



Spatio-Temporal Changes in Mean Temperature Across Iran: A Comparative Analysis of the Distant and Recent Past

Ali Zarei¹, Masoumeh Moghbel^{2*}

¹ Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
Email: alizarei2576@ut.ac.ir Email:

² Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
Email: Moghbel@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2025-03-28
Accepted: 2025-05-05

Keywords:
Climate change
temperature trends
global warming
ERA5-Land data

ABSTRACT

Climate change, as one of the major global challenges, refers to persistent alterations in weather patterns that have profound impacts on the environment, economy, and human societies. The aim of this study is to analyze and compare the mean temperature across Iran during two distinct time periods: the distant past (1965–1994) and the recent past (1995–2024), and to examine the trend of these changes on a monthly and annual basis. In this research, ERA5-Land atmospheric reanalysis data were used. The results indicate that the average temperature in Iran has increased in the recent past compared to the distant past, with monthly increases ranging from 0.5°C to 1°C. During the distant past (1965–1994), the temperature trend in some months such as February, March, May, and October was stable or decreasing; however, in the recent past, all months generally show an increasing trend. Findings also reveal that since around the year 2000, both monthly and annual temperature anomalies have shown a consistent positive trend, with the highest anomalies occurring during the warmest months—particularly July and August. In contrast, prior to 2000, anomalies were more variable, including both positive and negative values. The annual temperature trend has increased from approximately 0°C per decade in the distant past to about 0.35°C per decade in the recent period, indicating a significant and persistent warming trend in Iran. This growing trend underscores the importance of implementing effective policies to mitigate the adverse effects of global warming and highlights the need for precise planning in the country's environmental and economic sectors.

Cite this article: Zarei, A., Moghbel, M. (2025). Spatio-Temporal Changes in Mean Temperature Across Iran: A Comparative Analysis of the Distant and Recent Past. *Journal of the Climate Change research*, 6 (23), 57-76.





تغییرات فضایی-زمانی دمای میانگین در سراسر ایران: مقایسه تطبیقی گذشته دور و نزدیک

علی زارعی^۱، معصومه مقبل^{۲*}

۱. گروه جغرافیایی طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران alizarei2576@ut.ac.ir

۲. گروه جغرافیایی طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران Moghbel@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی	تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی جهان، به دگرگونی‌های پایدار در الگوهای آب‌وهوایی اشاره دارد که تأثیرات عمیقی بر محیط‌زیست، اقتصاد و جوامع انسانی برجای می‌گذارد. هدف از مطالعه حاضر، تحلیل و مقایسه میانگین دمای ایران در دو دوره زمانی متمایز، یعنی گذشته دور (۱۹۶۵ تا ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴) و همچنین تحلیل روند این تغییرات به صورت ماه به ماه و سالانه در سراسر ایران می‌باشد. در این تحقیق از داده‌های شبکه‌بندی بازکاوی ERA5-Land استفاده گردید. نتایج نشان داد، در گذشته نزدیک نسبت به گذشته دور، میانگین دما در ایران افزایش یافته و این افزایش در ماه‌های مختلف بین ۰/۵ تا ۱ درجه سلسیوس متغیر بوده است. در گذشته دور (۱۹۶۵-۱۹۹۴)، دمای برخی ماه‌ها مانند فوریه، مارس، مه و اکتبر روندی ثابت یا کاهشی داشته، اما در گذشته نزدیک، تمام ماه‌های سال، عمدتاً افزایش دما را نشان می‌دهند. یافته‌ها نشان داد که تقریباً از سال ۲۰۰۰ به بعد، ناهنجاری دمایی ماهانه و سالانه به‌طور پیوسته روندی مثبت و افزایشی داشته است که ماه‌های گرم سال به‌ویژه جولای و آگوست، بیشترین مقدار ناهنجاری مثبت را نشان می‌دهند اما در سال‌های پیش از آن، ناهنجاری‌ها نوسانی و شامل مقادیر مثبت و منفی بوده است. روند تغییرات سالانه دما نیز از حدود صفر درجه سلسیوس در دوره گذشته دور، به ۰/۳۵ درجه سلسیوس در هر دهه در دوره اخیر رسیده است که نشان‌دهنده گرمایش چشمگیر و پایدار است. این روند رو به رشد، اهمیت اتخاذ سیاست‌های موثر برای کاهش اثرات منفی گرمایش جهانی و برنامه‌ریزی‌های دقیق در بخش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی کشور را دوچندان می‌کند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶	
واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم روند تغییرات دما گرمایش جهانی ERA5-Land	

استناد: زارعی، علی؛ معصومه، مقبل. (۱۴۰۴). تغییرات فضایی-زمانی دمای میانگین در سراسر ایران: مقایسه تطبیقی گذشته دور و نزدیک. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۶ (۲۳)، ۷۶-۵۷.



مقدمه

دمای هوا، معیاری برای سنجش گرمای محیط اطراف است که نه تنها بر آسایش حرارتی و سلامت انسان اثرگذار است، بلکه در کنترل و مدیریت شرایط محیطی داخلی و خارجی نیز نقش مهمی دارد (زارعی، ۱۴۰۳). اصطلاح اقلیم به میانگین درازمدت آب و هوای یک منطقه گفته می‌شود (اکبری و همکاران، ۱۴۰۰) و تغییرات اقلیمی یکی از پیچیده‌ترین و تأثیرگذارترین پدیده‌های زیست‌محیطی در عصر حاضر محسوب می‌شود که اثرات آن در مقیاس‌های جهانی، منطقه‌ای و محلی قابل مشاهده است (Abbas et al., 2022). این تغییرات، که عمدتاً به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی نظیر صنعتی‌سازی، حمل‌ونقل و جنگل‌زدایی نسبت داده می‌شود، الگوهای آب‌وهوایی را دستخوش تحولات چشمگیری کرده است (Florides & Christodoulides., 2008). گزارش‌های هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC) نیز نشان‌دهنده افزایش قابل توجه میانگین دما در قرن بیستم و بیست‌ویکم، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند خاورمیانه، است که این یافته‌ها بر تأثیر فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی جهانی تأکید دارند.

تغییرات دمایی، به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی تغییر اقلیم، نه تنها بر اکوسیستم‌های طبیعی بلکه بر بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و بهداشتی جوامع تأثیرات عمیقی بر جای می‌گذارد (Swinburn et al., 2019). کاهش یا افزایش شدید دما می‌تواند موجب افزایش نرخ مرگ‌ومیر شود (فرج‌زاده اصل و دارند، ۱۳۸۷). علاوه بر این، افزایش دما منجر به طوفان‌های شدیدتر، خشکسالی‌های طولانی‌تر و سایر نوسانات شدید آب‌وهوایی می‌شود (علی‌بخشی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات متعددی مشخص نموده است که دمای هوا با مصرف انرژی الکتریکی مرتبط است (عسگری و جهانگیری، ۱۴۰۰؛ Shin et al., 2019؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ شکوری گنجوی و نظرزاده، ۱۳۸۳) همچنین مطالعه زارعی و خورانی (۱۴۰۳) نشان داد که افزایش دما در ماه‌های گرم

باعث افزایش تقاضای انرژی الکتریکی به منظور کاهش دمای محیط می‌شود.

افزایش دما به‌ویژه در ماه‌های گرم، ارتباط مستقیمی با نیاز به سرمایش و خنک کردن محیط دارد، به‌طوری که هرچه دما بالاتر رود، تقاضا برای استفاده از سیستم‌های سرمایشی افزایش می‌یابد. در این راستا، مطالعه انجام شده توسط Zarei & Moghbel (2025) نشان داد که شاخص درجه‌روز سرمایشی سالانه (ACDD) در ایران، روندی افزایشی دارد. این افزایش در آینده، تحت سناریوهای اقلیمی SSP2-4.5 و به‌ویژه SSP5-8.5، شدت خواهد یافت. نتایج حاکی از آن است که تغییرات دما مستقیماً منجر به افزایش نیاز سرمایشی شده و ضرورت برنامه‌ریزی برای مدیریت انرژی، بهداشت عمومی و سازگاری با تغییر اقلیم را افزایش می‌دهد.

ایران، به‌عنوان کشوری با تنوع اقلیمی گسترده و قرارگیری در منطقه خشک و نیمه‌خشک، از این دگرگونی‌ها به‌ویژه در زمینه افزایش دما و کاهش منابع آبی متأثر شده است. مطالعه (Tariq et al., 2022) نشان داد که در سال‌های اخیر، تغییر کاربری اراضی و کاهش پوشش گیاهی موجب افزایش دما شده است. از این‌رو، بررسی دقیق این تغییرات و تحلیل روند آن در بازه‌های زمانی ماهانه، کمک شایانی به درک بهتر پویایی‌های اقلیمی و برنامه‌ریزی مؤثر در جهت کاهش اثرات منفی آن خواهد نمود. ایران، با داشتن تنوع اقلیمی بالا (فرهود و همکاران، ۱۴۰۲)، به‌عنوان یک مورد مطالعاتی برجسته، تحت تأثیر این تغییرات قرار دارد.

ضرورت انجام این مطالعه از جنبه‌های حیاتی و کاربردی قابل بررسی است. ایران با توجه به نقش حیاتی کشاورزی و منابع آبی در اقتصاد و معیشت مردم، به شدت در برابر تغییرات اقلیمی حساس و آسیب‌پذیر است. افزایش تدریجی دما نه تنها باعث افزایش تبخیر و کاهش منابع آب می‌شود، بلکه پیامدهای مستقیم و گسترده‌ای بر امنیت غذایی، سلامت محیط‌زیست و رفاه اجتماعی دارد. از سوی دیگر، محدودیت و پراکندگی داده‌های به‌روز و دقیق

چشمگیری داشته است. این تغییرات در دهه‌های اخیر سرعت گرفته و می‌تواند تأثیرات اقتصادی و اجتماعی گسترده‌ای داشته باشد.

