



## Investigation of Iran's Temperature Changes Compared to the Past Long-Term Climatic Standard Period

Masoumeh Fakhri

Agricultural Planning, Economics and Rural Development Research Institute (APERDRI), Tehran, Iran.

\*Corresponding Author: [m.fakhri@agri-peri.ac.ir](mailto:m.fakhri@agri-peri.ac.ir)

### Keywords:

Temperature changes, Iran, Agriculture.

### Introduction

Natural phenomena and human activities are considered among the most important factors influencing global temperature changes. These changes can occur either naturally or due to human activities, such as the emission of greenhouse gases. Given the significance of temperature changes and their impact on climate change, this article aims to thoroughly examine temperature changes in Iran over standard climatic periods and analyze their effects on various sectors, particularly agriculture.

### Materials and methods

The main objective of this research is to study the trend of temperature changes in the country at three levels: 1) temperature changes across the country, 2) analysis of the overall causes of temperature rise, and 3) analysis of the opportunities and threats posed by rising temperatures in the agricultural sector.

This research employs a mixed methodology that includes both quantitative and qualitative approaches. At the first level, the country's temperature changes are analyzed using network data from the CRU database, which is a reliable source of global climate data. These data cover two standard climatic periods: 1961-1990 and the recent period of 1990-2020. Temperature analyses have been conducted using statistical methods based on average, maximum, and minimum temperature data.

At the second level, a qualitative research approach has been utilized to investigate the general causes of temperature rise in the country. This analysis examines the effects of greenhouse gases, land-use changes, and other human and natural factors.

At the third level, the research evaluates the potential opportunities and threats arising from increased temperatures in the agricultural sector. Since agriculture is one of the most important economic sectors in the country and is highly affected by temperature changes, this level specifically addresses the impact of temperature on agriculture.

### Results and Discussion

The results of the study indicate a clear rise in temperature during the recent period

### Received:

07 March 2024

### Revised:

20 September 2024

### Accepted:

20 September 2024

### How to cite this article:

Fakhri, M.. (2024). Investigation of Iran's Temperature Changes Compared to the Past Long-Term Climatic Standard Period. *Journal of Drought and Climate change Research*, 2(3), 17-32. [10.22077/jdcr.2024.7392.1062](https://doi.org/10.22077/jdcr.2024.7392.1062)



compared to the standard climatic period. The average annual temperature, as well as the average minimum and maximum temperatures, show a significant increase during the period 1990-2020 compared to 1961-1990. This temperature rise is particularly noticeable during the warmer months of the year (June and August), and the increase in average minimum temperature has been greater than the rise in maximum temperature.

In cold and temperate regions, rising temperatures may lead to longer growing seasons for plants. This allows farmers to cultivate crops with longer growing periods and higher yields. The increase in temperature in these regions can also lead to a shift in planting patterns and the possibility of growing heat-tolerant crops, offering new opportunities for farmers.

On the other hand, rising temperatures in warmer regions bring threats such as increased evaporation and evapotranspiration, reduced soil moisture, and increased demand for water resources. These conditions can lead to reduced agricultural productivity and higher irrigation and resource management costs. Additionally, the temperature rise creates favorable conditions for the multiplication and spread of harmful insects, which can cause serious damage to the agricultural sector. Furthermore, increased temperatures can raise cooling costs for greenhouses and reduce overall productivity.

The results of this study show that the temperature rise in Iran in recent periods is clearly evident. This increase in temperature can have both positive and negative effects on various sectors of the country, particularly agriculture. In colder regions, rising temperatures provide opportunities to improve agricultural performance and expand cultivated areas. However, in warmer regions, the temperature increase poses threats such as increased evaporation, greater water demand, and the spread of pests and diseases, all of which can lead to decreased agricultural productivity.

#### **Conclusion**

To mitigate the negative impacts of these changes, it is essential to adopt appropriate policies in natural resource management and sustainable agriculture. These policies should include smart water resource management, the use of modern agricultural technologies, and the promotion of renewable energy. Additionally, educating farmers to adapt to new conditions and use temperature-resistant seeds can help improve agricultural performance.

In conclusion, this study emphasizes that temperature changes require serious attention and long-term planning to minimize their harm and properly capitalize on the opportunities they present.



## بررسی وضعیت تغییرات دمایی کشور نسبت به دوره استاندارد اقلیمی بلندمدت گذشته

معصومه فخری

مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، تهران، ایران.

\*نویسنده مسئول: m.fakhri@agri-peri.ac.ir

### واژه‌های کلیدی:

تغییرات دما، ایران، کشاورزی.

### چکیده

پدیده‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی، دو عامل اساسی در تغییرات دما در جهان محسوب می‌شوند. تغییرات دما می‌تواند به دو صورت طبیعی یا ناشی از فعالیت‌های انسانی (مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای (رخ دهد. با توجه به اهمیت تغییرات دمایی و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی، این مقاله با بهره‌گیری از روش‌شناسی مبتنی بر روش تحلیلی و توصیفی سه سطحی در سطح اول تغییرات دمایی در پهنه کشور با بهره‌گیری از داده‌های شبکه‌ای پایگاه CRU و اتکا بر روش تحقیق کمی، در سطح دوم واکاوی علل کلی افزایش دما در کشور با اتکا به روش تحقیق کیفی و در آخرین سطح، واکاوی فرصت‌ها و تهدیدهای ناشی از افزایش دما در بخش کشاورزی با اتکا به روش تحقیق کیفی را بررسی کرده است. که نتایج نشان می‌دهد که افزایش دما در متوسط حداقل دما و حداکثر دما در دوره سی ساله اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی کاملاً مشهود بوده است. افزایش دما در حداقل دما نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی در عین اینکه افزایشی بوده است، نسبت به حداکثر دما نیز بسیار بیشتر بوده است. افزایش دما در نواحی با محدودیت رشد به دلیل سرما (همچون نواحی معتدل و سرد)، ممکن است باعث گسترش فصل رشد شود و این امکان را فراهم کند که ارقام با دوره رشد طولانی‌تر و عملکرد بالاتر کشت شوند. از سوی دیگر اثرات مثبت، بیشتر در عرض‌های جغرافیایی بالا (مناطق سردسیر) صادق است. این موضوع، فرصتی را برای گسترش تولید محصولات کشاورزی و افزایش تنوع کاشت فراهم می‌کند. همچنین افزایش دما می‌تواند به کشاورزان مناطق سردسیر این امکان را بدهد که الگوی کاشت خود را تغییر داده و محصولات گرمادوست را نیز کشت نمایند. تهدیداتی همچون افزایش تبخیر، افزایش تبخیر-تعرق و ایجاد شرایط برای تکثیر و ازدیاد جمعیت حشرات مضر و افزایش هزینه‌های سرمایه‌بندی گلخانه‌ها و موارد دیگری را به همراه داشته باشد.

### تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۱۲/۱۷

### تاریخ ویرایش:

۱۴۰۳/۰۶/۳۰

### تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۶/۳۰

## مقدمه

فعالیت‌های بشر و به تبع آن گرمایش جهانی و پدیده تغییر اقلیم یکی از چالش‌های جدی بشر می‌باشد که ابعاد گسترده‌ای به همراه دارد. مفهوم تغییر دما به بررسی میزان تغییر دما در طول زمان در مقیاس‌های مختلف، مانند مقیاس روزانه، فصلی، سالانه، دهه‌ای یا حتی قرن‌ی اشاره دارد. تغییرات دما ممکن است به صورت طبیعی و یا به علت فعالیت‌های انسانی مثل انتشار گازهای گلخانه‌ای رخ دهد که می‌تواند تأثیرات گسترده‌ای بر محیط زیست، کشاورزی، شرایط آب و هوایی، جوامع انسانی و اقتصاد داشته باشد. گازهای گلخانه‌ای، گرمای خورشید را به دام می‌اندازد و این امر منجر به گرم شدن کره زمین و تغییر اقلیم می‌شود. افزایش دما در طول زمان، الگوهای آب و هوا را تغییر داده و تعادل معمول طبیعت را به هم می‌زند. این امر، خطرات بسیاری را برای انسان‌ها و سایر اشکال حیات روی زمین به همراه دارد. از عوامل مهم انسانی تغییرات دما در جهان می‌توان به استفاده از سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی، تخریب جنگل‌ها و افزایش ساخت و سازها، مصرف بی‌رویه منابع پایه و غیره اشاره کرد که ابعاد گسترده‌ای داشته است (United Nations, 2024).

