



Tracking and Synoptic Analysis of the Hyperthermia of July 13, 2024 in Khuzestan Province

Aysan Kanzi Hagh¹, Bromand Salahi^{2*}

1. Ph.D. Student of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2. Corresponding Author, Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received Date: 22 January 2025 Accepted Date: 10 April 2025

Abstract

Background and Objective: Climate is a pervasive and important component of the ecosystem, and its changes, although insignificant, can affect other components to varying degrees. Among the most important climatic disasters that bring devastating environmental consequences every year are heat waves. The aim of the present study is to investigate the synoptic heat wave above 50 degrees Celsius on July 13, 2024, in Khuzestan Province.

Methodology: This research was conducted with an environmental perspective on atmospheric circulation, in which, first, the recorded temperatures of Khuzestan province stations and their changes were received from the Meteorological Department of Khuzestan province, and then by receiving data from the upper levels of the atmosphere and analyzing them, the causes of extreme heat were identified. In this research, to analyze the synoptic patterns leading to the heat wave in Khuzestan province, the atmospheric data at the level of 500 hectopascals were extracted from the NOAA website, which included maps of geopotential height, sea level pressure, omega, relative humidity and precipitable water, temperature, wind speed and thickness for the days of July 13-15, 2024.

Results and Findings: The results showed that the penetration of thermal low pressure systems in Pakistan and Saudi Arabia, the establishment of the subtropical Azores high pressure in the southwest and the Siberian high pressure in northern Iran at a level of 500 hectopascals, were the most important influential patterns in creating the heat wave of July 13, 2024 in Khuzestan Province, which began 48 hours ago. The association of this low pressure system located in the region with its topographic pattern (Southern Zagros heights) and its counterclockwise currents from the south and southwest of the province caused the warm advection of the radiant temperature of the hot deserts of Lut, Saudi Arabia, and the Sea of Oman. On the other hand, by passing over the warm waters of the Persian Gulf and the Sea of Oman, it affected this region simultaneously with the onset of the hot season, which resulted in a sharp increase in temperature and provided the necessary synoptic conditions to create heat above 50 degrees Celsius in Khuzestan Province.

Keywords: Heat Wave, Khuzestan Province, STHP, Synoptic Analysis, Thermal Low Pressure.

Corresponding Author: Salahi@uma.ac.ir

Cite this article: Kanzi Hagh, A. and Salahi, B. (2026). Tracking and Synoptic Analysis of the Hyperthermia of July 13, 2024 in Khuzestan Province. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 7(1), 415-428.

ردیابی و تحلیل همدیدی ابرگرماي ۲۳ تيرماه ۱۴۰۳ استان خوزستان

آيسان كنزي حق^۱ برومند صلاحی^{۲*}

۱. دانشجوي دوره دكترى آب و هواشناسي، دانشكده علوم اجتماعي، دانشگاه محقق اردبيلي، اردبيل، ايران .
۲. استاد آب و هواشناسي، دانشكده علوم اجتماعي، دانشگاه محقق اردبيلي، اردبيل، ايران .

تاريخ دريافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۳ تاريخ پذيرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۱

چكيده

زمينه و هدف: اقليم يك جزء فراگير و مهم اکوسيستم محسوب مي‌گردد و تغييرات آن هرچند ناچيز مي‌تواند ساير اجزا را در درجات مختلف تحت تأثير خود قرار دهد. از جمله مهم‌ترين بلاياي آب و هوايي كه هر ساله پيامدهاي زيست‌محيطي مخربي را به همراه دارند، امواج گرمائي هستند. هدف از پژوهش حاضر، بررسي سينوپتيك موج گرمائي بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد مورخ ۲۳ تيرماه ۱۴۰۳ استان خوزستان است.

روش‌شناسي: اين تحقيق، با ديده‌گاه محيطي به گردش جو صورت گرفته كه در آن، ابتدا مقدار دماهاي ثبت شده ايستگاه‌هاي استان خوزستان و تغييرات آن‌ها از اداره كل هواشناسي استان خوزستان دريافت شده و سپس با دريافت داده‌هاي سطوح فوقاني جو و تحليل آن‌ها، علل گرمائي شديد شناسائي گرديد. در اين پژوهش، براي تحليل الگوهاي همديدي منجر به موج گرمائي استان خوزستان، داده‌هاي جوي کشور در تراز ۵۰۰ هکتوپاسكال از سايت نووا استخراج گرديد كه شامل نقشه‌هاي ارتفاع ژئوپتانسيل، فشار سطح دريا، امگا، رطوبت نسبي و آب قابل بارش، دما، سرعت باد و ضخامت براي روزهاي ۲۱ الي ۲۳ تيرماه ۱۴۰۳ بوده است.

يافته‌ها و نتيجه‌گيري: نتايج نشان داد كه نفوذ سامانه‌هاي كم‌فشارهاي حرارتي پاكستان و عربستان، استقرار پرفشار جنب‌حاره‌اي آזור در جنوب غرب و پرفشار سيبري در شمال ايران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسكال، به‌عنوان مهم‌ترين الگوي تأثيرگذار در ايجاد موج گرمائي ۲۳ تيرماه ۱۴۰۳ استان خوزستان بوده كه از ۴۸ ساعت قبل آغاز گشته است. همراهي اين سيستم كم‌فشار مستقر در منطقه با الگوي توپوگرافي آن (ارتفاعات زاگرس جنوبي) و جريانات پادساعتگرد خود كه از سمت جنوب، جنوب غرب استان موجب فرارفت گرم دماي تابشي صحراهاي گرم لوت، عربستان، درياي عمان گشته و از طرفي با عبور آن از روي آب‌هاي گرم خليج فارس و درياي عمان، اين منطقه را هم‌زمان با قرارگيري در فصل گرم سال تحت تأثير خود قرار داده كه نتيجه آن افزايش شديد دما را به دنبال داشته و شرايط سينوپتيكي لازم جهت ايجاد گرمائي بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد استان خوزستان را فراهم نموده است.

كليدواژه‌ها: استان خوزستان، پرفشار جنب‌حاره، تحليل سينوپتيك، كم‌فشار حرارتي، موج گرما.

نويسنده مسؤل: salahi@uma.ac.ir

ارجاع به اين مقاله: كنزي حق، آيسان و صلاحی، برومند . (۱۴۰۵). ردیابی و تحلیل همدیدی ابرگرماي ۲۳ تيرماه ۱۴۰۳ استان خوزستان. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۷(۱)، ۴۱۵-۴۲۸.

۱- مقدمه و بیان مسأله

یکی از شواهد تغییرات آب و هوایی کره زمین که به‌عنوان یکی از پدیده‌های حدی اقلیمی محسوب شده و در سال‌های اخیر نیز رخداد بیشتری داشته، وقوع امواج گرمایی، است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۷). تغییرات اقلیمی می‌تواند موجب رویدادهای فرین بیشتری شده و با ایجاد پدیده‌های شدید آب و هوایی از جمله ایجاد موج‌های گرما، طوفان‌های شدید، سیل و ... تأثیرات منفی بیشتری بر روی جوامع انسانی و محیط‌های طبیعی بگذارد و از مهم‌ترین نگرانی‌های مخاطرات محیطی محسوب گردد. با وجود اینکه تعریف جامعی از موج گرما در سطح جهان وجود ندارد، موج گرما را می‌توان دوره‌ای از روزهای متوالی با دماهای بسیار بالا که با متأثر کردن بخش‌های گوناگون طبیعی و انسانی از قبیل سلامت، بهداشت، منابع آب و ... که به یک مخاطره تبدیل شده باشند، تعریف نمود. از نظر تعریف، موج گرمایی دوره‌ای است گرم که چند روز تا چند هفته پایداری و تداوم داشته و ممکن است با رطوبت شدید نیز همراه باشد. نوسان‌های مثبت یا فرین‌های بالاتر از میانگین دمای حداکثر روزانه که در طی روزهای پی‌درپی در محیط‌های جغرافیایی خاص تداوم می‌یابند به‌عنوان موج‌های گرمایی اطلاق می‌شوند. گردش عمومی جو مولد سامانه‌های بزرگ‌مقیاس سیاره‌ای است که پرفشار جنب‌حاره‌ای از بابت‌ترین و درعین‌حال گسترده‌ترین و عمیق‌ترین سامانه‌ها در ساختار وردسپهر است. این سامانه دارای هسته‌های نسبتاً پایدار در هر دو نیمکره است که با توجه به موقعیت مکانی نام‌های متفاوتی را به خود می‌گیرند. دما عنصری است که تحت تأثیر الگوها و پدیده‌های جوی، به‌سرعت دچار تحول شده و به پویایی جو و پدیده‌های سینوپتیک به‌شدت و فوراً حساسیت نشان می‌دهد، بنابراین تغییرات دما در مدیریت و برنامه‌ریزی محیط، مؤلفه بسیار مهمی به شمار می‌آید (برون و همکاران، ۱۴۰۴).