مطالعه حاضر با بهره‌گیری از داده‌های شبکه‌بندی شده با تفکیک بالا و به روز، روند تغییرات ماهانه دما را در دو دوره ۳۰ ساله شامل گذشته دور (۱۹۶۵-۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵-۲۰۲۴) در سراسر ایران تحلیل می‌نماید. نوآوری اصلی پژوهش، رویکرد مقایسه‌ای ماه به ماه گذشته دور (۱۹۶۵-۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵-۲۰۲۴) در سراسر ایران است که تصویری دقیق‌تر و روشن‌تری از تغییرات اقلیمی کشور ارائه می‌دهد. هدف این مطالعه، شناسایی روندهای تغییر دما به تفکیک ماه و بررسی شدت و شتاب تغییرات در دو دوره زمانی مذکور برای حمایت از برنامه‌ریزی‌های اقلیمی و سازگاری با تغییرات محیطی است.

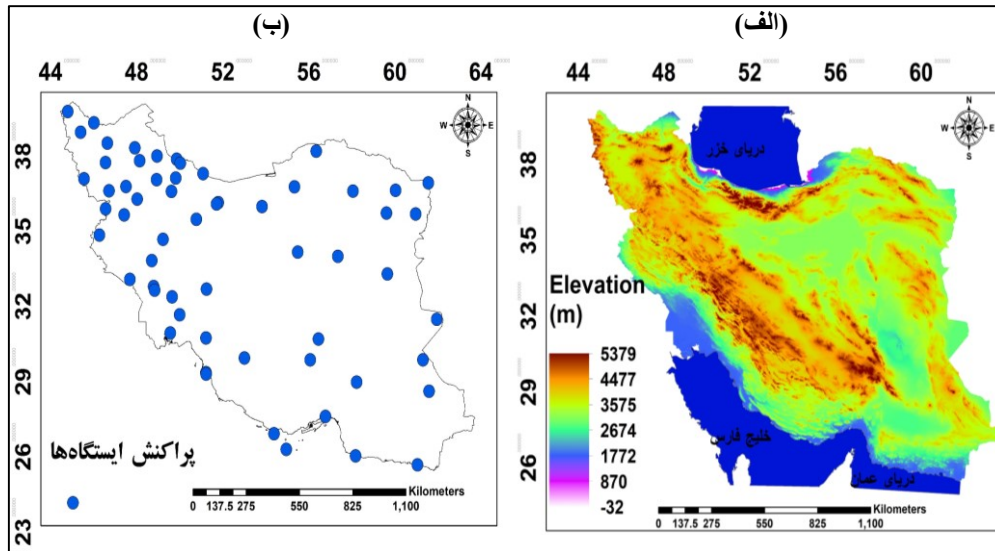
داده و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: ایران با مساحتی حدود ۱,۶۴۸,۱۹۵ کیلومتر مربع در جنوب غربی آسیا قرار دارد و به عنوان یکی از کشورهای خاورمیانه شناخته می‌شود. این کشور به طور میانگین بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. بخش قابل توجهی از ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و تقریباً یک‌سوم از مساحت آن را مناطق کوهستانی تشکیل می‌دهند. بیشترین میزان بارندگی در نواحی جنوب غربی دریای خزر مشاهده می‌شود، در حالی که دشت لوت کمترین میزان بارش را دارد. به دلیل تفاوت در ارتفاع و عرض جغرافیایی، تنوع اقلیمی قابل توجهی در مناطق مختلف ایران دیده می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۴۰۲) یکی از ویژگی‌های خاص آب و هوای ایران این است که مناطق مختلف آن می‌توانند چهار فصل متفاوت و مجزا را تجربه کنند (فرج‌زاده اصل، ۱۳۷۴) (شکل ۱)

در بسیاری از مناطق کشور، مانعی جدی برای تحلیل‌های علمی و سیاست‌گذاری‌های مؤثر است که این موضوع در مطالعات پیشین نیز مورد تأکید قرار گرفته است (کامیابی و عبدی، ۱۳۹۹). این خلأ اطلاعاتی ضرورت انجام تحلیل‌های ریزبینانه، مبتنی بر داده‌های شبکه‌بندی شده و جامع را برجسته می‌کند. علاوه بر این، بررسی روندهای دمایی به صورت ماهانه و مقایسه تطبیقی آن در دو دوره زمانی متوالی، درک بهتر و دقیق‌تری از الگوهای تغییرات اقلیمی فراهم می‌کند که می‌تواند به پیش‌بینی دقیق‌تر تأثیرات آینده و تدوین راهکارهای بهینه سازگاری کمک نماید. در شرایطی که شواهد جهانی از تسریع گرمایش اقلیمی حکایت دارد، این پژوهش می‌تواند نقش کلیدی در تقویت دانش اقلیمی کشور و حمایت از تصمیم‌گیری‌های راهبردی ایفا نماید.

پژوهشی با هدف بررسی الگوهای فضایی تغییر دمای سالانه در ایران طی پنج دهه اخیر (۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰) توسط (Asakereh et al., 2020) انجام شده است. نتایج نشان داد که میانگین دمای سالانه ایران در دهه‌های اخیر به طور معنی‌داری افزایش یافته است. الگوی فضایی تغییر دما بیشتر تحت تأثیر عوامل محلی مانند تغییرات عرض جغرافیایی است و دما با افزایش عرض جغرافیایی کاهش می‌یابد. مناطق کوهستانی دماهای پایین‌تری دارند، در حالی که مناطق جنوبی و اطراف خلیج فارس دماهای بالاتری را تجربه می‌کنند. همچنین مطالعه مذکور نشان داد در دهه‌های اخیر، مناطق با الگوی فضایی مثبت افزایش یافته‌اند که نشان‌دهنده روند رو به افزایش دما در این بخش‌ها است.

مطالعه‌ای توسط (Almazroui, 2020) با هدف بررسی تغییرات دماهای حدی در عربستان سعودی طی سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۹ انجام شده است. یافته‌ها حاکی از آن است که دمای حداقل و حداکثر به ترتیب با نرخ ۰/۶۴ و ۰/۶۰ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش یافته‌اند. همچنین، تعداد روزها و شب‌های گرم افزایش و تعداد روزها و شب‌های سرد کاهش



شکل ۱: (الف) مدل رقومی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه (ب) موقعیت ایستگاه‌های همدید

داده‌های استفاده شده

۲-۲-۱. داده‌های میانگین دمای ثبت شده توسط ایستگاه‌های همدید منطقه مورد مطالعه دوره ۱۹۹۳ - ۲۰۲۲ که تنها ایستگاه‌هایی که کمتر از ۱۰٪ داده‌های مفقود داشتند وارد تحلیل شدند تا دقت و اعتبار نتایج تضمین شود. این داده‌ها به منظور اعتبارسنجی داده‌های ERA5-Land به کار گرفته شدند تا دقت داده‌های مدل در بازنمایی شرایط اقلیمی منطقه ارزیابی و مناسب آن برای استفاده در مطالعات بلندمدت اقلیمی سنجیده شود.

۲-۲-۲. داده‌های شبکه‌بندی میانگین ماهانه دما، ارائه شده بر مبنای داده‌های بازکاوی جو ERA5-Land. داده مذکور برای دو بازه زمانی یعنی گذشته دور (۱۹۶۵ تا ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴) اخذ گردید. داده‌های ERA5-Land یک مجموعه داده بازتحلیل است که تغییرات متغیرهای مختلف را در طول چند دهه با دقت بالاتر نسبت به داده‌های ERA5 نمایش می‌دهد. تفکیک افقی داده مذکور حدا ۱۱ کیلومتر است که با استفاده از مدل‌ها و مشاهدات جهانی و بر اساس قوانین فیزیکی تولید شده‌اند تا یک نمای دقیق از اقلیم گذشته فراهم کنند. مطالعات قبلی نشان داده است که داده‌های ERA5 از

همبستگی بالایی با داده‌های ایستگاهی برخوردار است (Urban et al., 2021; Kyaw et al., 2023).

روش‌های آماری

۱-۳-۲. ضریب همبستگی، ارتباط بین دو متغیر را نشان می‌دهد (رابطه ۱). در مطالعه حاضر از ضریب همبستگی به وسیله نمودار تیلور به منظور ارتباط آماری بین داده ERA5-Land و داده‌های مشاهداتی استفاده شد.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1) \text{ رابطه}$$

n تعداد مشاهدات یا کل داده‌های مورد بررسی است، $\sum xy$ مجموع حاصل ضرب مقادیر X و Y در مجموعه داده‌ها است، $\sum x$ مجموع مقادیر X در مجموعه داده‌ها است، $\sum y$ مجموع مقادیر Y در مجموعه داده‌ها است، $\sum x^2$ مجموع مربع مقادیر X در مجموعه داده‌ها است و $\sum y^2$ مجموع مربع مقادیر Y در مجموعه داده‌ها است.

۲-۳-۲. RMSD میزان خطای بین دو مجموعه داده را اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص نشان دهنده فاصله مقادیر مدل با مقادیر مشاهده شده است که مقادیر کمتر، نشان دهنده عملکرد بهتر مدل است و از رابطه زیر محاسبه شده است. به‌طور کلی RMSD به منظور ارزیابی مدل‌ها استفاده می‌شود.

شد؛ روشی معتبر و پرکاربرد در تحلیل داده‌های سری زمانی که به شناسایی روندها و تغییرات در طول زمان کمک می‌کند (Islam et al., 2021). در این مدل، سال به عنوان متغیر مستقل و دمای میانگین ماهانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. هدف استفاده از این مدل، بررسی روند تغییرات دما برای هر ماه به صورت جداگانه در دو دوره زمانی گذشته دور و گذشته نزدیک می‌باشد.