برای هزاران سال (احتمالاً بیش از یک میلیون سال)، آب و هوای زمین در حالت تعادل با غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر در حدود ۲۸۰ ppm بوده است. دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) در هوا اکنون در حال افزایش است و در حال حاضر به سطوحی رسیده است که به مدت میلیون‌ها سال وجود نداشته است (Hansen et al., 2023; Letcher, 2021). همچنین غلظت سایر گازهای گلخانه‌ای از جمله متان (CH<sub>4</sub>)، اکسید نیتروژن (N<sub>2</sub>O) و ازن تروپوسفر (O<sub>3</sub>) نیز به بیشترین مقدار خود در ۶۵۰۰۰۰ سال گذشته رسیده‌اند، این گازهای گلخانه‌ای، به عنوان محرک‌های اصلی گرمایش زمین از اواسط قرن بیستم در نظر گرفته می‌شوند (Ainsworth et al., 2020) در بین اقلیم‌شناسان، این اتفاق نظر وجود دارد که روند گرمایشی که در طول قرن گذشته آن را تجربه کرده‌ایم، توسط هیچ‌یک از عوامل طبیعی شناخته‌شده، قابل توضیح نیست

(Thompson, 2010). این گرمایش، عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی در طول انقلاب صنعتی از جمله سوزاندن زغال‌سنگ و سایر سوخت‌های فسیلی برای نیرو دادن به کارخانه‌ها، کارخانه‌های ذوب و موتورهای بخار بوده که موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای بیشتری در جو شده است (Rosen, 2021).

نتایج تحقیقات دانشمندان نیز حاکی از افزایش میانگین دمای سطح زمین به میزان ۱ درجه سانتی‌گراد در ۱/۵ قرن اخیر (از سال ۱۸۸۰) است (Herring & Lindsey, 2022). گرم شدن اقیانوس‌ها، ذوب شدن یخچال‌های طبیعی، بالا آمدن سطح آب دریاها و کاهش پوشش برف در نیمکره شمالی، شواهدی فراگیر و قابل توجه از افزایش دما هستند (D'Amato and Akdis, 2020). دمای جهانی در سال ۲۰۲۳ به سطوح فوق‌العاده بالایی رسید (ECMWF, 2024) و این سال، با دمای ۱/۱۸ درجه سانتی‌گراد که بالاتر از میانگین قرن بیستم بوده، به عنوان گرم‌ترین سال از زمان شروع ثبت جهانی در سال ۱۸۵۰ شناخته شده است. این مقدار، ۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از رکورد قبلی ثبت‌شده در سال ۲۰۱۶ است. ۱۰ سال با بالاترین دما در رکورد ۱۷۴ ساله، همه در دهه گذشته (۲۰۱۴-۲۰۲۳) رخ داده‌اند (NOAA, 2024) و این شرایط در سال ۲۰۲۴ نیز تشدید شده است. یافته‌های سرویس تغییرات اقلیمی کوپرنیک<sup>۱</sup> نیز حاکی این است که میانگین دمای جهانی در ژانویه ۲۰۲۴، به میزان ۱/۶ درجه سانتی‌گراد بالاتر از سطح قبل از صنعتی شدن در این ماه بوده است (Hughes, 2024). لذا این داده‌ها نشان می‌دهند که میانگین افزایش دمای جهانی به سرعت در حال نزدیک شدن به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد و گذر از آن است و برای پیشگیری از آسیب‌های محیط زیستی و اقتصادی، نباید از این مقدار فراتر برویم (Via, 2023).

اگرچه مدل‌های تصویرسازی شرایط دمایی آینده نشان می‌دهد که تغییرات دما به‌طور مساوی توزیع نمی‌شود و انتظار می‌رود که مناطق قطبی و مناطق خشکی شاهد بیشترین تغییرات باشند ولی داده‌های اقلیمی مشاهده‌شده در دهه‌های اخیر، به

## 1. Copernicus Climate Change Service (C3S)

## مواد و روش‌ها

این پژوهش با رویکردی ترکیبی به بررسی تغییرات دمایی در ایران و پیامدهای آن پرداخته است. در سطح نخست، از روش کمی برای تحلیل روندهای دمایی در سطح ملی استفاده شده است. داده‌های دمایی سطح زمین از پایگاه داده (CRU) (واحد تحقیقات آب و هوایی)، یکی از معتبرترین منابع جهانی در این زمینه، استخراج شده است. این داده‌ها با وضوح مکانی  $0.5 \times 0.5$  درجه و پوشش زمانی گسترده، امکان بررسی دقیق تغییرات دمایی در سرتاسر کشور را فراهم می‌آورند. برای تحلیل روندهای دمایی، از نرم‌افزار اکسل استفاده شده است. دوره‌های زمانی ۱۹۶۱-۱۹۹۰ به‌عنوان دوره پایه و دوره ۲۰۲۰ به‌عنوان دوره اخیر برای مقایسه در نظر گرفته شده‌اند. انتخاب این دوره‌ها به‌دلیل همخوانی با استانداردهای جهانی و پوشش تغییرات اقلیمی اخیر بوده است. پس از جمع‌آوری داده‌ها و پردازش، از نرم‌افزار اکسل برای تحلیل داده‌ها و رسم نمودارهای مختلف استفاده شد. از ترکیبی از نمودارهای خطی و ستونی برای نمایش بهتر تغییرات استفاده شد. سپس در سطح دوم واکاوی علل کلی افزایش دما در کشور با اتکا به روش تحقیق کیفی مد نظر قرار گرفته و در آخرین سطح واکاوی فرصت‌ها و تهدیدهای ناشی از افزایش دما در بخش کشاورزی با اتکا به روش تحقیق کیفی بررسی شده است.

### سطح اول: تغییرات دمایی در پهنه کشور

در این پژوهش تغییرات دمایی بر مبنای یک دوره استاندارد اقلیمی ۳۰ ساله مد نظر قرار گرفته است. این پژوهش بر اساس داده‌های بسیار دقیق و معتبر پایگاه «واحد تحقیقات آب و هوایی»<sup>۱</sup> تهیه شده است. این پایگاه، وابسته به دانشگاه شرق آنجلیا<sup>۲</sup>، یکی از معتبرترین مراکز تحقیقاتی در زمینه تغییرات آب و هوا است. داده‌های این پایگاه همچنین در پرتال دانش تغییرات اقلیم بانک

وضوح روند گرم شدن را در بسیاری از نقاط جهان نشان می‌دهند و حاکی از افزایش دمای بیش از ۱۰۰ کشور به‌دلیل افزایش آلودگی کربنی هستند. لذا گرمایش در تمام مناطق کره زمین رخ می‌دهد و هیچ کشوری از آن در امان نیست (IPCC, 2021; Kahn & Climate Central, 2017; Vaghefi et al., 2019). کشور ایران نیز از این تغییرات دمایی جهانی بی‌نصیب نبوده است. هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم، افزایش دما در خاورمیانه را تا ۲ درجه سانتی‌گراد در ۱۵ تا ۲۰ سال آینده و بیش از ۴ درجه سانتی‌گراد تا پایان قرن، تخمین می‌زند. در بین کشورهای خاورمیانه، ایران در دهه‌های آینده با افزایش ۲/۶ درجه سانتی‌گرادی میانگین دما مواجه خواهد شد، از این رو، واقعیت گرمایش و تغییر اقلیم ایران، شدیدتر از منطقه خاورمیانه است (Mansouri Danneshvar et al., 2019). تأثیرات آن طی سالیان اخیر در کشور محسوس بوده است. بخش کشاورزی در ایران به‌دلیل ماهیت خود و ارتباط نزدیک با پدیده‌های اقلیمی، بیشترین تأثیرات را از تغییرات دما متحمل می‌شود و تولیدات کشاورزی به‌دلیل خشکسالی‌های ناشی از افزایش حداکثر دمای سالانه و کاهش بارندگی‌های تجمیعی، کاهش یافته است (Shahpari et al., 2023). لذا تغییرات دمایی می‌تواند چالش‌های جدیدی برای کشاورزان و بخش کشاورزی به‌همراه داشته باشد و برای کاهش اثرات منفی آن و تداوم تولید محصولات کشاورزی و کاهش تهدیدات مرتبط با امنیت غذایی نیاز به مدیریت مناسب و تطابق با تغییرات دمایی می‌باشد از سوی دیگر با توجه به تنوع و گستره اقلیمی کشور و تأثیرپذیری آن از افزایش دما و اطلاع از وضعیت موجود کشور تهدیدات و فرصت‌های مرتبط بیانگر ضرورت پژوهش می‌باشد به‌ویژه که شرایط گرمایش جهانی در دنیا و منطقه و کشور رو به تشدید می‌باشد؛ لذا هدف این مقاله بررسی تحولات دمایی کشور، واکاوی علل کلی این تغییرات و تبیین فرصت‌ها و تهدیدات محتمل می‌باشد تا در نهایت توصیه‌های مناسب برای کاهش آسیب‌های ناشی از این موضوع ارائه گردد.