فراوانی و دوام امواج گرمایی در استان خوزستان نیز به‌عنوان یکی از استان‌های جنوب غربی ایران و شهرهای آن به‌وفور به چشم می‌خورد و به یک مخاطره اقلیمی تبدیل شده است. استان خوزستان به دلیل موقعیت جغرافیایی خود و مجاورت با کشورهای گرم و خشک عربستان، عراق در تابستان تحت تأثیر شدید پرفشار جنب‌حاره‌ای قرار گرفته و پتانسیل بالایی در تولید امواج گرم در آن وجود دارد، بنابراین هدف از این پژوهش شناخت و آگاهی از سیستم‌های سینوپتیکی ایجاد کننده امواج گرمایی استان خوزستان بوده که در تابستان سال جاری موجب گردید بیشینه دمای ایستگاه‌های هواشناسی استان در روز ۲۳ تیرماه برای برخی مناطق استان دماهای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد را ثبت کند. مطالعه و شناخت سیستم‌های سینوپتیکی ایجاد کننده این نوع از مخاطرات جهت مقابله و پیش‌هشداردهی، از مسائل مهم قلمداد شده و با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی بسیار ناگوار و اثرات جانی فراوانی که تداوم این رخدادها به دنبال دارند، اهمیت پژوهش در این شاخه بر همگان آشکار و توجه پژوهشگران زیادی را جلب می‌کند.

۲- پیشینه پژوهش

مطالعات زیادی در ارتباط با تحلیل سینوپتیک رخداد گرمای فرین در سطح جهان به عمل آمده است. بتینا (۲۰۰۳)، با ارزیابی موج گرمایی تابستانه اروپا، به لزوم اقدام مناسب جهت جلوگیری از مرگ و میر ناشی از آن تأکید نمود. در تحقیق دیگر بنیستون (۲۰۰۵)، به بررسی امواج قوی گرما در فصل سرد در کوه‌های آلپ سوئیس پرداخت و به این نتیجه رسید که با توجه به بررسی‌های صورت گرفته برای اقلیم چندین کوه ناهنجاری‌های دمای روزانه گاهی اوقات بیش از ۱۶ درجه سانتی‌گراد است.

کیسلی (۲۰۰۴)، در طول دوره ۱۹۸۲-۲۰۰۰، به شناسایی ۱۷ موج گرمایی رخ داده در جمهوری چک و زمان آغاز آن‌ها که از ژانویه تا آخر آگوست بوده‌اند، پرداخت.

راجر و همکاران (۲۰۱۱)، از سال ۱۹۸۷-۲۰۰۵، با استفاده از یک پایگاه اطلاعاتی داده، برای شهرهای شیکاگو و ایلینویز، با بهره‌گیری از مدل رگرسیونی پواسون به برآورد مرگ و میر بیش از حد موج‌های گرمایی که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی جهانی نیز قرار گرفته‌اند، پرداختند.

جی یانگ سون (۲۰۱۲)، به تجزیه و تحلیل دما در ۷ شهر عمده کره جنوبی پرداخت و در این مطالعه از ارتباط بین مرگ و میر و موج‌های گرمایی، با در نظر گرفتن ویژگی‌های موج گرما استفاده نمود. در ایران نیز تحقیقات زیادی در رابطه با تجزیه و تحلیل سینوپتیک گرمای فرین به‌عمل آمده است.

قویدل رحیمی (۱۳۹۰) به تحلیل سینوپتیکی موج ابر گرم تابستان ۱۳۸۹ و لشکری و همکاران (۱۳۹۶) و (۱۳۹۸) نقش پرفشار جنب‌حاره‌ای خشک عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای را در خشکسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران تحلیل نمودند.

اسمعیل نژاد و همکاران (۱۳۹۲) به شناسایی امواج گرمایی ایران پرداختند. مجرد و همکاران (۱۳۹۴)، به تحلیل آماری-همدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه سلسیوس در غرب پرداختند و نتیجه گرفتند که عامل ایجاد موج‌های گرمایی منطقه، پر ارتفاع آזור و پرفشار عربستان می‌باشد.

کرم‌پور و همکاران (۱۳۹۶)، به شناسایی و تحلیل سینوپتیکی امواج گرمایی غرب ایران (ایلام، خوزستان، لرستان و کرمانشاه) پرداخته و نشان دادند که در زمان این رخداد با بسته شدن کم‌فشارهای حرارتی بر روی شاخ آفریقا، اروپا، عراق، عربستان و کشیده شدن زبانه کم‌فشار تشکیل شده روی عربستان، بخش‌هایی از جنوب، جنوب غرب و غرب کشور را تحت تأثیر قرار داده است.

قویدل رحیمی و رضایی (۱۳۹۳) و (۱۳۹۴) به طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک امواج گرمایی استان کرمان و تحلیل آماری و سینوپتیک دماهای ابر گرم منطقه جنوب شرق ایران پرداختند.

جمالی زاده و همکاران (۱۳۹۸) به تحلیل همدیدی و ساختار دینامیکی الگوهای تابستانه استان خوزستان و خزایی‌کوهپیر و همکاران (۱۴۰۳) نیز به شناسایی و تحلیل سینوپتیکی امواج گرمایی کلان‌شهر اهواز پرداختند.

برنا و همکاران (۱۴۰۰)، مخاطرات دمایی استان خوزستان را طی یک دوره ۲۵ ساله ۲۰۱۷-۲۰۱۷ قرار داده و نقشه پهنه‌بندی نقاط مخاطره‌آمیز دمایی را ترسیم نمودند.

هوشیار و همکاران (۱۳۹۸)، تشکیل پر ارتفاع بر روی جنوب عربستان، تنگه عدن و مرکز سودان در سطح دریا و نفوذ زبانه‌های آن به طرف شمال و شمال شرق محدوده مورد مطالعه را از علل ایجاد موج گرمایی زودرس در منطقه بیان نمودند. خسروی و اسمعیل نژاد (۱۳۹۹) به بررسی آماری همدیدی موج‌های گرمایی کم تداوم ایران پرداختند.

برون و همکاران (۱۴۰۴)، در شناسایی امواج گرمایی استان خوزستان در دوره زمانی ۱۸ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۷) و تحلیل همدیدی نقش پرفشار عربستان در ایجاد آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در اکثر قریب به اتفاق امواج گرمایی در لایه‌های زیرین وردسپهر زبانه‌های چرخندی پاکستان و عربستان به‌عنوان مهم‌ترین سامانه تأثیرگذار در انطباق با الگوی توپوگرافی منطقه و الگوی چرخشی سامانه سبب فرارفت گرم دمای تابشی بیابان‌های گرم لوت و عربستان بر روی استان خوزستان بوده‌اند.

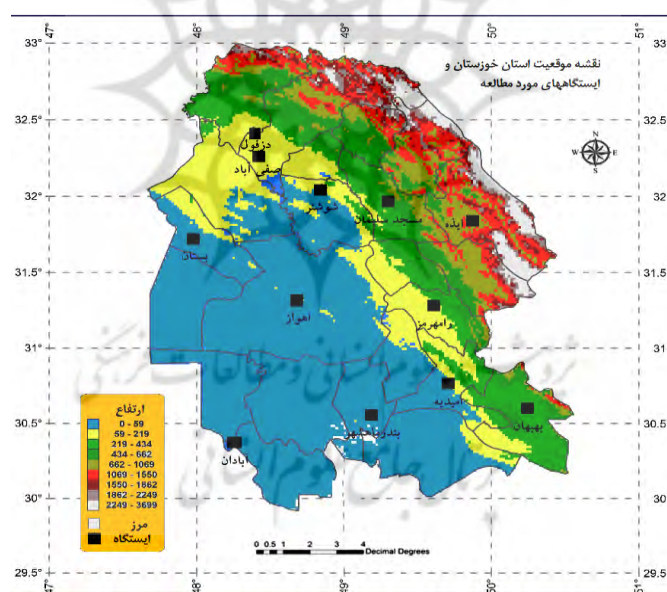
۳- روش پژوهش

۳-۱- داده‌های مورد استفاده

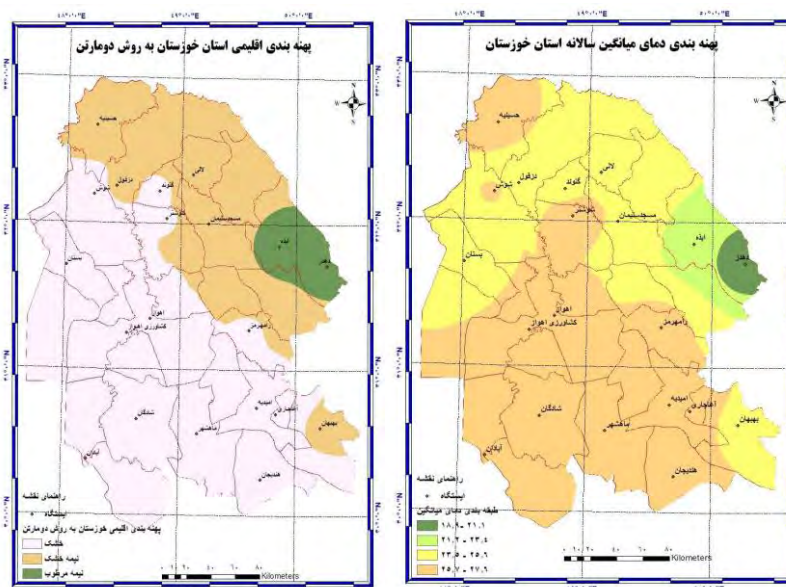
در پژوهش حاضر به منظور تحلیل سینوپتیکی گرمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد مورخ ۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳ استان خوزستان، اقدام به بررسی ویژگی‌های جو بالا و جو پایین موج گرم پرداخته شده است. ابتدا داده‌های ایستگاه‌های زمینی با مراجعه به سازمان هواشناسی ایران و اداره کل هواشناسی استان خوزستان، تعداد روزهای گرمای شدید دریافت گردید و سپس جهت تحلیل رخداد موج گرمای منطقه از نقشه‌های سینوپتیکی (ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فشار سطح دریا، دما، امگا، ضخامت، آب قابل بارش و رطوبت نسبی و سرعت باد) مربوط به سطوح مختلف جوی از دو روز قبل موج گرم و زمان وقوع دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، با اخذ از وبسایت متعلق به مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP) (www.esrl.noaa.gov/psd/data/) استفاده شده است. برای انجام تحلیل، تمامی نقشه‌ها در محدوده عرض جغرافیایی ۱۰-۷۰ و طول جغرافیایی ۰-۹۰، برای تاریخ‌های ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳ انتخاب شده است.

۳-۲- موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق استان خوزستان است، خوزستان استانی بزرگ در جنوب غربی کشور می باشد. این استان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۶ کیلومترمربع (۴ درصد از مساحت کل ایران) یکی از وسیع ترین استان در نیمه غربی ایران است. موقعیت جغرافیایی استان بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی از خط استوا می باشد. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری این استان بزرگ دارای ۲۹ شهرستان بوده که پایتخت آن شهر اهواز است. استان خوزستان از سمت شمال با استان لرستان و استان ایلام همسایه است. از سمت شرق با چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد هم جوار می باشد. همسایه جنوبی آن نیز استان بوشهر است. در سمت غرب این استان نیز کشور عراق قرار دارد. این استان در قسمت شمالی خود دارای کوه های برفی است و از سمت جنوب به آب های بی کران خلیج فارس می رسد. این استان با قرارگیری در جنوب غربی ایران دارای آب و هوایی نسبتاً گرم می باشد. تابستان ها در استان خوزستان به شکل بسیار عجیب و طاقت فرسای گرم است به گونه ای که اقلیم فراخشک گرم منطقه در بخش ها و نواحی غربی و جنوب غربی استان، اقلیم خشک گرم مربوط به بخش های وسیعی از استان در نواحی غربی و جنوبی مانند نواحی اهواز، شوش، شوشتر، حمیدیه، صفی آباد، گتوند، هفت تپه، دشت آزادگان، بستان، شادگان، رامشیر، هندیجان، بهبهان، رامهرمز، آغا جاری و نواحی شمالی استان که از اندیمشک شروع و با جهتی شمالی- جنوبی تا مسجد سلیمان امتداد و با گرایش به نواحی جنوب استان تا شرق بهبهان و دزفول ادامه یافته است، جزء اقلیم نیمه خشک منطقه محسوب گشته که شهرهای مهمی همچون آبادان، خرمشهر و ماهشهر در این اقلیم استقرار یافته اند (اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۱۴۰۳).



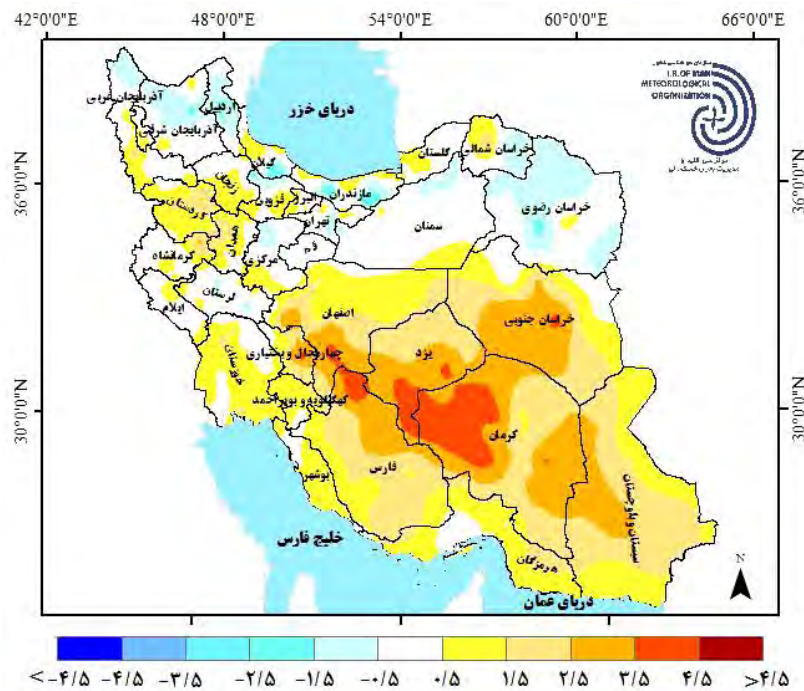
شکل ۱. نقشه موقعیت استان خوزستان و ایستگاه های همدیدی منطقه مورد مطالعه، مأخذ: اداره کل هواشناسی خوزستان، ۱۴۰۳



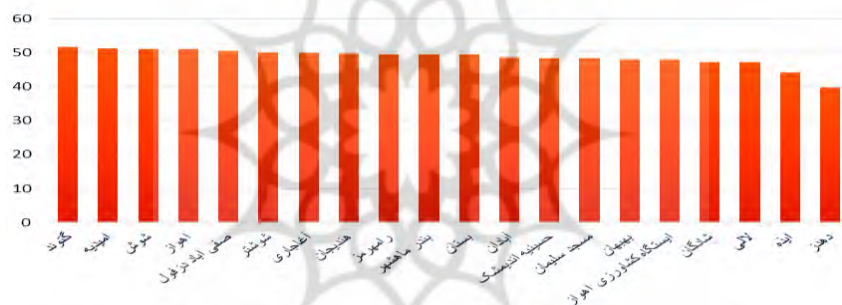
شکل ۲. نقشه‌های اقلیم و دمای استان خوزستان ایستگاه‌های همدیدی منطقه مورد مطالعه، مأخذ: اداره کل هواشناسی خوزستان، ۱۴۰۳

جدول ۱. ویژگی‌های آماری دما سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه استان خوزستان، مأخذ: مرکز ملی اقلیم و مدیریت بحران خشکسالی سازمان هواشناسی ایران، ۱۴۰۳.

ردیف	ایستگاه	کمینه مطلق سالانه (درجه سانتی‌گراد)	بیشینه مطلق سالانه (درجه سانتی‌گراد)	دوره آماری
۱	آبادان	-۲/۲	۵۲/۳	۱۳۹۶-۱۳۷۰
۲	آغاچاری	-۰/۶	۵۱/۲	۱۳۹۶-۱۳۹۰
۳	امیدیه	-۲/۴	۵۲/۴	۱۳۹۶-۱۳۷۰
۴	اهواز	-۱/۲	۵۳/۷	۱۳۹۶-۱۳۷۰
۵	ایذه	-۶/۸	۴۸/۲	۱۳۹۶-۱۳۷۱
۶	بستان	-۳/۸	۵۲/۶	۱۳۹۶-۱۳۷۰
۷	بهبهان	-۳/۲	۵۰/۶	۱۳۹۶-۱۳۷۳
۸	حسینیه	-۱/۰	۵۱/۰	۱۳۹۶-۱۳۸۲
۹	دزفول	-۳/۰	۵۱/۸	۱۳۹۶-۱۳۷۰
۱۰	دهدز	-۸/۴	۴۲/۰	۱۳۹۶-۱۳۸۲
۱۱	رامهرمز	-۱/۸	۵۲/۰	۱۳۹۶-۱۳۷۰
۱۲	شادگان	-۱/۲	۵۱/۲	۱۳۹۶-۱۳۸۶
۱۳	شوش	-۱/۸	۵۲/۴	۱۳۹۶-۱۳۸۹
۱۴	شوشتر	-۱/۰	۵۲/۶	۱۳۹۶-۱۳۷۳
۱۵	کشاورزی اهواز	-۳/۶	۵۲/۴	۱۳۹۶-۱۳۸۲
۱۶	گتوند	-۱/۸	۵۳/۰	۱۳۹۶-۱۳۸۸
۱۷	لالی	-۴/۰	۵۰/۸	۱۳۹۶-۱۳۸۷
۱۸	ماهشهر	-۲/۶	۵۱/۴	۱۳۹۶-۱۳۷۰
۱۹	مسجدسلیمان	-۳/۶	۵۲/۰	۱۳۹۶-۱۳۷۰
۲۰	هندیجان	-۲/۶	۵۲/۰	۱۳۹۶-۱۳۷۹
	میانگین استانی	-۸/۴	۵۳/۷	



شکل ۳. نقشه اختلاف دمای بیشینه با بلندمدت در هفت پایانی تیرماه ۱۴۰۳، مأخذ: مرکز ملی اقلیم و مدیریت بحران خشکسالی سازمان هواشناسی ایران، ۱۴۰۳.