نتایج

اعتبارسنجی داده‌های شبکه‌بندی ERA5-Land: به منظور بررسی دقت داده‌های بازتحلیل ERA5-Land در بازنمایی دمای هوا، مقایسه‌ای ماهانه میان این داده‌ها و مشاهدات ایستگاهی صورت گرفت. براساس نمودار تیلور، ضریب همبستگی بین داده‌های ERA5-Land و داده‌های ایستگاهی در ماه‌های مختلف بین ۰/۸۲ تا ۰/۹۵ متغیر بوده است که نشان‌دهنده تطابق قابل قبول بین این دو مجموعه داده است. علاوه بر این، مقدار انحراف معیار ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSD) در طول ماه‌های مختلف در بازه‌ای بین ۰/۳ تا ۰/۷ درجه سلسیوس قرار گرفته است. این مقادیر، دلالت بر خطای محدود داده‌های ERA5-Land در بازنمایی دمای هوا دارند. همچنین مقایسه انحراف معیار داده‌های ERA5-Land با مشاهدات نشان داد که در تمام ماه‌ها بسیار به یکدیگر نزدیک هستند؛ به گونه‌ای که پراکندگی و نوسانات دمایی بازتحلیل، تطابق خوبی با تغییرات واقعی دارد. بر این اساس و با توجه به مطالعات پیشین، می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های دمایی ERA5-Land از دقت و قابلیت اطمینان مناسبی برخوردار بوده و برای استفاده در مطالعات اقلیمی و تحلیل‌های بلندمدت دما، به‌ویژه در مناطقی با کمبود داده‌های ایستگاهی، گزینه‌ای معتبر و قابل اتکا محسوب می‌شوند (شکل ۲).

(Hodson, 2022) (رابطه ۲). در مطالعه حاضر به وسیله نمودار تیلور از RMSD به منظور ارزیابی خطای ERA5_Land نسبت به داده‌های مشاهداتی استفاده شد.

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_{pred} - y_{obs})^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

n تعداد مشاهدات یا داده‌ها است، y_{obs} مقدار واقعی در نقطه i و \widehat{y}_{pred} مقدار پیش‌بینی شده در نقطه i .

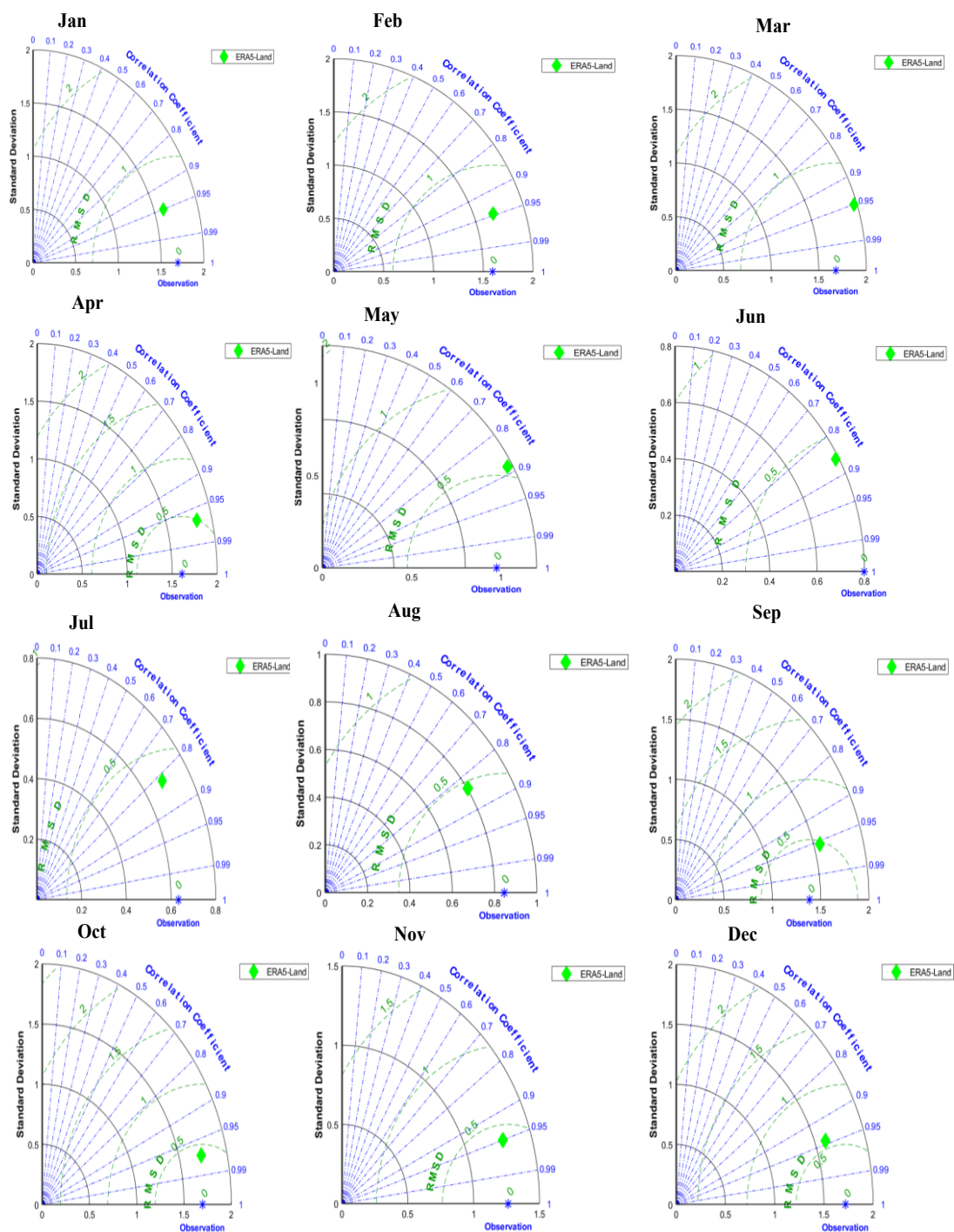
۲-۳-۳. انحراف معیار اندازه‌گیری میزان پراکندگی در مجموعه‌ای از داده‌ها است و میزان پراکندگی مقادیر نسبت به میانگین را محاسبه می‌کند (Kamruzzaman et al., 2023) (رابطه ۳). در مطالعه حاضر به وسیله نمودار تیلور از انحراف معیار به منظور مقایسه مقدار پراکندگی داده ERA5_Land با داده مشاهداتی استفاده گردید.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{(n-1)}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

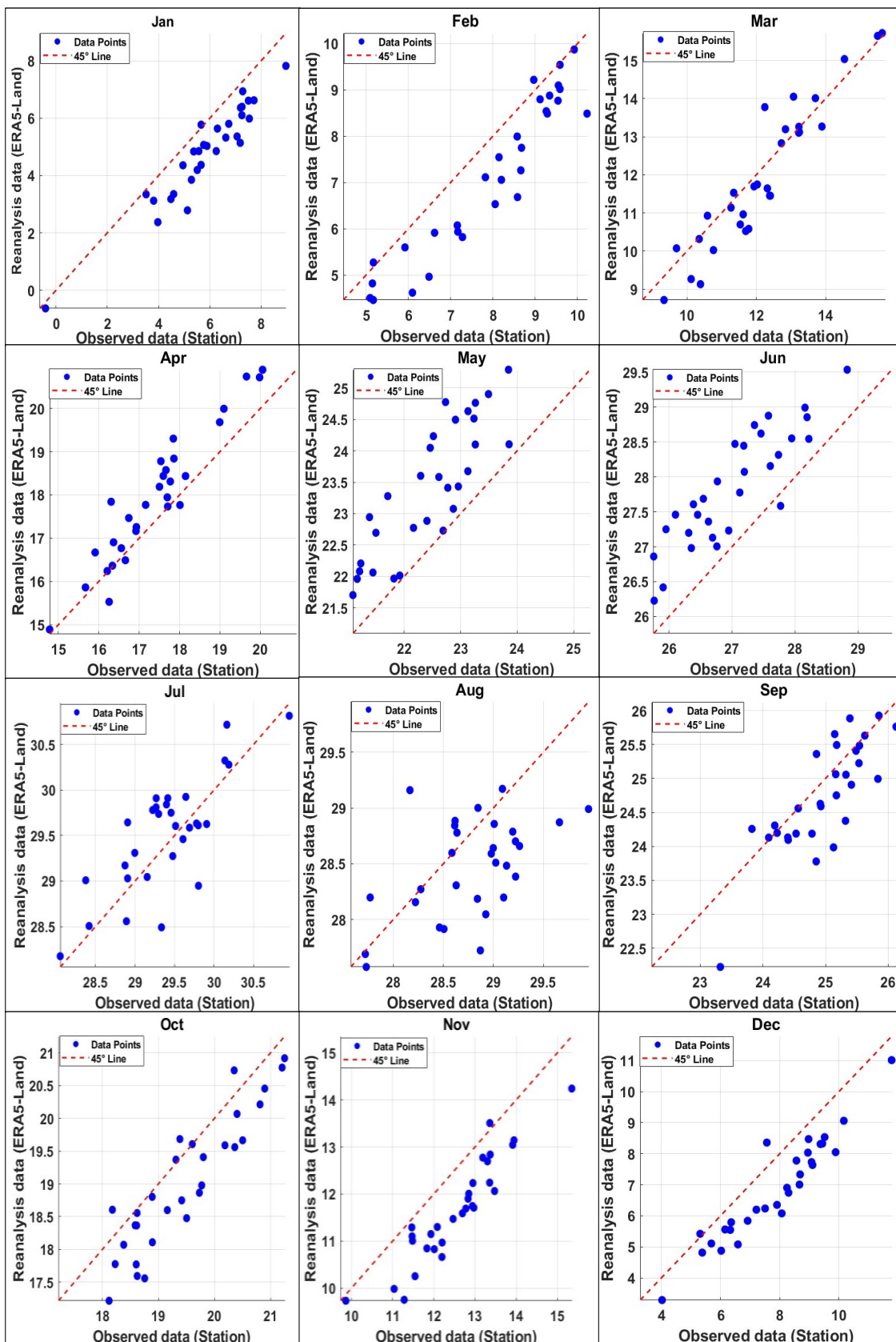
در این رابطه، σ انحراف استاندارد نمونه، x_i هر مشاهده در مجموع داده‌ها، μ میانگین نمونه، n حجم نمونه و \sum مجموع مشاهدات می‌باشد.