در مناطق داخلی است. به غیر از نواحی ساحلی، دما در ایران با دامنه نسبتاً بزرگ سالانه، حدود ۲۲ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد مشخص می‌شود (Climate Change Knowledge Portal, 2022).

برای بررسی تغییرات دمایی کشور ایران در این پژوهش دوره زمانی ۱۹۶۱-۱۹۹۰ به‌عنوان دوره استاندارد اقلیمی در نظر گرفته شده و دوره سی ساله منتهی به سال ۲۰۲۰ نیز به‌عنوان دوره زمانی اخیر انتخاب شده است.

### سطح دوم: علل کلی افزایش دما در کشور

در سطح دوم تحلیل، علل کلی افزایش دما در کشور با بهره‌گیری از روش تحقیق مبتنی بر روش تحقیق کیفی و استفاده از منابع علمی در دسترس مورد توجه قرار گرفته است.

### سطح سوم: فرصت‌ها و تهدیدهای ناشی از افزایش دما در بخش کشاورزی

در سطح سوم تحلیل، فرصت‌ها و تهدیدهای ناشی از افزایش دما در بخش کشاورزی با بهره‌گیری از روش تحقیق مبتنی بر روش تحقیق کیفی و استفاده از منابع علمی در دسترس مورد توجه قرار گرفته است.

### نتایج و بحث

#### سطح اول: تغییرات دمایی در پهنه کشور

یک «دوره استاندارد اقلیمی» یک بازه زمانی معین است که برای تجزیه و تحلیل داده‌های اقلیمی و مطالعه تغییرات اقلیمی به کار می‌رود. استفاده از دوره‌های استاندارد اقلیمی تشخیص الگوها و تغییرات طولانی‌مدت در شرایط جوی و اقلیمی را امکان‌پذیر می‌کند. این الگوها معمولاً شامل متغیرهایی نظیر دما، بارش، فشار جوی، رطوبت و غیره هستند. با تعریف یک دوره استاندارد اقلیمی، می‌توان تغییرات طولانی‌مدت و میان‌مدت اقلیمی را مطالعه و مقایسه کرد تا نتایج تحلیل‌های اقلیمی معتبر تر شود. در حال حاضر، برای اکثر مطالعات اقلیمی، دوره استاندارد اقلیمی ۳۰ ساله به‌عنوان بازه زمانی متداول در نظر گرفته می‌شود (WMO, 2023). دوره ۳۰ ساله، شامل سه دهه کامل از تغییرات فصلی و جوی می‌باشد. این تقارن فصلی به محققان و متخصصان اقلیم‌شناسی

جهانی<sup>۱</sup> در دسترس هستند. این مجموعه داده مستقیماً از داده‌های بازبینی شده بیش از ۴۰۰۰ ایستگاه‌های زمینی در خشکی‌ها به‌دست می‌آید. منبع این داده‌ها در مقیاس جهانی عبارتند از داده‌های ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی وابسته به سازمان هواشناسی جهانی، داده‌های ماهانه آب و هوای جهانی تهیه شده توسط مرکز ملی داده‌های آب و هوایی ایالات متحده (NCDC)، داده‌های دهه‌ای رکوردهای جهانی هوا (WWE) که بین سرویس‌های ملی هواشناسی و NCDC رد بدل می‌شود (Miri et al., 2017).

این پایگاه داده به‌منظور جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و ارائه اطلاعات مرتبط با وضعیت آب و هوا تأسیس شده است. به‌عبارتی یک پایگاه داده باز تحلیلی اقلیمی است که از داده‌های هواشناسی جهانی برای نمایش تغییرات آب و هوا در طول زمان استفاده می‌کند. همچنین دارای قدرت مکانی بالا بوده و دوره‌های زمانی بلندمدت را به‌خوبی پوشش می‌دهد. این داده‌ها از سال ۱۹۰۱ تا امروز با وضوح  $0.5 \times 0.5$  درجه در سراسر کره زمین در دسترس هستند (Ullah et al., 2022). پوشش ابر، دمای روزانه، فراوانی روزهای یخبندان، بارندگی، میانگین دمای روزانه، میانگین دمای حداکثر روزانه، فشار بخار، تبخیر-تعرق پتانسیل و تعداد روزهای مرطوب از جمله اطلاعاتی است که می‌توان از این پایگاه داده استخراج کرد. داده‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف مانند روزانه، ماهانه، و سالانه ارائه می‌شوند. براساس مطالعات میری و همکاران (Miri et al., 2017) بررسی مقادیر ضریب تعیین ( $R^2$ ) دمای برآورد شده توسط CRU و داده‌های زمینی، بیانگر دقت مناسب دمای برآوردی توسط CRU در بخش‌های مختلف ایران است. منطقه مطالعاتی این پژوهش کشور ایران می‌باشد آب و هوای کشور ایران به‌جز نواحی ساحلی شمالی و بخش‌هایی از غرب ایران، عمدتاً خشک و نیمه‌خشک با تابستان گرم و خشک و زمستان بسیار سرد به‌ویژه

#### 1. Climate Change Knowledge Portal (CCKP)

پرتال دانش تغییرات اقلیم: یک منبع آنلاین است که اطلاعات جامع و منابع مرتبط با تغییرات آب و هوا و اقلیم را فراهم می‌کند. این پرتال معمولاً به‌عنوان یک منبع مرجع برای دسترسی به داده‌ها، نمودارها، گزارشات علمی و اطلاعات تحلیلی در زمینه تغییرات اقلیمی است. هدف این پرتال، ارتقاء دانش و آگاهی در مورد تغییرات آب و هوا، تأثیرات آن بر محیط زیست و جوامع، و راهکارهای مدیریتی و تطابق با این تغییرات است. این پرتال به‌عنوان یک پروژه یا سرویس تحت حمایت بانک جهانی شناخته می‌شود.

#### 2. Climatic standard period

Office of Technology Studies, Presidency, Policy Re-  
(search Center, 2022).

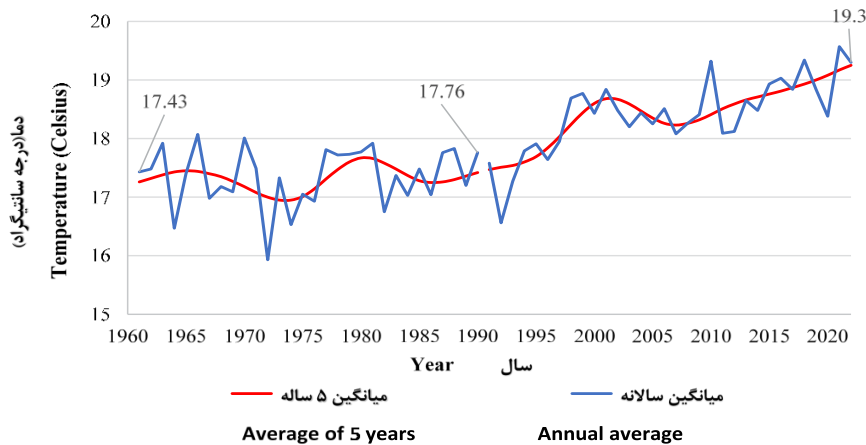
محدودیت دسترسی به داده‌های مشاهده‌ای هم به دلایل فنی نظیر محدودیت تعداد ایستگاه‌های مشاهده‌ای است و هم می‌تواند به دلایل دیگری نظیر هزینه‌های بالای تهیه داده‌ها، عدم وجود سیاست‌ها و مدیریت مناسب برای جمع‌آوری و انتشار داده‌ها باشد؛ اما این محدودیت‌ها به هر دلیلی که باشد، می‌توانند تأثیرات منفی بر روی تحقیقات و مطالعات داشته باشند. بسیاری از چالش‌ها و مسائل حال حاضر، از جمله تغییرات اقلیمی، حوادث طبیعی، افزایش جمعیت، مهاجرت، بهداشت جهانی، تنوع زیستی و نیاز به تعاملات و همکاری‌های بین‌المللی و غیره، از ماهیت جهانی برخوردار هستند. داشتن داده‌های گسترده از مناطق مختلف، امکان تحلیل گسترده‌تری را فراهم می‌کند و به درک بهتر از روندها و اثرات جهانی مسائل کمک می‌کند؛ بنابراین، بسیاری از پایگاه‌های داده جهانی به منظور جمع‌آوری اطلاعات جامعی در این زمینه‌ها تأسیس شده‌اند. این پایگاه‌ها که به روش‌های مختلفی از جمله استفاده از سنسورها، ایستگاه‌های مشاهده‌ای و سامانه‌های راداری، داده‌ها را جمع‌آوری کرده و توسط الگوریتم‌ها و مدل‌های آماری پردازش می‌کنند، داده‌های ارزشمندی را برای تحقیقات اقلیمی و مطالعات مرتبط با اقلیم تولید کرده و با دقت و کیفیت بالا و بعضاً بدون هزینه، در دسترس محققان و تحلیل‌گران قرار می‌دهند. پوشش زمانی مناسب و پوشش مکانی گسترده این داده‌ها امکان تحلیل تغییرات اقلیمی را فراهم می‌کنند. همچنین، تنوع داده‌های موجود در این پایگاه‌ها، ابزاری قدرتمند برای مطالعات مختلف و متعدد را به محققان ارائه می‌دهد. لذا تغییرات دمایی مورد نیاز سطح اول بر مبنای داده‌های شبکه‌ای پایگاه CRU استخراج و تجزیه و تحلیل شده است شکل (۱) میانگین دمای سالانه مشاهده‌شده در کشور را طی دو دوره سی ساله نشان می‌دهد. روند داده‌ها همان‌گونه که در شکل ملاحظه می‌شود، افزایشی است به طوری که از میانگین دمای ۱۷,۴۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۹۶۰ به ۱۹,۳ درجه سانتی‌گراد