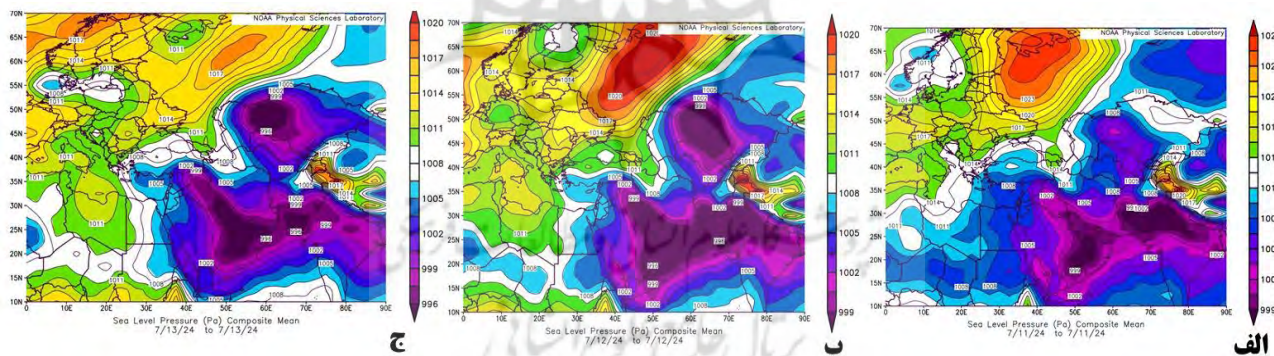
شکل ۴. نمودار بیشینه دماهای ۴۰ درجه و بالاتر ثبت شده در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان- ۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳، مأخذ: خبرگزاری دانشجویان ایران ایسنا، ۱۴۰۳

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱- وضعیت فشار تراز سطح دریا (روزهای ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه ۱۴۰۳)

در نقشه سطح دریای مورخ ۲۱ تیرماه ۱۴۰۳، همان‌گونه که مشاهده می‌شود الگوی غالب فشار، کم‌فشارهای منطقه‌ای هستند که یکی بر جنوب شرقی عربستان با فشار مرکزی ۹۹۹ میلیبار و عبور زبانه ۱۰۰۲ میلیبار آن از منطقه خوزستان و هسته کوچک کم‌فشار مستقر دیگر بر شمال غربی هند و پاکستان، با عبور زبانه مشترک ۱۰۰۲ میلیبار از روی محدوده مطالعاتی به چشم می‌خورد. با توجه به دوره گرم سال، این کم‌فشارها از نوع حرارتی بوده که بر اثر جذب انرژی تابشی زیاد شکل گرفته‌اند و دارای هسته‌های گرمی هستند. کم‌فشارهای مذکور که منطقه مورد مطالعه این پژوهش را تحت تأثیر جریانات خود قرار داده‌اند دارای حرکات چرخندی شدیدی بوده، به‌طوری‌که جریان‌های شمال غرب - جنوب شرق سویی را از منطقه عربستان و پاکستان (بیابان‌های گرم لوت و عربستان) به‌عنوان منطقه‌ای گرم و سوزان وارد ایران کرده و با ایجاد ناپایداری و هوای گرم موجب وزش بادهای بسیار گرم و افزایش درجه حرارت هوا در خوزستان شده‌اند. الگوی حاکم در شمال ایران و منطقه روسیه فعالیت سیستم پرفشار قوی سیبری با فشار مرکزی ۱۰۲۴/۵ میلیبار را نشان می‌دهد که بی‌تأثیر در

شروع و تشدید گرمای شدید آن روز نمی‌باشد به‌گونه‌ای که زبانه‌های جنوب شرق سوی و ۱۰۰۹/۵ میلیبار این پرفشار تا نزدیکی منطقه مطالعاتی و غرب ایران گسترده شده است. فعالیت پرفشار سبیری در شمال ایران، سبب فرونشست هوا به لایه‌های پایین جو گشته که با ایجاد بادهای ملایم، موجب خشکی و کاهش رطوبت در سطح زمین می‌گردد. در طول مدت استقرار این هوا، افزایش دما و تابش مستقیم نور خورشید در منطقه موجب تشدید هوای بسیار گرم و شرایط ناپایداری برای روز بعد فراهم کرده است. در روز ماقبل رخداد گرم اختلاف فشار ایجاد شده موجب تحرک کم‌فشار مستقر در جنوب شرق عربستان و یکی شدن آن با کم‌فشار موجود در شمال غرب پاکستان - هند با فشار مرکزی ۹۹۶ میلیبار و عبور زبانه ۹۹۹ میلیبار از روی خوزستان شده است. پرفشار مستقر در منطقه روسیه نیز با افت و تغییر فشار به ۱۰۲۰ میلیبار روبه‌رو بوده، به‌طوری‌که این بار زبانه ۱۰۰۸ میلیبار آن بر منطقه خوزستان حاکم شده است. این کاهش فشار خود دلیلی بر گرم شدن منطقه و ورود جریانات هوایی شمال غرب - جنوب شرق سوی گرم به منطقه مورد نظر شده است که گواه افزایش دمای روز بعد می‌باشد. در نهایت روز ۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳ به‌عنوان گرم‌ترین تاریخ ثبت شده جنوب غرب ایران و به‌خصوص منطقه خوزستان بوده که شرایط دمایی موج گرم به شدیدترین حالت خود رسیده است. با جابه‌جایی مرکز کم‌فشار حرارتی قوی مستقر بر جنوب پاکستان که زبانه ۱۰۰۰/۵ میلیبار آن به منطقه مطالعاتی کشیده شده و وجود پرفشار مستقر در منطقه روسیه با مرکز ۱۰۱۷ میلیبار که بر هوای عرض‌های پایین تأثیر گذاشته، با پراکنده کردن ابرها و به دام انداختن هوای گرم موجب خشکی هوای منطقه شده است. جابه‌جایی پرفشار سبیری موجب حرکت کم‌فشار حرارتی پاکستان نیز گشته و با ارسال جریانات شمال غرب-جنوب شرقی از سمت دریای خلیج فارس و با تقویت انتقال گرمای سوزان بیابان لوت به مناطق جنوب غربی و وقوع دماهای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و بالاتر را در اغلب نقاط استان (به‌جز مناطق مرتفع شمالی و شرقی) منجر شده است.

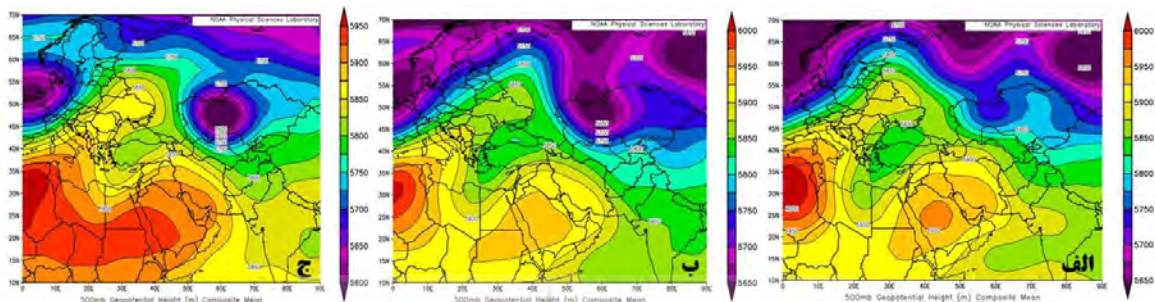


شکل ۵. نقشه فشار تراز سطح دریا (میلیبار) روزهای ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳، مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

۲-۴- وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل (روزهای ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳)

بررسی و تحلیل نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال برای دو روز قبل از گرمای شدید خوزستان، حاکمیت جریانات بندالی و فرود و فرازهای ناشی از آن را نشان می‌دهد. وجود یک هسته بسیار گرم ۵۹۵۰ متری مستقر بر روی عربستان با زبانه‌ای گسترده و ۵۹۰۰ متری که نیمی از ایران را پوشانده است. با در نظر گرفتن فصل گرم سال (تیرماه)، استقرار و فعالیت بلوکینگ حلقه آتش جریان شکن بر منطقه نمایان می‌گردد که به‌عنوان یک موج گرما در یک دوره طولانی هوای بسیار گرم را هم در طول روز و هم در طول شب ادامه‌دار کرده است. وجود بن‌دال حلقه آتش جریان شکن حاکی از این است که منطقه ما تحت تأثیر کمربندهایی از واچرخندی جنب‌حاره‌ای آזור در شرق اقیانوس اطلس شمالی و کمربندی از واچرخندی سبیری در شمال ایران بوده و به‌صورت یک کمربند گسترده تمام منطقه را در بر گرفته است. رسالت بن‌دال موجود به‌عنوان یک پدیده آب و هوایی متشکل از گرمای شدید، موجب به دام انداختن هوای گرم، تجمع، فشردن آن و کاهش رطوبت است. بلوکینگ