۲-۳-۴. در این تحقیق علاوه بر نمودار تیلور، از نمودار پراکندگی با خط مرجع ۴۵ درجه به منظور تقویت فرآیند اعتبارسنجی داده‌های بازتحلیل ERA5-Land در بازنمایی دمای ماهانه ایستگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. این نمودار امکان بررسی دقیق میزان انطباق داده‌های بازتحلیل با داده‌های مشاهده‌ای را فراهم می‌کند. علاوه بر نمایش بصری همبستگی، می‌تواند وجود بیش‌برآورد یا کم‌برآورد مدل را به صورت مستقیم نشان دهد که در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Mohammadi et al., 2024).

۲-۳-۵. در این مطالعه، برای تحلیل روند تغییرات میانگین دما در هر ماه، از رگرسیون خطی استفاده



شکل ۲: نمودار تیلور: اعتبارسنجی میانگین دمای ماهانه حاصل از داده‌های شبکه‌بندی ERA5-Land براساس داده‌های مشاهداتی دوره ۱۹۹۳-۲۰۲۲.



شکل ۳: نمودار پراکندگی با خط مرجع ۴۵: اعتبارسنجی میانگین دمای ماهانه حاصل از داده‌های شبکه‌بندی ERA5-Land براساس داده‌های مشاهداتی دوره ۱۹۹۳-۲۰۲۲.

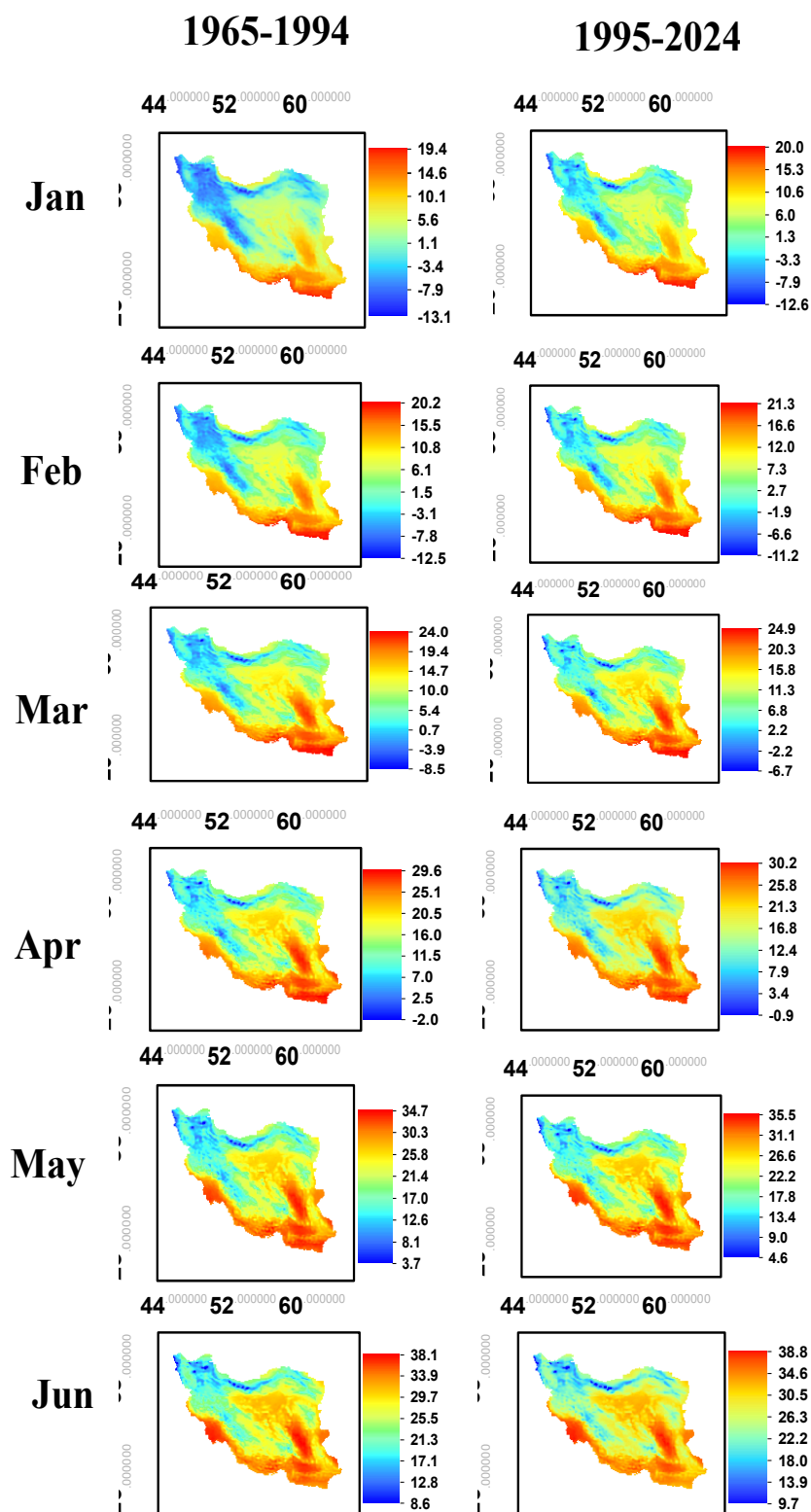
طوری که در ماه مذکور، بیشترین و کمترین دما به ترتیب $0/6$ و $0/5$ درجه سلسیوس بیشتر از گذشته دور بوده است. در ماه فوریه، نیز افزایش دما در گذشته نزدیک نسبت به گذشته دور مشاهده می‌شود و همچنین بر شدت آن نیز افزوده شده است که حدوداً یک درجه سلسیوس است. در ماه‌های مارس و آوریل در بخش‌هایی که دارای بیشترین دما هستند، به ترتیب $0/9$ و $0/6$ درجه سلسیوس افزایش دمای میانگین در گذشته نزدیک نسبت به گذشته دور مشاهده می‌گردد. همچنین در ماه‌های مه و جون نیز $0/8$ و $0/7$ درجه سلسیوس افزایش دمای میانگین در گذشته نزدیک نسبت به گذشته دور ثبت شده است.

با ورود به ماه‌های گرم، دما در بخش‌های مختلف کشور به اوج خود می‌رسد به طوری که در ماه جولای دمای بخش‌های شمال و شمال غرب کشور که جزو مناطق داری کمترین دما در تمام ماه‌های سال هستند در هر دور دوره، حدود 13 درجه سلسیوس است. بیشترین دما نیز در این ماه مانند تمام ماه‌های سال، مربوط به بخش‌های جنوبی کشور است که از $39/3$ درجه سلسیوس در گذشته دور به $40/2$ درجه سلسیوس در گذشته نزدیک افزایش یافته است. در ماه آگوست از مقدار اوج دما که در ماه جولای مشاهده شد، کاسته می‌گردد و این کاهش به تدریج در ماه‌های بعد هم ادامه دارد. مقایسه دو دوره وضعیت میانگین دمایی کشور در شش ماه دوم سال نشان می‌دهد که در همه ماه‌ها، دمای بخش‌های مختلف کشور در گذشته نزدیک نسبت به گذشته دور افزایش یافته است که شدت این افزایش در ماه‌های جولای تا دسامبر نیز با مقدار تقریبی یک درجه سلسیوس همچنان پابرجاست. به‌طور کلی، در تمامی ماه‌ها، گذشته نزدیک (۱۹۹۵-۲۰۲۴) نسبت به گذشته دور (۱۹۶۵-۱۹۹۴) افزایش میانگین دما را نشان می‌دهد. این افزایش در ماه‌های سرد سال مانند دسامبر و ژانویه با کاهش سرما و در ماه‌های گرم سال مانند جولای و آگوست با شدت گرفتن گرما همراه است (شکل ۴ و ۵).