کمک می‌کند تا بهترین تخمین‌ها و تجزیه و تحلیل‌ها را ارائه دهند. این انتخاب به دلیل دلایل گوناگونی از جمله کمیت و ثبات داده‌ها انجام می‌شود. دوره استاندارد اقلیمی ۳۰ ساله هم به اندازه کافی طولانی است که از تغییرات کوتاه مدت و تصادفی در داده‌های اقلیمی کاسته شود و تغییرات طولانی‌مدت و مهم در شرایط جوی و اقلیمی را نشان دهد، هم به اندازه کافی کوتاه است که به راحتی قابل دستیابی باشد و تحلیل و مقایسه داده‌های اقلیمی از گذشته و آینده را تسهیل کند. این بازه زمانی به عنوان یک معیار مشخص و قابل تطبیق در مطالعات اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به ما امکان می‌دهد تا الگوها و تغییرات اقلیمی در دوره‌های طولانی‌تر را شناسایی کنیم و تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر اقلیم را انجام دهیم.

وجود اطلاعات و داده‌های اقلیمی به هنگام و دقیق، برای اکثر مدل‌های شبیه‌سازی در حوزه‌های هیدرولوژی، اکولوژی و سایر علوم ضروری و حیاتی می‌باشند. این داده‌ها اطلاعات کلیدی در مورد شرایط جوی، دما، بارش، باد، رطوبت و سایر متغیرهای اقلیمی ارائه می‌کنند و در مدل‌سازی‌های اقلیمی، پیش‌بینی تغییرات اقلیمی، مدیریت منابع آب، برنامه‌ریزی شهری، مطالعات هیدرولوژی، اکولوژی و غیره، مفید و ضروری هستند. این داده‌ها همچنین برای مقایسه و ارزیابی تغییرات اقلیمی و تأثیرات آنها بر محیط زیست و انسان‌ها بسیار ارزشمند هستند. اما کمبود دسترسی به داده‌های مشاهده‌ای با کیفیت و پوشش مکانی و زمانی مناسب، از جمله میزان بارش، دما، رطوبت و دمای خاک، یکی از چالش‌های حوزه اقلیم‌شناسی و مطالعات مرتبط به حساب می‌آید. این مسئله به ویژه در کشورهای در حال توسعه، به عنوان یک مشکل معمول به چشم می‌آید و پژوهش‌گران و محققان را با محدودیت‌های قابل توجهی روبه‌رو می‌سازد. در کشور ایران نیز مشکلات متعددی در زمینه داده‌ها و اطلاعات مربوط به آب‌وهوا وجود دارد که موجب شده در ابعاد مختلف از قبیل ساختاری و نهادی، جمع‌آوری و انتقال داده، پردازش و ذخیره‌سازی داده، تولید و انتشار داده و اطلاعات، با چالش‌هایی همراه باشد

سانتی‌گراد بوده است. به عبارتی در سی ساله دوم نسبت به سی ساله اول روند افزایش دما حدود ۵ برابر شده است.

در سال ۲۰۲۰ رسیده است. در دوره سی ساله استاندارد در نظر گرفته شده به‌طور میانگین دما سالانه ۰/۱۱ درجه افزایش یافته است اما در دوره اقلیمی اخیر (۱۹۹۰-۲۰۲۰) این افزایش دما سالانه ۰,۰۵۱ درجه



شکل ۱. نمودار میانگین دمای سالانه مشاهده شده در کشور از سال ۱۹۶۱-۲۰۲۰

مأخذ داده‌ها: واحد تحقیقات آب و هوایی (CRU).. دسترسی از طریق پرتال دانش تغییرات اقلیم بانک جهانی (CCKP). تحلیل: انویسنده.آ.

Fig 1. Average annual temperature graph observed in the country from 1961-2020

Source Data: Climate Research Unit (CRU), accessed via World Bank portal CCKP. Analysis by: [Author]

زمانی اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی به‌طور متوسط با افزایش ۸/۳ درصدی همراه بوده است.

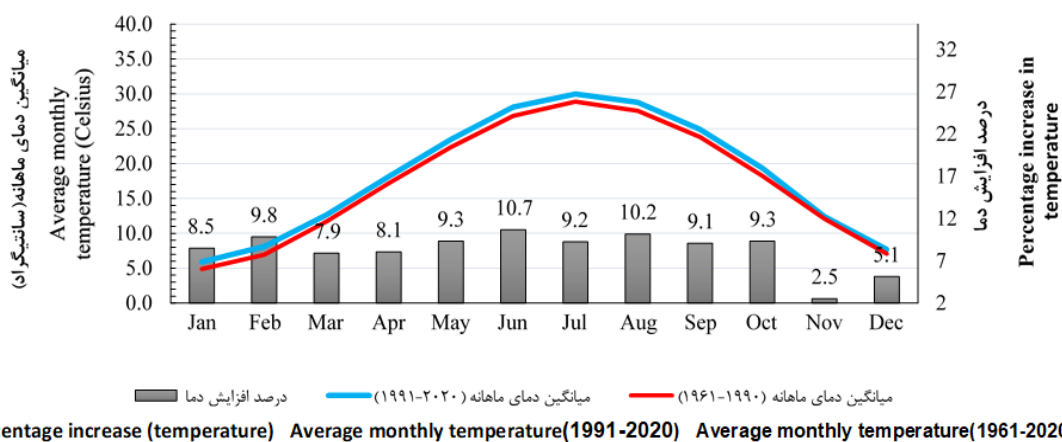
بر همین اساس میانگین حداکثر دمای هوا طی سی ساله اخیر نسبت به سی ساله استاندارد انتخابی نیز به جز ماه نوامبر که میزان آن در حد بسیار کمی کاهش یافته در سایر ماه‌ها افزایشی بوده است. حداکثر میزان افزایش آن در ماه فوریه معادل ۱,۱۶ درجه سانتی‌گراد بوده است. بالاترین میزان درصد افزایش (نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی) نیز در ماه ژانویه با ۹,۰۴ درصد بوده رخ داده است. متوسط درصد افزایش دما طی دوره سی ساله اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی حدود ۴ درصد بوده است. شکل (۳) این مقادیر را در قالب نمودار نمایش می‌دهد.

