنوان ارزیابی تغییرات اقلیمی جهانی و منطقه‌ای بر اساس مدل اقلیمی

۱ (۲۰۱۴: ۱۰۳). در تجزیه و تحلیل دما در جنوب غربی ایران، پیش بینی‌های دما را بر اساس سناریوهای انتشار B1 و A1B در ۳۹ ایستگاه برای دوره ۱۹۵۰-۲۰۰۷ نشان دادند که روند دما افزایش قابل توجهی در فصل بهار و تابستان می‌یابد. همچنین نتایج مدل سازی نشان می‌دهد که دمای منطقه ممکن است بین ۱/۶۹ تا ۶/۸۸ درجه‌ی سانتیگراد تا ۲۱۰۰ در منطقه مورد مطالعه افزایش یابد. دمای تابستان ممکن است بیشتر از دمای بهار، زمستان و پاییز افزایش یابد. جهانبخش اصل و ترابی (۱۳۸۳: ۱۰۴) در یافته‌های خود نشان داده است مقادیر حداقل دما در مناطق شمالی (سواحل دریای خزر) و نواحی کوهستانی ایران دارای تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بوده ولی در مناطق دیگر کشور تغییرات زیادی ندارد. عباسی و همکاران (۱۳۹۰: ۲۰۵) در ارزیابی تغییر اقلیم ایران در دهه‌های آینده (۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ میلادی) با استفاده از ریز مقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو، افزایش دمایی بین ۳ تا ۳/۶ را تا دهه ۲۱۰۰ پیش بینی

می‌کنند که بیشترین افزایش دما مربوط به دهه ۲۱۰۰ می‌باشد. پیش بینی‌های انجام شده در مقاله‌ای با عنوان پیش بینی تغییر اقلیم با استفاده از مدل گردش عمومی هوا در ایستگاه خرم‌آباد، با داده‌های پیش بینی شده مدل HadCM3 تحت دو سناریوی انتشار A2 و B2، با استفاده از مدل ریز مقیاس نمایی آماری SDSM، نشان می‌دهد که بیشترین افزایش در میانگین دمای بیشنیه، کمینه و متوسط تا سال ۲۱۰۰ در این منطقه به ترتیب ۶/۹، ۴/۵، ۶/۲۲ درجه سانتیگراد مربوط به ماه جولای می‌باشد (بیاتی آبی و توکلی، ۱۳۹۳). دانه دزفولی (۱۳۹۳: ۱) در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی متغیر دمای استان خوزستان به این نتیجه رسید که در مقیاس سالانه برای کل استان در این دوره افزایش دما از شمال غرب به سمت جنوب شرق مشهودتر می‌باشد. حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی تغییر اقلیم در دوره‌های آتی به کمک مدل SDSM مطالعه موردی ایستگاه سینوپتیک شیراز با استفاده از مدل HadCM3 نشان دادند میانگین

دراز مدت سی ساله دما در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره ۲۰۰۱-۱۹۷۲ به میزان ۰/۸ درجه سانتی گراد افزایش می‌یابد. نتایج محمودی و عباس نیا (۱۳۹۴: ۱) نشان داد که در دهه‌های آینده، نواحی کوهستانی و مرتفع عرضهای شمالی ایران و همچنین پهنه مرکزی ایران در فصل تابستان با بیشترین افزایش دما مواجه خواهند بود. این در حالی است که در نواحی همجوار با سواحل جنوبی ایران، تحت تاثیر اثرات تعدیلی حاصل از رطوبت جوی زیاد، ارتفاع کم و عرض های جغرافیایی پایین‌تر، کمترین افزایش دما را خواهند داشت. دلقندی و مؤذن‌زاده (۱۳۹۵: ۳۲۱) در بررسی تغییرات مکانی-زمانی بارش و دمای ایران تحت شرایط تغییر اقلیم با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار، برای ۲۱ ایستگاه سینوپتیک به این نتیجه دست یافتند که در هر دو دوره‌ی آتی، افزایش دما در ماه‌های تابستان نسبت به ماه‌های زمستان بیشتر است. شهیدی و همکاران (۱۳۹۶: ۹۴۳) به تحلیل عدم قطعیت تغییرات متغیرهای اقلیمی بارش و دما تحت تاثیر تغییر

اقلیم طی دوره‌ی پایه‌ی ۱۹۹۰-۲۰۱۰ برای دوره‌ی آتی ۲۰۹۹-۲۰۱۱ پرداخته‌اند و به منظور ریزمقیاس نمایی داده‌های بزرگ مقیاس از مدل LARS-WG استفاده کرده‌اند. نتایج تحلیل روند در سطح ایستگاهی و استانی نشان دهنده‌ی کاهش بارش و افزایش دما خواهد بود. طی مطالعاتی دیگر، احمدوند کهریزی و روحانی (۱۳۹۵: ۵۹۷) در پژوهش خود نشان داد در بین سناریوهای انتشار قدیم، A1B و در بین سناریوهای جدید، سناریوی RCP 8.5 بیشترین افزایش دما را برای هر دو ایستگاه ارازکوسه و نوده واقع در استان گلستان پیش‌بینی کرده است. مقدار افزایش دما به‌طور نسبی از سناریوی RCP 2.6 به سمت سناریوی RCP 8.5 افزایش می‌یابد. در هر دو سناریوهای جدید و قدیم، دمای تابستان آینده ممکن است با نرخ بیشتری نسبت به دیگر فصول افزایش یابد. با توجه به مطالعات نشاط و سجادی بمی (۱۳۹۵: ۵۱)، نتایج کوچک مقیاس سازی تا پایان قرن حاضر، ایستگاه کرمان و بم را با ۳-۵ درجه افزایش دما نشان داده است و بیشترین افزایش دما در فصل تابستان

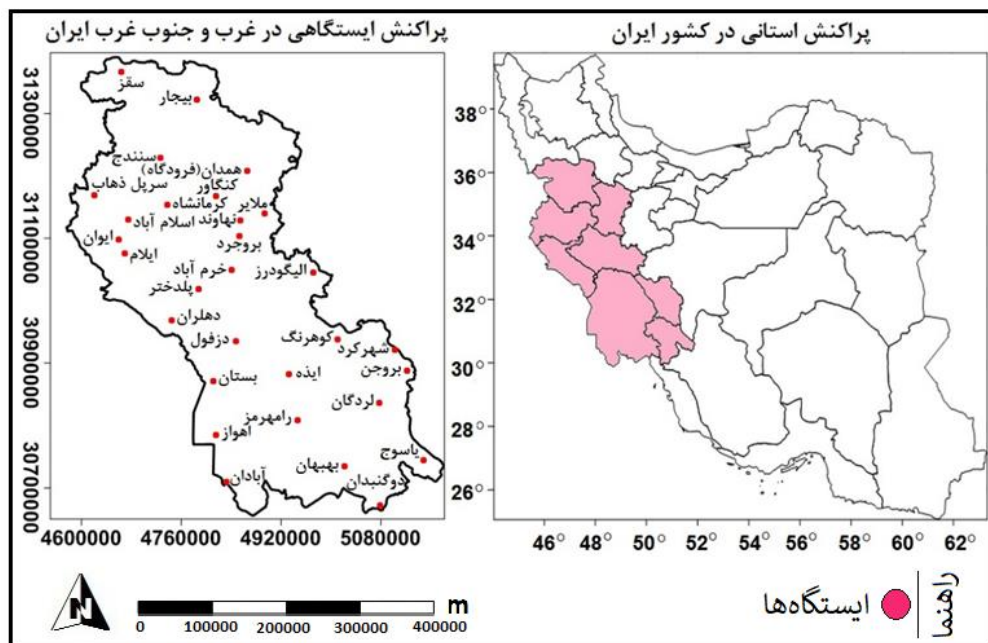
کممک مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM جهت دست یابی به میزان تغییرات احتمالی دما می‌باشد تا به سوال اساسی افزایش تغییرات میانگین دما تحت تاثیر تغییر اقلیم طی سالهای آتی پاسخ داده شود.

۱. داده‌ها و روش‌ها

۱.۱. منطقه مورد مطالعه

محدوده‌ی غرب و جنوب غرب ایران به لحاظ توپوگرافی، از دشت‌ها و جلگه‌های پست بسیار کم ارتفاع نسبت به سطح دریا در نواحی جنوبی (دشت‌های خوزستان و ایلام) تا رشته کوه‌های پیاپی زاگرس با ارتفاع نزدیک به ۴۰۰۰ متر از سطح دریا در نواحی مرکزی و شمالی تشکیل شده است. نواحی کوهستانی این محدوده از اقلیمی معتدل و نیمه خشک ولی بخش جنوبی آن از اقلیمی گرم و خشک برخوردار می‌باشد. غرب این محدوده با کشور عراق و جنوب آن به دریای خلیج فارس محدود شده است (رئیس پور، ۱۳۹۳: ۵۷).