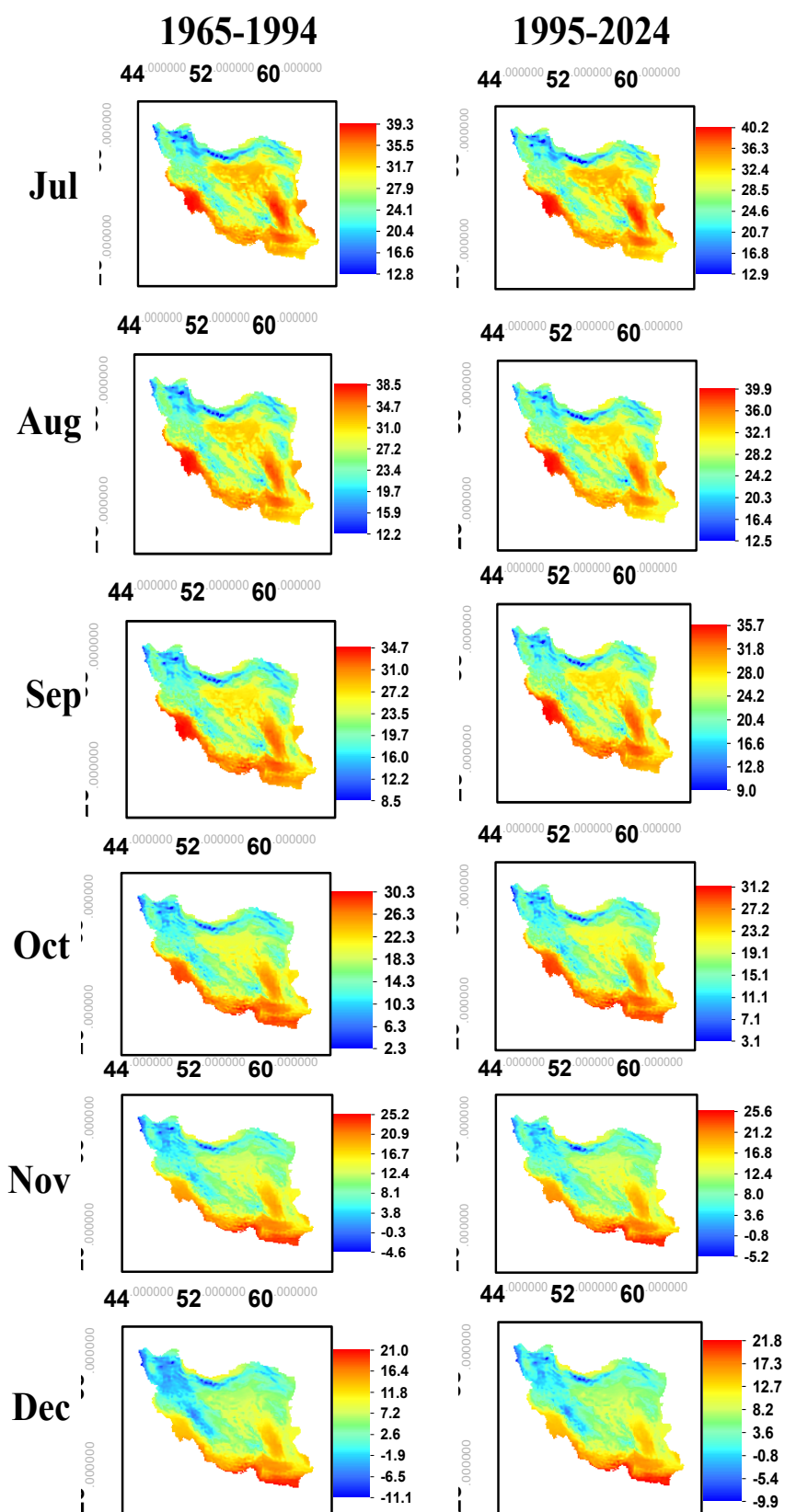
از آنجا که نمودار تیلور امکان نمایش مستقیم بیش‌برآورد یا کم‌برآورد مدل را فراهم نمی‌کند، برای تکمیل فرآیند اعتبارسنجی، از نمودار پراکندگی با خط مرجع 45 درجه نیز استفاده شد. نتایج این نمودار نشان داد که داده‌های بازتحلیل ERA5-Land به‌طور کلی توانسته‌اند دمای میانگین را با دقت مناسبی بازتولید کنند و نقاط مربوط به هر ماه عمدتاً حول خط 45 درجه متمرکز شده‌اند. در اغلب ماه‌ها، همبستگی بالایی میان داده‌های بازتحلیل و داده‌های مشاهده‌ای وجود داشته و پراکندگی نقاط اندک بوده است؛ به طوری که مدل فاقد بایاس سیستماتیک قابل توجه بوده و دقت مناسبی در بازتولید مقادیر مشاهده‌شده از خود نشان داده است. با این حال، در برخی ماه‌ها مانند اوت، پراکندگی بیشتری مشاهده شده و تعدادی از نقاط از خط 45 درجه فاصله گرفته‌اند. همچنین در برخی ماه‌ها مانند ژانویه و فوریه، مدل تمایل به کم‌برآورد مقادیر و در ماه‌های مه و جون، بیش‌برآورد نشان داده است؛ هرچند این اختلافات محدود بوده و تأثیر قابل توجهی بر تطابق کلی داده‌ها با مشاهدات نداشته است (شکل ۳).

وضعیت دمایی در گذشته دور و نزدیک: بعد از استخراج مقادیر میانگین دما با تفکیک زمانی ماهانه، برای دوره گذشته دور (۱۹۶۵ - ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ - ۲۰۲۴) نقشه‌های فضایی منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید. نتایج نشان می‌دهد در تمام ماه‌های سال، بخش‌های جنوبی کشور دارای بیشترین دما و در بخش‌های شمال و شمال غرب، کمترین دما حاکم است و این الگو در طول سال مشاهده می‌شود. بر اساس تحلیل مقایسه‌ای میانگین دمای ایران در دو دوره زمانی گذشته دور و گذشته نزدیک، تغییرات دمایی قابل توجهی در هر ماه مشاهده می‌گردد.

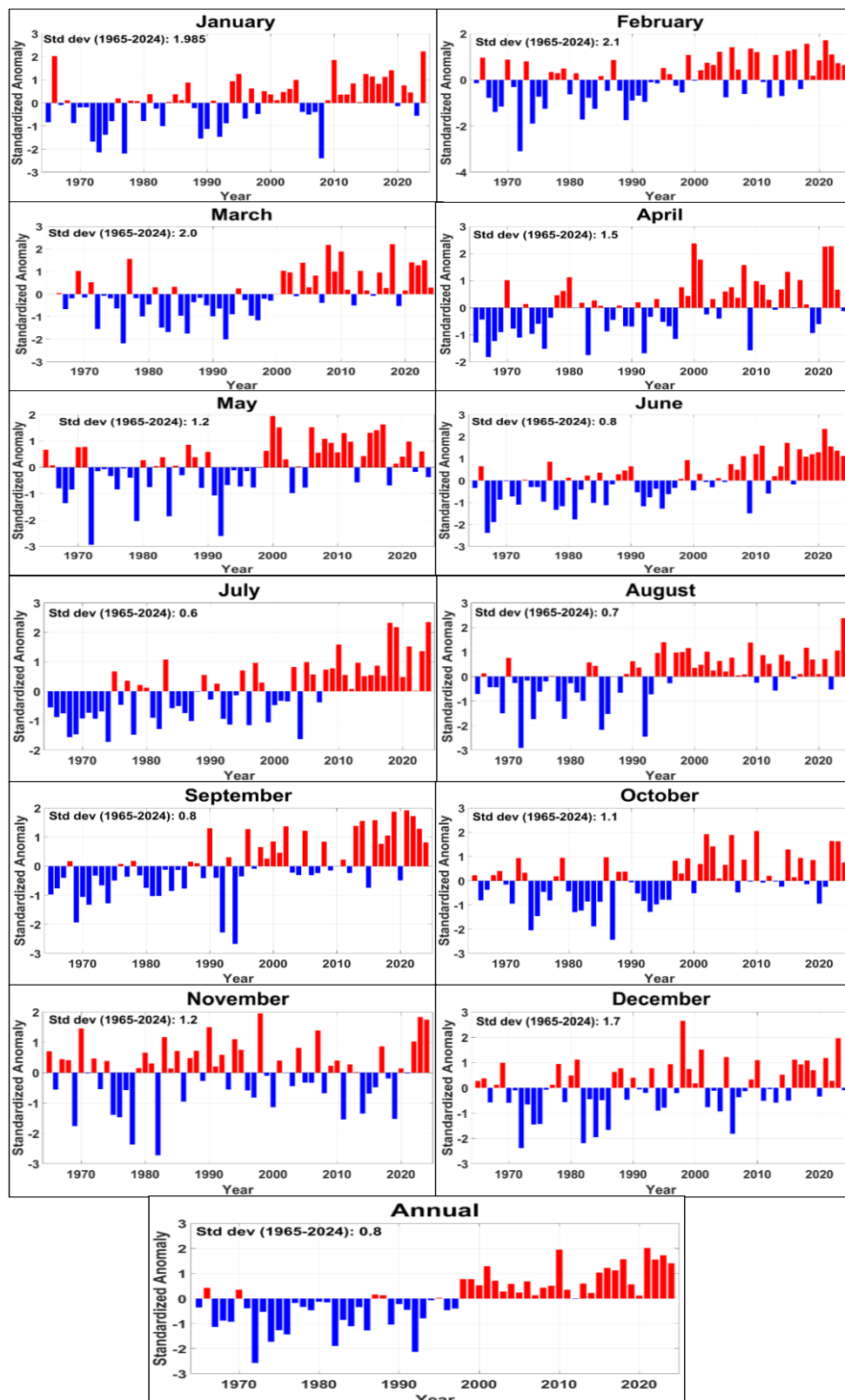
در ماه ژانویه، در گذشته دور، کمترین دما در بخش‌های شمال غرب و ارتفاعات زاگرس با مقدار $13/1$ - و بیشترین دما در بخش‌های جنوبی کشور با مقدار $19/4$ درجه سلسیوس مشاهده می‌شود. در گذشته نزدیک مقادیر دما افزایش یافته است؛ به



شکل ۴: نقشه‌های میانگین دمای شش ماه اول سال در دو دوره گذشته دور (۱۹۶۵ تا ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴)



شکل ۵: نقشه‌های میانگین دمای شش ماه دوم سال در دو دوره گذشته دور (۱۹۶۵ تا ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴)



شکل ۶: ناهنجاری استاندارد ماهانه و سالانه شاخص گرما دوره ۱۹۶۵ - ۲۰۲۴

دمایی اگرچه وجود داشته، اما این نوسانات اغلب دارای شدت کم و نیز در بسیاری از ماه‌ها ناچیز یا حتی منفی بوده است. در واقع، در این دوره سه‌دهه‌ای، اقلیم ایران وضعیت نسبتاً پایداری داشته و دما در بسیاری از ماه‌ها با نوسانات طبیعی و کم‌دامنه همراه بوده است. در این دوره، نرخ تغییرات سالانه نیز تقریباً صفر بوده است که خود گویای ثبات نسبی اقلیم در آن بازه زمانی می‌باشد.

اما با ورود به دوره گذشته نزدیک (۱۹۹۵-۲۰۲۴)، الگوی تغییرات دمایی دستخوش تحولات عمده‌ای شده است. در این دوره، تقریباً تمامی ماه‌های سال به جز استثناهایی معدود، روند افزایشی دما را تجربه کرده‌اند. در این دوره نه تنها تعداد ماه‌هایی که روند دمایی مثبت دارند بیشتر شده، بلکه شدت این روندها نیز به مراتب بیشتر از دوره قبل است. به‌طور نمونه، در برخی از ماه‌ها، نرخ افزایش دما به بیش از ۰/۷ درجه سلسیوس در هر دهه رسیده است که نسبت به نرخ‌های تغییرات در گذشته دور تفاوتی چشمگیر دارد. این امر نشان می‌دهد که اقلیم ایران در حال ورود به مرحله‌ای از گرمایش قابل توجه است که می‌تواند پیامدهای متعددی برای منابع آب، کشاورزی، سلامت و زندگی روزمره داشته باشد.