شکل (۴) میانگین حداقل دمای ماهانه طی دوره زمانی اخیر را نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی نشان می‌دهد. بر طبق این نمودار، افزایش دما در تمامی ماه‌ها رخ داده است که بالاترین میزان افزایش برحسب

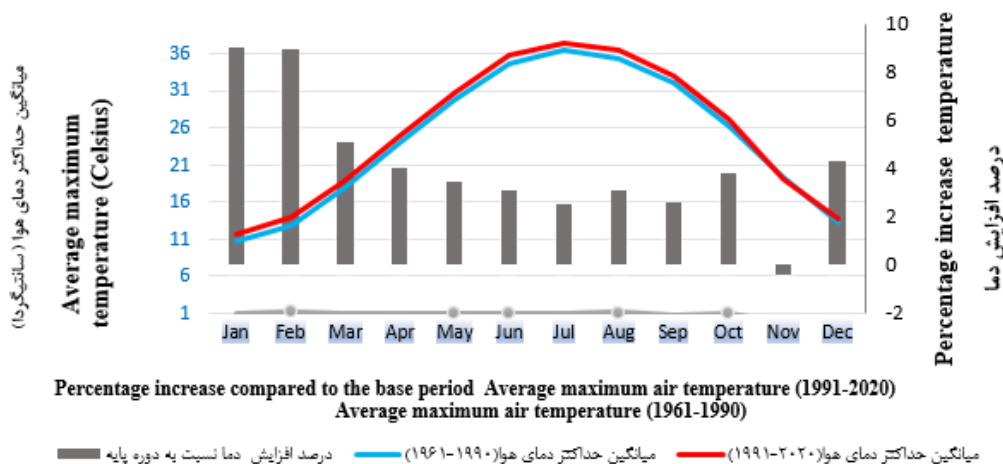
شکل (۲) نمودار میانگین دمای ماهانه دوره زمانی اخیر (۱۹۹۱-۲۰۲۰)، به رنگ آبی، نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی (۱۹۶۱-۱۹۹۰)، رنگ قرمز و درصد افزایش دما را برای ماه‌های مختلف به صورت ستونی نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار قابل مشاهده است میانگین دمای ماهانه کشور طی دوره (۱۹۹۱-۲۰۲۰) نسبت به دوره زمانی (۱۹۶۱-۱۹۹۰) افزایش یافته است که این میزان بین ۲/۵ درصد افزایش برای ماه نوامبر تا ۱۰/۷ درصد برای ژوئن متغیر بوده است<sup>۱</sup>. به عبارتی میانگین دمای ماهانه هوا طی سی ساله اخیر نسبت به سی ساله استاندارد گذشته بین ۰/۳ درجه تا ۱/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. همان‌طور که گفته شد بیشترین افزایش دما در ماه‌های ژوئن و آگوست بوده است و کمترین افزایش در ماه نوامبر رخ داده است. به عبارتی میزان افزایش دما در ماه‌های گرم، بیشتر از ماه‌های سرد سال اتفاق افتاده است. میانگین دمای ماهانه در دوره

۱. در تقویم ۱۰ ابان تا ۹ آذر معادل نوامبر و ۱۱ خرداد تا ۹ تیر معادل ژوئن می‌باشد.





شکل ۲. میانگین دمایی ماهانه دوره زمانی اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی و درصد افزایش دما  
 Fig 2. Average monthly temperature in the recent time period compared to the selected climatic standard period and the percentage of the temperature increase



شکل ۳. میانگین حداکثر دمایی ماهانه دوره زمانی اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی و درصد افزایش دما  
 Fig 3. Average monthly maximum temperature in the recent time period compared to the selected climatic standard period and the percentage of the temperature increase

می‌کند که هر کدام می‌تواند تأثیرات متفاوتی در پی داشته باشند.

- افزایش دما در نمودارهای متوسط حداقل دما و حداکثر دما در دوره سی ساله اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی کاملاً مشهود است.

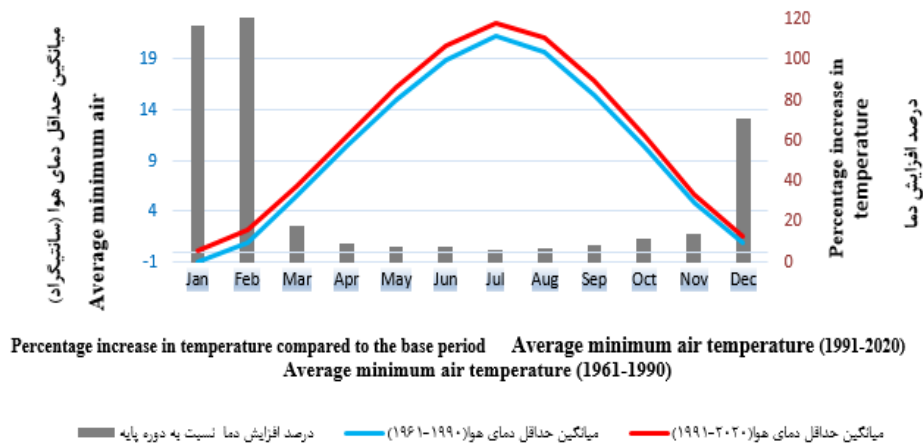
- افزایش دما در نمودار حداقل دما نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی در عین اینکه افزایشی بوده است، نسبت به نمودار حداکثر دما نیز بسیار بیشتر بوده است.

- با توجه به زمان وقوع حداقل دما در طول شبانه‌روز

درجه در ماه ژوئن و معادل  $1/46$  درجه سانتی‌گراد بوده است.

بیشترین میزان درصد افزایش دما نسبت به دوره استاندارد اقلیمی ۱۲۱ درصد بوده که در ماه فوریه رخ داده است. درصد افزایش حداقل دما در سایر ماه‌ها نیز در شکل به صورت ستونی نمایش داده شده است. متوسط درصد افزایش دمای حداقل طی دوره سی ساله اخیر نسبت به دوره استاندارد، ۳۳ درصد بوده است.

نتایج حاصل از بررسی نمودارها چند نکته را مشخص



شکل ۴. میانگین حداقل دمای ماهانه دوره زمانی اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی و درصد افزایش دما  
**Fig 4. Average monthly minimum temperature in the recent time period compared to the selected climatic standard period and the percentage of the temperature increase**

تشکیل مه در هوا کاهش می‌یابد، زیرا هوا گرم‌تر می‌شود و توانایی حمل رطوبت از هوا به شکل مه کمتر می‌شود.

علاوه بر این افزایش دما در ساعات شب می‌تواند تأثیراتی بر نظام رطوبتی خاک داشته باشد. این افزایش ممکن است منجر به تبخیر بیشتر آب از خاک شود و در نتیجه، نیاز به آبیاری بیشتر باشد. افزایش حداکثر دما نیز که می‌توان آن را به‌نوعی افزایش دما در ساعات روز دانست می‌تواند منجر به تغییرات در الگوی بارندگی و رطوبت منطقه شود. از آنجایی که باد معمولاً از مناطق گرم به سمت مناطق سرد حرکت می‌کند؛ بنابراین، افزایش دما ممکن است الگوی جریانات هوایی را تغییر داده و سیستم‌های بارشی را تحت تأثیر قرار دهد. به طور کلی، افزایش دما تأثیرات متنوعی بر پدیده‌های هواشناسی دارد و این تأثیرات بستگی به شرایط محلی و منطقه‌ای هواشناسی دارد.

#### سطح دوم: علل کلی افزایش دما در کشور

افزایش میانگین درجه حرارت کشور طی دوره سی ساله اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی می‌تواند به عوامل طبیعی و انسانی باز گردد. اولین علت این افزایش را می‌توان به تغییرات اقلیمی جهانی مرتبط دانست. افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن و متان ناشی از فعالیت‌های

که اغلب در ساعات شب اتفاق می‌افتد می‌توان گفت که افزایش حداقل دما در واقع به معنای کاهش دامنه تغییرات دمایی شبانه‌روزی باشد.

نرخ افزایش دما به خصوص حداقل دما در ماه‌های مختلف متغیر است و در برخی ماه‌ها این شدت افزایش، بسیار قابل توجه بوده است. رشد میانگین حداکثر دما نیز می‌تواند به معنای میزان افزایش دما در ساعات روز باشد.