خواهد بود. محمدی و همکاران (۱۳۹۵: ۳۵۱) نیز با استفاده از مدل SDSM، خروجی مدل HADCM3 را برای دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۵ تحت دو سناریوی A2 و B2 ریزمقیاس نمایی کرده‌اند که در نهایت خروجی مدل، بیانگر افزایش حداقل دمای ایران بوده است و میزان افزایش دما نسبت به دوره مشاهداتی طبق سناریوی A2 و B2 به ترتیب حدود ۰/۵ و ۰/۸ به دست آمده است. از نظر ایستگاهی نیز تغییرات دما دارای تفاوت می‌باشد. درجایی دیگر یافته‌های حمیدیان پور و همکاران (۱۳۹۵: ۱۰۷) با استفاده از ریزمقیاس نمایی خروجی مدل‌های مختلف گردش عمومی جو طی دوره ۲۰۹۹-۲۰۱۱ در جنوب شرق ایران، نشان از افزایش دما بر اساس تمام مدل-سناریوها، طی دوره‌های آتی دارد، به طوری که میزان این افزایش دما در ایستگاه‌های واقع در خشکی از ایستگاه‌های مناطق ساحلی بیشتر است. با توجه به مطالب گفته شده هدف اصلی از این مطالعه، پیش بینی و ارزیابی تغییرات دما در منطقه‌ی غرب و جنوب غرب کشور ایران به



شکل ۱: پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه سینوپتیک مربوط به استان های واقع در غرب و جنوب غرب ایران، طی دوره‌ی آماری ۳۰ ساله از ۱۹۶۱ الی ۱۹۹۰، از پایگاه داده‌ی اسفزاری استخراج گردیده است. داده‌های این پایگاه دارای تفکیک مکانی 15×15 کیلومتر بوده و در سیستم تصویر لامبرت مخروطی ۱ و در قالب ماتریس 15992×7187 با آرایش S (زمان در سطرها و مکان در ستون‌ها) تولید شده است. بعد از تشکیل پایگاه داده‌ای به ارزیابی تغییرات دمای ۳۰ ایستگاه به

۱-۲. داده‌ها

در این مقاله، ۳۰ ایستگاه از استان‌های خوزستان، همدان، کردستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویر احمد، ایلام، لرستان و کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱).

۳.۲. روش‌ها

به منظور پیش بینی و ارزیابی تغییرات دما در غرب و جنوب غرب ایران داده‌های مورد نیاز که شامل داده‌های شبکه‌ای میانگین دمای روزانه‌ی ۳۰

8.5 RCP پیش خواهد رفت. به طوری که تا سال ۲۱۰۰ غلظت دی اکسید کربن به ۱۳۷۰ ppm رسیده و همچنان روند افزایشی خواهد داشت.

سناریوی RCP 4.5: سناریوی RCP 4.5 توسط گروه مدل سازی MiniCAM طراحی شده است و در آن میزان غلظت دی اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰ به اندازه ۶۵۰ ppm تخمین زده شده است.

سناریوی انتشار RCP 2.6: این سناریو در برگیرنده کمترین نرخ افزایش گازهای گلخانه‌ای و واداشت تابشی ناشی از آن است. مطابق این سناریو میزان غلظت دی اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰ به اندازه ۴۹۰ ppm گزارش شده است (مینشاوسن و همکاران، ۲۰۱۱: ۲۱۵).

لازم به ذکر است که ضریب تغییرات ارائه شده در نقشه‌ها، تفاوت ضریب تغییرات میانگین دما در دوره پایه با دوره آتی می‌باشد.

۳. یافته‌ها و نتایج

شکل ۲ ضریب تغییرات و میانگین دمای فصول زمستان و بهار را طی دوره آماری پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ نشان می‌دهد. مطابق این شکل، در آغاز فصل

کممک مدل ریزمقیاس نمایی SDSM پرداخته شده است. SDSM یک مدل رگرسیونی چند متغیره برای تولید داده‌های آب و هوایی، به وسیله تکنیک‌های ریزمقیاس‌سازی آماری است (ویلکس و ویلی، ۱۹۹۹: ۳۳۰).

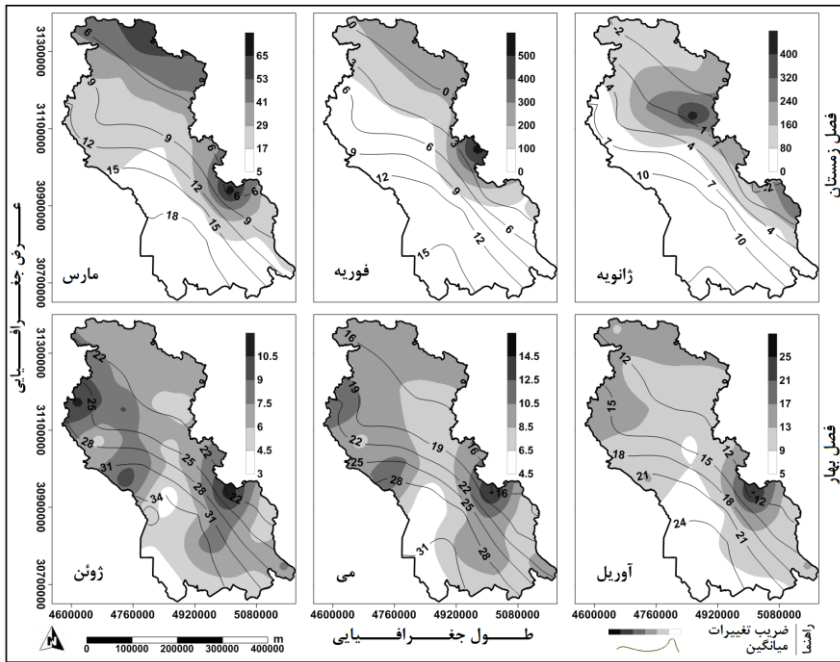
این مدل که هسته اصلی آن تلفیقی از روش‌های تصادفی و وایازی می‌باشد، با هدف تبیین حداکثری تغییرپذیری اقلیم محلی (پیش‌بینی شونده) یک ایستگاه، از تأثیرگذارترین متغیرهای بزرگ‌مقیاس (پیش‌بینی کننده) طراحی شده است. ورودی این مدل داده‌های دیدبانی روزانه ایستگاه (پیش‌بینی شونده)، متغیرهای بزرگ‌مقیاس NCEP (پیش‌بینی کننده) در دوره مشابه دیدبانی و برون‌داد متغیرهای بزرگ‌مقیاس مدل‌های گردش عمومی تحت سناریوهای انتشار گوناگون برای دوره مطالعاتی آینده می‌باشد.

سناریوهای مورد بررسی در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد.

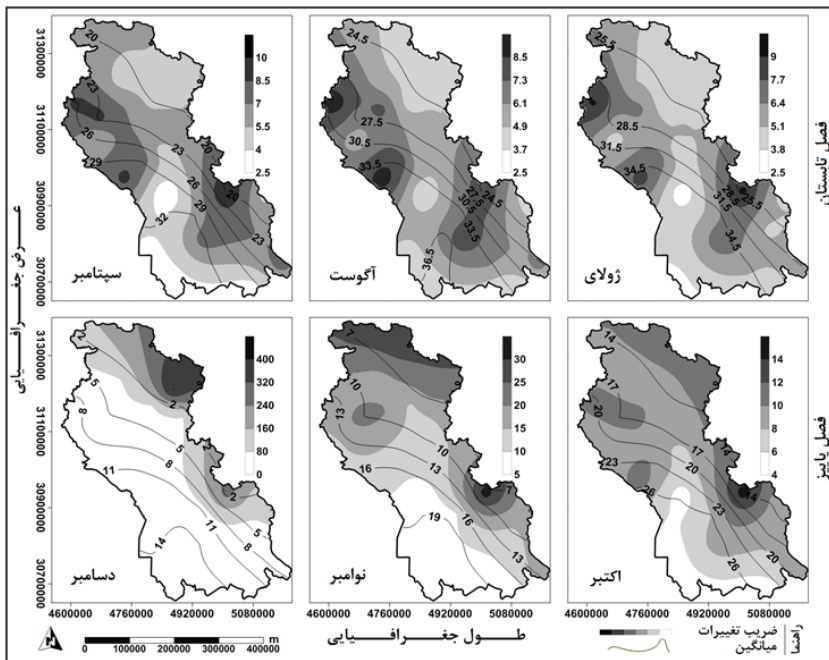
سناریوی RCP 8.5: بدون اتخاذ هیچ گونه سیاست‌های کاهش آثار و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب و هوای کره زمین در خط سیر سناریوی انتشار

است. در ماه مارس ضریب تغییرات کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته و در تمام نقاط میزان آن به طور متوسط به زیر ۶۵ درصد رسیده است. بالاترین میزان میانگین دما در این ماه در مناطق جنوب غربی به طور متوسط به ۱۸ درجه و پایین ترین میزان آن در مناطق شرقی و شمالی به ۶ درجه سانتیگراد رسیده است. بر اساس آنچه از نقشه‌های فصل بهار استنباط می‌شود می‌توان گفت از میزان ضریب تغییرات در این فصل در اغلب مناطق به شدت کاسته شده است. میزان میانگین دما نیز در ماه ژوئن بیشتر از دو ماه قبل تر از خود بوده است. بالاترین میزان میانگین دما در مناطق جنوب غربی به طور متوسط به بالای ۳۴ درجه سانتیگراد رسیده است.