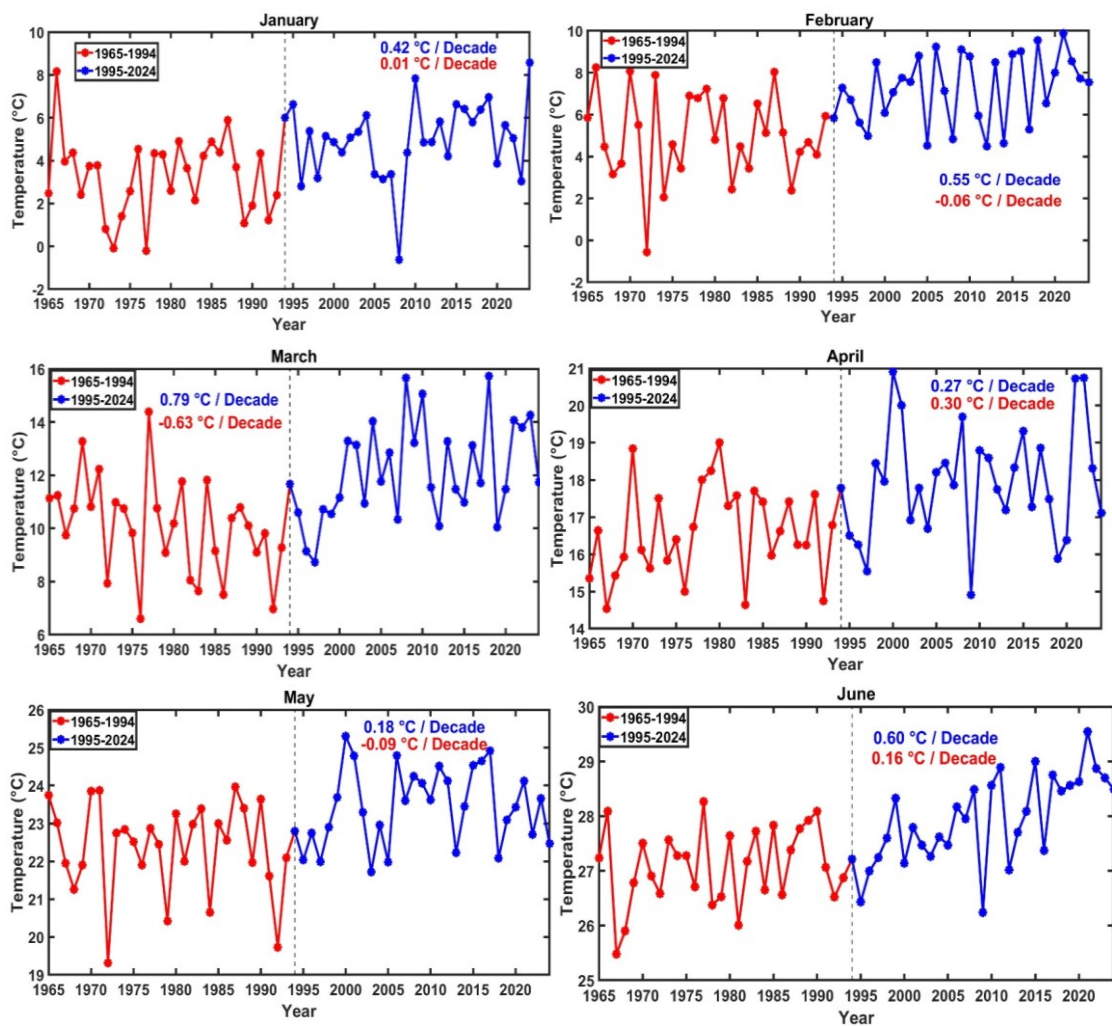
مقایسه میانگین سالانه دما نیز در این دو دوره (گذشته دور و نزدیک) همین روند را تأیید می‌کند. در حالی که در دوره گذشته دور تغییرات سالانه دما ناچیز و تقریباً صفر بوده و نوعی تعادل اقلیمی برقرار بوده است، در دوره گذشته نزدیک، دمای سالانه با نرخ حدود ۰/۳۵ درجه سلسیوس در هر دهه در حال افزایش است. این رشد مداوم در میانگین دمای سالانه، در کنار روندهای صعودی ماهانه، به وضوح نشان‌دهنده تسریع فرآیند گرمایش اقلیم در کشور است. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که اقلیم ایران در دوره گذشته نزدیک وارد فازی از افزایش محسوس دما شده است (شکل ۷ و ۸).

ناهنجاری استاندارد شاخص گرما: در این مطالعه، ناهنجاری استاندارد ماهانه و سالانه دمای میانگین در بازه زمانی ۱۹۶۵ تا ۲۰۲۴، نسبت به میانگین دوره مرجع (۱۹۶۵-۲۰۲۴) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که از اوایل دهه ۲۰۰۰ به بعد، روند ناهنجاری دمایی به‌طور چشمگیری مثبت شده و میانگین دما نسبت به دوره مرجع افزایش یافته است. این روند افزایشی در سال‌های اخیر شدت بیشتری یافته، به‌گونه‌ای که در برخی ماه‌های سال، مقدار ناهنجاری استاندارد از +۲ انحراف معیار نیز فراتر رفته است.

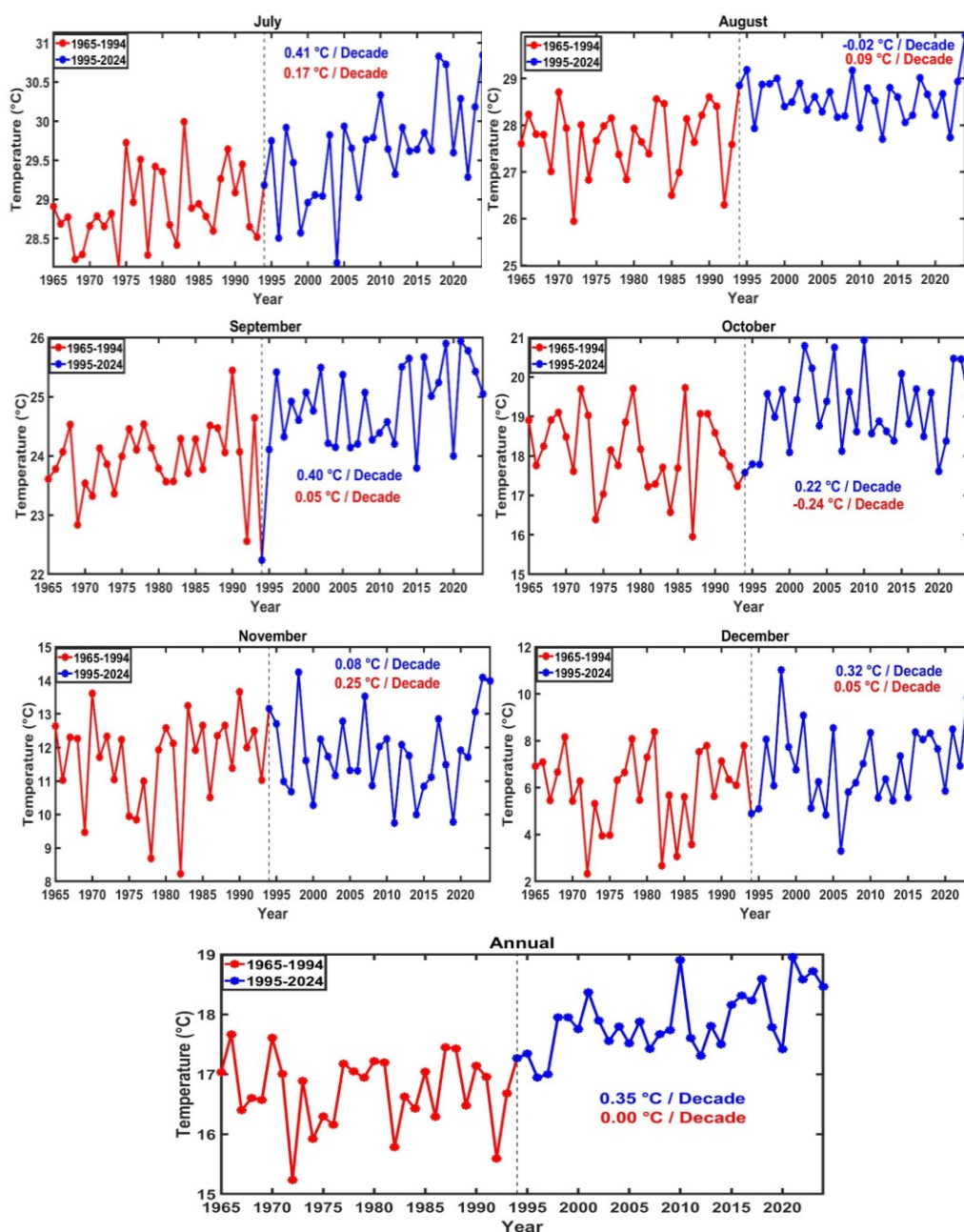
بیشترین شدت ناهنجاری مثبت در گرم‌ترین ماه‌های سال، یعنی جولای و آگوست مشاهده می‌گردد؛ به‌طوری‌که پس از سال ۲۰۰۰، ناهنجاری این ماه‌ها به‌صورت مداوم مثبت بوده و روندی صعودی را نشان می‌دهد. این امر بیانگر افزایش شدید دما در گرم‌ترین ماه‌های سال در مقایسه با میانگین بلند مدت است. در مقابل، در ماه‌های سرد سال، گرچه الگوی ناهنجاری سال‌های اخیر افزایشی است، اما شدت آن کمتر بوده و همراه با نوسانات مثبت و منفی مشاهده می‌شود.

این روند افزایشی در ناهنجاری سالانه نیز پس از سال ۲۰۰۰ به شکلی واضح نمایان است؛ به‌طوری‌که در این بازه زمانی، تقریباً هیچ سالی با ناهنجاری منفی ثبت نشده است و در مقابل، سال‌های پیش از ۲۰۰۰ عمدتاً دارای آنومالی منفی بوده‌اند که تنها در برخی از این سال‌ها آنومالی مثبت خفیف مشاهده می‌گردد. این نتایج گواهی بر گرم‌تر شدن پیوسته اقلیم منطقه در گذشته نزدیک نسبت به گذشته دور دارند (شکل ۶).