رشد میانگین حداکثر دما نیز می‌تواند به معنای میزان افزایش دما در ساعات روز باشد؛ یعنی دمای هوا در طول روز، به‌خصوص در گرم‌ترین ساعات، نسبت به گذشته بیشتر شده است. دمای سردترین ساعات شب (حداقل دما) با سرعت بیشتری نسبت به گرم‌ترین ساعات روز (حداکثر دما) در حال افزایش است. این موضوع ممکن است تأثیرات متفاوتی بر بخش‌های مختلف اکوسیستم، فعالیت‌های کشاورزی و سلامت انسانی داشته باشد. همچنین افزایش دما در ساعات شب ممکن است تأثیراتی بر پدیده‌های هواشناسی مانند رطوبت نسبی و وقوع مه داشته باشد زیرا زمانی که دما افزایش یافته ولی مقدار رطوبت هوا ثابت باقی‌مانده باشد، افزایش دما معمولاً منجر به کاهش رطوبت نسبی هوا می‌شود که این موضوع ممکن است تأثیرات زیادی بر کشاورزی و نیاز آبی گیاهان داشته باشد؛ همچنین با افزایش دما، احتمال

و خسارات جدی به دنبال دارند؛ با این حال، برخی از کشورها ممکن است از برخی از اثرات مثبت ناشی از تغییرات دمایی بهره‌مند شوند. این اثرات مثبت خیلی محدود بوده و باید با احتیاط ویژه مورد بررسی قرار گیرند. اثرات منفی این تغییرات بیشتر در مناطقی با عرض جغرافیایی متوسط و پایین و اثرات مثبت آن بیشتر در عرض‌های جغرافیایی بالا ظاهر شده است (National Agriculture and Water Strategic Research Center, 2023).

تغییر اقلیم پیامدهای قابل توجهی بر کشاورزی از جمله تخریب خاک، تأثیرات بر دسترسی به آب و کاهش قابل توجه در بهره‌وری محصولات دارد. همچنین افزایش دمای جهانی می‌تواند منجر به افزایش تبخیر و تنش آبی شود که بر رشد و عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد. تغییرات در الگوهای بارش (که نتیجه گرمایش جهانی می‌باشد)، مانند بارندگی شدید یا خشکسالی‌های طولانی‌مدت، می‌تواند فصل کاشت و برداشت را مختل کند و بر تولید محصولات تأثیر بگذارد. تغییر فصل رشد در کشاورزی به دلیل تغییرات اقلیمی می‌تواند شیوه‌های کشاورزی سنتی را مختل کند و بر عملکرد محصول تأثیر بگذارد. افزایش نرخ تبخیر، بر دسترسی به آب تأثیر می‌گذارد، افزایش دما می‌تواند منجر به افزایش تبخیر از بدنه‌های آبی و خاک و کاهش دسترسی به آب برای اهداف کشاورزی شود. تغییرات در بارش نیز می‌تواند بر دسترسی آب برای آبیاری تأثیر بگذارد و بر رشد و بهره‌وری محصولات، تأثیر منفی بگذارد. علاوه بر این، ذوب شدن یخچال‌های طبیعی و کاهش حجم برف به دلیل افزایش دما می‌تواند چرخه طبیعی آب را مختل کند و بر دسترسی به آب در مناطق خاص تأثیر بگذارد. همچنین تغییر در الگوی آفات و بیماری‌ها نیز از جمله اثرات منفی افزایش دما می‌باشد. به‌طور کلی، تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش، چالش‌های مهمی را برای بهره‌وری کشاورزی ایجاد می‌کند و اثرات بالقوه بلندمدت و کوتاه‌مدت بر امنیت غذایی و معیشت کشاورزان در کشورهای در حال توسعه دارد (Anony-mous, 2023).

افزایش دما به‌طور کلی و بالاخص در بخش کشاورزی

انسانی و مصرف بالای سوخت‌های فسیلی از جمله اصلی‌ترین دلایل این افزایش دما است. همچنین تغییر کاربری اراضی، مانند کاهش سطح جنگل‌ها و افزایش ساخت و سازها و نیز تغییر توپوگرافی زمین می‌تواند به تغییرات در توزیع حرارت و بارش منطقه‌ای منجر شود. باید توجه داشت برخی از این عوامل ممکن است به‌صورت همزمان تأثیرگذار بوده و موجب افزایش دمای میانگین در کشور شده باشند. رابطه بین افزایش دما و تغییرات الگوی بادهای و جریانات جوی به‌صورت دوطرفه است، به این معنا که هر یک از این عوامل می‌تواند تأثیر مستقلی بر دیگری داشته باشد. به‌عنوان مثال تغییر در تابش خورشیدی، تغییر در جذب و انتشار حرارت، تأثیرات گازهای گلخانه‌ای می‌تواند باعث افزایش دما شود و این افزایش دما، سبب تغییر در جریانات جوی و الگوهای بادی و بارش شود. از سوی دیگر، الگوهای بادهای و جریانات هوایی نیز می‌توانند به‌عنوان عاملی مستقل باعث افزایش دما شوند. بنابراین، این رابطه به‌عنوان یک سیکل پیچیده بین عوامل مختلف در اقلیم و هواشناسی مطرح می‌شوند. به‌طور کلی تغییرات در الگوی باد، الگوی بارندگی و کاهش سطوح برف و یخ نیز نقش مهمی در افزایش دما دارند. باید توجه داشت عوامل متعددی در مسئله افزایش دما دخیل می‌باشند و برای تفسیر دقیق دلایل افزایش دما نیاز به بررسی عوامل مختلف مانند انسانی (انتشار گازهای گلخانه‌ای)، طبیعی (شدت تابش و زاویه آن و غیره) و دیگر پارامترهای محیطی است.

### سطح سوم: فرصت‌ها و تهدیدهای ناشی از افزایش دما در بخش کشاورزی

کشاورزی فعالیت اقتصادی برای تولید غذا جهت ایجاد امنیت غذایی حال و آینده جهان می‌باشد. با وجود پیشرفت‌های علمی و تکنولوژیکی در زمینه افزایش بهره‌وری و تولید محصولات زراعی، کشاورزی به‌شدت به اقلیم وابسته است؛ بنابراین تغییرات اقلیمی در کوتاه مدت و بلندمدت در میزان تولید اثرگذار می‌باشد (Koocheki et al., 2015). تغییرات دمایی ناشی از تغییرات اقلیم به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر بخش کشاورزی اثرگذار است و معمولاً تأثیرات منفی

### تهدیدهای محتمل

● افزایش دما باعث افزایش نیاز به آب در فرآیند رشد گیاهان می‌شود. این تغییرات می‌توانند تأثیرات مستقیمی بر مدیریت آب و استفاده بهینه از منابع آب در کشاورزی داشته باشند. افزایش دما به خصوص برای برخی گیاهان حساس به دما می‌تواند باعث کاهش عملکرد آنها شود. همچنین از آنجا که افزایش دما ممکن است باعث تغییرات در الگوی بارش و شدت بارش‌ها شود؛ این تغییرات می‌توانند تأثیرات مستقیمی بر مدیریت آب و کنترل رطوبت در مزارع داشته باشند. تغییر در الگوی بارش و شدت آن باعث شدت بیشتر خشک‌سالی یا سیلابی شدن مناطق خاص شود که این امر به مشکلات جدی در کشاورزی منجر می‌شود.

● افزایش حداقل دما موجب افزایش تبخیر - تعرق گیاهان و در نتیجه نیاز گیاهان به مقدار بیشتری آب می‌شود که در شرایط کم‌بارش می‌تواند منجر به مشکلات آبیاری و مدیریت آب شود.

● افزایش دما موجب افزایش نرخ تبخیر آب می‌شود. این امر نیز می‌تواند به کاهش آب در اختیار محصولات منجر شود که در نهایت به کاهش تولید منتهی می‌شود. تغییر در شاخص‌های بیولوژیکی (مانند تغییر زمان گل‌دهی گیاهان)، افزایش آفات و بیماری‌ها نیز از دیگر تهدیدات مرتبط با افزایش دما می‌باشند.

● با گرم شدن کره زمین، شرایط برای تکثیر و ازدیاد جمعیت حشرات مضر، مناسب خواهد شد. طولانی‌تر شدن فصل رویش گیاهان، موجب می‌شود تا تعداد بیشتری از این گونه آفات (همانند ملخ) چرخه تولید مثلی خود را طی نمایند. در مناطقی که شدت سرمای زمستان، اجازه زمستان‌گذرانی لارو حشرات را نمی‌دهد، گرم شدن زمین، موجبات تسهیل در این پدیده را فراهم می‌آورد و امکان طغیان آفات در فصول گرم سال را در این مناطق، افزایش می‌دهد. تغییر الگوی وزش باد نیز در انتقال حشرات، باکتری‌ها و قارچ‌های مولد بیماری، تغییراتی به وجود خواهد آورد. تغییرات دمایی موجب اختلال در زمان مناسب چرخه تکاملی حشرات و گیاهان میزبان

می‌تواند همراه با تبعات و یا مزایایی باشد که بستگی به میزان و نحوه مواجهه با تغییرات اقلیمی و تدابیر متناسب، چالش‌ها و فرصت‌هایی را ایجاد می‌کند.

