

The Mechanism Analysis of Thermal Waves in the West and Southwest of Iran

Dariush Rahimi ^{1*}, Hamid Mirhashemi ², Timur Alizadeh ³

¹ Associate Professor of Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

^{2,3} M A Student of Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

Thermal waves are one of the consequences of increasing the temperature in the climatic system. The west and southwest of Iran are among the areas that have been exposed to thermal waves in the summer in recent years. Thermal waves of the area were identified using Baldi Index of daily maximum temperature data from 36 meteorological stations. Also, the coherent conditions of thermal waves were analyzed using geo-potential height, sea level pressure, vertical vortices, U wind and V wind at 1000 to 250 hp in a 6-hour interval from the NCEP / NCAR data series. According to Baldi index, the long-term thermal wave covers the western stations of the country from 2/07/2010 to 13/07/2010. The analysis of synoptic maps showed that thermal waves were formed with the establishment of Persian Gulf and Gang low pressure thermal systems with humidity, the establishment of blocking systems at 500_{HPs} level by expanding the Azor dynamic high pressure, negative deflections, and STHP up to the Caspian Sea shores. Increasing evapotranspiration, water need, electricity consumption and the power transfer network deterioration, and reducing climatic welfare are the consequences of the establishment of synoptic conditions. Also, the integration of low-pressure Persian Gulf waves with Monsoon waves of the subcontinent, the establishment of the Azor dynamic high-pressure, and the creation of a blocking system on the area are the consequences of existing thermal waves over the region.

Key words: Thermal Waves, Baldi Index, Barrier System, Persian Gulf Low Pressure, Gang Low Pressure.

تحلیل ساختار امواج گرمایی در غرب و جنوب غرب ایران

داریوش رحیمی^{*}: دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

حمید میر هاشمی: دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تیمور علیزاده: دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

وصول: ۱۳۹۳/۱۱/۰۶ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۹، صص ۸۰-۶۹

چکیده

امواج گرمایی یکی از پیامدهای روند افزایش دما در دستگاه اقلیم است. غرب و جنوب غرب ایران از جمله مناطقی هستند که در سال‌های اخیر با موج گرمایی در فصل تابستان روبه‌رو بوده‌اند. امواج گرمایی منطقه با استفاده از شاخص بالدی و اعمال آن بر روی داده‌های حداکثر دمای روزانه ۳۶ ایستگاه هواشناسی شناسایی شد. همچنین شرایط هم‌دید موج‌های گرمایی با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، تاوایی قائم، بادمداری و نصف‌النهاری در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۲۵۰ هکتوپاسکال در بازه زمانی ۶ ساعته از سری داده‌های NCEP/NCAR تحلیل شد. بر اساس شاخص بالدی موج گرمایی بلندمدت از تاریخ ۱۳۸۹/۴/۱۲ تا ۱۳۸۹/۴/۲۳، ایستگاه‌های غرب کشور را در بر گرفته است. تحلیل نقشه‌های هم‌دید نشان داد امواج گرمایی با استقرار سامانه‌های کم‌فشار حرارتی خلیج فارس و گنگ (موسومی‌ها) همراه با رطوبت، استقرار سیستم مانع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی و گسترش پرفشار پوششی آזור، تاوایی منفی و رودباد جنب حاره‌ای بر روی منطقه شکل می‌گیرند. افزایش تبخیر و تعرق، ایجاد تنش‌های آبی در گیاهان به‌ویژه در دوره خشکسالی، افزایش مصرف و استهلاک شبکه انتقال برق و افت تولید برق آبی و کاهش شرایط آسایش اقلیمی از نتایج استقرار شرایط هم‌دید ادغام کم‌فشار حرارتی خلیج فارس و موسمی‌های شبه‌قاره، استقرار پرفشار دینامیکی آזור و ایجاد سیستم مانع بر روی منطقه به‌مدت بیش از ۵ روز موجد امواج گرمایی متداوم بر روی منطقه است.

واژه‌های کلیدی: موج گرمایی، شاخص بالدی، سیستم مانع، فرود خلیج فارس، کم‌فشار گنگ.

مقدمه

مخاطرات اقلیمی از جمله پیامدهای تغییر اقلیم محسوب می‌شوند. امواج گرمایی و تعدد آنها از جمله شواهد تغییرات اقلیمی و مخاطرات مربوط به آن است که بر اثر رخداد عنصر اقلیمی با شدتی فراتر از نوسانات معمول آن پدیده در نظر گرفته می‌شود که شامل مجموع مقدار میانگین و انحراف از معیار باشد. این افزایش یا کاهش شدید در بازه آماری ذکر شده پاسخ‌های غیرمعمولی نسبت به محرک از خود بروز می‌دهد. این ساختار محرک و پاسخ در مجموع اکوسیستم‌های طبیعی منجر به تغییرات می‌شود که اصطلاحاً به آنها نوسان گفته می‌شود. نوسانات افزایشی و کاهش دما یکی از این ساختارهای نظام‌مند است که با کنش‌های مختلفی در سطح بیوسفر همراه می‌باشد.