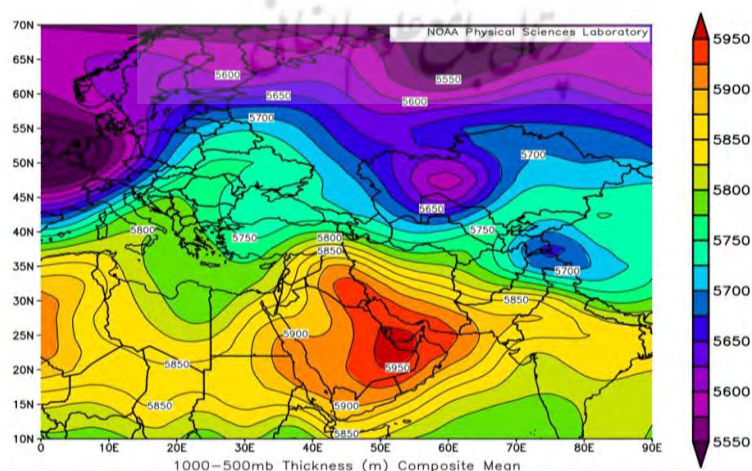
مذکور گواه از وجود سیستم‌های پرفشار یا آنتی سیکلون‌ها است، همان‌طور که در نقشه تراز سطح دریای دو روز قبل رخداد، آنتی سیکلون ۱۰۲۴/۵ میلیبار در شمال ایران فعالیت داشته که موجب ایجاد کم‌فشارهای حرارتی پاکستان و عربستان در نزدیکی جنوب غرب ایران و خوزستان شده است. این سیستم در چند روز آینده (۲۲-۲۳ تیرماه ۱۴۰۳) به قوت خود باقی مانده و به‌صورت کند پیشروی کرده که توضیحی بر دمای ۵۰ درجه و بالاتر در استان خوزستان بوده است. وجود فرود عمیقی که بر جنوب شرقی لیبی کشیده شده و قرارگیری منطقه مطالعاتی در مقابل جریانات صعودی هوا گواهی بر ناپایداری و گرمی منطقه بوده و تشکیل یک پشته بزرگ در شمال ایران نشان از فرونشست هوا و ثابت ماندن شرایط جوی با در نظر گرفتن فصل گرم بوده است. روز قبل از رخداد با قرارگیری غرب ایران در مقابل پشته و فراز هوا نشان از استقرار پرفشار شناسایی شده و پایدار نگه داشتن شرایط جوی و گرمای شدید بوده است.



شکل ۶. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) روزهای ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه ۱۴۰۳، مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

۴-۳- وضعیت ضخامت جو

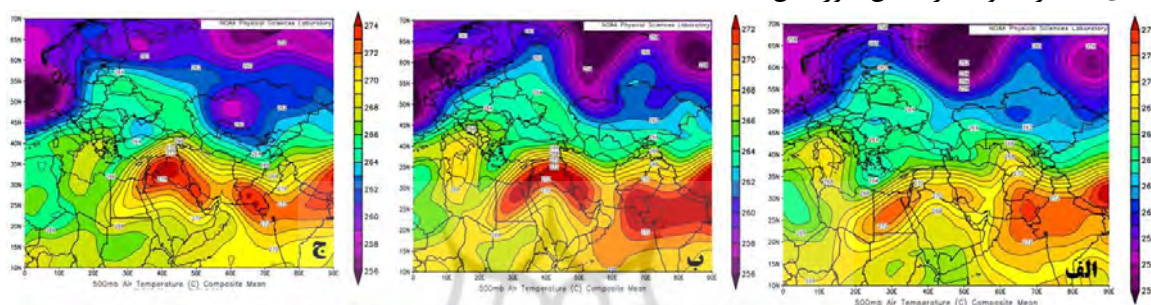
یکی از عناصر مهم شکل‌گیری اقلیم، دما می‌باشد که هرگونه تغییر آن ساختار آب و هوایی هر منطقه را دگرگون می‌سازد. ضخامت جو نیز با دما رابطه مستقیمی داشته و با نوسانات آن کاهش یا افزایش می‌یابد (اکبری و اسداللهی، ۱۴۰۰). ضخامت تراز ۵۰۰-۱۰۰۰ هکتوپاسکال موج گرم نشانگر آن می‌باشد که با قرارگیری هسته بیشینه ضخامت به میزان ۵۹۲۵ متر در جنوب و جنوب غرب استان خوزستان که دلیل آن فعالیت کم‌فشارهای حرارتی مستقر در سطح زمین و حاکمیت پر ارتفاع جنب‌حاره‌ای آזור در ترازهای میانی و فرابار سبیری در ترازهای فوقانی جو می‌باشد. افزایش ضخامت جو در محدوده مورد مطالعه و استقرار پربند مذکور بر روی خلیج فارس و عربستان حاکی از استقرار توده هوای بسیار گرم بر منطقه بوده که موجب فرونشینی و انتقال هوای گرم و خشک آفریقا و عربستان به استان، گرمایش بیش از حد سطح زمین و عامل اصلی موج گرم ۲۳ تیرماه سال خوزستان شده است.



شکل ۷. نقشه ضخامت جو (متر) ۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳، مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

۴-۴- ارزیابی نقشه دما

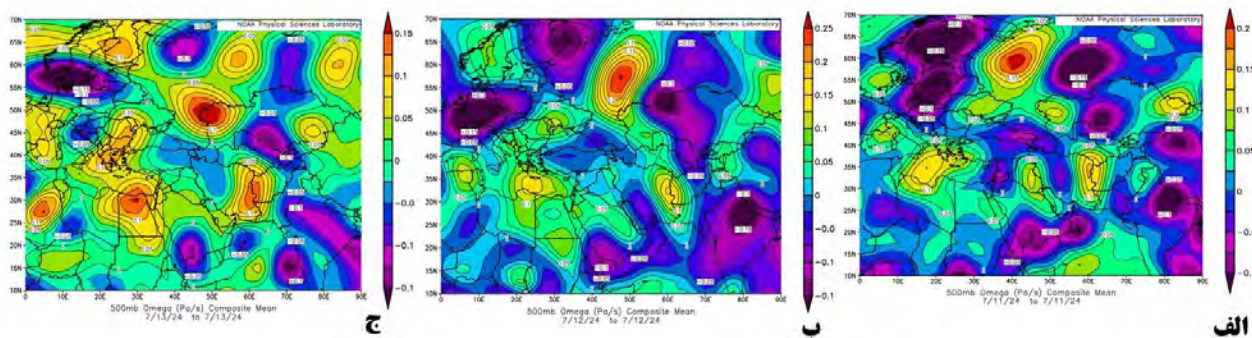
نقشه‌های دما معمولاً نشان دهنده توزیع دما در سطح زمین یا در لایه‌های مختلف جوی هستند. با بررسی این نقشه می‌توان الگوهای دما را شناسایی کرد. این نقشه‌ها تأثیر سیستم‌های جوی مانند کم‌فشارها و پرفشارها بر دما را نشان می‌دهند. نقشه دمای دو روز قبل رخداد گرم نشانگر حاکمیت دو هسته گرم ۲۷۰ درجه کلون، مستقر بر روی مصر و جنوب شرق عراق، غرب و جنوب غرب ایران و منطقه خوزستان که زبانه‌هایی از آن نیمی از ایران را به خود پوشش داده و هسته ۲۷۲ درجه کلون مستقر بر جنوب شرق پاکستان که حاکمیت بندال حلقه آتش جریان شکن و فعالیت سامانه‌های کم‌فشار پاکستان و عربستان در نزدیکی منطقه را اثبات می‌کنند که گواه ناپایداری و گرمی هوا می‌باشند. در روزهای بعد با افزایش دما و گسترش هسته حرارتی مستقر در غرب و جنوب غرب ایران به بخش وسیعی از ایران و قسمت‌های اعظمی از عراق، سوریه، اردن و شمال غرب مصر حاکمیت پر ارتفاع جنب‌حاره‌ای آزور در عرض‌های میانی و پرفشار سبیری در ترازهای فوقانی را نشان می‌دهد که دلیلی بر دمای ۵۰ درجه و بالاتر استان خوزستان است.



شکل ۸. نقشه دما (کلون) ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳، مأخذ: [www.esrl.noaa.gov/psd/ data/](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/)