زمستان ضریب تغییرات بسیار بالا و دما کم بوده و در پایان زمستان ضریب تغییرات کم و دما با افزایش روبرو بوده است. در ماه ژانویه در پهنه‌هایی که شامل ایستگاه‌های همدان، سقز، بیجار و کوه‌رنگ است، به طور متوسط دمای ۲- درجه را با ضریب تغییرات بالا تجربه کرده است. بالاترین میزان میانگین دما در مناطق جنوب غربی می‌باشد که از ضریب تغییرات بسیار پایین برخوردار بوده‌اند. در ماه فوریه میزان ضریب تغییرات در منطقه ای که ایستگاه الیگودرز می باشد به طور متوسط ۵۰۰ درصد بوده و سایر مناطق دارای ضریب تغییرات کمتر از ۳۰۰ درصد بوده‌اند. در پهنه‌ای که شامل ایستگاه‌های اهواز و آبادان است بالاترین میانگین دما به طور متوسط به میزان ۱۳ درجه سانتیگراد رسیده



شکل ۲: ضریب تغییرات و میانگین دمای فصول زمستان و بهار در دوره پایه



شکل ۳: ضریب تغییرات و میانگین دمای فصول تابستان و پاییز در دوره پایه

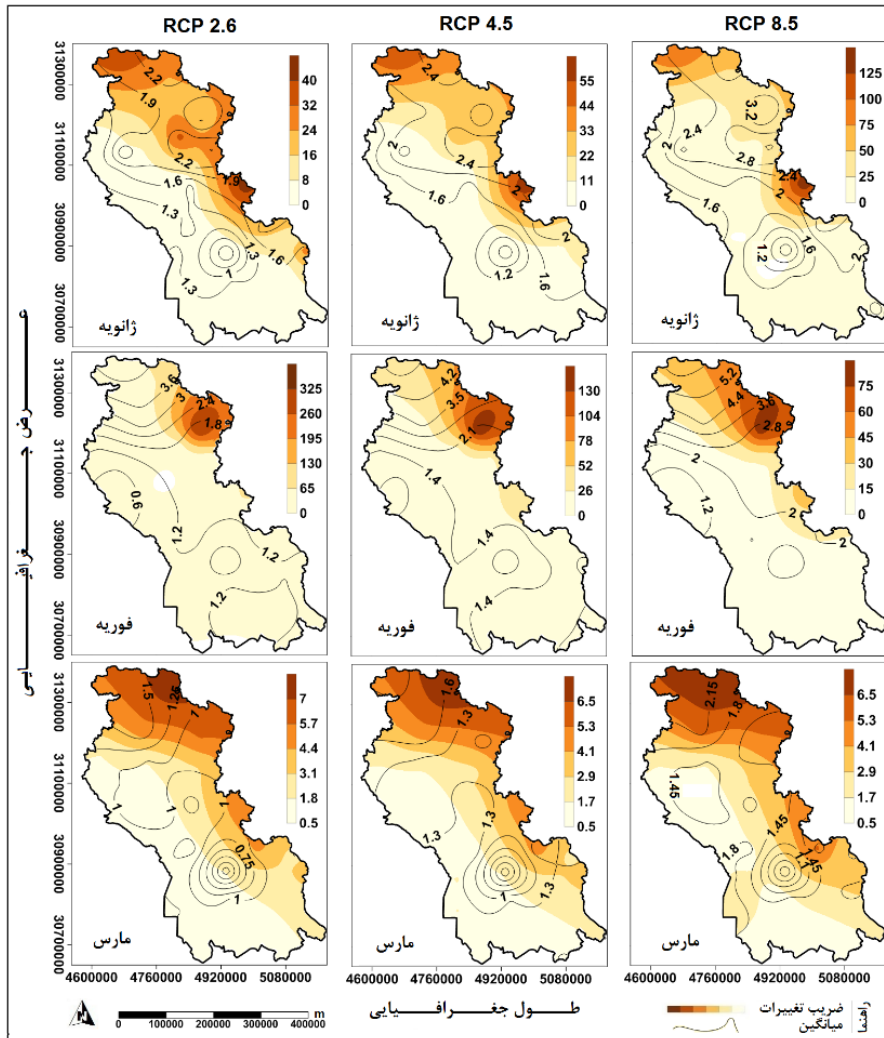
و بیشترین میزان آن به ۱۴ درجه رسیده است. اکثر ایستگاه‌های ناحیه‌ی مورد مطالعه از ضریب تغییرات کمتر از ۸۰ درصد برخوردار بوده است. توزیع مکانی تغییرات دما، در دوره‌ی آتی ۲۰۱۱-۲۱۰۰ نسبت به دوره‌ی پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ به کمک مدل ریز مقیاس نمایی SDSM، در سناریوهای RCP 2.6، RCP 4.5، RCP 8.5، ارزیابی و تحلیل شده است. تفاضل تغییرات این پیش بینی‌ها در شکل‌های ۴ تا ۸ برای فصول زمستان، بهار، تابستان و پاییز و مقیاس سالانه نمایش داده شده است. نمایه‌ی ضریب تغییرات و تغییرات میانگین دما، با استفاده از داده‌های حاصل از سناریوهای پیش بینی، برای محدوده‌ی غرب و جنوب غرب ایران به دست آمده است. در ادامه به تفسیر نقشه‌های ضریب تغییرات و تغییرات میانگین دما پرداخته می‌شود. در شکل ۴ بر اساس نقشه‌های ماه ژانویه، مقدار تغییرات دما و ضریب تغییرات از RCP 2.6 به سمت RCP 8.5 افزایش یافته است. سناریوهای این ارزیابی با تفاوت زیادی روبرو نیستند به طوری که در هر سه سناریو بیشترین مساحت منطقه را کمترین

بر اساس شکل ۳ که ضریب تغییرات و میانگین دمای فصول تابستان و پاییز را طی دوره‌ی آماری ۱۹۹۰-۱۹۶۱ نشان می‌دهد، می‌توان گفت در فصل تابستان ضریب تغییرات و میانگین دما از تغییرات اندکی برخوردار بوده‌اند. بیشترین میانگین دما به طور متوسط در ماه ژولای ۳۴/۵ درجه، در ماه آگوست ۳۶/۵ درجه و در ماه سپتامبر ۳۲ درجه‌ی سانتیگراد بوده است. تفاوت ماه‌های فصل پاییز نسبت به فصل تابستان در شکل ۳ آشکار می‌باشد. از آغاز این فصل به سمت پایان آن، بیشتر شدن ضریب تغییرات و کمتر شدن میانگین دما مشاهده می‌شود. در دو ماه اکتبر و نوامبر به طور متوسط کمترین میانگین دما به ترتیب ۱۴ و ۷ در بخش‌های شرقی و شمالی و بیشترین میانگین دمای آنها به ترتیب ۲۶ و ۱۹ درجه‌ی سانتیگراد در بخش جنوب‌غربی اتفاق افتاده است. ضریب تغییرات این دو ماه نیز نسبت به ماه آخر بسیار پایین بوده است. ولی در ماه دسامبر ضریب تغییرات افزایش قابل توجهی یافته و در میانگین دمای آن کاهش بسیاری دیده شده است. به طور متوسط کمترین میزان دما به ۲ درجه

مقدار ضریب تغییرات در بر گرفته است. در مناطق شرقی و شمالی نیز بیشترین مقدار ضریب تغییرات دیده می شود. ارزیابی و پیش بینی تغییرات دما، در هر سه سناریو سیر افزایشی دما را در بخش های شمالی منطقه نشان می دهد. در RCP 2.6 مقادیر تغییرات میانگین دما به سمت مناطق شمالی و شمال شرقی افزایش نشان داده است، به طوری که در این مناطق مقدار تغییرات میانگین ۲/۲ درجه‌ی سانتیگراد مشاهده می شود، در حالی که در مناطق مرکزی به کمترین مقدار خود رسیده است. همین وضعیت در RCP 4.5 نیز دیده می شود با این تفاوت که تغییرات میانگین دما در آن ۰/۲ درجه‌ی سانتیگراد بیشتر از سناریوی قبل شده است. ارزیابی و پیش بینی تغییرات دما بیانگر این است که سناریوی RCP 8.5 نیز شرایطی مشابه شرایط دو سناریوی قبل را تجربه کرده است با این تفاوت که در این سناریو مقدار میانگین و مقدار ضریب تغییرات به بالاترین مقدار خود رسیده اند. در این سناریو شمال شرقی محدوده‌ی مورد مطالعه، مقدار میانگین ۳/۲ درجه‌ی سانتیگراد مشاهده