روند تغییرات میانگین دما در گذشته دور و گذشته نزدیک: بررسی روند تغییرات میانگین دمای ماهانه و سالانه ایران در دو بازه زمانی گذشته دور و گذشته نزدیک نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی در کشور طی چند دهه اخیر به‌صورت محسوسی تشدید شده است. در گذشته دور (۱۹۶۵-۱۹۹۴)، نوسانات



شکل ۷: روند تغییرات میانگین دمای شش ماه اول سال در دو دوره گذشته دور (۱۹۶۵ تا ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴).



شکل ۸: روند تغییرات میانگین دمای سالانه و شش ماه دوم سال در دو دوره گذشته دوره (۱۹۶۵ تا ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴)

نتایج نشان‌دهنده یک الگوی پایدار فضایی است که در آن بخش‌های جنوبی کشور به‌طور مداوم بالاترین دما و بخش‌های شمالی و شمال‌غربی، کمترین دما را در تمام ماه‌های سال تجربه می‌کنند. با این حال، آنچه بیش از همه برجسته است، افزایش قابل توجه دما در دوره گذشته نزدیک نسبت به گذشته دور است. این

بحث

هدف از مطالعه حاضر، تحلیل و مقایسه میانگین دمای ایران در دو دوره زمانی ۳۰ ساله، یعنی گذشته دور (۱۹۶۵ تا ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴) است که بر اساس یافته‌های ارائه‌شده، می‌توان به تحلیل جامعی از وضعیت دمایی کشور دست یافت.

رابطه با روند تغییرات دما انجام شده است نیز این روند افزایشی را تایید می‌نماید (Alasow et al., 2025) در سوماتی و Bey et al. (2024) در قبرس. این افزایش دما در ماه‌های سرد (مانند ژانویه و دسامبر) به معنای کاهش سرما و در ماه‌های گرم (مانند جولای و آگوست) به معنای تشدید گرما بوده که تأثیرات متفاوتی بر اکوسیستم‌ها، کشاورزی و منابع آب کشور دارد. به عنوان مثال، کاهش سرما در زمستان می‌تواند به کاهش ذخیره برف در ارتفاعات زاگرس و البرز منجر شود در حالی که گرمای شدیدتر در تابستان فشار بیشتری بر منابع آبی و تولیدات کشاورزی وارد می‌کند (محمدی و خورانی، ۱۳۹۸).

نتایج ناهنجاری استاندارد دمایی ماهانه و سالانه نشان می‌دهد که از اوایل دهه ۲۰۰۰، ناهنجاری دما روندی مثبت و افزایشی داشته و در سال‌های اخیر شدت بیشتری یافته است، به طوری که در ماه‌های گرم مانند جولای و آگوست، مقدار آن از ۲+ انحراف معیار نیز فراتر رفته است. در ماه‌های سرد نیز گرچه روند افزایشی است، اما با نوسانات بیشتری همراه بوده است اما در مقابل، در دوره ۱۹۶۵ تا ۱۹۹۵ ناهنجاری‌ها عمدتاً منفی بوده‌اند که نتایج مطالعه (Addou et al., 2024) کاملاً با این یافته‌ها همسو است.

این تحلیل نشان می‌دهد که ایران در دوره گذشته نزدیک، وارد فاز جدیدی از تغییرات اقلیمی شده است که با شتاب گرفتن گرمایش همراه است. تفاوت نرخ افزایش دما بین ماه‌های مختلف سال ممکن است به تأثیرات فصلی، تغییرات گردش جوی مرتبط باشد. با این حال، روند کلی افزایش دما در تمامی مناطق و ماه‌ها، یک الگوی یکنواخت و فراگیر را نشان می‌دهد که نمی‌توان آن را به نوسانات طبیعی محدود کرد. این گرمایش مداوم می‌تواند نشانه‌ای از تأثیرات گسترده‌تر افزایش فعالیت انسانی و انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد که ایران را نیز تحت تأثیر قرار داده است (Florides & Christodoulides., 2008).

به‌طور کلی یافته‌ها، حاکی از آن است که میانگین دمای ایران در دوره ۱۹۹۵-۲۰۲۴ نسبت به ۱۹۶۵-۱۹۹۴ افزایش یافته و این گرمایش با شدت و شتاب

افزایش دما از ۰/۵ تا ۱ درجه سلسیوس در ماه‌های مختلف متغیر بوده است. این تغییرات نشان‌دهنده یک روند گرمایش پایدار و فراگیر در سراسر کشور در طول زمان است که تحلیل روندهای ماهانه و سالانه به وضوح این گرمایش را تأیید می‌کند؛ که این نتیجه با مطالعه (Asakereh et al., 2020)؛ ابلاغیان و همکاران، (۱۳۹۸) همسو است. دمای هوا با سطح آسایش حرارتی انسان ارتباط دارد و در مناطقی که تنش گرمایی حاکم باشد، با افزایش دما، شدت تنش گرمایی نیز افزایش می‌یابد (Vinogradova, 2020; Jianwei et al., 2023).

در گذشته دور (۱۹۶۵-۱۹۹۴)، دما در برخی ماه‌ها مانند فوریه، مارس، مه و اکتبر روندی کاهشی یا پایدار داشته، اما در گذشته نزدیک، این ماه‌ها به همراه سایر ماه‌های سال، عمدتاً روند افزایشی را نشان می‌دهند. به عنوان مثال، نرخ افزایش دما در ژانویه از ۰/۰۱ درجه سلسیوس در هر دهه در گذشته دور به ۰/۴۲ درجه سلسیوس در گذشته نزدیک رسیده و در ماه مارس این نرخ به ۰/۷۹ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش یافته است. این شتاب در روند گرمایش، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، حاکی از تغییر قابل توجه در الگوهای اقلیمی ایران است. در مقابل، ماه آگوست تنها استثنا با روند کاهشی اندک (۰/۰۲-) درجه سلسیوس در هر دهه) در گذشته نزدیک است که ممکن است به عوامل محلی یا فصلی خاص مرتبط باشد، اما این کاهش جزئی در برابر روند کلی گرمایش ناچیز به نظر می‌رسد.

از منظر سالانه، پایداری دما در گذشته دور (نرخ صفر) در مقابل روند افزایشی ۰/۳۵ درجه سلسیوس در هر دهه در گذشته نزدیک، نشان‌دهنده عبور از یک وضعیت نسبتاً ثابت به یک دوره گرمایش مداوم است که مطالعه (رحیمیانی ایرانشاهی و همکاران، ۱۴۰۱ کامیابی و عبدی، ۱۳۹۹) این نتیجه را تصدیق می‌نماید. همچنین نتایج مطالعه (Salarijazi et al., 2023) که نشان داد اکثر مناطق ایران از مشکل افزایش رویدادهای حدی دمای سالانه رنج می‌برند، این نتیجه را تصدیق می‌نماید. مطالعات خارجی که در

مرحله‌های نوین از تغییرات اقلیمی با ویژگی‌های مشخص گرمایش گسترده، یکنواخت و شتاب‌دار است. روند افزایشی دما در سطح کشور، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، بیش از آن‌که ناشی از نوسانات طبیعی باشد، احتمالاً ریشه در افزایش فعالیت‌های انسانی و تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. تأثیرات این گرمایش، فراتر از بعد اقلیمی، حوزه‌های مهمی چون منابع آب، کشاورزی، سلامت و پایداری اکوسیستم‌ها را نیز تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. از جمله پیامدهای ملموس این روند می‌توان به کاهش سرمای زمستان، افزایش تنش گرمایی تابستان، افت ذخایر برفی در ارتفاعات و فشار مضاعف بر منابع آبی اشاره کرد. ایران، به عنوان کشوری با اقلیم متنوع و منابع طبیعی آسیب‌پذیر، نیازمند برنامه‌ریزی جامع، مبتنی بر داده‌های علمی، برای مواجهه با آثار فزاینده تغییرات دما در دهه‌های پیش‌رو است.

بر اساس یافته‌های این تحقیق، پیشنهاد می‌شود سازمان‌های متولی مدیریت منابع آب و کشاورزی، با در نظر گرفتن روند افزایشی دما و تغییرات فصلی، نسبت به بازنگری الگوی کشت و مدیریت منابع آب در مناطق حساس اقدام کنند. همچنین توسعه و تقویت سامانه‌های هشدار زودهنگام گرمایش و تنش حرارتی، به‌ویژه در ماه‌های گرم سال، می‌تواند در کاهش آسیب‌پذیری جمعیت شهری و روستایی مؤثر باشد. پیشنهاد می‌شود مدل‌سازی تغییرات دما با استفاده از سناریوهای آینده و مدل‌های اقلیمی دقیق‌تر به‌منظور پیش‌نگری روند گرمایش و تدوین برنامه‌های سازگاری در سطح ملی و استانی توسعه یابد.