۴-۵- شرایط امگایی

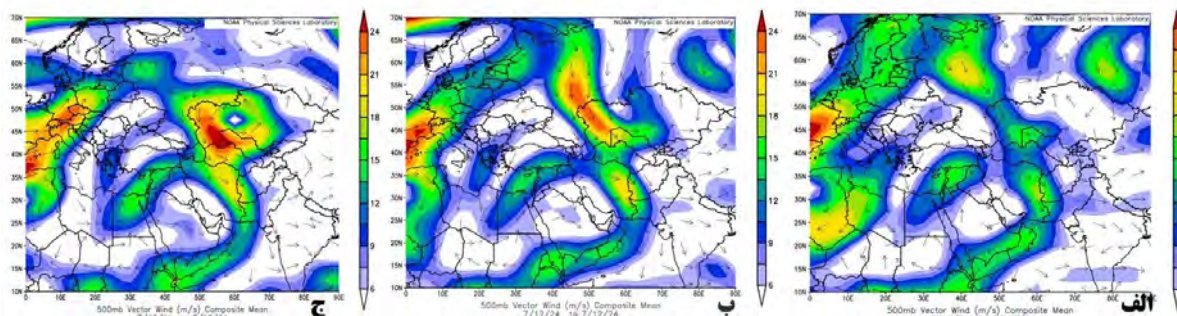
امگا به عنوان یک پارامتر دینامیکی، نشان دهنده حرکت عمودی هوا در جو است و می‌تواند به شناسایی نواحی صعود و نزول هوا کمک کند. مقادیر منفی امگا نشان دهنده صعود هوا، بارش و ابرهای زیاد و مقادیر مثبت نشان دهنده نزول هوا و معمولاً شرایط جوی پایدارتر و آفتابی‌تری را گویا هستند. وجود هسته‌های منفی امگا در قسمت‌هایی از عربستان، امارات و جنوب ایران و هسته منفی امگای مستقر بر شمال هند و جنوب شرقی پاکستان در دو روز قبل رخداد نشانگر صعود و فرارفت هوای گرم می‌باشند که با حرکت‌هایی پادساعتگرد موجب انتقال گرمای مناطق هم‌جوار مانند عربستان و عراق و... به داخل ایران و افزایش دمای منطقه خوزستان شده است. با مشاهده مقادیر مثبت امگا بر منطقه به حاکمیت پرتافت مستقر بر منطقه، به دام انداختن هوای گرم می‌توان پی برد. روز قبل رخداد هسته‌های متعددی از امگای منفی در بخش‌های جنوبی ایران تشکیل شده‌اند که قسمت‌هایی از استان را در بر گرفته است. وجود هسته بزرگ امگای منفی در جنوب عربستان، یمن و امارات گواه صعود شدید هوای گرم است. هسته‌های امگای مثبت تشکیل شده در شمال ایران حاکی از فعالیت فرابر سبیری در سطوح فوقانی و تأثیر آن بر شدت گرفتن گرمای منطقه و دوام دمای بالا و پایداری جوی به خصوص با قرار گرفتن در فصل تابستان شده است.



شکل ۹. نقشه امگا در تراز ۵۰۰ میلیبار روزهای ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه ۱۴۰۳، مأخذ: [www.esrl.noaa.gov/psd/ data/](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/)

۴-۶- وضعیت باد در سطوح فوقانی

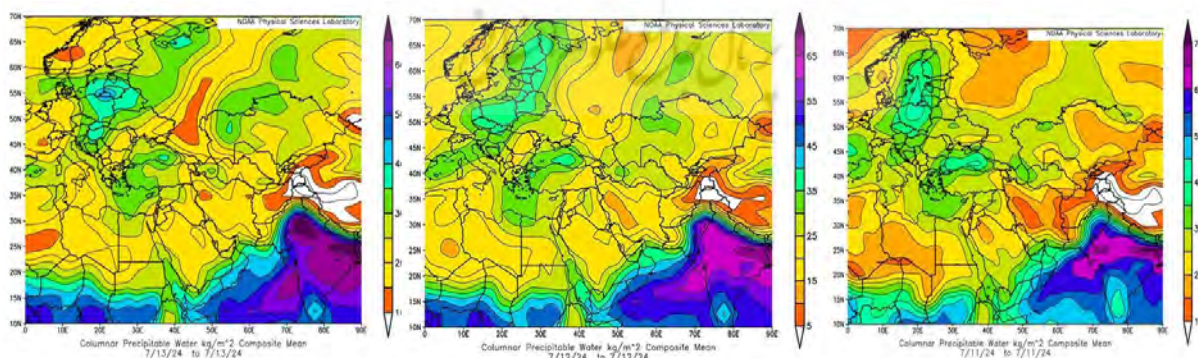
چینش قائم باد در دو روز قبل از رخداد حاکی از تغییر جهت جریان‌های غربی- شرقی و تقویت جریان‌های نصف‌النهاری بوده و دلیل آن نیز حاکمیت بندال مستقر در منطقه مطالعاتی یعنی بلوکینگ بریده پرفشار یا گنبد حرارتی می‌باشد. جریان‌های باد از حالت طبیعی خود با سرعت ۶ متر بر ثانیه، سمت و سوی شمال شرقی - جنوب غربی به خود گرفته و در جهت ساعتگرد حول سامانه پرفشار موجود در منطقه مطالعاتی چرخیده‌اند. در این حالت هوای مرکز سامانه پرفشار بسیار پایدار و سرعت حرکت جریان‌ها کم بوده، این وضعیت در هر سه روز ثابت و دلیلی بر ماندگاری گرما در استان شده است. چنین الگوی گردشی در سطوح فوقانی جو، جزء جریان‌های کمربند پرفشار حاره‌ای بوده که بین عرض‌های جغرافیایی ۲۵-۱۵ درجه شمالی قرار دارد.



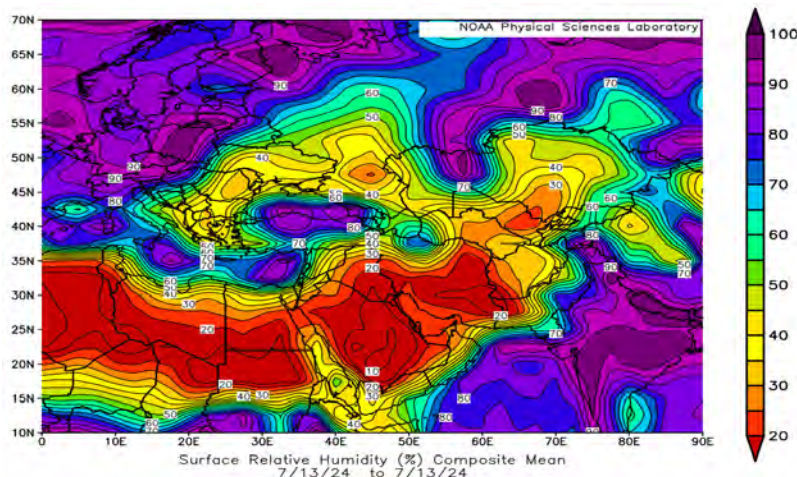
شکل ۱۰. نقشه سرعت قائم در تراز ۵۰۰ میلیبار روزهای ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه ۱۴۰۳، مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

۴-۷- شرایط رطوبت نسبی و آب قابل بارش

با در نظر گرفتن نقشه‌های رطوبت نسبی دو روز قبل و زمان رخداد گرم و قرارگیری در فصل تابستان، کمترین مقدار رطوبت نسبی (۲۰ درصد) را در استان خوزستان شاهد هستیم (کمترین میزان رطوبت نسبی در گرم‌ترین ماه سال). این رطوبت از پهنه آبی خلیج فارس، تالاب‌های درون استان، رودخانه و... تأمین می‌گردد. در استان خوزستان این دو عامل مؤثر وجود دارد، به‌گونه‌ای که گرمای زیاد در نواحی شرقی و مرتفع استان باعث کاهش رطوبت نسبی گشته و دلیل آن نبود پهنه آبی مؤثر و دوری از خلیج فارس بوده که هوای این ناحیه از استان خشک تر شده است. این درصد از رطوبت نسبی نشان از گرمی منطقه مطالعاتی و میزان ۱۵ کیلوگرم بر مترمربع آب قابل بارش در دو روز قبل از رخداد گرم و ۲۰ کیلوگرم بر مترمربع در زمان رخداد گواه از کمترین شرایط مساعد و پایین بودن آمادگی اتمسفر جهت بارندگی است.



شکل ۱۱. نقشه آب قابل بارش (کیلوگرم بر مترمربع) روزهای ۲۱-۲۲-۲۳ تیرماه ۱۴۰۳، مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/



شکل ۱۲. نقشه رطوبت نسبی (%) روز ۲۳ تیرماه ۱۴۰۳، مأخذ: www.esrl.noaa.gov/psd/data/

۵- نتیجه‌گیری

امواج گرمایی به‌عنوان یکی از مه‌لک‌ترین خطرات طبیعی، اثرات قابل‌توجهی را برای زندگی بشر به همراه داشته و بخشی از رخداد اقلیم ایران زمین نیز می‌باشند که تکرارپذیر هستند به‌گونه‌ای که با وقوع پدیده گرمای شدید در تیرماه سال جاری در ایران موجب گردید تا تابستان این سال متأثر از پدیده تغییر اقلیم و روند گرمایش جهانی گشته که به دنبال آن شاهد استقرار موج شدیداً گرم در نقاط مختلف ایران، به‌خصوص ثبت دماهای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در نواحی جنوب غربی ایران و استان خوزستان گردد. بیشینه دمای ثبت شده برای شهرستان اهواز، به‌عنوان مرکز استان خوزستان در تاریخ ۲۳ تیرماه سال ۱۴۰۳، ۵۱ درجه سانتی‌گراد گزارش گردید. با این تفاسیر می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به قرارگیری استان در منطقه جنب‌حاره‌ای در سطوح میانی جو، دوره گرما در آن استان خوزستان نسبت به سایر نقاط ایران زودتر شروع شده و دیرتر پایان می‌یابد، این شرایط موجب گردیده است تا امواج گرمایی تابستانه در استان به یک معضل اجتماعی و زیست‌محیطی تبدیل شود. دلیل افزایش دما و موج‌های گرم منطقه، با در نظر گرفتن نقشه‌های ۴۸ ساعت قبل رخداد، حاکی از فعالیت مراکز کم‌فشار حرارتی مستقر در پاکستان و عربستان در لایه زیرین و ردسپهر و روانه ساختن جریان‌های پادساعتگرد شمال غربی- جنوب شرقی آن‌ها بر منطقه مطالعاتی و از طرفی ترکیب آن‌ها با حرکات ساعتگرد پرفشار جنب‌حاره‌ای آ‌زور در شرق اقیانوس اطلس شمالی در ترازهای میانی و پرفشار مستقر در منطقه روسیه در عرض‌های فوقانی و کشیده شدن زبانه‌هایی از این پرفشارها بر روی ایران به‌عنوان مهم‌ترین سامانه تأثیرگذار در انطباق با الگوی توپوگرافی منطقه (ارتفاعات زاگرس جنوبی) و الگوی چرخشی سامانه‌های کم‌فشار نزدیک منطقه مطالعاتی است که سبب فرارفت گرم دمای تابشی بیابان‌های گرم لوت و عربستان و عراق بر نیمه غربی ایران به‌ویژه خوزستان بوده‌اند.