می شود که میزان ضریب تغییرات آن حدود ۲۵ درصد می باشد. تغییرات میانگین دما در مناطق مرکزی با ضریب تغییرات کمتر از ۲۵ درصد، کاهش یافته است. بالاترین تغییرپذیری دما در قسمتی از مناطق شرقی می باشد که با ضریب تغییرات بالای ۱۰۰ درصد، به طور متوسط تغییر میانگین دمای ۲/۴ درجه‌ی سانتیگراد در آن اتفاق افتاده است. در ماه فوریه برخلاف ماه ژانویه، مقدار ضریب تغییرات از RCP 2.6 به سمت RCP 8.5 کاهش یافته است. همچنین در این ماه نسبت به ماه قبل افزایش تغییرات دما در سناریوها مشاهده می گردد. در هر سه سناریو به لحاظ مکانی بیشترین مقدار ضریب تغییرات در بخش شمال شرقی و بیشترین مقدار تغییرات میانگین دما حدوداً در بخش شمال غربی منطقه رخ داده است. همانطور که پیداست در ماه فوریه نیز بیشترین مساحت منطقه دارای کمترین مقدار ضریب تغییرات و میانگین دما می باشد. تغییرات دما در مناطق غربی، جنوبی و شرقی از کمترین میزان خود برخوردار بوده است. بنابراین می توان گفت این مناطق

با توجه به اینکه ضریب تغییرات شده‌ی تغییرات دما از افت و خیز پایین‌تری دارند مقدار پیش بینی کمتری در آنها برخوردار است.



شکل ۴: نقشه توزیع مکانی تغییرات دما نسبت به دوره پایه در زمستان

است. همچنین در این ماه مقادیر ضریب تغییرات کاهش چشمگیرتری نیز داشته اند و تقریباً در هر سه سناریو این مقادیر برابر می‌باشند که این

با توجه به سناریوهای ماه مارس، می توان مشاهده کرد که مقادیر ضریب تغییرات از پراکندگی مکانی بیشتری نسبت به دو ماه قبل برخوردار بوده

موضوع نشان دهنده‌ی افت و خیز کمتر ارزیابی و پیش بینی تغییرات میانگین دمای ماه مارس است. در شمال منطقه بیشترین مقدار تغییرات میانگین دما با بیشترین مقدار ضریب تغییرات بر هم منطبق شده‌اند. به عبارت دیگر می‌توان گفت مقادیر بیشتر میانگین تغییرات دما با نوسان بیشتری همراه خواهد بود در RCP 2.6 مناطق شمالی محدوده‌ی مورد بررسی مقدار تغییر دمای بالای یک درجه و مناطق مرکزی مقدار دمای کمتر از یک درجه‌ی سانتیگراد را تجربه کرده‌اند. سناریوی RCP 4.5 نیز در همین شرایط بوده است و فقط مقداری حدود ۰/۲ درجه افزایش تغییر دما نسبت به سناریوی RCP 2.6 در آن رخ داده است. اما در RCP 8.5 مقدار افزایش تغییرات دما بیشتر بوده است. در این سناریو تغییرات دمای مناطق شمالی به ۲/۱ درجه و تغییرات دمای مناطق مرکزی نیز به کمتر از ۱/۴ درجه رسیده است. ولیکن با توجه به ضریب تغییرات آنها، تغییرات میانگین دما در مناطق شمالی نوسان بیشتری نسبت به مناطق مرکزی دارند.

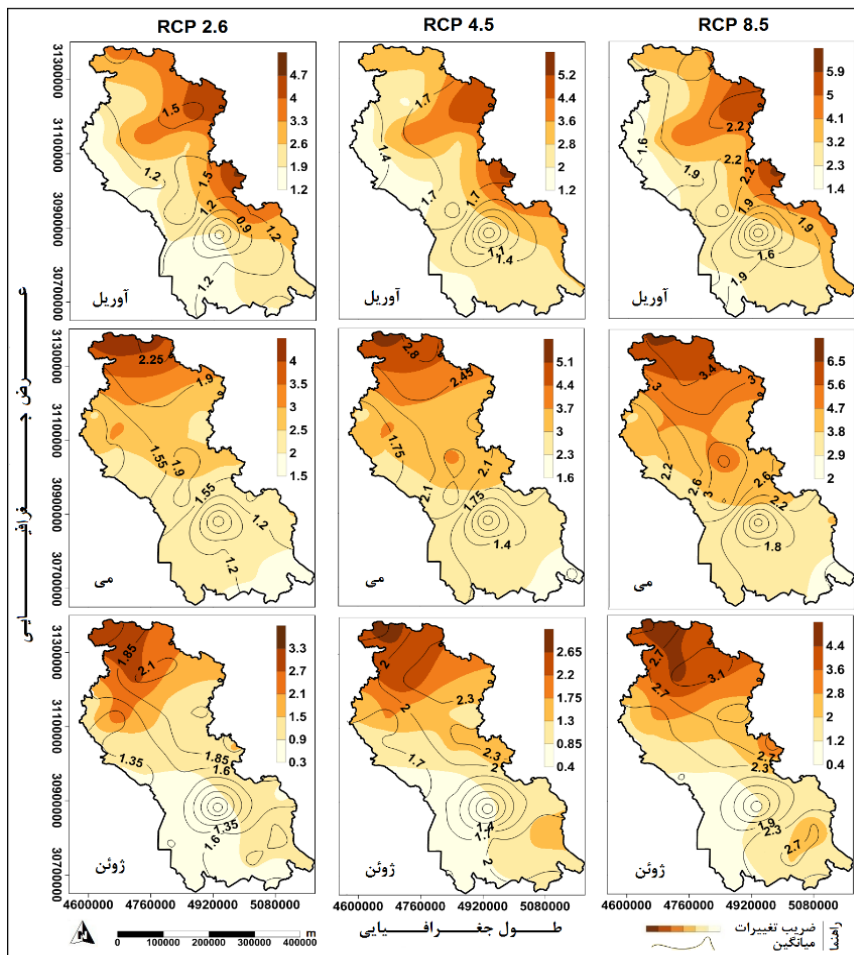
بر این اساس با این تفاسیر می‌توان بیان کرد که براساس سناریوهای مورد بررسی، تغییرات دما در فصل زمستان از مقادیر افزایشی برخوردار خواهد بود. هرچند این افزایش در مناطق شمالی محدوده‌ی مورد بررسی بیشتر و در مناطق جنوبی کمتر می‌باشد. با این وجود ارزیابی و تغییرات پیش بینی دما در مناطق جنوبی، از ضریب تغییرات مکانی کمتری برخوردار است. این در حالی می‌باشد که پیش بینی و ارزیابی تغییرات دما در مناطق شمالی محدوده‌ی مورد مطالعه دارای ضریب تغییرات مکانی بالایی بوده است. در فصل بهار بر اساس آنچه که در نقشه‌های ماه آوریل مشخص است (شکل ۵)، ضریب تغییرات علاوه بر پراکندگی مکانی بیشتر در هر سه سناریو، از مقادیر پایین تغییرات نیز برخوردار بوده است. این در حالیست که تغییرات آن از RCP 2.6 به سمت سناریوی RCP 8.5 مقدار اندکی افزایش داشته است. بیشترین مقدار ضریب تغییرات تحت هر سه سناریو در ایستگاه‌های شرقی و شمال شرقی محدوده مشاهده می‌شود که نوسان بالاتر تغییرات میانگین دما را در این

تغییرات در نیمه‌ی جنوبی از کمترین مقدار و در نیمه‌ی شمالی از بیشترین مقدار خود برخوردار بوده است؛ اما بالاترین مقدار آن در شمال محدوده‌ی مورد بررسی با بالاترین مقدار تغییرات میانگین دما در هر سه سناریو روبرو می‌باشد. در ماه می نیز همانند ماه قبل، ضریب تغییرات و تغییرات میانگین دما از سناریوی RCP 2.6 به سمت RCP 8.5 افزایش داشته است. در RCP 2.6 افزایش تغییرات دما در مناطق شمالی و کاهش آن در مناطق مرکزی از نیمه‌ی جنوبی دیده می‌شود. سناریوی RCP 4.5 نیز به همین ترتیب ولی با افزایش حدود ۰/۶ درجه و ضریب تغییرات حدود ۱/۱ درصدی نسبت به سناریوی قبلی روبرو بوده است. اما در RCP 8.5 میزان تغییرات دما نسبت به دو سناریوی قبلی با افزایش بیشتری مواجه بوده است. در مناطق مرکزی و شمالی این افزایش با مقدار ۳/۴ درجه کاملاً مشهود است و همانند دو سناریوی قبلی در نیمه‌ی جنوبی کاهش تغییرات دما دیده می‌شود. با این وجود تغییرات دما در مناطق نیمه‌ی جنوبی از ثبات بیشتری برخوردار است. تحت سناریوهای ماه

