



DOI: 10.22092/irm.2022.357773

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۱۱/۲۰
تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

آنومالی مثبت دمای ایران بیش از دو برابر جهانی براساس داده‌های ECMWF ERA5

فاطمه درگاهیان^{۱*}، سمانه رضوی‌زاده^۱ و سکینه لطفی‌نسب‌اصل^۱

چکیده

در حال حاضر، کره زمین شاهد پیامدهای گرمایش جهانی از جمله کاهش یخ‌های دریای قطب شمال، افزایش سطح دریاها، آتش‌سوزی‌های جنگلی شدیدتر و الگوهای مهاجرت حیوانات است. درک اینکه چگونه کره زمین در حال تغییر است و این تغییر با چه سرعتی رخ می‌دهد، برای آماده شدن انسان و انطباق با جهان گرم‌تر بسیار مهم است. این تحقیق، روند تغییرات آنومالی دما و سال رکورد دمایی را در ایران بررسی و آن را با آنومالی دمای کره زمین، نیمکره خشکی‌ها (شمالی)، نیمکره آب‌ها (جنوبی)، قطب شمال و قطب جنوب مقایسه کرده است. برای این منظور از داده‌های تحلیل مجدد مربوط به آنومالی دمای ۲ متری سطح زمین که از مرکز پیش‌بینی میان‌مدت اروپایی (ECMWF) اخذ و توسط مرکز تغییر اقلیم دانشگاه ماین پردازش شده‌اند، استفاده شد. نتایج نشان داد، بیشترین آنومالی مثبت دما در قطب شمال رخ داده است. بعد از قطب شمال، آنومالی مثبت دمای ایران بیشتر از آنومالی مثبت نیمکره خشکی‌ها و بیش از دو برابر آنومالی مثبت کره زمین است. اگرچه سال بالاترین رکورد دمایی در قسمت‌های مختلف متفاوت است، تغییرات آنومالی ایران از سال ۲۰۱۶ تاکنون به موازات تغییرات آنومالی قطب شمال با شدت کمتری رخ داده است و این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت. بیشترین آنومالی مثبت دما در ایران در سال ۲۰۱۰، حدود ۲ درجه سانتی‌گراد بوده است که در سال ۲۰۲۱ برخلاف سایر قسمت‌های کره زمین، در ایران رکورد آنومالی دمایی شکسته شده و تقریباً به ۲/۱۲ درجه سانتی‌گراد رسیده است. رکورد آنومالی مثبت دمای ایران در سال ۲۰۲۱، تقریباً ۳ برابر رکورد آنومالی مثبت دمایی ثبت شده در سال ۲۰۱۶ برای کل کره زمین و بیش از ۲ برابر رکورد دمایی ثبت شده برای نیمکره شمالی زمین است. بالا بودن آنومالی مثبت دما هشدار برای همه مدیران و برنامه‌ریزان در تمام سطوح و تهدیدی جدی برای منابع طبیعی و ذخایر و مصارف آب کشور است که بر اقدامات لازم برای سازگاری و کاهش آثار مخرب آن تأکید می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، گرمایش جهانی، رکورد دمایی، سازگاری اقلیمی

Iranian temperature anomaly is more than twice the global temperature anomaly according to ECMWF ERA5 data

F. Dargahian^{1*}, S. Razavizadeh¹ and S. Lotfinasabasl¹

Abstract

The planet is currently witnessing the effects of global warming, including Arctic sea ice, rising sea levels, more severe forest fires, and animal migration patterns. Understanding how the planet is changing and how fast it is changing is crucial to preparing humans and adapting to a warmer world. In this study, the trend of temperature anomaly changes and the year of temperature record in Iran have been investigated and compared with the temperature anomalies of the Earth, land hemisphere (north), water hemisphere (south), North Pole, and the South Pole. For this purpose, reanalysis data related to 2 m surface temperature anomalies obtained from the European Medium Term Prediction Center (ECMWF) and processed by the Climate Change Center of the University of Maine were used. The results showed that most temperature anomalies occurred at the North Pole. After the North Pole, the temperature anomaly in Iran is more than the anomaly of the hemisphere and more than twice the anomaly of the Earth. Although the highest temperature record of the year is different in different parts. The anomalous changes in Iran since 2016 have occurred with less intensity in parallel with the anomalous changes in the North Pole, and this trend will continue in the future. The highest temperature anomaly in Iran in 2010 was about 2 degrees Celsius. In 2021, unlike in other parts of the world, in Iran, the temperature anomaly record was broken and reached approximately 2.12 degrees Celsius. Iran's temperature anomaly record in 2021 is almost three times the temperature recorded in 2016 for the entire planet and more than 2 times the temperature recorded for the northern hemisphere. High-temperature anomalies are a warning to all managers and planners at all levels and a serious threat to the country's natural resources, reserves, and water consumption, emphasizing the necessary measures to adapt and reduce its destructive effects.

Keywords: Climate change, global warming, temperature record, climate adaptation.

*- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
پست الکترونیک نویسنده مسئول: fatemeh.dargahian@gmail.com

1*- Assistant Prof., Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. *Corresponding author E-mail dargahian@riff-ac.ir