افزایش دما یکی از مهمترین شاخص‌های مطرح در مجموعه مباحث نوسانات اقلیمی است. بر اساس مطالعات متعدد صورت‌گرفته، نوسانات دما دارای روند افزایشی پیوسته بوده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات پژوهشگران مختلف بیانگر آن است که دما طی سالیان اخیر افزایش یافته است (مسعودیان: ۱۳۸۳). تحلیل داده‌های آماری دمایی نیمکره شمالی نشان می‌دهد که روند افزایش دما در قرن بیستم، احتمالاً حداکثر دمایی است که در طی ۱۰۰۰ سال اخیر رخ داده است (کریستین کوپه^۱ و همکاران: ۲۰۰۴). از سوی دیگر دما به‌صورت مقطعی با افزایش ناگهانی (موج گرمایی) نیز همراه است.

موج گرمایی به‌طور محلی در اقلیم یک ناحیه نیز

رخ می‌دهد. کولاسینو^۲ و همکاران (۱۹۹۴) و مارینا بالدی^۳ (۲۰۰۴) و بالدی و همکاران (۲۰۰۶)، با تحلیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در منطقه مدیترانه نقش رودباد اروپا و اتلانتیک، اسکاندیناوی را در ایجاد موج‌های گرمایی در منطقه مدیترانه بررسی کردند و در رخداد آن مؤثر دانستند. طبق این پژوهش‌ها موج‌های گرمایی مدیترانه بیشتر در ماه‌های ژولای و آگوست اتفاق افتاده است و غالب آنها با سامانه‌های واچرخندی در سطح زمین و هماهنگی با ترازهای میانی همراه بوده‌اند. جولینو دی‌از^۴ و همکاران (۲۰۰۶) با انجام مطالعه‌ای اثرات موج گرمایی بر زندگی انسان را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با استفاده از مطالعات همدید، امواج گرمایی و پیش‌بینی آن امکان‌پذیر است. موج‌های گرمایی به‌دلیل مخاطرات و تهدیداتی که برای سلامت انسان‌ها، تولیدات کشاورزی، افزایش مصرف انرژی، نیاز آبی و تولید برق آبی ایجاد می‌کند، در طی دهه اخیر، به‌صورت جدی مطالعه شده است. مطالعات براند مکثول^۵ (۲۰۰۷)؛ دنیل کوزولووسکی^۶ (۲۰۰۷)؛ ولبرگمن^۷ و همکاران (۲۰۰۷)؛ فوجیبی^۸ و همکاران (۲۰۰۷)؛ لورنت^۹ و همکاران (۲۰۰۷)؛ تام‌ریزن^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۸)؛ اروپ^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۹)؛ اندرو^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۹) از این جمله است. علاوه بر آن قوی‌دل (۱۳۹۰) موج ابر گرمایی ایران را بررسی کرد و نتیجه گرفت، وجود

² M Colacino

³ Marina Baldi

⁴ Julio Di'az

⁵ Brandt Maxwell

⁶ Daniel R. Kozlowski

⁷ Justin A Welbergen

⁸ Fumiaki Fujibe

⁹ Laurent Argaud

¹⁰ Arbi Tamrazian

¹¹ Auroop R. Ganguly

¹² Andrew E. McKechnie

¹ Christina Koppe

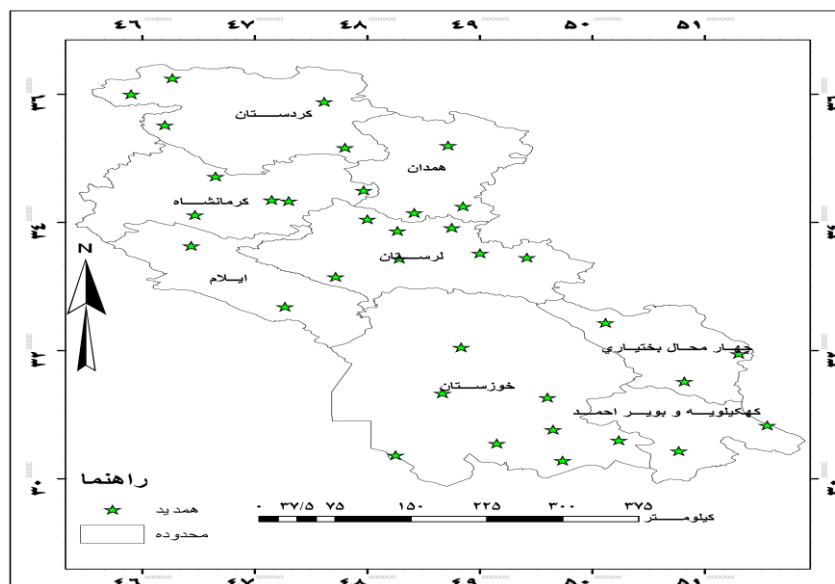
به‌عنوان پهنه مورد مطالعه انتخاب شد. بخش‌های غربی و جنوب غربی از کانون‌های مهم اقتصادی، جمعیتی، انرژی و آبی ایران محسوب می‌شود.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در برگرفته مناطق غربی و جنوب غربی ایران، شامل استان‌های کردستان، کرمانشاه، ایلام، لرستان، چهارمحال و بختیاری، خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد است (نقشه ۱). این منطقه از نظر هیدرولوژیکی بخشی از حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان است که سرچشمه رودخانه‌های بزرگی مانند کرخه، دز، کارون، مارون و جراحی است. رودخانه‌های ذکرشده در برگرفته حدود یک‌سوم آب‌های سطحی کشور هستند که بزرگترین سدهای برق آبی و پروژه‌های صنعتی، کشاورزی و تولید انرژی کشور را در بر می‌گیرند.