مناطق نسبت به سایر نقاط نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵، تغییرات میانگین دما در قسمت‌های شمال شرقی و مرکزی محدوده‌ی مورد مطالعه از بیشترین مقادیر برخوردار بوده است که این مقادیر از سناریوی RCP 2.6 به سمت RCP 8.5 افزایش داشته است. در RCP 2.6 بالاترین مقدار تغییرات میانگین دما، منحنی همدمای ۱/۵ درجه بوده است که در مناطق شمال شرقی و مرکزی محدوده‌ی مورد مطالعه اتفاق افتاده است. ولی برخی از پهنه‌های نیمه‌ی جنوبی محدوده، شاهد کاهش تغییرات میانگین دماست. سناریوی RCP 4.5 نیز وضعیتی مشابه وضعیت RCP 2.6 را داراست با این تفاوت که تغییرات دما به نسبت در آن ۰/۲ درجه‌ی سانتیگراد افزایش یافته است. همین شرایط در RCP 8.5 نیز مشاهده می‌شود اما تغییرات دما در آن بیشتر از دو سناریوی قبل می‌باشد و مقدار آن در مناطق شمال شرقی، شرقی و مرکزی به ۲/۲ درجه رسیده است و همچنان در برخی از مناطق نیمه‌ی جنوبی کاهش تغییرات دما رخ داده است. مطابق نقشه‌های ماه می، ضریب

یافته است ولی مجدداً در بخش جنوبی رو به افزایش می‌گذارد اما با این حال میزان ضریب تغییرات آن از مقدار کمتری برخوردار است. سناریوهای RCP 2.6 و RCP 4.5 شباهت خیلی نزدیکی به هم داشته است. در هر دو سناریو افزایش تغییرات دما به سمت مناطق شمال شرقی و جنوب شرقی با اختلاف ۰/۲ درجه‌ی سانتیگراد نسبت به هم بوده است. در سناریوی RCP 2.6 بیشترین تغییرات دما ۲/۱ درجه و در RCP 4.5 مقدار آن ۲/۳ درجه‌ی سانتیگراد مشاهده شده است. میزان افزایش تغییرات دما در RCP 8.5 قابل توجه بوده و مقدار آن به بالای ۳ درجه در مناطق شمال شرقی و جنوب شرقی رسیده است.

ژوئن، مقدار ضریب تغییرات در RCP 4.5 نسبت به RCP 2.6 کاهش و سپس در سناریوی RCP 8.5 افزایش یافته است. مقدار این تغییرات در ماه ژوئن نسبت به ماه‌های قبلی فصل بهار از کاهش قابل توجهی برخوردار بوده است. تغییرات میانگین دمای ماه ژوئن همانند دو ماه قبل از سناریوی RCP 2.6 به سمت RCP 8.5 افزایش داشته است. در هر سه سناریو بیشترین مقدار تغییرات میانگین دما نیز با بیشترین مقدار ضریب تغییرات در بخش شمالی محدوده‌ی مورد مطالعه روی هم قرار گرفته است و تغییرپذیری بیشتر دما را در این بخش نشان می‌دهد. مقدار تغییرات میانگین دما با اینکه در بخش مرکزی محدوده کاهش



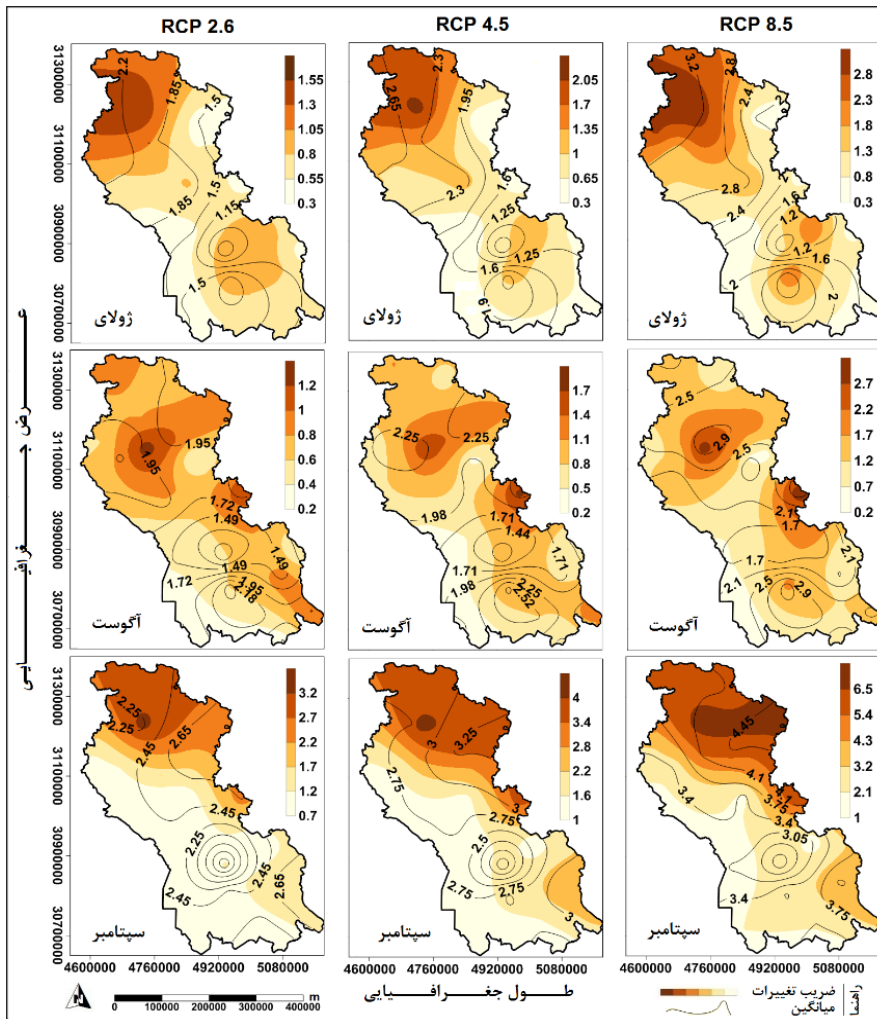
شکل ۵: نقشه توزیع مکانی تغییرات دما نسبت به دوره پایه در بهار

برخوردار می‌باشد (شکل ۶). در سناریوهای ماه ژولای نشان داده می‌شود که ضریب تغییرات و میانگین تغییرات دما جهت افزایشی از سناریوی RCP 2.6 به سمت RCP 8.5 داشته است. افزایش توأم آنها در بخش شمال غربی محدودی مورد مطالعه، با مقدار ۱/۵ درصد و ۲/۲ درجه در RCP 2.6 و مقدار ۲/۸ درصد و ۳/۲ درجه در

در فصل تابستان به دلیل تنوع کمتر سیستم های جوی موثر بر اقلیم منطقه نسبت به فصل سرد سال، توزیع مکانی تغییرات دما در این فصل طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۰ نسبت به دوره پایه، ضریب تغییرات را با کاهش قابل ملاحظه ای مواجه کرده است. به همین دلیل در این فصل، میانگین تغییرات دما از افت و خیز بسیار پایینی

یعنی بیشتر از ۲/۱ درجه‌ی سانتیگراد را به خود اختصاص داده است و درست در بالای این بخش، منحنی‌های کاهش تغییرات دما مشاهده می‌شود. پس از آن نیز به سمت شمال دوباره تغییرات دما افزایش می‌یابد. در RCP 4.5 نیز همین وضعیت با اختلاف اندکی دیده می‌شود. اما در سناریوی RCP 8.5 میانگین تغییرات دمای بالا با مقدار ۲/۹ درجه‌ی سانتیگراد، علاوه بر بخش مرکزی نیمه‌ی شمالی، در بخش جنوبی محدوده‌ی مورد مطالعه نیز اتفاق افتاده است. در بخش مرکزی نیمه‌ی جنوبی کاهش تغییرات دما تا مقدار ۱/۷ درجه‌ی سانتیگراد پیش رفته است.