مقدمه

پیامد گرمایش جهانی افزایش دمای زمین و نتیجه آن تغییر اقلیم است. آنومالی‌های دما انحراف از میانگین بلندمدت است و به دلیل اهمیت تغییرات دما در همه جنبه‌های زندگی بشر، آگاهی از میزان تغییرات آن حائز اهمیت است. آنومالی یا بی‌هنجاری دما تفاوت بین مقدار واقعی و مقدار متوسط بلندمدت آن است. آنومالی دما نسبت به یک دوره پایه سنجیده می‌شود. یک آنومالی مثبت نشان می‌دهد، دمای مشاهده‌شده گرم‌تر از خط پایه بوده است، درحالی‌که یک آنومالی منفی نشان می‌دهد، دمای مشاهده‌شده سردتر از دمای پایه است. آنومالی دما می‌تواند آسیب‌پذیری را در برابر خشک‌سالی، طوفان گرد و غبار، سیل، بهم‌ن و آتش‌سوزی طبیعی افزایش دهد (Jamali et al., 2022). آسیب‌پذیری قسمت‌های مختلف کره زمین متفاوت است. هرچند اولین هشدار تغییرات مثبت آنومالی دما از دهه ۸۰ میلادی در بیشتر نقاط کره زمین رخ داده، تغییرات پیوسته از سال ۲۰۰۰ به بعد قابل ملاحظه بوده است. پنجمین گزارش ارزیابی هیئت بین‌الدول تغییرات آب‌وهوایی نشان داده است، دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ میلادی، ۰/۷۸ درجه سلسیوس (با فاصله اطمینان ۰/۸۵-۰/۷۲ درجه سلسیوس) نسبت به دوره ۱۹۰۰-۱۸۵۰ افزایش داشته است (IPCC., 2013)

آنومالی مثبت دما پدیده‌ای است که کل کره زمین را با شدت و ضعف‌های مختلف درگیر کرده است. هرچند ناهنجاری‌های دمایی در مقیاس کلان توسط عوامل آب‌وهوایی خارج از مقیاس محلی کنترل می‌شوند (شاهکویی و همکاران، ۱۳۹۶)، اما بی‌تردید عواملی مانند دوری و نزدیکی به جریانات آب اقیانوسی که نقش تعدیل‌کنندگی زیادی در تغییرات دما دارند، همچنین عواملی مانند ارتفاع و عرض جغرافیایی بر میزان آنومالی دما مؤثر است. گرمایش جهانی و ارتباط معنی‌دار تغییرات دما و بارش نقاط مختلف دنیا با افزایش دمای

کره زمین، به‌عنوان مهم‌ترین نمودهای تغییر اقلیم در قرن حاضر قابل توجه هستند (قویدل و همکاران، ۱۳۹۴). در تحقیق پیش‌رو، آنومالی مثبت سالانه بررسی شده است، آنچه در این میان بسیار حائز اهمیت است، آنومالی مثبت در ماه‌ها و فصول سرد سال است. در ایران در ماه فوریه سال ۲۰۲۱، آنومالی مثبت دما به ۳ درجه سانتی‌گراد رسید، به‌طوری‌که براساس بازبیدهای میدانی منجر به شکوفه دادن درختان زردآلو، زالزالک، به‌زآینی و غیره در باغ ملی گیاه‌شناسی ایران شد (مشاهدات میدانی نگارنده). آنومالی مثبت دما با توجه به تداوم تولید گازهای گلخانه‌ای و روند افزایش دما در دهه‌های آتی ادامه دارد و بیشتر خواهد شد. پیش‌بینی دمای ایران برای دوره ۲۰۲۸- در همه ماه‌های سال مثبت و به‌طور متوسط ۰/۹ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد، که یک تهدید جدی برای محیط‌زیست و منابع آب ایران در سال‌های آینده به‌شمار می‌رود (زرین و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین، ارزیابی آنومالی فصلی دمای ایران تحت سناریوهای واداشت تابشی نشان داد، فصل زمستان بیشینه آنومالی مثبت دما را در بین فصول نشان داده است که یک تهدید بزرگ برای منابع آب کشور تلقی می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات مربوط به آنومالی دما در نقاط مختلف کشور به‌طور پراکنده و محدود انجام شده است، اما تاکنون تحقیق جامعی از این تغییرات براساس داده‌های شبکه‌ای با دقت بالا برای کشور انجام نشده و این تغییرات با تغییرات کل کره زمین و سایر مناطق مقایسه نشده است. در این تحقیق با توجه به طول دوره آماری ۲۰۲۱-۱۹۵۰، سال شروع رخداد آنومالی مثبت دما و بیشترین رکورد دمایی برای کل کره زمین و مناطق مختلف مانند نیمکره شمالی و جنوبی و قطب شمال و جنوب محاسبه و با تغییرات آنومالی مثبت دما در ایران مقایسه شده است. آگاهی از تغییرات آنومالی دما در ایران، ابزاری برای دستیابی به برنامه‌های عملیاتی با هدف سازگاری با تغییرات اقلیم در کشور است و می‌تواند طراحان و برنامه‌ریزان سیاست‌های کلان را در کاهش آثار و سازگاری با تغییر اقلیم یاری کند.

● داده‌ها و روش کار

در مطالعات تغییر اقلیم، آنومالی‌های دما مهم‌تر از دماهای مطلق و میانگین هستند. آنومالی دما تفاوت با دمای متوسط یا پایه است. یک آنومالی مثبت نشان می‌دهد، دمای مشاهده‌شده گرم‌تر از خط پایه بوده است، درحالی‌که یک آنومالی منفی نشان می‌دهد، دمای مشاهده‌شده سردتر از دمای پایه است. برای محاسبه آنومالی از روش‌های متعددی استفاده می‌شود، اما به‌طور کلی آنومالی استاندارد شده به‌عنوان تفاوت بین دوره جاری و دوره مرجع محاسبه می‌شود و سپس با تقسیم انحراف استاندارد دوره مرجع آن مقایسه می‌شود. هدف این تحقیق، بررسی آنومالی دما و شناسایی سال رکورد دمایی در ایران در مقایسه با کل کره زمین است، برای این منظور از داده‌های بازتولید شبکه‌ای استفاده شده است. محصولات داده شبکه‌ای، مشاهدات نقطه‌ای یا نایب‌نشته فضایی از آب‌وهوای زمین (مانند دما، بارش، باد و دمای سطح دریا) را در شبکه‌های ثبت‌شده در زمان قرار می‌دهند و با استفاده از روش‌های درون‌یابی، شکاف‌های داده را پر می‌کنند. این داده‌ها برای مطالعه آب‌وهوا در مناطقی که ممکن است مشاهدات مستقیم نداشته باشند، مفید هستند (حیدری علمدارلو و همکاران، ۱۳۹۸). امروزه توسعه مراکز پیش‌بینی و مدل‌سازی داده‌های اقلیمی مانند NCEP / NCAR و ECMWF منابعی از داده‌های تقریباً روزآمد هواشناسی را در اختیار پژوهشگران قرار داده است که میزان خطای آن در مقایسه با داده‌های ایستگاه‌های زمینی در بسیاری از نقاط جهان اندک و قابل چشم‌پوشی است، به همین علت می‌توان از این داده‌ها در کنار داده‌های زمینی، یا حتی در حکم جایگزینی برای داده‌های مشاهده‌ای در مناطق بدون ایستگاه استفاده کرد (رضیئی و ستوده، ۱۳۹۶). داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، داده‌های مربوط به آنومالی دمای ۲ متری سطح زمین است که از مرکز پیش‌بینی میان‌مدت اروپایی (ECMWF) دریافت شده است. این داده‌ها توسط مرکز تغییر اقلیم دانشگاه ماین پردازش شده‌اند، به‌طوری‌که تغییرات آنومالی