زبان‌های کم‌فشار حرارتی از شبه‌جزیره عربستان و استیلای پرفشار جنب حاره‌ای در رخداد این موج گرمایی مؤثر است. یزدان‌پناه و علیزاده (۱۳۹۰) و فریدونی و همکاران (۲۰۱۵) احتمال رخداد امواج گرمایی را با استفاده از مدل مارکف در استان کرمان و نواحی شمالی ایران برآورد کردند.

با توجه به مقطعی و مکانی بودن موج گرمایی در این مقاله، دماهای روزانه تیرماه ۱۳۸۹ به‌عنوان یک مورد که دارای ویژگی‌هایی همچون فراگیر بودن و شدت بالاست، مطالعه شده است. به‌گونه‌ای که این موج گرمایی منجر به این شد که دمای ۱۶ شهر در کشور در این ماه به بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد برسد و بعضی از شهرها و کارخانجات به‌منظور ذخیره برق کافی برای استفاده منازل تعطیل شوند. این میزان در بخش‌های کوهستانی کشور مانند شمال غرب و زاگرس مرکزی یک رکورد بوده است و به همین دلیل



شکل ۱. محدوده منطقه و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی غرب کشور

گردشی و گردشی به محیطی صورت می‌پذیرند. در روش اول، پژوهشگر ابتدا پدیده‌های سطح زمین را

مواد و روش بررسی

مطالعات همدیدی با دو رویکرد عمده، محیطی به

روزهای توأم با موج گرمایی از شاخص بالدی (۲۰۰۴) استفاده شد.

$$\text{HW} = (m + 1.5 \sigma) \quad \text{رابطه (۳)}$$

که: HW: موج گرمایی، m: میانگین دمایی بلندمدت روزانه و σ : انحراف از معیار دماهای روزانه برای تعریف موج گرمایی رابطه فوق به صورت نقطه‌ای برای هر ایستگاه به‌طور جداگانه محاسبه شده و روزهایی که آمار دمای حداکثر آنها از شاخص مورد نظر بیشتر بود، به دو دسته موج گرمایی کوتاه و موج گرمایی بلند تقسیم‌بندی شدند. دسته اول امواجی هستند که بین ۱ تا ۳ روز تداوم داشتند و دسته دوم امواجی هستند که ۶ روز یا بیشتر تداوم داشتند (همان منبع: ۲۰۰۴).

نتایج

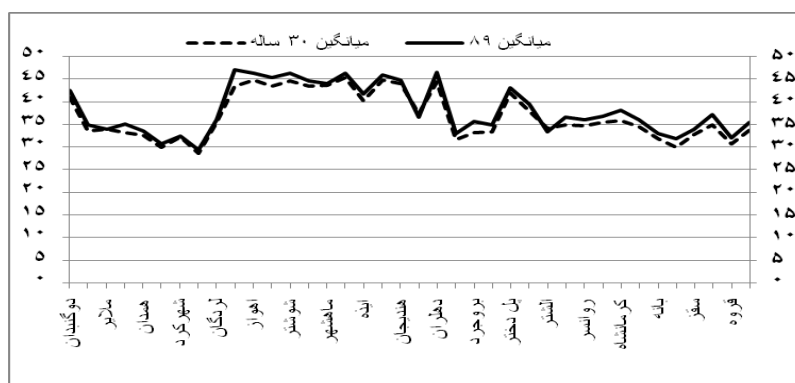
بررسی و مقایسه میانگین بلندمدت (از بدو تأسیس تا ۱۳۸۹/۶/۲۵)، فصل تابستان دمای حداکثر ایستگاه‌های مطالعاتی با حداکثر دمای روزانه تابستان ۸۹ نشان داد که میانگین حداکثر دمای تابستان ۸۹ از میانگین بلندمدت حداکثر دمای ایستگاه‌ها در تمام ایستگاه‌ها بیشتر است. این روند در شکل ۲ نشان داده شده است.

شناسایی و سپس الگوهای جوی آنها را شناسایی می‌کند و در رویکرد دوم پدیده‌های جوی مستقل از پدیده‌های محیطی شناسایی می‌شوند (مسعودیان ۱۳۸۵). در این روش از رویکرد مطالعاتی اول استفاده شده است. بدین منظور ابتدا واقعه رخ داده در سطح زمین در ایستگاه‌های هواشناسی ناحیه مطالعاتی شناسایی، سپس الگوهای موجد آن بررسی شد. داده‌های روزانه حداکثر دمای ۳۶ ایستگاه هواشناسی، واقع در غرب کشور از سازمان هواشناسی دریافت شد (موقعیت ایستگاه‌ها شکل ۱). همچنین، پایگاه داده‌های جو بالا شامل ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، تلاوایی قائم، بادمداری و باد نصف‌النهاری از سری داده‌های روزانه ۶ ساعته، واکاوی شده NCEP/NCAR ایجاد و به کمک داده‌های حداکثر دمای ایستگاه‌های هم‌دید شاخص موج گرمایی محاسبه گردید. ابتدا میانگین و انحراف معیار داده‌ها به کمک روابط زیر محاسبه شد:

$$m = \frac{\sum xi}{n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

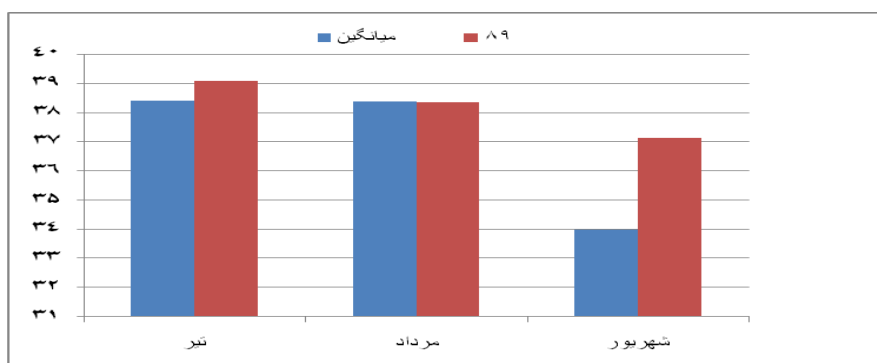
در این رابطه m میانگین داده‌ها، xi دمای حداکثر ایستگاه‌ها، n و در رابطه (۲) σ انحراف معیار دمای حداکثر روزانه ایستگاه‌هاست. برای تعیین آستانه



شکل ۲. مقایسه میانگین بلندمدت حداکثر دمای تابستانه و حداکثر دمای تابستان ۸۹ ایستگاه‌های مطالعاتی

وجود دارد. شکل (۳-۲) به نحو بهتری این اختلافات را نشان داده است. در کل تفاوت‌های بین دمای حداکثر تابستان ۸۹ با میانگین بلندمدت فصل تابستان ایستگاه‌ها نشان‌دهنده افزایش دمای حداکثر این فصل در سال ۸۹ است.

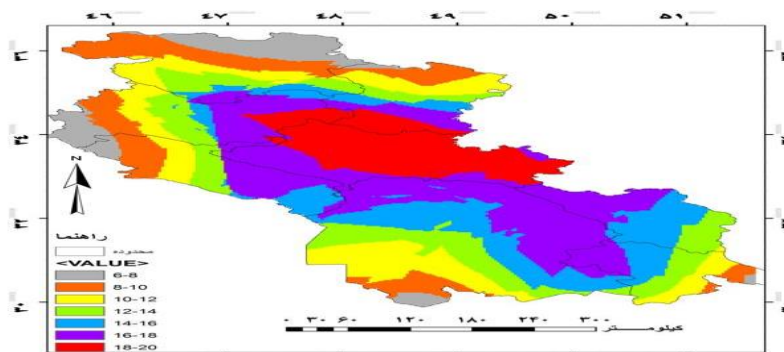
همچنین مقایسه میانگین بلندمدت حداکثر دمای ماه‌های تابستان با ماه‌های تابستان ۸۹ نشان‌دهنده این امر است که دمای حداکثر ماه‌های سال ۸۹ بیشتر از میانگین بلندمدت است. در تیرماه این تفاوت دمایی اختلاف چندانی با هم ندارند، ولی در ماه شهریور تفاوت فاحشی بین سال ۸۹ و میانگین بلندمدت



شکل ۳. مقایسه ماهانه حداکثر دمای بلندمدت تابستانه و حداکثر دمای تابستان ۸۹ ایستگاه‌های مطالعاتی

لرستان و حاشیه استان‌های چهارمحال بختیاری، خوزستان، ایلام و کرمانشاه بیشترین تداوم موج گرمایی را داشتند و با دور شدن از آن تداوم موج گرمایی کاهش می‌یابد؛ به این دلیل که استان‌های لرستان، همدان، چهارمحال بختیاری، از حداکثر دمای پایین‌تری نسبت به سایر استان‌ها از جمله استان خوزستان برخوردار هستند. بنابراین موج گرمایی مورد نظر در این استان از تداوم بیشتری برخوردار است و خسارات بیشتری به این استان‌ها وارد می‌کند.

بر اساس شاخص بالدی (موج گرمایی) روزهای همراه با موج گرمایی در این ایستگاه‌ها شناسایی شد. در این فصل، دمای حداکثر بیشتر ایستگاه‌ها افزایش زیادی داشته و باعث شکل‌گیری موج گرمایی کوتاه و بلندمدت در سطح ایستگاه‌ها شده است. مهم‌ترین آنها موج گرمایی بلندمدتی است که از ۱۳۸۹/۴/۱۲ تا ۱۳۸۹/۴/۳۱ ادامه داشته است. تداوم موج گرمایی مورد نظر در همه منطقه مطالعاتی به یک شکل نبوده است. به طوری که در شکل (۴) دیده می‌شود، استان



شکل ۴. پهنه‌بندی تداوم موج گرمایی در منطقه

تحلیل همید

شده‌اند.