بیشتری در سال‌های اخیر رخ داده است. از آنجا که دمای هوا نقش تعیین‌کننده‌ای در شرایط آسایش حرارتی دارد، براساس مطالعه‌ی Zarei & Khoorani (2025) تا پایان قرن بیست و یکم روندی افزایشی خواهد داشت؛ به این معنا که در ماه‌های گرم سال شدت تنش‌های گرمایی بیشتر شده و ضرورت برنامه‌ریزی و مدیریت به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری ساکنان افزایش می‌یابد. این تغییرات زنگ خطری برای ضرورت توجه بیشتر به تغییرات اقلیمی در این منطقه است و پیامدهای بلندمدتی برای محیط زیست، اقتصاد و جامعه ایران به همراه خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش، بررسی و مقایسه تطبیقی میانگین دمای ایران در دو بازه زمانی متوالی ۳۰ ساله، شامل گذشته دور (۱۹۶۵ تا ۱۹۹۴) و گذشته نزدیک (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴)، به‌منظور تحلیل تغییرات اقلیمی بلندمدت کشور است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ایران طی سه دهه گذشته با یک روند پایدار و فزاینده گرمایش مواجه بوده است. مقایسه میانگین دما در دو دوره‌ی گذشته دور و نزدیک بیانگر افزایش چشمگیر دما در اغلب ماه‌های سال است، به‌گونه‌ای که این روند افزایشی، نه تنها در ماه‌های گرم، بلکه در ماه‌های سرد نیز مشاهده می‌شود. این افزایش دما در کنار تغییرات ناهنجاری‌های استاندارد دمایی سال‌های اخیر، بیانگر ورود اقلیم ایران به

منابع

۱. ابلغیان، آناهیتا، آخوندعلی، علی محمد، رادمنش، فریدون، و زارعی، حیدر. (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات دما، بارندگی و رطوبت نسبی در ایران. علوم مهندسی و آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، ۴۲(۳)، ۱۹۷-۲۱۲.
۲. اکبری، مه‌ری، و صیاد، وحیده. (۱۴۰۰). تحلیل مطالعات تغییر اقلیم در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، ۵۳(۱)، ۳۷-۷۴.
۳. شکوری گنجوی، حامد و نظر زاده، جلال (۱۳۸۳). مطالعه اثر تغییرات دمای هوا بر میانگین زمان مصرف روزانه انرژی الکتریکی در کشور، انرژی/ایران، ۹ (۲۰).
۴. رحیمیانی ایران‌شاهی، حمید، مرادی، حمیدرضا، و جلیلی، خلیل. (۱۴۰۱). روند تغییرات بارش و دما در مقیاس‌های زمانی مختلف در حوزه آبخیز کرخه. مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، ۲(۲)، ۱-۱۲.

۵. زارعی، علی و خورانی، اسداله. (۱۴۰۳). مدل‌سازی مصرف انرژی الکتریکی بخش مسکونی بر اساس شاخص UTCI در ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*.
۶. زارعی، علی. (۱۴۰۳). شناسایی مهمترین عوامل موثر در تغییرات آسایش حرارتی ایران و پیش‌بینی آینده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۷. علیجانی، بهلول و شمسی پور، علی اکبر؛ مطمئن آرائی، عطیه (۱۳۹۶). تحلیل آماری بحران‌های دمایی شهر قم در رابطه با مصارف انرژی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۶(۱)، ۱-۱۷.
۸. علی بخشی، حسن؛ دوراندیش، آرش و صبوچی، محمود. (۱۳۹۸). پیامدهای تغییر اقلیم بر بازار محصولات کشاورزی. *اقتصاد کشاورزی (اقتصاد و کشاورزی)*، ۱۳(۴)، ۵۵-۸۶.
۹. عسگری، حشمت‌الله و جهانگیری، صفورا (۱۴۰۰). بررسی علیت متقابل تغییر اقلیم و مصرف انرژی در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران با روش تودا-یاماماتو. *آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۱(۴۲)، ۹۱-۱۰۵.
۱۰. فرج زاده اصل، منوچهر، و دارند، محمد. (۱۳۸۷). تحلیل تاثیر دمای هوا بر مرگ و میر شهر تهران. *تحقیقات نظام سلامت حکیم (حکیم)*، ۱۱(۳)، ۲۷-۳۴.
۱۱. فرج‌زاده اصل، منوچهر (۱۳۷۴). تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران (رساله دکتری). تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
۱۲. فرهود، صدیقه؛ خورانی، اسداله و افتخاریان، عباس (۱۳۹۴). آشکارسازی تغییرات رخدادهای حدی دما و بارش با دوره‌های بازگشت مختلف در ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۰(۲)، ۱۴۹-۱۶۶.
۱۳. کامیابی، سعید، و عبدی، کمیل. (۱۳۹۹). آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات اقلیم (بارش و دما) در محدوده ساری. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۲(۷ (پیاپی ۹۸))، ۱۶۵-۱۷۹.
۱۴. محمدی، حسین، ایزدی، ناصر، قاسمی گرکانی، الهه. (۱۴۰۲). بررسی آسیب‌پذیری و تحلیل فضایی ریسک خشکسالی بخش کشاورزی در ایران. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۲(۳۶)، ۷۹-۹۸.
۱۵. محمدی احمد محمدی، پیمان؛ خورانی، اسداله. (۱۳۹۸). تغییرات پوشش برف در رشته‌کوه زاگرس با استفاده از داده‌های روزانه سنجنده MODIS. *فیزیک زمین و فضا*، ۴۵(۲)، ۳۵۵-۳۷۱.
16. Alasow, A. A., Hersi, A. A., Nadarajah, S., Omar, A. O., Ashaari, Z. H., & Warsame, A. A. (2025). Long-Term Air Temperature Trends in Somalia from 1901 to 2021. *Earth Systems and Environment*, 9(2), 967-980.
17. Addou, R., Obda, K., Krakauer, N. Y., Hanchane, M., Kessabi, R., El Khazzan, B., & Achir, I. E. (2024). Statistical Analysis for the Detection of Change Points and the Evaluation of Monthly Mean Temperature Trends of the Moulouya Basin (Morocco). *Advances in Meteorology*, 2024(1), 5027669.
18. Almazroui, M. (2020). Changes in temperature trends and extremes over Saudi Arabia for the period 1978–2019. *Advances in Meteorology*, 2020(1), 8828421.
19. Abbass, Kashif & Qasim, Muhammad & Song, Huaming & Murshed, Muntasir & Mahmood, Haider & Younis, Ijaz. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*. 10.1007/s11356-022-19718-6.
20. Asakereh, H., Khosravi, Y., Doostkamian, M., & Solgimoghaddam, M. (2020). Assessment of spatial distribution and temporal trends of temperature in Iran. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 56, 549-561.
21. Bey, E., Türkeş, M., & Hamed, M. M. (2024). Long-term air temperature trends in North Cyprus. *Theoretical and Applied Climatology*, 155(2), 1113-1122.
22. Jianwei, Q., Yang, Z., Han, F., Baoshi, H., & Xuankai, M. (2023). Spatial–Temporal Characteristics of Human Thermal Comfort in Xinjiang: Based on the Universal Thermal Climate Index from 1981 to 2019. *Journal of the Land*, 12, 1864. <https://doi.org/10.3390/land12101864>.
23. Islam, Abu & Karim, Md & Mondol, Md. (2021). Appraising trends and forecasting of hydroclimatic variables in the north and northeast regions of Bangladesh. *Theoretical and Applied Climatology*. 143. 1-18. 10.1007/s00704-020-03411-0.

24. Swinburn, Boyd & Kraak, Vivica & Allender, Steven & Atkins, Vincent & Baker, Phillip & Bogard, Jessica & Brinsden, Hannah & Calvillo, Alejandro & De Schutter, Olivier & Devarajan, Raji & Ezzati, Majid & Friel, Sharon & Goenka, Shifalika & Hammond, Ross & Hastings, Gerard & Hawkes, Corinna & Herrero, Mario & Hovmand, Peter & Howden, Stuart & Dietz, William. (2019). The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *The Lancet*. 393. 10.1016/S0140-6736(18)32822-8.
25. Shin, J., Yang, H., & Kim, C. (2019). The relationship between climate and energy consumption: The case of South Korea. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 45, 1-16. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1673853>
26. Hodson, Timothy. (2022). Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not. *Geoscientific Model Development*. 15. 5481-5487. 10.5194/gmd-15-5481-2022.
27. Kamruzzaman, M., Wahid, S., Shahid, S., Alam, E., Mainuddin, M., Islam, H. M., Touhidul, Cho, J., Rahman, Md., Biswas, J., & Thorp, K. (2023). Predicted changes in future precipitation and air temperature across Bangladesh using CMIP6 GCMs. *Heliyon*, 9, e16274. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16274>
28. Mohammadi, M., Salarijazi, M., Ghorbani, K., & Dehghani, A. A. (2024). More reliable determination of daily evaporation from the pan in cold regions by limited meteorological factors. *Applied Water Science*, 14(3), 52.
29. Kyaw, A. K., Hamed, M. M., & Shahid, S. (2023). Spatiotemporal changes in Universal Thermal Climate Index over South Asia. *Atmospheric Research*, 292, 106838. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106838>
30. Tariq, A., Mumtaz, F., Zeng, X., Baloch, M. Y. J., & Moazzam, M. F. U. (2022). Spatio-temporal variation of seasonal heat islands mapping of Pakistan during 2000–2019, using day-time and night-time land surface temperatures MODIS and meteorological stations data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27, 100779.
31. Salarijazi, M., Ghorbani, K., Mohammadi, M., Ahmadianfar, I., Mohammadrezapour, O., Naser, M. H., & Yaseen, Z. M. (2023). Spatial-temporal estimation of maximum temperature high returns periods for annual time series considering stationary/nonstationary approaches in Iran urban area. *Urban Climate*, 49, 101504. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101504>
32. Urban, A., Di Napoli, C., Cloke, H., Kysely, J., Pappenberger, F., Sera, F., Schneider, R., Vicedo-Cabrera, A., Acquaotta, F., Ragetti, M., Iniguez, C., Tobias, A., Indermitte, E., Orru, H., Jaakkola, J., Rytty, N., Pascal, M., Huber, V., Schneider, A., & Gasparrini, A. (2021). Evaluation of the ERA5 reanalysis-based Universal Thermal Climate Index on mortality data in Europe. *Journal of the Environmental Research*. 198. 111227. 10.1016/j.envres.2021.111227.
33. Vinogradova, V. (2020). Using the Universal Thermal Climate Index (UTCI) for the assessment of bioclimatic conditions in Russia. *Journal of the International Journal of Biometeorology*, 65. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01901-4>.
34. Florides, G., & Christodoulides, P. (2008). Global warming and carbon dioxide through sciences. *Environment International*, 35, 390-401. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.07.007>
35. Zarei, A., & Moghbel, M. (2025). Detection of changes in the annual cooling degree days (ACDD) index in Iran for the historical and future periods, considering the highly populated provinces. *Journal of Thermal Biology*, <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2025.104147>.
36. Zarei, A., Khorani, A. (2025). Spatiotemporal changes in human thermal comfort across iran: future projections of UTCImin variability for land cover and elevation classes. *Theor Appl Climatol* 156, 491. <https://doi.org/10.1007/s00704-025-05722-6>.