سال ۲۰۲۰ آنومالی دمای کره زمین ۰/۷۳۲ درجه سانتی‌گراد شد (شکل ۱).

آنومالی دمای نیمکره شمالی

سطح نیمکره شمالی زمین شامل ۶۰/۷ درصد آب و ۳۹/۳ درصد خشکی است (شکل ۲). آنومالی دما برای نیمکره شمالی زمین محاسبه شده است. بررسی تغییرات آنومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ با توجه به دوره پایه ۱۹۷۹-۲۰۰۰ برای نیمکره شمالی زمین نشان داد، هم‌زمان با آهنگ تغییرات دمای کره زمین از دهه ۱۹۸۰ برخی از سال‌ها

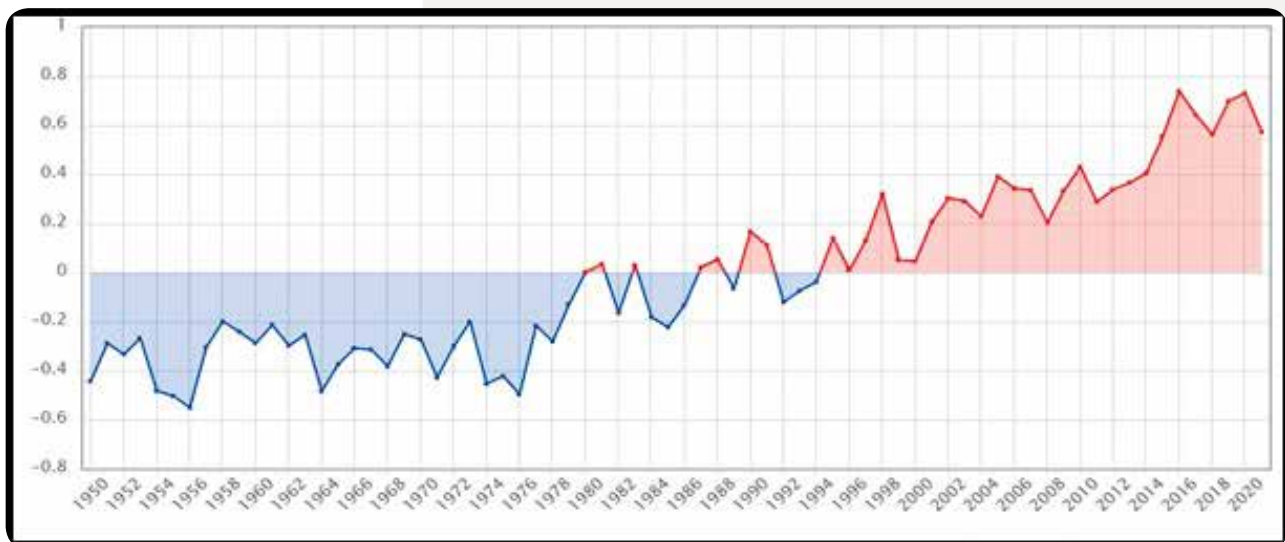
سری زمانی ۲۰۲۱-۱۹۵۰ با توجه به دوره پایه ۱۹۷۹-۲۰۰۰ برای کل کره زمین نشان داد، از دهه ۱۹۸۰ در برخی سال‌ها آنومالی مثبت رخ داده است، اما از سال ۱۹۹۴ آنومالی مثبت به‌طور پیوسته ادامه داشته است. در دهه اخیر، آنومالی مثبت دما با شیب بیشتری رخ داده است، در سال ۲۰۱۶ بیشترین مقدار آنومالی مثبت دمای کره زمین با ۰/۷۳۹ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است، هرچند در سال ۲۰۲۰ زمین تمایل داشت، رکورد سال ۲۰۱۶ را بشکند، اما با تفاوتی در حدود چندصدم درجه سانتی‌گراد این اتفاق روی نداد و در

داده‌های دما در سری زمانی ۲۰۲۱-۱۹۵۰ با توجه به دوره پایه ۱۹۷۹-۲۰۰۰ برآورد شده است. روند تغییرات این داده‌ها برای بیش از ۷ دهه و با قدرت تفکیک مکانی ۰/۵×۰/۵ برای کل کره زمین، نیمکره شمالی و جنوبی و قطب جنوب و شمال و ایران استخراج شد و سال رکورد دمایی برای هر کدام استخراج و تجزیه و تحلیل شد.