سامانه‌های فشار بالا که وجود آن‌ها موجب بلوکه شدن هوای گرم و کاهش رطوبت در منطقه گشته، به‌گونه‌ای که فرونشینی هوا به داخل پرفشار موجب افزایش شدید دمای هوا شده است، بنابراین گرمایش لایه‌های میانی تروپوسفر اجازه صعود هوا را از لایه پایینی فراهم نکرده و گرمای ناشی از این سامانه با گرمای خورشیدی ترکیب، باعث افزایش دما، تشکیل موج بسیار گرم در منطقه گشته و موجب ماندگاری دمای بالا طی چندین روز شده است. تحلیل نقشه‌های دمایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای مشخص شده، حاکی از حاکمیت هسته‌های بسیار گرم حرارتی پیرامون منطقه مورد مطالعه از جمله کشورهای مصر، سوریه، جنوب شرق عراق و جنوب شرق پاکستان بوده که فعالیت سامانه بندالی موجود در نقشه‌های سطوح بالا و کم‌فشارهای حرارتی در نقشه‌های سطح زمین تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ایجاد و تشدید این هسته‌های دمایی و افزایش دمای منطقه مطالعاتی نقش اساسی داشته‌اند.

تحلیل نقشه‌های امگا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که وجود مقادیر منفی از امگا در بخش‌هایی از کشورهای عربستان، امارات، جنوب ایران، شمال هند و جنوب شرق کشور پاکستان، همواره موجب صعود و فرارفت هوای گرم مناطق

پيرامون از جمله کشورهای عربستان و عراق و انتقال گرماي شديد به داخل کشور ايران و منطقه مورد نظر شده است. سامانه پراارتفاع حاکم موجب تغيير جهت طبيعي باد از حالت غربي-شرقي به شمال و جنوب شده که جريان‌های هوا در حلقه‌ای، حول هسته سامانه بلوکینگ، حرکتی جنوب غربي-شمال شرقي به خود گرفته و باعث گسترش مکانی بیشتر نسبت به امواج گرمایی نزدیک به حالت نرمال شده است. الگوی ضخامت جو در ترازهای ۵۰۰-۱۰۰۰ هکتوپاسکال طی حاکمیت موج گرم نشان داد که ضخامت توسط جو در زمان استقرار موج گرم افزایش یافته است و خطوط پربندی ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متری بر روی استان خوزستان مشاهده می‌شود. به‌طور کلی الگوی حاکم در طی موج گرم حاکمیت شرایط پراارتفاع می‌باشد که موجب فرونشینی هوا و گرمایش آن به‌ویژه در جنوب غرب ايران، استان خوزستان و شهرهای آن گشته است. در ماه‌های تير و مرداد، با وقوع پدیده انقلاب تابستانی، درجه حرارت استان نیز افزایش یافته و تا اواسط شهریورماه به قوت خود باقی مانده است، به‌گونه‌ای که کم‌ترین میزان رطوبت نسبی روزهای مورد مطالعه نشان از گرماي زیاد منطقه به‌ویژه نواحی شرقي و مرتفع استان خوزستان هم‌زمان با قرارگیری در گرم‌ترین ماه از فصل گرم سال و پایین بودن امکان بارش در منطقه بوده است. با گذر از ماه‌های فصل گرم و با شروع وزش بادهای محلی در محدوده مورد مطالعه سیر نزولی دما و کاهش حرارت نیز آغاز شده است.

بر اساس پیشینه تحقیقات صورت گرفته در این تحقیق، نتایج به دست آمده در مقایسه با سایر پژوهش‌ها به‌گونه‌ای اثبات کننده نتایج حاصل شده آن‌ها در این زمینه است که می‌توان گفت این نتایج در راستای نتایج حاصل شده از پژوهش‌های صورت گرفته توسط قويدل رحيمي (۱۳۹۰)، مجرد و همکاران (۱۳۹۴)، قويدل رحيمي و رضایی (۱۳۹۳) و (۱۳۹۴)، لشکری و همکاران (۱۳۹۶) و (۱۳۹۸)، کرم‌پور و همکاران (۱۳۹۶)، هوشيار و همکاران (۱۳۹۸)، خسروی و اسمعیل نژاد (۱۳۹۹)، برنا و همکاران (۱۴۰۰)، برون و همکاران (۱۴۰۴) که به ترتیب اشاره به شکل‌گیری مراکز کم‌فشار حرارتی پاکستان و عربستان و حاکمیت پرفشار جنب‌حاره‌ای آזור در سطوح میانی و بلوکینگ‌ها و سیستم‌های مهاجر مختلف و تغيير اقليم که در پژوهش‌های صورت گرفته نیز مورد اثبات قرار گرفته است و نتایج حاصل شده به نوعی انعکاس نتایج کسب شده توسط این محققان می‌باشد؛ به‌گونه‌ای که در این روز با دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، پرفشار جنب‌حاره‌ای آזור، کم‌فشارهای حرارتی پاکستان و عربستان و تشکیل سامانه پراارتفاع حاکم در سطوح فوقانی جو و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نقش اساسی ایفا کرده‌اند؛ بنابراین شناسایی و مطالعه وقوع این نوع از الگوها در آغاز گسترش پدیده‌های حدی امواج گرمایی حائز اهمیت می‌باشد که با آگاهی از آن‌ها می‌توان با اطمینان بیشتری وضعیت جوی را برای چند روز آینده پیش‌بینی کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله به شکل توضیح داده شده از سوی مجله، مورد تأیید نویسندگان این مقاله است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر فاقد حمایت مالی است.

سپاسگزاری

از کلیه کسانی که در مراحل مختلف نوشتن این مقاله با نظرات خود ما را یاری دادند سپاسگزاری می‌کنیم.