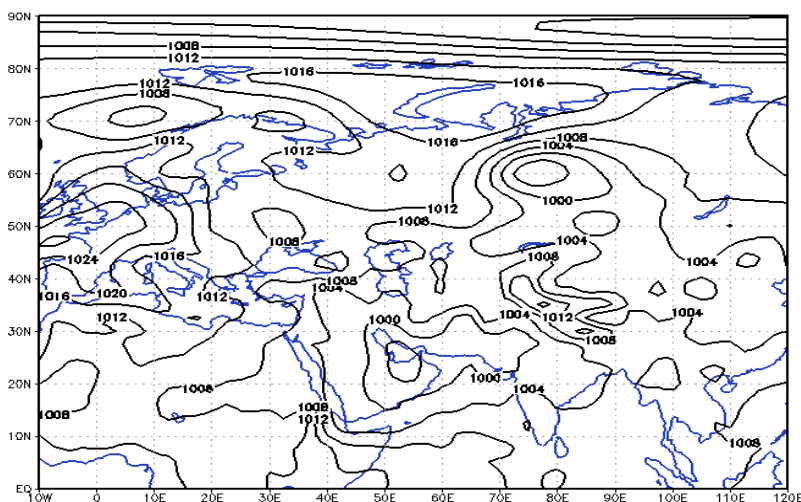
تراز ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال: تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال که حذف عوارض زمینی را نشان می‌دهد، به‌خوبی گسترش کم‌فشار گنگ در سراسر کشور را نشان می‌دهد؛ به نحوی که زبانه‌های آن تا شمال غربی ایران کشیده شده‌اند. تسلط تراز ۸۵۰ بیانگر انتقال گرما و رطوبت سیستم مونسون‌ها و تقویت اثر گلخانه‌ای آن بر روی منطقه مورد مطالعه و تداوم موج گرمایی است (شکل ۷).

الگوهای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال به‌طور نسبی همان الگوهای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هستند؛ با این تفاوت که در این تراز کم‌فشار حرارتی گنگ دیده نمی‌شود و زبانه پرفشار پوشی آזור بر روی ایران گسترش یافته است (شکل ۸). طبق این تصویر سلولی از کم‌فشار ایسلند ضمن حرکت به سمت شرق و ایجاد فرود بر روی مدیترانه باعث آرایش موجی شکل پرفشار آזור و ایجاد سیستم مانع (بلوکی‌نگ) بر روی غرب ایران در طول این موج گرمایی می‌شود.

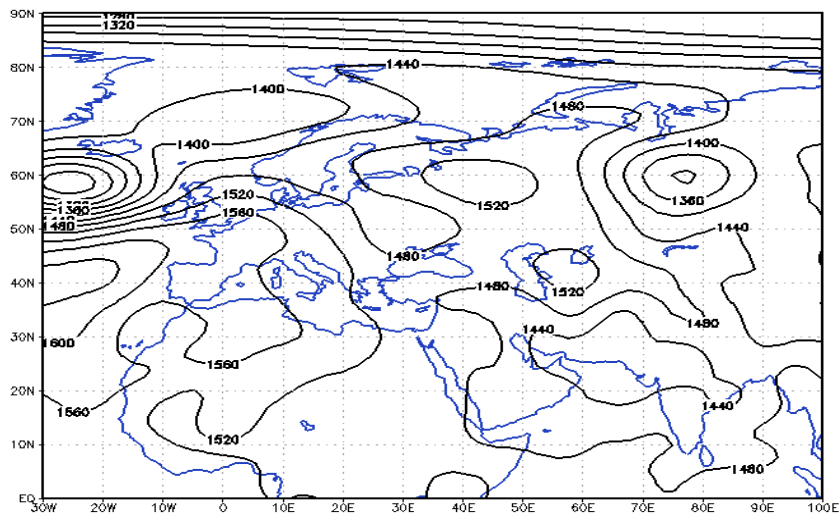
به‌منظور شناخت الگوهای همید موجد موج گرمایی مورد بررسی از نقشه‌های چهارزمانه در تاریخ ۱۲ تا ۲۳ تیرماه ۱۳۸۹ و در محدوده مکانی ۳۰ درجه طول غربی تا ۱۲۰ درجه طول شرقی و ۰ تا ۹۰ درجه شمالی استفاده شد که با توجه به تعدد نقشه‌ها تنها نقشه روز ۱۵ تیرماه در ساعت ۱۲ ژولای به‌دلیل مناسب‌بودن الگوهای همید ارائه می‌شود.