RCP 8.5 روبرو بوده است. در هر سه سناریو افزایش تغییرات دما در قسمت‌های جنوبی محدوده نیز مشاهده می‌گردد اما ضریب تغییرات آنها بسیار پایین است. همچنین در این سناریوها کاهش تغییرات دما به قسمت‌های شرقی منطقه‌ی مورد مطالعه مایل می‌شود. برحسب نقشه‌های ماه آگوست هسته‌ی بیشترین مقدار ضریب تغییرات در بخش مرکزی نیمه‌ی شمالی و همچنین در بخش شرقی محدوده‌ی مورد مطالعه دیده می‌شود. در سناریوی RCP 2.6 بیشتر مناطق دارای ضریب تغییرات کمتر از یک درصد هستند. تغییرات میانگین دما در بخش جنوبی محدوده، بالاترین مقدار



شکل ۶: نقشه توزیع مکانی تغییرات دما نسبت به دوره پایه در تابستان

سناریوی RCP 8.5 در نیمه‌ی شمالی منطقه افزایش یافته است و تغییرپذیری بیشتر میانگین دما را در سناریوی RCP 8.5 در مناطق بیشتری نشان می‌دهد. در RCP 2.6 بیشترین مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه به کمترین مقدار ضریب

ضریب تغییرات در ماه سپتامبر نسبت به دو ماه قبل از خود افزایش یافته و همزمان افزایش میزان تغییرات میانگین دما را نیز به همراه داشته است. با توجه به افزایش میزان ضریب تغییرات، مساحت بیشترین مقدار آن نیز از سناریوی RCP 2.6 به سمت

تغییرات تعلق دارد. در این مناطق که شامل بخش‌های مرکزی از نیمه‌ی جنوبی می‌شود، کمترین میزان میانگین تغییرات دما در آنها رخ داده است. منحنی تغییرات میانگین دمای ۲/۶ درجه، از قسمت‌های شمال شرقی، شرقی و جنوب شرقی عبور کرده است. در RCP 4.5 نیز همانند سناریوی قبلی کمترین میانگین تغییرات دما با ضریب تغییرات ۱/۶ درصد در نیمه‌ی جنوبی، به صورت دوایر متحد المركز اتفاق افتاده است. بیشترین میزان تغییرات میانگین دما نیز در شمال شرقی منطقه با مقدار ۳/۲۵ درجه به همراه افت و خیز ۴ درصدی دیده می‌شود.

در سناریوی RCP 8.5 بر میزان تغییرات میانگین دما و ضریب تغییرات افزوده شده است. بالاترین میزان تغییرات میانگین دما در شمال شرقی منطقه ۴/۴۵ درجه سانتیگراد بوده است که با تغییرپذیری ۶/۵ درصدی اتفاق افتاده است. کمترین مقدار میانگین نیز در برخی از پهنه‌های نیمه‌ی جنوبی با افت و خیز کمتری دیده می‌شود. در فصل پاییز با توجه به اینکه تنوع سیستم‌های جوی موثر بر

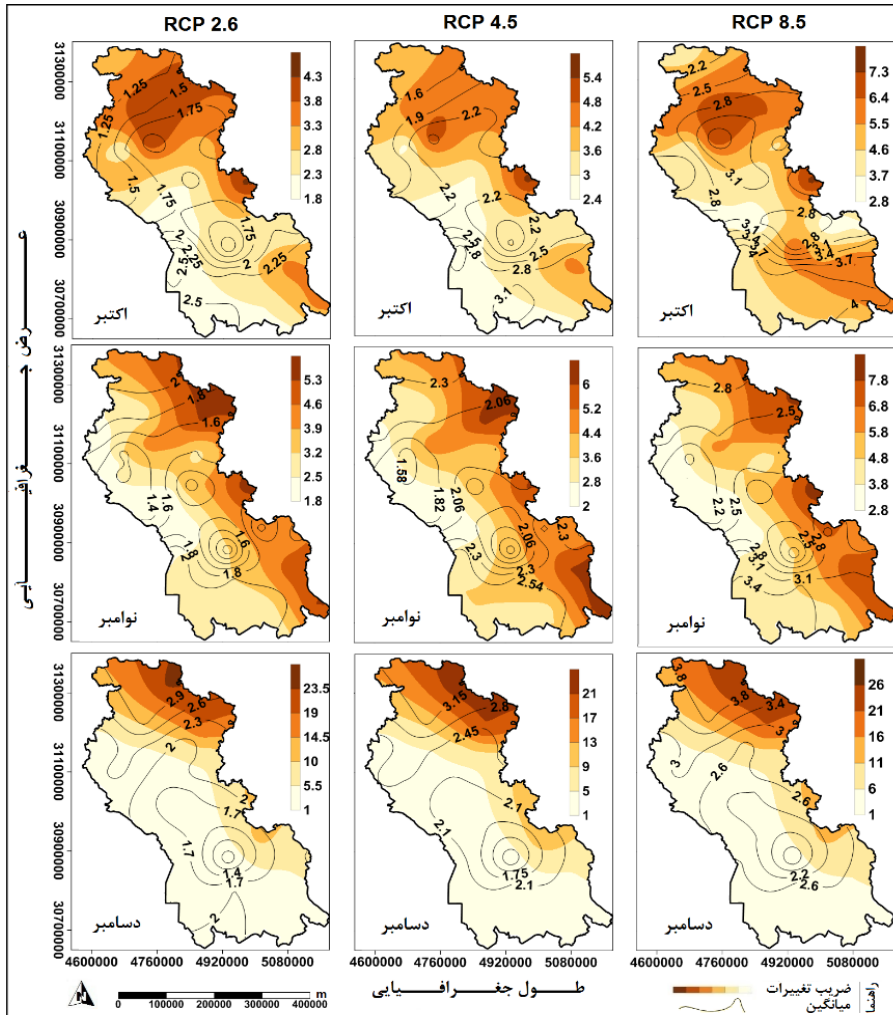
اقلیم منطقه به تدریج افزایش می‌یابد، ضریب تغییرات نسبت به فصل قبل، از افزایش قابل ملاحظه‌ای برخوردار شده و باعث افت و خیز بیشتر تغییرات دما می‌شود (شکل ۷). مطابق سناریوهای ماه اکتبر مقدار ضریب تغییرات و میانگین تغییرات دما از سناریوی RCP 2.6 به طرف RCP 8.5 افزوده شده است. در هر سه سناریو تغییرات دما به سمت مناطق شمالی کاهش و به سمت مناطق جنوبی افزایش یافته است. در RCP 2.6 بیشترین مقدار تغییرات میانگین دما با مناطقی همپوشی داشته است که از مقدار ضریب تغییرات کمتری برخوردار بوده است. بیشترین میزان تغییرات دما در این سناریو، در قسمت جنوب و جنوب غربی به مقدار ۲/۵ درجه دیده شده است. اما کمترین میزان تغییرات دما علاوه بر مناطق شمالی، در بخش‌های مرکزی نیمه‌ی جنوبی نیز دیده می‌شود. سناریوی RCP 4.5 شباهت بسیاری به RCP 2.6 دارد با این تفاوت که میزان ضریب تغییرات و میانگین تغییرات دما در آن تا حدودی افزایش یافته است. اما در سناریوی RCP 8.5 منحنی بیشترین میزان

نیمه‌ی جنوبی محدوده‌ی مورد مطالعه کاهش می‌یابد. در RCP 4.5 بیشترین تغییرات میانگین دما در بخش‌های جنوبی و جنوب غربی به مقدار ۲/۵ درجه می‌باشد که ۲/۸ تا ۳/۶ درصد تغییرپذیری دارد. در این سناریو همانند RCP 2.6 تغییرات دما در مناطق غربی و مناطق مرکزی از نیمه‌ی جنوبی محدوده‌ی مورد مطالعه کاهش می‌یابد. اما در RCP 8.5 تغییرات دما افزایش زیادی داشته و به ۳/۴ درجه‌ی سانتیگراد در مناطق جنوبی و جنوب غربی رسیده است که دارای ۳/۸ درصد افت و خیز می‌باشد کمترین میزان تغییرات دما نیز در قسمت‌های غربی و مناطق مرکزی از نیمه‌ی جنوبی دیده می‌شود که افت و خیز آن در مناطق غربی کمتر از مناطق مرکزی بوده است. سناریوهای ماه دسامبر نشان داده است که میزان ضریب تغییرات در آنها نسبت به دو ماه قبل افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است. در هر سه سناریو بیشترین مساحت پهنه‌ی مورد مطالعه را کمترین مقدار ضریب تغییرات فرا گرفته است. در مناطق شمال شرقی نیز بیشترین مقدار ضریب تغییرات اتفاق

تغییرات دما، علاوه بر مناطق جنوب و جنوب غربی به مناطق جنوب شرقی نیز کشیده شده و مقدار آن به ۴ درجه‌ی سانتیگراد رسیده است. افت و خیز آن در جنوب غرب ۳/۷ درصد، در جنوب ۴/۶ درصد و در جنوب شرقی ۵/۵ درصد بوده است. در این سناریو کمترین میزان تغییرات دما تنها در شمال منطقه با مقدار ۲/۲ درجه بوده که افت و خیز ۴/۶ درصدی داشته است. ماه نوامبر نیز همانند ماه اکتبر بالاترین مقدار میانگین دما و ضریب تغییرات را در سناریوی RCP 8.5 و در مناطق جنوبی محدوده‌ی مورد مطالعه تجربه کرده است. در هر سه سناریو ضریب تغییرات به سمت نیمه‌ی غربی کاهش و به سمت نیمه‌ی شرقی افزایش نشان داده است. اما تغییرات میانگین دما در آنها متفاوت بوده است. طبق سناریوی RCP 2.6 بیشترین تغییرات میانگین دما در مناطق شمالی، شرقی، جنوب شرقی، جنوبی و جنوب غربی مشاهده می‌شود که میزان افت و خیز آن در مناطق شمالی و شرقی بیشتر از سایر مناطق می‌باشد. تغییرات میانگین دما در این سناریو به طرف مناطق غربی و مناطق مرکزی از

سناریوی RCP 2.6 به طرف RCP 8.5
 ۸.۵ به ترتیب ۲/۹، ۳/۱۵ و ۳/۸
 درجه‌ی سانتیگراد بوده است که افت و
 خیزهای متفاوتی را در مناطق شمالی
 تجربه کرده‌اند. در این سناریوها
 کمترین مقدار تغییرات دما با میزان
 افت و خیز یک درصدی رخ داده است.