### فرصت‌های محتمل

● افزایش دما در نواحی با محدودیت رشد به دلیل سرما (همچون نواحی معتدل و سرد)، ممکن است باعث گسترش فصل رشد شود و این امکان را فراهم کند که ارقام با دوره رشد طولانی‌تر و عملکرد بالاتر کشت شوند. برای محصولات فصلی که فصل رشد آنها کوتاه است، مانند گندم، برنج، جو، یولاف و بسیاری از سبزیجات، توسعه فصل رشد می‌تواند امکان پیش‌آید که هر سال میزان بیشتری از این محصولات را کشت کنیم یا کاشت را در فصل پاییز انجام دهیم. برای مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری که بارندگی عامل محدودیت فصل رشد می‌باشد یا نقاطی که کاشت در بین سال انجام می‌شود، امکان توسعه فصل رشد، کم بوده و بستگی به این دارد که الگوی بارندگی چگونه تغییر کند. در یک تحقیق انجام‌شده در تایلند، مشاهده شد که کاهش عملکرد در فصل گرم‌تر، با دستیابی به عملکرد بالاتر در فصل سرد‌تر، جبران می‌شود (Nasiri Mahallati et al., 2002).

● افزایش دما ممکن است به گسترش مناطق کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت در مناطق جدید منجر شود. البته همان‌طور که پیش از این گفته شد این اثرات مثبت، بیشتر در عرض‌های جغرافیایی بالا (مناطق سردسیر) صادق است. این موضوع، فرصتی را برای گسترش تولید محصولات کشاورزی و افزایش تنوع کاشت فراهم می‌کند. همچنین افزایش دما می‌تواند به کشاورزان مناطق سردسیر این امکان را بدهد که الگوی کاشت خود را تغییر داده و محصولات گرمادوست را نیز کشت نمایند.

اگرچه برخی فرصت‌ها در قبال افزایش دما ممکن است حاصل شود اما باید توجه داشت که افزایش دما در مناطق گرم و خشکی نظیر بیشتر مناطق کشور ما، نه تنها فرصت نیست بلکه تهدیدی جدی برای بخش کشاورزی می‌باشد. در ادامه به برخی از این تهدیدات اشاره می‌شود که می‌تواند بخش کشاورزی را متأثر سازد.

سی ساله منتهی به سال ۲۰۲۰ نیز به‌عنوان دوره زمانی اخیر پرداخته شد. لذا داده‌های میانگین دمای سالانه مشاهده‌شده در کشور طی دو دوره سی ساله فوق‌الذکر رسم و روند دمایی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مقادیر میانگین حداکثر دمای ماهانه و حداقل دمای ماهانه نیز در مقایسه با دوره استاندارد اقلیمی انتخابی در قالب نمودار رسم و تغییرات آن مورد توجه قرار گرفت. طبق نتایج حاصله در هر سه فاکتور مورد بررسی، افزایش دما در دوره سی ساله اخیر نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی، کاملاً مشهود است. همچنین افزایش دما در نمودار حداقل دما نسبت به دوره استاندارد اقلیمی انتخابی، علاوه بر افزایشی بودن، تغییرات بسیار قابل توجه‌تری نیز نسبت به نمودار حداکثر دما داشته است. این افزایش دما چه در میزان میانگین و چه در میانگین حداکثر و حداقل دما، می‌تواند اثرات متفاوتی بر بخش کشاورزی داشته باشد. این تغییرات همراه با فرصت‌ها و تهدیدهای احتمالی می‌باشد که با توجه به سایر فاکتورها می‌تواند در مناطق مختلف خودنمایی کند. اکثر فرصت‌های محتمل افزایش دما، در عرض‌های جغرافیایی بالا (مناطق سرد) قابل مشاهده بوده و با توجه به این نکته که اقلیم ذاتی کشور ما گرم و خشک می‌باشد، تهدیدهای تغییرات دمایی، احتمالاً بروز و ظهور بیشتری دارند.

نکته قابل توجه این است که تأثیرات افزایش دما و تغییرات اقلیمی، موجب تحولات گسترده در تمامی بخش‌های کشور از جمله کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست، سلامت، اقتصاد شده و خواهد شد. افزایش حوادث طبیعی، بیابان‌زایی، کمبود منابع آب، خشکسالی‌های پیاپی، تغییرات الگوهای بارش (میزان و شدت بارش)، افزایش تنش‌های حرارتی، بالا رفتن مصرف انرژی و غیره از جمله تبعات افزایش دما در کشور می‌باشند. برای تعدیل این اثرات منفی و متوقف نمودن این روند در کشور، راهبردهای کلان و خرد در قالب یک برنامه جامع و هماهنگ، بایستی در تمامی بخش‌ها اجرا شود. اقداماتی نظیر ترویج و تشویق به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به‌جای سوخت‌های فسیلی، حمایت از کشاورزی پایدار،

شده که موجب اختلال در ارتباط متقابل این دو دسته از موجودات خواهد شد. بنابراین در این شرایط، نیاز به استفاده از آفت‌کش‌ها و سموم افزایش یافته و لزوم توسعه روش‌های مبارزه تلفیقی، بسیار جدی‌تر خواهد شد (Ghalandari and Jan Ali Zadeh, 2015).

● افزایش دما ممکن است تغییراتی در نیاز به انرژی سیستم‌های خنک‌کننده در محیط‌های گلخانه‌ها ایجاد کند که می‌تواند تأثیرات مستقیمی بر مصرف انرژی در بخش کشاورزی داشته باشد. همچنین دما بر ترکیب و فعالیت میکروب‌ها و حیات خاکی تأثیر می‌گذارد. افزایش دما ممکن است موجب تغییرات در کیفیت خاک شود که بر رشد و توسعه محصولات کشاورزی تأثیر می‌گذارد. همچنین می‌تواند موجب افزایش خشکی و ریسک آتش‌سوزی به‌خصوص در دیم‌زارها شود. این امر می‌تواند به مشکلات امنیت غذایی و از دست دادن منابع طبیعی این مناطق منجر شود.

### نتیجه‌گیری

دما یکی از عوامل اقلیمی مؤثر بر رشد، نمو و عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد. همه گیاهان دارای محدودیت‌های دمایی هستند که عدول از آن‌ها می‌تواند اثرات منفی بر رشد گیاهان داشته باشد. طی چند دهه اخیر تغییرات اقلیمی ناشی از عوامل طبیعی و انسانی، قابل توجه بوده است. مهم‌ترین عامل تغییرات دمایی از بعد فعالیت‌های انسانی انتشار گازهای گلخانه‌ای و به‌تبع آن، تغییر دمای زمین بوده است. کشور ما نیز از این امر مستثنی نبوده و بعضاً اثرات بیشتری از این تغییرات پذیرفته است. سایر عوامل انسانی تغییرات دما در کشور ما علاوه بر گرمایش جهانی، شامل تغییر کاربری اراضی، کاهش سطح جنگل‌ها و افزایش ساخت و سازها و غیره بوده است. در این مقاله، همان‌طور که ذکر شد به‌علت محدودیت دسترسی به داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی داخل کشور، از داده‌های پایگاه واحد تحقیقات آب و هوایی (CRU) که یک مرکز تحقیقاتی معتبر در زمینه تغییرات اقلیمی است، استفاده شد و به بررسی تحولات دمایی کشور طی سال‌های ۱۹۶۱-۱۹۹۰ به‌عنوان دوره استاندارد اقلیمی و دوره

- Anonymous. (2023). The Impact of Climate Change on Agricultural Productivity in Developing Countries: A Quantitative Study. (2023). In *European journal of molecular & clinical medicine*, 6(2), Institute for Advanced Studies. <https://doi.org/10.48047/ejmcm/v06/i02/03>
- Climate Change Knowledge Portal. (2022). Iran, Islamic Rep. Retrieved December 10, 2023, from <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/iran-islamic-rep>
- D'Amato, G., & Akdis, C. A. (2020). Global warming, climate change, air pollution and allergies. In *Allergy*, 75(9), 2158–2160. <https://doi.org/10.1111/all.14527>
- ECMWF. (2024). Copernicus: 2023 is the hottest year on record, with global temperatures close to the 1.5°C limit. Retrieved October 10, 2024, from <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>
- Ghalandari, S., & Jan Ali Zadeh, M. (2015). Climate change and ecophysiology of agricultural plants. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Research in Science and Technology* [In Persian].
- Fakhri, M., Dokohaki, H., Eslamian, S., Fazeli Farsani, I., & Farzaneh, M. R. (2014). Flow and sediment transport modeling in rivers. *Handbook of Engineering Hydrology*, 2, 233-275. <https://doi.org/10.1201/b16683-14>
- Fakhri, M., Farzaneh, M. R., Eslamian, S., & Khordadi, M. J. (2013). Confidence Interval Assessment to Estimate Dry and Wet Spells under Climate Change in Shahrekord Station, Iran. In *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(7), 911–918. American Society of Civil Engineers (ASCE). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0000688](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000688)
- Farzaneh, M. R., & Banimostafaarab, F. (2023a). Analysis of climate change adaptation laws in devel-

ترویج رفتارهای حفاظت از منابع در جامعه و همکاری بین‌المللی در راستای کاهش گازهای گلخانه‌ای برای متوقف یا کند نمودن افزایش دما باید در بعد کلان مورد توجه قرار گیرد.