منابع و مأخذ

- اداره کل هواشناسی استان خوزستان. (۱۴۰۳). ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی استان خوزستان. بازیابی شده در ۱ بهمن
<https://khzmet.ir/rha/۱۴۰۳>
- اسمعیل‌نژاد، مرتضی؛ خسروی، محمود؛ علیجانی، بهلول؛ مسعودیان، سیدابوالفضل. (۱۳۹۲). شناسایی امواج گرمایی ایران.
 جغرافیا و توسعه، ۱۱(۳۳). ۳۹-۵۳. doi: 10.22111/gdij.2013.1321
- اکبری، مه‌ری؛ اسداللهی، عنایت. (۱۴۰۰). گرمایش جهانی و تغییرات ضخامت جو طی دوره سرد سال در ایران. پژوهش‌های
 تغییرات آب و هوایی، ۲(۸)، ۹۸-۸۳. doi: 10.30488/ccr.2022.321782.1067
- برنا، رضا؛ امانی، ماندانا؛ ظهوریان، منیژه. (۱۴۰۰). ارزیابی مخاطرات دمایی استان خوزستان. مجله جغرافیا و مخاطرات
 محیطی، ۱۰(۴۰)، ۲۲۹-۲۴۹. doi: 10.22067/geoe.2021.67887.1005
- برون، اشرف؛ ظهوریان پردل، منیژه؛ شکیب، علیرضا؛ محمدی، زینب. (۱۴۰۴). شناسایی امواج گرمایی استان خوزستان و
 تحلیل همدیدی نقش پرفشار عربستان در ایجاد آن‌ها. اندیشه‌های نو در علوم جغرافیایی، ۳(۸)، ۲۰-۱.
https://www.ims-jmas.net/article_115309.html
- جمالی زاده، ناهید؛ ظهوریان پردل، منیژه؛ لشکری، حسن؛ شکیب، علیرضا؛ محمدی، زینب. (۱۳۹۸). تحلیل همدیدی و
 ساختار دینامیکی الگوهای تابستانه استان خوزستان. جغرافیای طبیعی، ۱۲(۴۴). ۲۹-۱۷.
https://journals.iau.ir/article_668789.html
- خزایی کوهپور، سوفیا؛ جانباز قبادی، غلامرضا؛ متولی، صدرالدین. (۱۴۰۳، آذر). شناسایی و تحلیل سیнопیتیکی امواج گرمایی
 کلان‌شهر اهواز. مهندسی جغرافیایی سرزمین، ۸(۳)، ۲۰۸-۱۹۳. doi: 10.22034/jget.2023.346928.1434
- خسروی، محمود؛ اسمعیل‌نژاد، مرتضی. (۱۳۹۹). بررسی آماری - همدیدی موج‌های گرمایی کم تداوم ایران. مطالعات
 جغرافیایی مناطق کوهستانی، ۱(۲)، ۱۹-۳۳. doi: 10.29252/gsma.1.2.19
- رضایی، فرشته؛ احمدی، محمود؛ شکیب، علیرضا. (۱۳۹۷). تعیین آستانه دمایی موج گرم سال بر اساس شاخص‌های جهانی در
 مناطق مختلف کشور، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۷(۲)، ۱۱۵-۱۳۲. doi: 10.22067/geo.v7i3.64584
- قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۹۰). شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج ابر گرم تابستان ۱۳۸۹ در ایران. مطالعات
 جغرافیایی مناطق خشک، ۱(۳)، ۸۵-۱۰۰. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161274.html
- قویدل رحیمی، یوسف؛ رضایی، محمد. (۱۳۹۳). تحلیل آماری و سینوپتیک دماهای ابر گرم منطقه جنوب شرق ایران.
 مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۴(۱۵)، ۳۵-۵۲. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161352.html
- قویدل رحیمی، یوسف؛ رضایی، محمد. (۱۳۹۴). جستاری پیرامون شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک امواج گرمایی
 استان کرمان. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۹(۵۴)، ۲۵۳-۲۷۷.
https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_4479.html
- کرم‌پور، مصطفی؛ رفیعی، جعفر؛ جعفری، ایوب. (۱۳۹۶). شناسایی و تحلیل سینوپتیکی امواج گرمایی غرب ایران (ایلام،
 خوزستان، لرستان، کرمانشاه)، مدیریت مخاطرات محیطی، ۴(۳)، ۲۶۳-۲۷۹. doi: 10.22059/jhsci.2018.246557.296
- لشکری، حسن؛ برون، اشرف؛ ظهوریان پردل، منیژه؛ شکیب، علیرضا؛ محمدی، زینب. (۱۳۹۸). تحلیل همدیدی نقش پرفشار
 عربستان در امواج گرم استان خوزستان. نشریه هواشناسی و علوم جو، ۲(۱)، ۵۵-۶۷. https://www.ims-jmas.net/article_115309.html
- لشکری، حسن؛ متکان، علی‌اکبر؛ آزادی، مجید؛ محمدی، زینب. (۱۳۹۶). تحلیل همدیدی نقش پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان
 و رودباد جنب‌حاره‌ای در خشکسالی‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران. پژوهش‌های دانش زمین، ۲(۸)، ۱۴۱-۱۶۳.
https://esrj.sbu.ac.ir/article_96278.html
- مجرد، فیروز؛ معصوم پور، جعفر؛ رستمی، طیب. (۱۳۹۴). تحلیل آماری - همدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه سلسیوس در
 غرب ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱(۴)، ۴۱-۵۷. doi: 10.22067/geo.v4i1.32793

- مرکز ملی اقلیم و مدیریت بحران خشکسالی سازمان هواشناسی ایران، ۱۴۰۳. <https://ndc.irimo.ir/far/index.php>
- هوشیار، محمود؛ سبحانی، بهروز؛ پروین، نادر. (۱۳۹۸). تحلیل آماری سینوپتیکی امواج گرمایی زودرس در شمال غرب ایران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹ (۵۴)، ۲۰۳-۱۸۵. <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-2780-fa.html>
- Akbary, M. & Asadolahi, E. (2021). Global warming and changes in atmospheric thickness during the cold period of the year in Iran. *Climate Change Research*, 2(8), 83-98. doi: 10.30488/ccr.2022.321782.1067 [In Persian].
- Beniston, M., Stephenson, D.B., Christensen, O.B., Ferro, A.T., Frei, christoph., Goyette, s., Halsnaes, K., Holt, T., jyiha, k., koffi, B. (2007). Future extreme events in European climate, an exploration of regional climate model projections, *Climatechange*, 81, 71-95. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9226-z>
- Bettina M. (2003). Fifty-Third Session of The WHO Regional Committee For Europe, Pp 1-12.
- Borna, R., Amani, M., Zohorian, M. (2021). Temperature Hazards Assessment of Khuzestan Province. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(4), 243-260. doi: 10.22067/geoeh.2021.67887.1005 [In Persian].
- Boron, A., Zohoriyan Pordel, M., Lashkari, H., Shakiba, A. and mohamadi, Z. (2025). Identifying heat waves in Khuzestan Province and synoptic analysis of the role of Saudi Arabia's high pressure in their creation. *Journal of New ideas in geographical sciences*, 3(8), 1-20. https://www.ims-jmas.net/article_115309.html
- Esmail Negad, M., Khosravi, M., Aligane, B. and Masoodeian, S. (2013). Identifying Heat Waves of Iran. *Geography and Development*, 11(33), 39-54. doi: 10.22111/gdij.2013.1321 [In Persian].
- Ghavidel Rahimi, Y. & Rezaei, M. (2016). A Query on Identification, Classification and Synoptic Analysis of Heat Waves in Kerman Province. *Journal of Geography and Planning*, 19 (54), 253-277. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_4479.html [In Persian].
- Ghavidel Rahimi, Y., rezaie, M. (2014). The Statistical and Synoptic analysis of super warm temperatures in South East region of Iran. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 5(15), 35-52. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161352.html [In Persian].
- Ghavidel Rahimi, Y. (2011). Identification, Classification and synoptic analysis of Iran super heat. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 2(3), 85-100. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161274.html [In Persian].
- Hooshyar, M., Sobhani, B., & Parvin, N. (2019). Synoptic Analysis of Early Heat Waves in Northwest of Iran, 19(54), 185-203. <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-2780-fa.html> [In Persian].
- Jamalizade, N., Zohurianepordel, M., Lashkari, H., Shakib, A., & Mohammadi, Z. (2019). Synoptic analysis and dynamic structure of summer patterns in Khuzestan province. *Journal of Physical Geography*, 12(44), 17-29. https://journals.iau.ir/article_668789.html [In Persian].
- Karampoor, M., Rafiee, J. and Jafari, A. (2017). Identification and Analysis of Synoptic of Heat Waves in West of Iran (Case Study: Ilam, Khouzeestan, Lorestan, Kermanshah). *Environmental Management Hazards*, 4(3), 263-279. doi: 10.22059/jhsci.2018.246557.296 [In Persian].
- Khazaei kuhpar, S., Janbaz ghobadi, G. and Motevali, S. (2024). Identification and synoptic analysis of heat waves in Ahvaz metropolis. *Geographical Engineering of Territory*, 8(3), 193-208. doi: 10.22034/jget.2023.346928.1434 [In Persian].
- Khosravi M, Esmailnejad M. (2020). Statistical Analysis - Synoptic a Continuity Heat Waves of Iran. *Journal of the Geographical Studies of Mountainous Areas*, 1 (2), 19-33. doi: 10.29252/gsma.1.2.19 [In Persian].

- Khuzestan Province Meteorological Department. (2025). Geographical and climatic characteristics of Khuzestan Province[Website post] Retrieved 2025, January. 20, <https://khzmet.ir/rha/> (in Persian) <https://khzmet.ir/rha/> [In Persian].
- Kysely, J., (2004). Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. International journal of biometeorology, 49(2), 91-97. DOI:10.1007/s00484-004-0218-2
- Lashkari, H., Boron, A., Zohoriyan Pordel, M., Shakiba, A. and mohamadi, Z. (2019). Synoptic Analysis of Saudi Arabian sub-tropical High pressure in Height Waves of Khuzestan Province. Journal of Meteorology and Atmospheric Science, 2(1), 55-67. https://www.ims-jmas.net/article_115309.html [In Persian].
- Lashkari, H., Metacan, A., Azadi, M., Mohammadi, Z. (2017). Synoptic analysis of the role of Saudi Arabia subtropical high pressure subtropical and polar jet streams and severe droughts in South and South West of Iran. Researches in Earth Sciences, 8(2), 141-163. https://esrj.sbu.ac.ir/article_96278.html [In Persian].
- Mojarrad, F., Masoompour, J. and Rostami, T. (2015). Statistical-Synoptic Analysis of Heat Waves above 40°C in the West of Iran. Journal of Geography and Environmental Hazards, 4(1), 41-57. doi: 10.22067/geo.v4i1.32793
- Rezaie, F., Ahmadi, M. & Shakiba, A. (2018). Determining the Temperature Threshold of the Heat Wave during the Warm Period of the Year Based on Global Index in Different Regions of the Country. Journal of Geography and Environmental Hazards, 7(2), 115-132. doi: 10.22067/geo.v7i3.64584 [In Persian].
- Roger D., Peng, Jennifer F. Bobb & Francaesca Do., (2011). Towrd a Quantitative Estimate of Future Heat Wave Mortality Under Global Climate Change. Environmental Health Perspectives, National Instituted of Environmental Healthscince. 119(5) 701-706. doi: 10.1289/ehp.1002430
- Young Son. J., Jong T, G., Anderson, B., & Michellel. B., (2012). The impact of Heat wave on mortality in seven major cities in Korea Environ Health Percept 120: 566-571. DOI: 10.1289/ehp.1103759