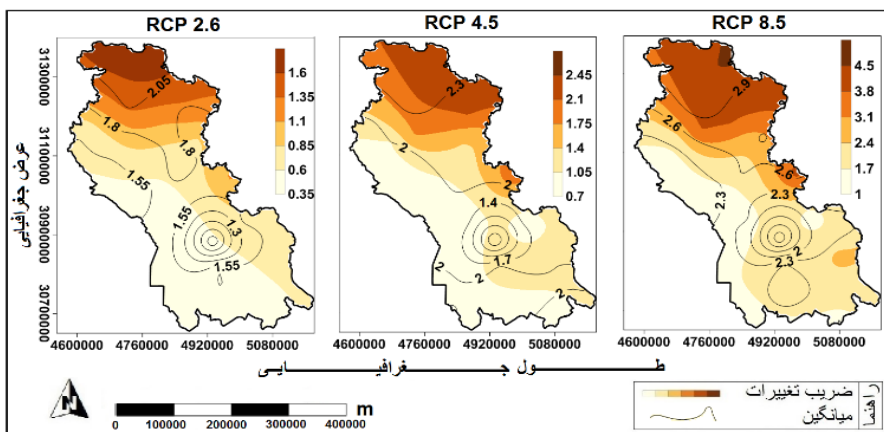
افتاده است و این بیانگر تغییرپذیری
 شدید دما در این نقاط است.
 سناریوهای ماه دسامبر شباهت زیادی
 را به هم نشان داده‌اند و تنها تفاوتشان
 در میزان تغییرات میانگین دما و مقدار
 ضریب تغییرات آنهاست. بیشترین
 مقدار تغییرات میانگین دما از



شکل ۷: نقشه توزیع مکانی تغییرات دما نسبت به دوره پایه در پاییز

دما ۲/۰۵ درجه با افت و خیز ۱/۳۵ درصدی بوده است. میانگین تغییرات دما به سمت بخش های غربی و مرکزی کاهش یافته است. در سناریوی RCP 4.5 میزان بیشترین میانگین تغییرات دما ۲/۳ درجه با افت و خیز ۲/۱ و ۲/۴۵ درصدی دیده می شود. کمترین میزان تغییرات دما نیز در مناطق مرکزی از نیمه ی جنوبی حدود یک درصد تغییرپذیری داشته است. در سناریوی RCP 8.5 بالاترین میزان تغییرات دما با افت خیز ۳/۸ درصدی در شمال منطقه با مقدار ۲/۹ درجه دیده می شود. تغییرات میانگین دما در مناطق غربی و مرکزی کاهش می یابد و از تغییرپذیری کمتری برخوردار است.

مطابق شکل ۸ ضریب تغییرات و میانگین تغییرات دما در بازه ی سالانه از سناریوی RCP 2.6 به سمت RCP 8.5 افزایش داشته است. تحت این سناریوها بیشترین مقدار تغییرات میانگین دما با بیشترین مقدار ضریب تغییرات، توأمان در مناطق شمالی محدوده ی مورد مطالعه اتفاق افتاده است. در هر سه سناریو مناطق مرکزی از نیمه ی جنوبی محدوده با کمترین مقادیر ضریب تغییرات و میانگین تغییرات دما همپوشی داشته است. بر همین اساس می توان گفت بخش های شمالی به نسبت افت و خیز بیشتر تغییرات دما و مناطق مرکزی افت و خیز کمتر تغییرات دما را تجربه خواهند کرد. طبق سناریوی RCP 2.6 میزان بیشترین تغییرات میانگین



شکل ۸: نقشه ی سالانه ی توزیع مکانی تغییرات دما نسبت به دوره پایه

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به منظور بررسی تغییر اقلیم و دمای غرب و جنوب غرب ایران، داده‌های شبکه‌ای میانگین دمای روزانه‌ی ۳۰ ایستگاه سینوپتیک مربوط به استان های واقع در غرب و جنوب‌غرب ایران پرداخته شده است. در این راستا با استفاده از نرم افزار SDSM و MATLAB داده‌های مورد نیاز برای ترسیم نقشه از طریق سناریوهای پیش بینی، بدست آورده شده است. در نهایت با استفاده از سناریوهای RCP 4.5 و RCP 2.6 و RCP 8.5 به ارزیابی و پیش بینی تغییرات میانگین دمای ایستگاه‌های محدوده‌ی مورد مطالعه پرداخته شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، بر اساس نقشه‌های سه ماهه‌ی فصل زمستان، گرمترین ماه در این فصل طی دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۱۰۰ نسبت به دوره‌ی پایه، ماه فوریه بوده است؛ اما با این وجود این ماه دارای تغییر پذیری شدیدی می‌باشد. ماه مارس در این فصل دارای کمترین مقدار تغییرات دما نسبت به دو ماه دیگر است ولیکن تغییرپذیری آن در این ماه بسیار پایین است؛ لذا از ثبات بیشتری نیز برخوردار

می‌باشد. عباسی و اثمیری (۱۳۹۰: ۷۰) طی تحقیقی بر اساس بررسی های به عمل آورده نشان دادند که هر دو الگوی HadCM2 و ECHAM4 بیانگر افزایش دمای تمامی استانهای کشور ایران در دهه‌های آینده هستند. این دو الگو تا دهه ۲۱۰۰ به طور میانگین افزایش دما ۳ تا ۳/۶ درجه سانتیگراد را برای ایران پیش بینی می‌کنند که در هر دو الگو توزیع مکانی افزایش دما با هم مطابقت دارند. فصل بهار نسبت به فصل زمستان از ضریب تغییرات پایین‌تری برخوردار است. از بین ماه‌های این فصل، ماه می افزایش بیشتری را در تغییرات میانگین دما نشان داده است ولی میزان نوسان دما در ماه ژوئن از کمترین مقدار برخوردار بوده است. در هر سه ماه بالاترین میانگین تغییرات دما در نیمه‌ی شرقی و پایین ترین میانگین تغییرات دما در نیمه‌ی جنوبی اتفاق افتاده است. دلاور و همکاران (۱۳۹۳: ۱) نیز در پژوهش خود برای ایستگاه دهلران، افزایش دما در تمام ماه‌های سال و نهایتاً افزایش ۱/۹۷ درجه‌ای آن را در مقیاس سالانه نشان دادند. فصل تابستان

از افزایش دما برای تمام ماه‌ها و سناریوها در منطقه مطالعاتی نسبت به دوره پایه دارد. بر اساس بررسی بازه‌ی سالانه نیز بیشترین مقدار افزایش تغییرات میانگین دما با ضریب تغییرات بالا در مناطق شمالی شامل ایستگاه‌های سنندج، بیجار، سقز و همدان مشاهده شده است. تعدادی از پهنه‌های ایستگاهی نیمه‌ی جنوبی محدوده‌ی مورد مطالعه مانند ایزه و کوهرنگ نیز با کمترین تغییرپذیری، کمترین افزایش را در میانگین تغییرات دما تجربه خواهند کرد. پیش بینی‌های سلاجقه و همکاران (۱۳۹۶: ۲۵۳) نیز نشان می‌دهد که بر اساس نتایج دو روش ریزمقیاس نمایی SDSM و LARS-WG، در هر دو مدل دمای حداقل و دمای حداکثر در دو دهه آتی تحت سناریو A2 در هر دو ایستگاه کرمانشاه و روانسر افزایش می‌یابد. در جای دیگر بر اساس تحقیقات نقی پوربرج (۱۳۹۶: ۱) میانگین سالانه دما تحت تمامی سناریوها و سال‌های مورد بررسی در استان چهارمحال و بختیاری افزایش می‌یابد. بنابراین مطالعات متعددی در زمینه‌ی افزایش تغییرات دمایی دهه‌های آینده در کشور ایران به