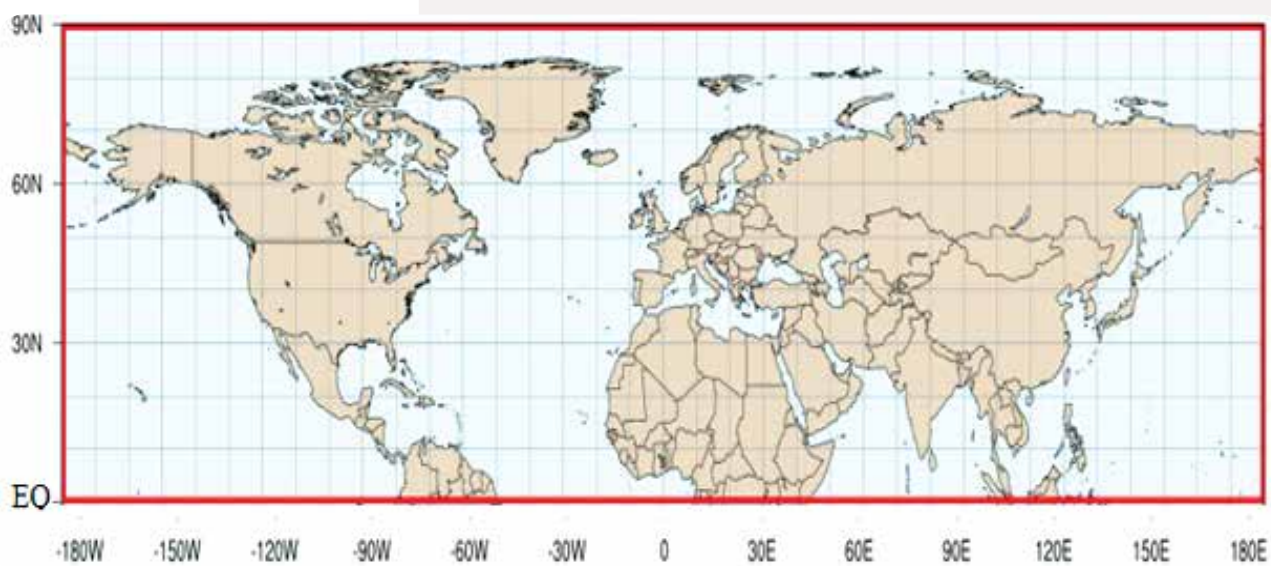
● نتایج

آنومالی دمای کره زمین

بررسی تغییرات آنومالی داده‌های دما در



شکل ۱- تغییرات آنومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ کل کره زمین



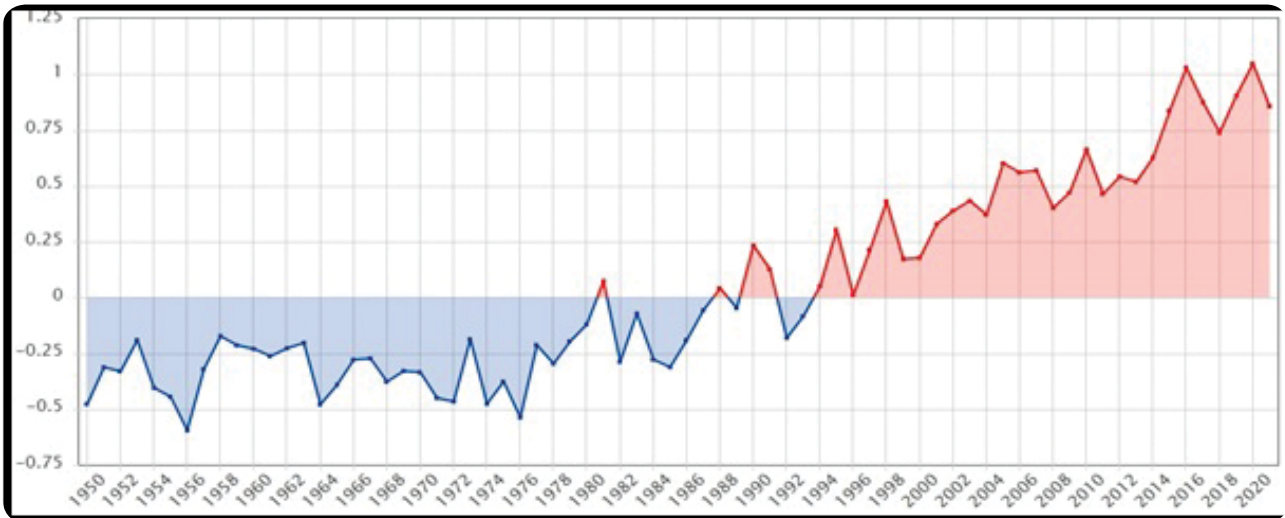
شکل ۲- موقعیت مکانی نیمکره شمالی



دارای آنومالی مثبت هستند، اما از سال ۱۹۹۴ آنومالی مثبت به طور پیوسته ادامه داشته است. در دهه اخیر، آنومالی مثبت دما با شیب بیشتری مشاهده شده است. در سال ۲۰۱۶، بیشترین مقدار آنومالی مثبت دمای نیمکره شمالی زمین با $1/0.30$ درجه سانتیگراد ثبت شده است. هرچند در سال ۲۰۲۰ با توجه به وسعت بیشتر خشکی‌ها رکورد سال ۲۰۱۶ با اختلاف یک صدم درجه سانتیگراد شکسته شد و آنومالی دما به $1/0.48$ درجه سانتیگراد رسید. بنابراین، سال ۲۰۲۰ با اختلاف دمای بسیار کمی نسبت به سال ۲۰۱۶، گرم‌ترین سال نیمکره شمالی زمین بوده است. در سال ۲۰۲۱ مقدار آنومالی دما کمتر شده است (شکل ۳).