الگوی فشار سطح دریا (SLP): در فصل تابستان،

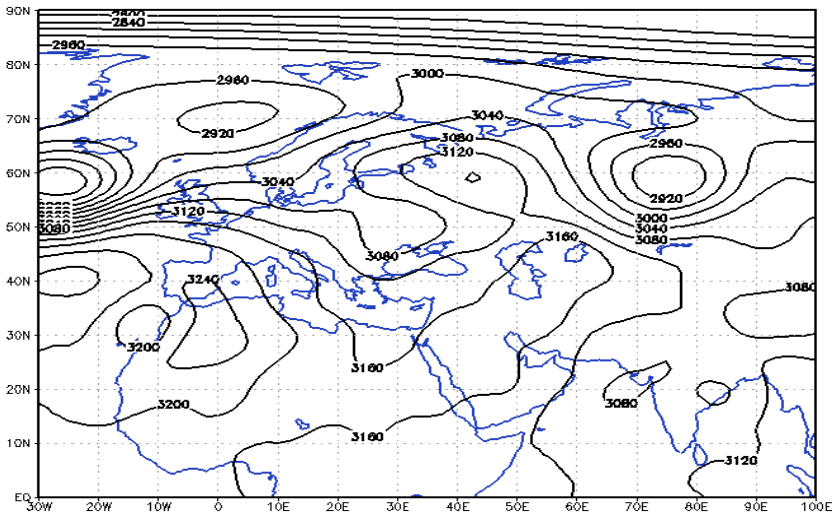
غرب و جنوب غرب ایران به‌دلیل دریافت انرژی خورشیدی بیشتر، فقدان پوشش گیاهی و زاویه جهت تابش در محدوده مناطق پرانرژی محسوب می‌شوند. شرایط تابشی و توپوگرافی باعث شکل‌گیری کم‌فشار حرارتی در جنوب غربی ایران می‌شود (کم‌فشار خلیج فارس). این مرکز کم‌فشار با هسته مرکزی ۹۹۶ هکتوپاسکال بر روی مرکز خلیج فارس در شکل (۵) مشخص شده است. علاوه بر آن مرکز کم‌فشار گنگ نیز بر بخش‌های جنوب شرقی ایران تأثیر گذاشته است که به‌دلیل مه‌آلود بودن شرایط زمینی با کم‌فشار خلیج فارس بر روی شبه‌جزیره عربستان ادغام



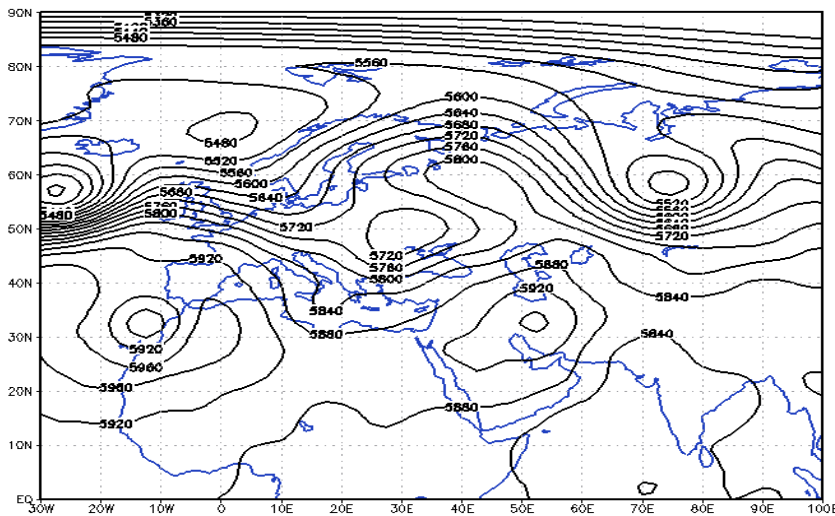
شکل ۵. الگوی ایزوباری تراز دریا روز ۱۵ تیر ۸۹



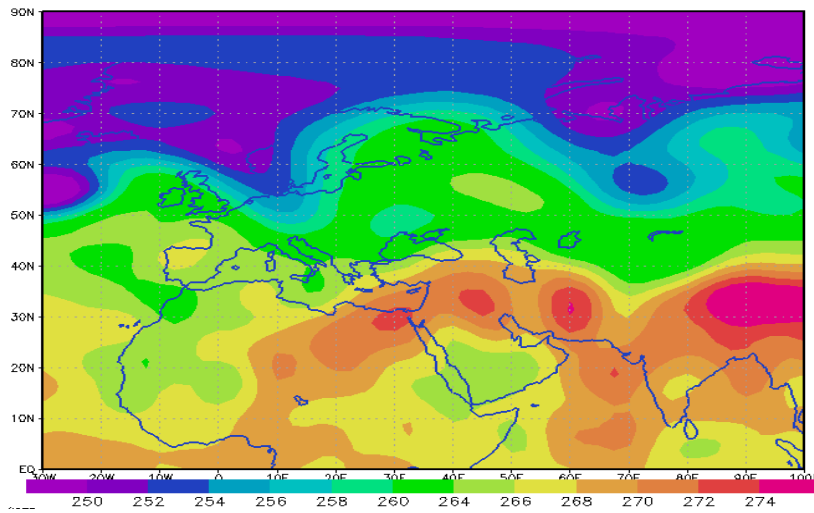
شکل ۶. الگوی پربندی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۵ تیر ۸۹