نسبت به سایر فصل‌ها از کاهش قابل ملاحظه‌ی ضریب تغییرات برخوردار می‌باشد. در این فصل میانگین تغییرات دما از ماه ژولای به سمت ماه آگوست افزایش می‌یابد. افزایش تغییرات میانگین دما علاوه بر مناطق شمالی در مناطق جنوبی نیز مشاهده می‌شود. چنانچه قلی زاده و ابراهیمی (۱۳۹۵) در تحقیق خود، در هر دو دهه‌ی ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ افزایش دمای سالانه در غرب ایران را پیش‌بینی کرده است که این افزایش در دهه‌ی ۲۰۵۰ نسبت به دهه‌ی ۲۰۲۵ بیشتر می‌باشد، مقدار این افزایش در نیمه‌ی جنوبی منطقه مورد بررسی بیشتر از نیمه‌ی شمالی است. در فصل پاییز ضریب تغییرات دوباره افزایش می‌یابد که این افزایش در ماه آخر بیشتر به چشم می‌خورد. ماه اول و دوم فصل، بیشترین تغییرات میانگین دما را در مناطق جنوبی تجربه کرده است. ماه آخر یعنی دسامبر نیز مناطق شمالی، بیشترین میانگین تغییرات دما با ضریب تغییرات بسیار بالا را به خود دیده است. طی تحقیقات ایزدی و همکاران (۱۳۹۶: ۱)، پیش بینی و تغییرات ماهانه‌ی دمای حداکثر در ایستگاه سینوپتیک شهرکرد حاکی

ویژه در مناطق غرب و جنوب غربی ایران انجام شده است که با بررسی‌های این پژوهش مطابقت دارد. تغییرات آتی دما به احتمال زیاد در زمینه‌ی مدیریت بحران، چالش‌های متعددی را تحت تاثیر قرار خواهد داد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که علاوه بر ردیابی دقیق عوامل موثر در این تغییرات، بر لزوم استفاده از راهکارهای مطرح شده برای مقابله با گرمایش جهانی بیش از پیش تأکید گردد.

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.

منابع

- ایستگاه خرم آباد، همایش تغییر اقلیم و راهی به سوی آینده پایدار، تهران.
- دانه دزفولی، انسیه و ظهراهی، نرگس. (۱۳۹۳). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی متغیر دما در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹ استان خوزستان، کنفرانس ملی علوم و مهندسی محیط زیست، اهواز.
- دلاور، نسرین؛ اخوان، سمیرا و دلاور، اکرم (۱۳۹۳). پیش بینی تأثیرات گرمایش جهانی بر تغییرات دما و بارش در زاگرس غربی ایران (مطالعه موردی: ایستگاه دهلران، دومین کنفرانس ملی مخاطرات محیط زیست زاگرس، تهران.
- دلقندی، مهدی و مؤذن زاده، روزبه (۱۳۹۵). بررسی تغییرات مکانی - زمانی بارش و دمای ایران تحت شرایط تغییر اقلیم با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار، اکوهیدرولوژی، شماره ۳، صص ۳۲۱-۳۳۱.
- رئیس پور، کوهزاد (۱۳۹۳). اقلیم شناسی سینوپتیکی، ماهواره ای گرد و غبارهای غرب و جنوب غرب ایران، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد به راهنمایی محمود خسروی و تقی طاوسی، رشته اقلیم شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- احمدوند کهریزی، مریم و روحانی، حامد (۱۳۹۵). تأثیرات حفاظتی تغییر اقلیم بر اساس ریزمقیاس سازی دمای پیش بینی شده در قرن ۲۱ (مطالعه موردی: دو ایستگاه ارازکوسه و نوده در استان گلستان)، اکوهیدرولوژی، شماره ۴، صص ۵۹۷-۶۰۹.
- ایزدی، زهره؛ حیدرنصرالهی، علی و حقیقتی بروجنی، بیژن (۱۳۹۶). پیش‌بینی تغییرات ماهانه دمای حداکثر در دوره های آتی، تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم (مطالعه موردی: شهرکرد)، چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران.
- آروین، عباسعلی؛ قانقرمه، عبدالعظیم؛ حاجی پور، داور و حیدری، مه‌رآن. (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات برخی عناصر اقلیمی در استان چهارمحال و بختیاری، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۴۱، صص ۱۷۶-۱۵۳.
- بباتی آبی، آسیه و توکلی، محسن (۱۳۹۳). پیش بینی تغییر اقلیم با استفاده از مدل گردش عمومی هوا در

- سلاجقه، علی؛ رفیعی ساردویی، الهام؛ مقدم نیا، علیرضا؛ ملکیان، آرش؛ عراقی نژاد، شهاب؛ خلیقی سیگارودی، شهرام و صالح پورجم، امین (۱۳۹۶). بررسی کارایی مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری LARS-WG و SDSM در شبیه‌سازی دما و بارش، تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۲، صص ۲۵۳-۲۶۲.
- شهیدی، علی؛ تاجبخش، سید محمد؛ خاشعی سیوکی، عباس؛ خزیمه نژاد، حسین و جعفرزاده، احمد (۱۳۹۶). تحلیل عدم قطعیت تغییرات متغیرهای اقلیمی بارش و دما تحت تاثیر تغییر اقلیم (مطالعه موردی استان خراسان جنوبی)، اکوهیدرولوژی، شماره ۴، صص ۹۴۳-۹۵۳.
- عباسی، فاطمه؛ بابائیان، ایمان؛ ملبوسی، شراره؛ اثمري، مرتضی؛ گلی مختاری، لیلی (۱۳۹۰). ارزیابی تغییر اقلیم ایران در دهه های آینده (۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ میلادی) با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱، صص ۲۰۵-۲۳۰.
- عباسی، فاطمه و اثمري، مرتضی (۱۳۹۰). پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات دما و بارش ایران در دهه های آینده با الگوی MAGICC - SCENGEN، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۱، صص ۷۰-۸۳.
- فرجزاده، منوچهر و فیضی، وحید (۱۳۹۱). آشکارسازی تغییرهای زمانی مکانی عناصر دما و بارش در ایران، مدرس علوم انسانی-برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره ۱۴، صص ۴۹-۶۶.
- قلی زاده، محمدحسین و ابراهیمی، زاهد (۱۳۹۵). پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در غرب ایران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد به راهنمایی محمد حسین قلی زاده. رشته ی آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه کردستان.
- محمدی، حسین؛ رنجبر، فیروزه و مقبل، معصومه (۱۳۹۵). اثرات گرمایش جهانی بر دمای کمینه ایران، جغرافیا (فصلنامه ی علمی-پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران)، شماره ۵۱، صص ۳۵۱-۳۶۶.
- منتظری، مجید (۱۳۹۳). واکاوی زمانی- مکانی دماهای سالانه ی ایران طی دوره ی ۲۰۰۸-۱۹۶۱، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۶، صص ۲۰۹-۲۲۸.

- climate model, *Climatic Change*, 114, 301–317.
- IPCC (2007). *Assessment Report 4, Climate Change 2007: Synthesis Report*. IPCC.
 - Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K., Daniel, J.S., Kainuma, M.L.T., Lamarque, J.F., Matsumoto, K., Montzka, S.A., Raper, S.C.B., Riahi, K., Thomson, A., Velders, G.J.M., Van Vuuren, D.P.P (2011). The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300, *Climatic Change*, 109, 213–241.
 - Wilks, D.S., Wilby, R.L (1999). The Weather Generation Game: A Review of Stochastic Weather Models, *Progress in Physical Geography*, 23(3): 329-357.
 - Zarenistanak, M., Dhorde, A.G., Kripalani, R.H (2014). Temperature analysis over southwest Iran: Trends and projections, *Theor Appl Climatol*, 116, 103–117.
 - Zulkarnain, H., Supiah, Sh., Sobri, H (2014). Application of SDSM and LARS-WG for simulating and downscaling of rainfall and temperature, *Theor Appl Climatol*, 116, 243–257.
 - نشاط، علی و سجادی بمی، یاسمین (۱۳۹۵). پیش بینی تاثیر تغییر اقلیم بر فراسنج دما با استفاده از نرم افزار گردش عمومی جو (HadCM3) مطالعه موردی: کرمان و بم، فصلنامه علمی - پژوهشی مهندسی منابع آب، شماره ۳۰، صص ۵۱-۶۲.
 - نقی پوربرج، علی اصغر (۱۳۹۶). ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش استان چهارمحال و بختیاری در دهه‌های آینده، چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران.
 - Brankovic, C., Srncic, L., Patarcic, M (2010). An assessment of global and regional climate change based on the EH50M climate model ensemble, *Climatic change*, 98, 21-49.
 - Goubanova, K., Li. L (2007). Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future climate scenario simulations, *Global and Planetary Change*, 57, 27-42.
 - Gu, H., Wang, G., Yu, zh., Mei, R (2012). Assessing future climate changes and extreme indicators in east and south Asia using the ReGCM4 regional