آنومالی دمای نیمکره جنوبی

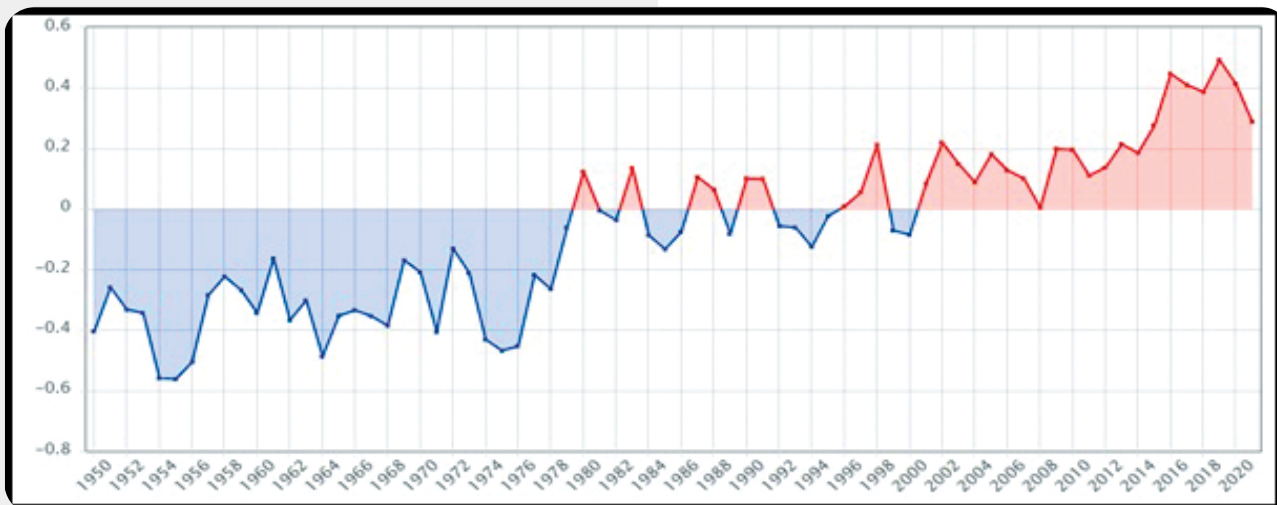
وسعت خشکی‌ها و جمعیت در نیمکره جنوبی کمتر از نیمکره شمالی است، به طوری که حدود ۹۰ درصد نیمکره جنوبی از آب تشکیل شده است. جریان‌های آب اقیانوسی که در دریاها و اقیانوس‌های مختلف دنیا در جریان است، در تعدیل شرایط محیط‌زیستی کره زمین نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند، وسعت زیاد اقیانوس‌ها و جریانات دریایی در نیمکره جنوبی، که به نیمکره آب‌ها معروف است، نتوانسته است مانع از آنومالی مثبت دما شود، اما باعث شده است، آنومالی مثبت با آهنگ کندتری در نیمکره جنوبی نسبت به نیمکره شمالی رخ دهد (شکل ۴). آنومالی دما برای نیمکره جنوبی زمین محاسبه شده



شکل ۳- تغییرات آنومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱. نیمکره شمالی



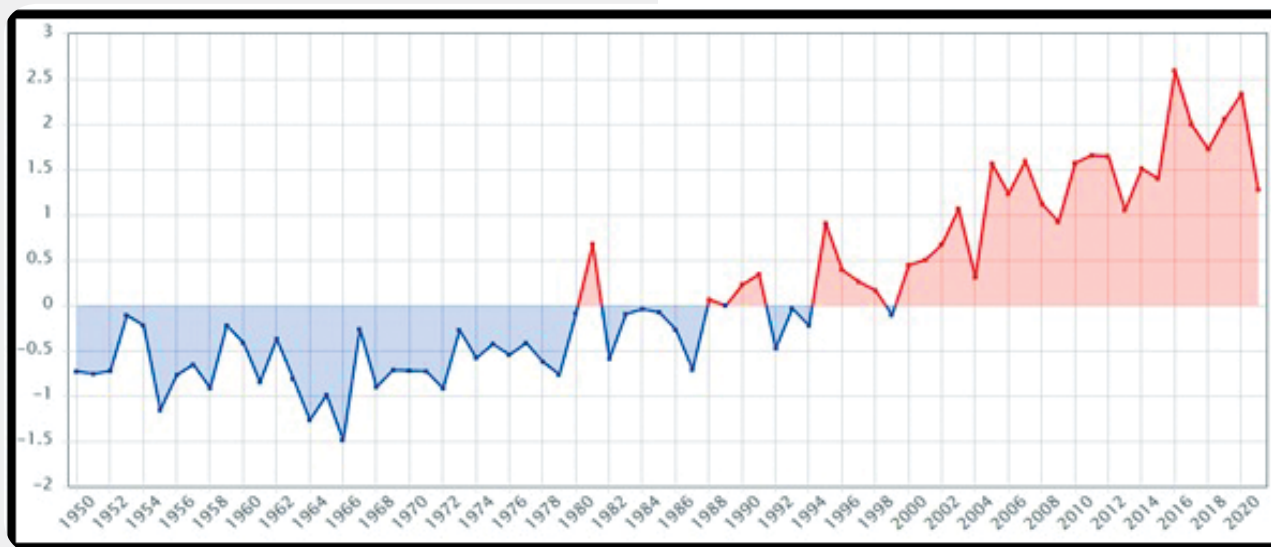
شکل ۴- موقعیت خشکی‌ها و آب‌ها در نیمکره جنوبی



شکل ۵- تغییرات انومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ نیمکره جنوبی



شکل ۶- موقعیت مکانی منطقه قطب شمال



شکل ۷- تغییرات انومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ قطب شمال

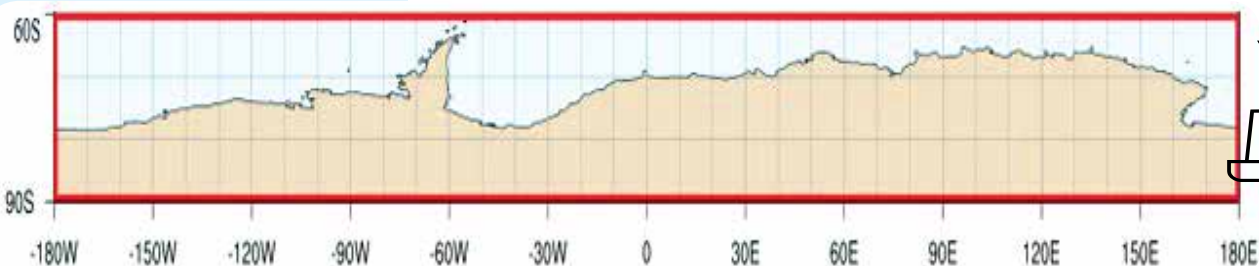
با شیب بیشتری ادامه داشته است. در سال ۲۰۱۶ بیشترین مقدار انومالی مثبت دمای قطب شمال زمین با $۲/۵۶۳$ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. در سال ۲۰۲۱ مقدار انومالی دما با وجود مثبت بودن به‌طور چشمگیری کمتر شده و به $۱/۲۷۷$ درجه سانتی‌گراد رسیده است (شکل ۷).

سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ با توجه به دوره پایه ۱۹۷۹-۲۰۰۰ برای قطب شمال زمین نشان داد، هم‌زمان با آهنگ تغییرات دمای کره زمین از دهه ۱۹۸۰ برخی از سال‌ها دارای انومالی مثبت هستند، اما از سال ۲۰۰۰ انومالی مثبت به‌طور پیوسته ادامه داشته است. در دهه اخیر، انومالی مثبت دما

به سال ۲۰۱۶ گرم‌ترین سال نیمکره جنوبی زمین بوده است (شکل ۵).

انومالی دمای قطب شمال

از عرض جغرافیایی ۶۰ تا ۹۰ درجه شمالی قطب شمال در نظر گرفته شده است (شکل ۶). بررسی تغییرات انومالی داده‌های دما در



شکل ۸- موقعیت مکانی منطقه قطب جنوب



شکل ۹- تغییرات آنومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ قطب جنوب



شکل ۱۰- موقعیت مکانی کشور ایران

آنومالی دمای قطب جنوب

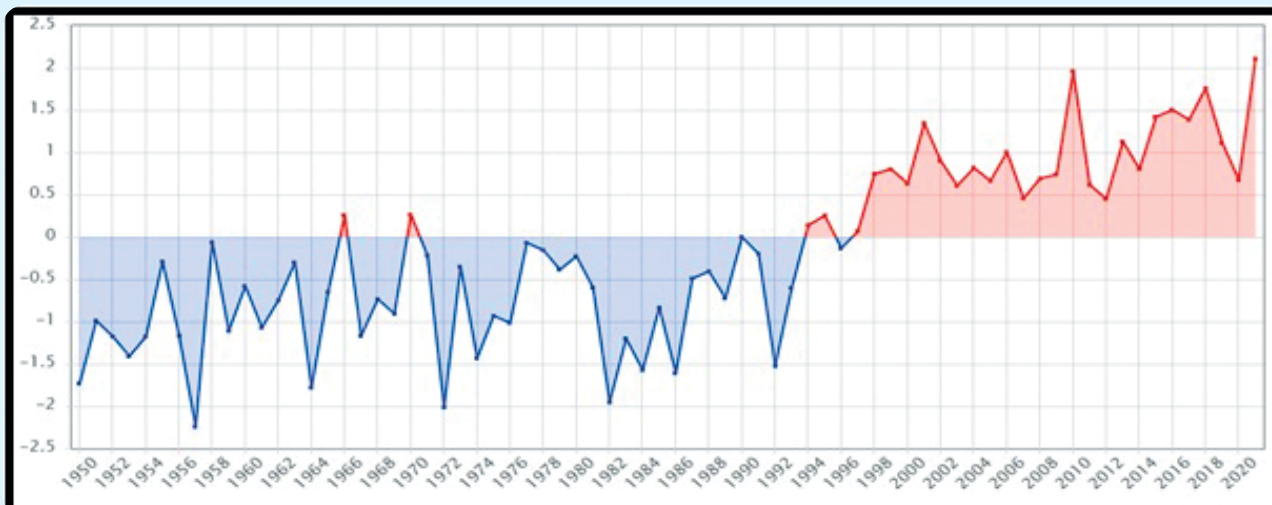
از عرض جغرافیایی ۶۰ تا ۹۰ درجه جنوبی قطب جنوب در نظر گرفته شده است (شکل ۸). بررسی تغییرات آنومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ با توجه به دوره پایه ۱۹۷۹-۲۰۰۰ برای قطب جنوب زمین نشان داد، در سال ۱۹۸۰ بیشترین آنومالی،

رسیده است (شکل ۹).