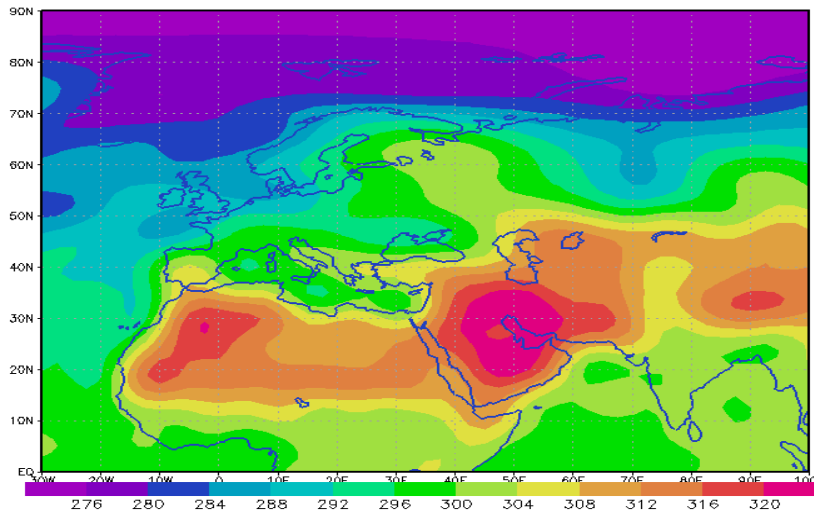
شکل ۷. الگوی پربندی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۵ تیر ۸۹



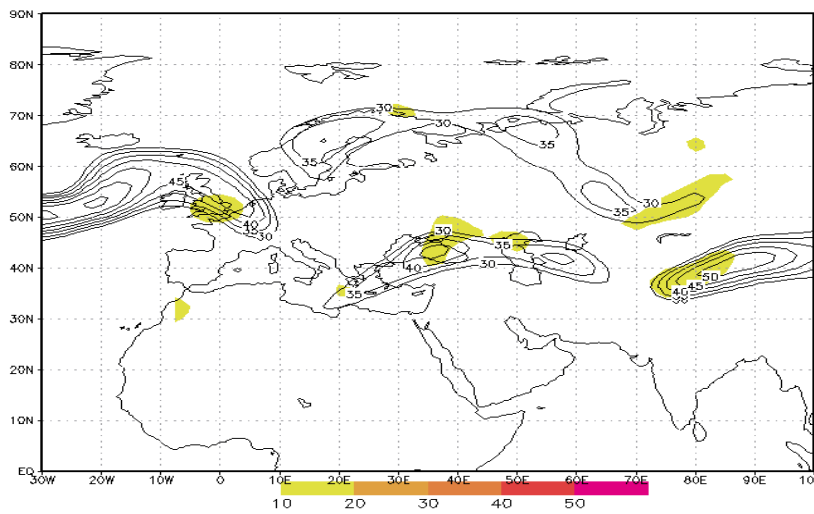
شکل ۸. الگوی پربندی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۵ تیر ۸۹



شکل ۹. الگوی دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۵ تیر ۸۹



شکل ۱۰. الگوی دمای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۵ تیر ۸۹



شکل ۱۱. رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال روز ۱۵ تیر ۸۹

تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال:

سیستم مانع شکل‌گرفته در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال به‌صورت واضح‌تری در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود. الگوهای پربندی این تراز به‌علت حرکت و توسعه رو به شرق کم‌فشار ایسلند، باعث تشکیل الگوهای موجی و واچرخندی در سلول شرقی پرفشار آזור بر روی ایران می‌شود. این الگوی واچرخندی به‌مدت ۱۲ روز بر روی ایران مستقر بوده است.

در نتیجه استقرار این الگو زمانی که کم‌فشار قطبی به سمت پایین حرکت کند، این واچرخند ارتفاع می‌گیرد و باعث ایجاد پایداری در تراز زمین می‌شود. به‌طوری‌که در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۱۵ زبانه کم‌فشار قطبی تا مدار ۴۰ درجه شمالی به سمت پایین کشیده شده است، متناسب با آن واچرخند آזור تا پربندی ۵۹۶۰ ژئوپتانسیل متر آن بر روی مرکز ایران واقع شده است که در این تاریخ کم‌فشار قدرتمند و حرارتی گنگ تا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال امتداد یافته است. همچنین، الگوی واچرخندی آזור باعث ایجاد پایداری و افزایش تاوای منفی در تراز زمین می‌شود.

وزش دمایی و رودباد:

بررسی جهت جریان در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال گردش ساعتگرد در محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد (شکل ۱۳). تسلط حرکت ساعتگرد در این الگو همراه با افزایش دما در این تراز و تراز سطح دریا شده است، به گونه‌ای که علاوه بر وجود تاوایی منفی (شکل ۱۲)، در محدوده مورد مطالعه میزان دما ۲۷۲ درجه کلون در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ۳۲۲ درجه کلون در تراز سطح زمین (شکل ۱۰) شده است. از دیگر پدیده‌های همدید در این الگوها وجود رودباد جنب حاره‌ای (شکل ۱۱) در تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال است که تا روی