همچنین تخریب خاک، تغییر کاربری اراضی، از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع، استفاده مداوم از کودها و مواد شیمیایی در تولید، مصرف بالای انرژی در بخش کشاورزی، عدم مدیریت منابع آب و خاک و غیره، منجر به انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی و به تبع آن افزایش دما در کشور خواهد شد؛ لذا وجود استراتژی‌های مناسب برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی و سازگاری با شرایط اقلیمی جدید می‌تواند کمک کند تا از شدت این تغییرات دمایی کاسته شده و آسیب‌های کمتری نیز متوجه بخش کشاورزی شود. برای تأمین این هدف، توصیه‌های سیاستی زیر در بخش کشاورزی مورد تأکید می‌باشد:

- ترویج رویکردهای کشاورزی پایدار که محافظه‌کارانه با منابع طبیعی برخورد می‌کنند و به حفاظت از خاک، آب، و تنوع‌زیستی توجه دارند.

- بهره‌گیری از تکنولوژی‌های مدرن در کشاورزی، مانند سیستم‌های هوشمند آبیاری، کشاورزی دقیق و سیستم‌های کشت هوشمند.

- ارائه آموزش به کشاورزان در زمینه‌های مختلف از جمله انتخاب بذرها و گیاهان مقاوم به دما و محصولات مناسب، استفاده از تکنولوژی‌های نوین و مدیریت منابع طبیعی در جهت افزایش توانمندی آنان در مواجهه با تغییرات دمایی

- بهینه‌سازی سیستم‌های آبیاری و مدیریت استفاده از آب برای افزایش بهره‌وری و جلوگیری از تبخیر بیشتر - استفاده از روش‌های پیشگیری و مدیریت مستمر برای کنترل آفات و بیماری‌ها

### منابع

- Ainsworth, E. A., Lemonnier, P., & Wedow, J. M. (2019). The influence of rising tropospheric carbon dioxide and ozone on plant productivity. In S. Tausz-Posch (Ed.), *Plant Biology*, 22(S1), 5–11. <https://doi.org/10.1111/plb.12973>

- (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Kahn, B., & Climate Central. (2017). A century of global warming, in just 35 seconds. Retrieved from <https://www.scientificamerican.com/article/a-century-of-global-warming-in-just-35-seconds/>
- Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M., & Jafari, L. (2015). Evaluation of climate change effect on agricultural production of Iran: I. Predicting the future agroclimatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4), 651-664. doi: 10.22067/gsc.v13i4.51156. [In Persian].
- Letcher, T. M. (2021). Global warming—a complex situation. *Climate Change*, 3–17. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821575-3.00001-3>
- Mansouri Daneshvar, M. R., Ebrahimi, M., & Nejadsoleymani, H. (2019). An overview of climate change in Iran: facts and statistics. In *Environmental Systems Research* (Vol. 8, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
- Miri, M., Azizi, G., Mohamadi, H., & Pourhashemi, M. (2017). Evaluation statistically of temperature and precipitation datasets with observed data in Iran. *Journal of Water and Soil Management*, 10(35), 39-50. Retrieved from <https://jwmsei.ir/article-1-587-fa.html>. [In Persian]. 20.1001.1.20089554.1395.10.35.8.1
- Nasiri Mahallati, M., Kucheki, A., & Rezvani, P. (2002). The impact of global climate change on agricultural production. Ferdowsi University of Mashhad Press. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/gsc.v14i1.51157>
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, oped countries. *Journal of Drought and Climate Change Research*, 1(1), 49-70. doi: 10.22077/jdcr.2023.6024.1009. [In Persian].
- Farzaneh, M. R., & Banimostafaarab, F. (2023b). Analysis of climate change adaptation laws in developing countries. *Climate Change Research*, 4(13), 35-54. [In Persian]. doi: 10.30488/ccr.2023.394431.1128
- Fazeli Farsani, I., Farzaneh, M. R., Besalatpour, A. A., Salehi, M. H., & Faramarzi, M. (2018). Assessment of the impact of climate change on spatiotemporal variability of blue and green water resources under CMIP3 and CMIP5 models in a highly mountainous watershed. *Theoretical and Applied Climatology*, 136(1–2), 169–184. Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2474-9>
- Hansen, J. E., Sato, M., Simons, L., Nazarenko, L. S., Sangha, I., Kharecha, P., Zachos, J. C., von Schuckmann, K., Loeb, N. G., Osman, M. B., Jin, Q., Tselioudis, G., Jeong, E., Lacis, A., Ruedy, R., Russell, G., Cao, J., & Li, J. (2023). Global warming in the pipeline. In *Oxford Open Climate Change* (Vol. 3, Issue 1). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgad008>
- Herring, D., & Lindsey, R. (2022). What evidence exists that Earth is warming and that humans are the main cause? Retrieved December 10, 2023, from <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/what-evidence-exists-earth-warming-and-humans-are-main-cause>
- Hughes, R. A. (2024). Global temperatures breached critical 1.5°C warming threshold for first time over 12 month period. Retrieved October 10, 2024, from <https://www.euronews.com/green/2024/02/08/2024-begins-with-worlds-hot-test-january-on-record-eu-scientists-confirm>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

- ness Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04506-0>
- Thompson, L. G. (2010). Climate change: The evidence and our options. *The Behavior Analyst*, 33(2), 153–170. Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/bf03392211>
- Ullah, S., You, Q., Sachindra, D. A., Nowosad, M., Ullah, W., Bhatti, A. S., Jin, Z., & Ali, A. (2022). Spatiotemporal changes in global aridity in terms of multiple aridity indices: An assessment based on the CRU data. In *Atmospheric Research* (Vol. 268, p. 105998). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105998>
- United Nations. (2024). Causes and effects of climate change. United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved on January 15, 2024. from <https://www.un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change>.
- Vaghefi, S. A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., Sheikholeslami, J., Ahmadi, A., Yang, H., & Abbaspour, K. C. (2019). The future of extreme climate in Iran. In *Scientific Reports* (Vol. 9, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38071-8>
- Via, S. (2023). Climate change basics and evidence. Retrieved December 10, 2023, from <https://extension.umd.edu/resource/climate-change-basics-and-evidence>
- World Meteorological Organization (WMO). (2023). WMO publishes global update of climate datasets. Retrieved December 10, 2023, from <https://wmo.int/media/news/wmo-publishes-global-update-of-climate-datasets>
- D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Ha, M. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.; H. Lee, Chair). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/ipcc/ar6-9789291691647>
- NOAA. (2024). National centers for environmental information, monthly global climate report for annual 2023. Retrieved from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>.
- Nunes, C. (2019). Is global warming real? Retrieved December 10, 2023, from <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/global-warming-real>
- Office of Technology Studies, Presidency, Policy Research Center. (2022). National infrastructure development roadmap for weather data publication. Sharif University of Technology. [In Persian].
- Rosen, J. (2021). The science of climate change explained: Facts, evidence and proof. Retrieved December 10, 2023, from <https://www.nytimes.com/article/climate-change-global-warming-faq.html>
- Shahpari, G., Ashena, M., Martinez-Cruz, A. L., & León, D. G. (2023). Implications for the Iranian economy from climate change effects on agriculture—a static computable general equilibrium approach. *Theoretical and Applied Climatology*, 153(3–4), 1221–1235. Springer Science and Business Media LLC.