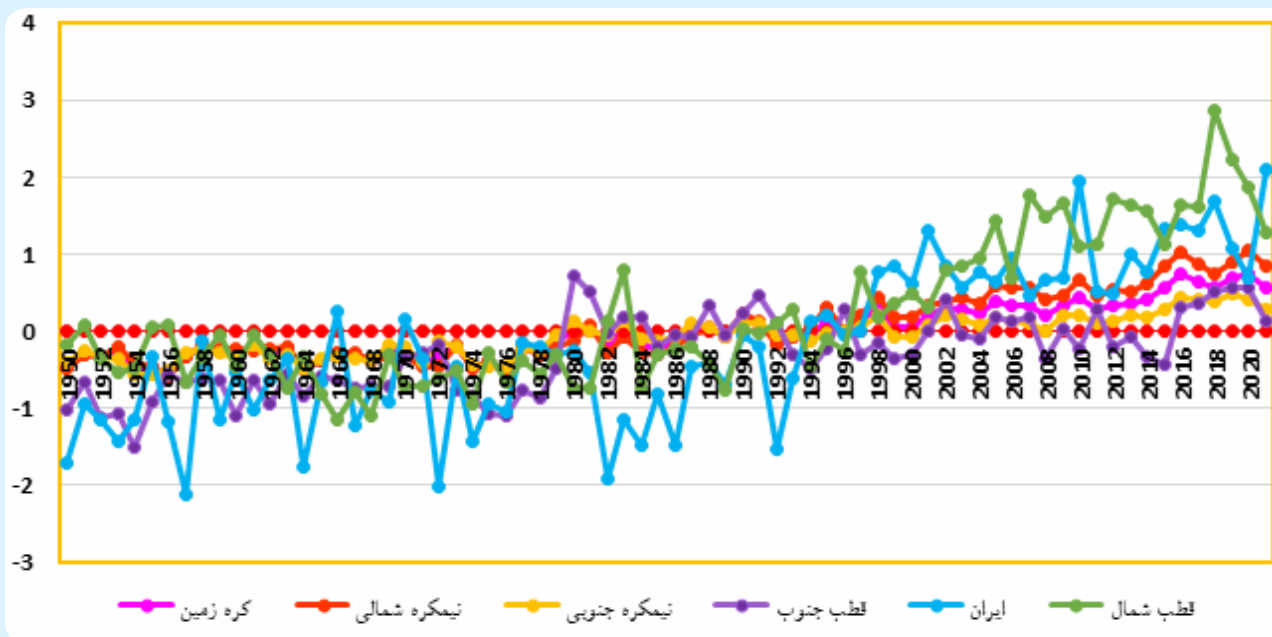
آنومالی دمای ایران

آنومالی دما در ایران با توجه به قرارگیری در کمربند خشک دنیا، ویژگی‌های خاصی دارد. مقدار آنومالی دما و سال بیشترین رکورد آن متفاوت است (شکل ۱۰). آنومالی دما برای

مقدار آنومالی مثبت دمای قطب جنوب زمین با 0.772 درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. آنومالی دما نوسانات زیادی داشته است، اما از سال ۲۰۱۶ به‌طور پیوسته دارای آنومالی مثبت بوده است. در سال ۲۰۲۱ مقدار آنومالی دما با وجود مثبت بودن به‌طور چشمگیری کمتر شده و به 0.131 درجه سانتی‌گراد



شکل ۱۱- تغییرات آنومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ ایران



شکل ۱۲- مقایسه روند تغییرات و سال رخداد رکورد آنومالی مثبت در مناطق مورد مطالعه

بحث و نتیجه گیری

گرم شدن کلی کره زمین، به معنای افزایش میانگین دمای سطح زمین است. از اواخر سال‌های ۱۸۰۰، میانگین دمای کلی ۰/۴ تا ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. این مقدار افزایش، بیشترین مقداری است که طی هزار سال اخیر، برای زمین پیش آمده است. دانشمندان نگران این مشکل هستند که انسان‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی نتوانند خود را با این تغییرات سریع آب‌وهوایی وفق دهند. بیشتر آنها به این نتیجه رسیده‌اند که فعالیت‌های انسانی، عامل اصلی گرم شدن هواست. سطح فعلی

با اختلاف پانزده صدم درجه سانتی‌گراد شکسته شد و آنومالی دما به ۲/۱۰۷ رسید (شکل ۱۱).

مقایسه همه مناطق مورد مطالعه

در شکل ۱۲ روند تغییرات و سال رکورد مناطق مورد مطالعه در این تحقیق نشان داده شده است. در همه مناطق مورد مطالعه، روند افزایشی است، هرچند روند افزایش آنومالی مثبت پیوسته در مناطق مختلف متفاوت بوده است و سال رکورد آنومالی مثبت دما نیز یکسان نبوده است. بیشترین آنومالی مثبت دما در منطقه قطب شمال و سپس در منطقه ایران بوده است.

محدوده کشور ایران محاسبه شده است. بررسی تغییرات آنومالی داده‌های دما در سری زمانی ۱۹۵۰-۲۰۲۱ با توجه به دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۹ برای ایران زمین نشان داد، هم‌زمان با آهنگ تغییرات دمای کره زمین و نیمکره شمالی از دهه ۱۹۸۰ برخی از سال‌ها دارای آنومالی مثبت هستند، اما از سال ۱۹۹۴ آنومالی مثبت به‌طور پیوسته ادامه داشته است. در دهه اخیر، آنومالی مثبت دما با شیب بیشتری ادامه داشته است. در سال ۲۰۱۰ مقدار آنومالی مثبت دما با ۱/۹۶ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. هرچند در سال ۲۰۲۱ رکورد سال ۲۰۱۰



سازگاری برای پاسخگویی به خطرات آب‌وهوایی در آینده ناکافی است. با تداوم افزایش دما و تغییر شرایط اقلیمی، جهان در آینده‌ای نزدیک با چالش‌های پیچیده و درهم‌تنیده‌ای روبه‌رو خواهد شد. با این وجود بشر هنوز هم می‌تواند با اتخاذ تدابیر کارآمد و از طریق تغییر اساسی در روندها و رفتارها در همه سطوح (افراد، جوامع، مشاغل، نهادها و دولت‌ها) شیوه مصرف و زندگی خود را بازتعریف و سرنوشت خود را به سمت آینده‌ای بهتر هدایت کند. یکی از روش‌های شناخت میزان تغییرات دما برآورد میزان آنومالی آن است. بررسی تغییرات آنومالی دمای کره زمین نشان داد، از دهه ۱۹۸۰ در برخی سال‌ها، آنومالی مثبت رخ داده و از سال ۱۹۹۴ به‌طور پیوسته ادامه داشته است. در سال ۲۰۱۶ بیشترین مقدار آنومالی مثبت دمای کره زمین ثبت شده است. هرچند در سال ۲۰۲۰ زمین تمایل داشت رکورد سال ۲۰۱۶ را بشکند، اما با تفاوتی در حدود چندصدم درجه سانتی‌گراد این اتفاق رخ نداد. بنابراین، سال ۲۰۲۰ پس از ۲۰۱۶ گرم‌ترین سال کره زمین بوده است. در سال ۲۰۲۱ مقدار آنومالی مثبت دما کمتر شده است. در نیمکره شمالی زمین هم‌زمان با آهنگ تغییرات دمای کره زمین، آنومالی مثبت از سال ۱۹۹۴ به‌طور پیوسته ادامه داشته است. در سال ۲۰۱۶ بیشترین مقدار آنومالی مثبت دمای نیمکره شمالی زمین، ۱/۰۳۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. هرچند در سال ۲۰۲۰ با توجه به وسعت بیشتر خشکی‌ها، رکورد سال ۲۰۱۶ با اختلاف یک‌صدم درجه سانتی‌گراد شکسته شده و ۲۰۲۰ با اختلاف دمای بسیار کمی نسبت به سال ۲۰۱۶ گرم‌ترین سال نیمکره شمالی زمین بوده است. بررسی تغییرات آنومالی داده‌های دما برای نیمکره جنوبی نشان داد، از دهه ۱۹۷۰ برخی از سال‌ها دارای آنومالی مثبت هستند، اما از سال ۲۰۰۱ آنومالی مثبت به‌طور پیوسته ادامه داشته است. در سال ۲۰۱۸ رکورد سال ۲۰۱۶ با اختلاف پنج‌صدم درجه سانتی‌گراد شکسته شد و آنومالی دما به ۰/۴۹۲ درجه سانتی‌گراد رسید. بنابراین، سال ۲۰۱۸ با اختلاف دمای بسیار کمی نسبت به سال ۲۰۱۶ گرم‌ترین سال