دریای خزر کشیده شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به شاخص موج گرمایی بالدی تیرماه ۱۳۸۹، یکی از مهمترین امواج گرمایی از نظر تداوم است. منطقه مورد بررسی از جمله مناطق دریافت حداکثر انرژی تابشی (دامنه‌های زاگرس) در فصل تابستان و محل شکل‌گیری کم‌فشار حرارتی در سطح زمین است. تحلیل‌های همدید الگوهای ایجادکننده این موج گرمایی، بیانگر انطباق شرایط مساعد شکل‌گیری آن در ترازهای سطح دریا، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰ هکتوپاسکال است. این الگوها شامل سامانه‌های کم‌فشار حرارتی خلیج فارس و گنگ همراه با رطوبت، ایجاد سیستم مانع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی، گسترش پرفشار پویسی آזור، ایجاد تاوایی منفی و استقرار رودباد جنب حاره‌ای تا ساحل خزر هستند. با استیلای این شرایط در منطقه موج گرمایی نسبتاً قوی در گستره غرب و جنوب غربی ایران ایجاد می‌شود. تیرماه با دمای ۲۹ درجه سانتیگراد گرمترین ماه سال در ایران است (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۷۹). این گرما با توجه به رژیم بارشی ایران که تابستان خشک‌ترین فصل آن را شامل می‌شود، تأثیرات شگرف و همه‌جانبه‌ای بر منابع آب، نیاز آبی محصولات کشاورزی، مصرف انرژی برق برای ایجاد سرمایش و شاخص‌های اقلیمی مؤثر بر آسایش انسان دارد. افزایش تبخیر و تعرق، نیاز آبی و ایجاد تنش‌های آبی در گیاهان به‌ویژه (دوره خشکسالی همانند نمونه مورد بررسی)، افزایش مصرف برق و استهلاك شبکه انتقال آن و کاهش تولید برق آبی و از همه مهمتر تهدید سلامتی انسان و کاهش شرایط آسایش اقلیمی از جمله تبعات آن هستند.

- Fatemeh Shahriar (2015), **Estimating the Occurrence Probability of Heat Wave Periods Using The Markov Chain Model**, Journal of Sustainable Development, Vol.8, No. @, 2015.
- Marina Baldi, Giovanni Dalu, Giampiero Maracchi, Massimiliano Pasqui and Francesco Cesarone (2004) **Heat Wave in The Mediterranean Region Analysis and Model Results**, institute of biometeorology –CNR. ROM. ITALY No, 10.
- Colacino, m (1995) **Heat wave in the Central Mediterranean** A Synoptic Climatology instituted di fisica dell' Atmospheric fear (CNR) Roma. Italy. vol. 18c. 3
- Diaz, Julio, **Cristina, Linares and Aurelio, Toby's** (2006) **A Critical comment on heat Wave response plans**. European Journal of publication health vole, 16 no. 6, 600
- E. McKechnie, Andrew and Blair O. Wolf (2009); **Climate change increases the likelihood of catastrophic avian mortality events during extreme heat waves**, Biol. Lett. Published online doi: 10.1098/rsbl.2009.0702
- Fujibe, Fumiaki (2004) **Long-Term Changes of temperature extremes and day-to-day variability in Japan**, papers meteorology and geophysics vol. 58, 63-72
- Koppe, **Christina, Sari Kovats, Gerd Jendritzky and Bettina Mennen** (2004) **Health and Global Environmental Change**, publication, WHO, Regional office for Europe scherfigsvej 8 ,DK 2004 Copenhagen, Denmark's 6.
- Kozlowski, Daniel R (2007); **An Analysis and Summary of the July 2006 Record-Breaking Heat Wave Across the State of California**, Western Region Technical Attachment, No. 07-05.
- Maxwel, Brandt I (2007); **Analysis of the 22-23 July 2006 Extreme Heat In San Diego County**, Western Region Technical Attachment, No. 07-04, 61-72.
- Tamrazian, Arbi LaDochy, Steve Willis, Josh Patzert, William C, (2008); **Heat Waves in**
- منابع
 مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۸۳). بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته. *مجله جغرافیا و توسعه*، صص ۸۹-۱۰۶.
- مسعودیان س، (۱۳۹۰). *آب و هوای ایران*، انتشارات شریعه توس، چاپ اول.
- یارنال، برنت (۱۳۸۵). *اقلیم‌شناسی همدید با کاربرد در مطالعات محیطی*، مترجم سید ابوالفضل مسعودیان، انتشارات دانشگاه اصفهان، سال ۱۳۸۵ صص ۲۲.
- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۰). *شناسایی و طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج ابرگرم تابستان ۱۳۸۹ ایران*، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول شماره سوم، ۸۵-۱۰۰.
- یزدانپناه، حجت‌الله و تیمور علیزاده (۱۳۹۰). برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره مارکف، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۰۲، ۱۷۳۲۲-۱۷۳۰۰.
- Auroop R. Ganguly; Karsten Steinhäuser; David J. Erickson; Marcia Branstetter; Esther S. Parish; Nagendra Singh; John B. Drake; Lawrence Buja. (2009); **Higher trends but larger uncertainty and geographic variability in 21st century temperature and heat waves**, PNAS, vol. 106, no. 37, 15555–15559.
- Argaud L1, Ferry T, Le QH, Marfisi A, Ciorba D, Achache P, Ducluzeau R, Robert D. (2007), **Short - and Long-term Outcomes of Heatstroke Following the 2003 Heat Wave in Lyon, France**, Arch Intern Med. 2007; 167(20): 2177-2183.
- Farnood Feridoni, Hooshmand Attai and

change and the effects of temperature extremes on Australian flying-foxes, Proceeding of The Royal Society, Proc. R. Soc. B 2008 275, 419-425.

Southern California: Are They Becoming More Frequent and Longer Lasting, APCG YEARBOOK. Volume 70. 2008.

Justin A Welbergen, Stefan M Klose, Nicola Markus and Peggy Eby, (2007); **Climate**