نیمکره جنوبی زمین بوده است. بررسی تغییرات آنومالی داده‌های دما برای قطب شمال نشان داد، از سال ۲۰۰۰ آنومالی مثبت به‌طور پیوسته ادامه داشته است. در سال ۲۰۱۶ بیشترین مقدار آنومالی مثبت دمای قطب شمال زمین با ۲/۵۶۳ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. در قطب جنوب در سال ۱۹۸۰ بیشترین مقدار آنومالی مثبت با ۰/۷۷۲ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. آنومالی دما در قطب جنوب نوسانات زیادی داشته، اما از سال ۲۰۱۶ به‌طور پیوسته دارای آنومالی مثبت بوده است. بنابراین، آهنگ آنومالی دما در کل کره زمین و مناطق مورد مطالعه آن به تفکیک مثبت است و مقدار آن با توجه به ویژگی‌های خاص مناطق، متفاوت بوده است. رکوردهای ثبت‌شده در نیمکره شمالی بیشتر از نیمکره جنوبی است و آنومالی مثبت پیوسته در نیمکره شمالی از سال ۱۹۹۴ و در نیمکره جنوبی با تأخیر و از سال ۲۰۰۰ به بعد رخ داده است. بیشترین آنومالی دمای مثبت ثبت‌شده در قطب شمال کره زمین رخ داده که منجر به ذوب یخ‌های قطب شمال شده است و پیامدهای زیادی برای کل کره زمین به‌ویژه نیمکره شمالی دارد. پس از قطب شمال، منطقه ایران بیشترین آنومالی دما را داشته است و برخلاف کل کره زمین و سایر مناطق، که در سال ۲۰۲۱ با وجود مثبت بودن آنومالی، کاهش داشتند، در ایران پس از سال ۲۰۱۰ بیشترین آنومالی مثبت دما رخ داده است. رکورد آنومالی دمای ایران در سال ۲۰۲۱ با ۲/۱۰۷ درجه سانتی‌گراد تقریباً ۳ برابر رکورد دمایی ثبت‌شده است، در سال ۲۰۱۶ برای کل کره زمین و بیش از ۲ برابر رکورد دمایی ثبت‌شده برای نیمکره شمالی زمین است. روند افزایش آنومالی دمای ایران تهدیدی جدی برای تمام اکوسیستم‌های طبیعی و منابع آب کشور است که در برنامه‌های سازگاری با تغییر اقلیم باید مدنظر قرار گیرد.

منابع

احمدی، م.، داداشی رودباری، ع.، اکبری ازیرانی، ط. و کرمی، ج.، ۱۳۹۸. کارایی مدل HadGEM2-ES در ارزیابی نابهنجاری فصلی دمای ایران تحت سناریوهای واداشت تابشی. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳(۳): ۶۶۴-۶۲۵.

بی‌نام، ۱۳۹۹. سالنامه مرکز ملی خشک‌سالی و مدیریت بحران. سازمان هواشناسی کشور، تهران.

حیدری علمدارلو، ا.، زهتابیان غر، خسروی، ح.، رایگانی، ب.، خلیقی، ش. و تقی‌زاده، ر.، ۱۳۹۸. بررسی نوسان پارامترهای اقلیمی با استفاده داده‌های مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (مطالعه موردی: منطقه شیرکوه - استان یزد). مجله علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، ۱۳(۴۶): ۲۲-۳۱.

رضیعی، ط. و ستوده، ف.، ۱۳۹۶. بررسی دقت مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت جوی (ECMWF) در پیش‌بینی بارش مناطق گوناگون اقلیمی ایران. فیزیک زمین و فضا، ۱(۴۳): ۱۴۷-۱۳۳.

زرین، آ.، داداشی رودباری، ع. و حسینی، س.، ۱۴۰۱. پیش‌بینی دمای ماهانه ایران با استفاده از پروژه پیش‌بینی اقلیمی دهه‌ای در دهه آینده (۲۰۲۸-۲۰۲۱). مجله فیزیک زمین و فضا، ۱(۴۸): ۱۸۹-۲۱۱.

شاهکویی، ا.، قانقرمه، ع. و یوسفی، ر.، ۱۳۹۶. بررسی ناهنجاری‌های دمایی دوره سرد سال (محدوده مورد مطالعه: استان مازندران). مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۷(۲۳): ۲۲۲-۲۰۷.

قویدل رحیمی، ی.، فرج‌زاده اصل، م. و عالی‌جهان، م.، ۱۳۹۴.

تحلیلی آماری از ارتباط دماهای بیشینه ایران با متوسط جهانی ناهنجاری‌های دمایی خشکی‌ها و اقیانوس‌ها. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۵(۳۶): ۲۰۳-۱۸۱.

Jamali, A.A., Kalkhajeh, R.G., Randhir, T.O. and He, S., 2022. Modeling relationship between land surface temperature anomaly and environmental factors using GEE and Giovanni. *Journal of Environmental Management*, 302: 113970.

IPCC., 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.). Working Group I Contribution to the IPSS 5th Assessment Report—Changes to the underlying Scientific/Technical Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK & New York, USA.