

تحلیلی از مخاطره اقلیمی امواج ابر گرم سال ۱۳۸۹ استان خوزستان

یوسف قویدل رحیمی^۱

چکیده

در این پژوهش با بررسی و تحلیل داده‌های دمای بیشینه روزانه ۱۳ ایستگاه استان خوزستان از روز اول خرداد تا ۳۱ شهریور ۱۳۸۹ با استفاده از روش خوشه‌بندی وارد ایستگاه‌ها به چهار خوشه طبقه‌بندی گردید. نتایج خوشه‌بندی نشان داد که ایستگاه‌های آبادان و بستان گرم‌ترین ایستگاه‌های خوزستان هستند و ایده به نسبت دیگر ایستگاه‌ها گرماهای ضعیف‌تری دارد. همچنین بر اساس داده‌های متوسط دمای بیشینه ایستگاه‌های استان خوزستان، معیاری برای تعیین و جداسازی دماهای ابر گرم ارایه شده، که همان عدد آستانه ۴۷/۱۷ درجه سلسیوس است. استمرار زمانی بیش از یک روز دماهای ابر گرم امواج ابر گرم را به‌وجود آورده‌اند. در بازه زمانی مورد مطالعه ۵ موج گرمایی در استان خوزستان شناسایی گردید. برای تحلیل سینوپتیک گرم‌ترین آن‌ها از میان ۵ ابر موج که یک موج ابر گرم ۴ روزه به وقوع پیوسته از روز ۱۴ تا ۱۷ تیرماه بود، برای مطالعه انتخاب گردید.

نتایج تحلیل سینوپتیک موج ابر گرم یاد شده نشان داد که استقرار یک کم‌فشار در سطح زمین و استیلای پرفشار در سطوح میانی تا ۵۰۰ هکت و پاسکال و همچنین افزایش شدید ضخامت جو بر روی استان خوزستان که موجب فرونشینی هوای گرم و گرمایش بیش از حد سطح زمین می‌شود، عوامل دینامیک- سینوپتیک وقوع روزهای ابر گرم هستند. تحلیل نقشه‌های وزش دمای جو نشان داد که منشأ ورود گرما به ایران و خوزستان، فرارفت و انتقال هوای سوزان و خشک آفریقا، شبه‌جزیره عربستان و عراق است که بانی و باعث وقوع امواج ابر گرم ۱۴ تا ۱۷ تیرماه سال ۱۳۸۹ در بخش وسیعی از ایران بویژه خوزستان بوده است.

واژگان کلیدی: دماهای ابر گرم، موج ابر گرم، تحلیل سینوپتیک، استان خوزستان.

مقدمه

دماهای فرین در زیست‌اقلیم‌شناسی و بوم‌اقلیم‌شناسی اهمیت زیادی دارند، زیرا آستانه تحمل موجودات زنده کره زمین در برابر دماهای حداقل و حداکثر محدودیت‌هایی دارد که عبور دما از آن آستانه‌ها موجودات یاد شده به‌ویژه انسان را دچار مشکل و اختلال زیستی می‌کند. در سال‌های اخیر بر اثر گرمایش گلخانه‌ای دمای سیاره زمین به‌ویژه در نیمکره شمالی دستخوش تغییر شده و دما روندی صعودی را طی کرده که روند مذکور در دوره گرم سال به‌واسطه وقوع مخاطرات اقلیمی مضرى چون امواج گرمایی، ملموس‌تر شده و اهمیت بیش‌تری دارد. امواج گرمایی از مخاطرات اقلیمی بسیار مضر بوده و می‌تواند در یک بازه زمانی کوتاه مدت مرگ و میر فراوانی به‌وجود آورد (مک فارلن و والر، ۱۹۷۶: ۲۳۵). در عصر حاضر امواج گرمایی از تظاهرات اصلی تغییر اقلیم در نیمکره شمالی محسوب شده و از لحاظ فراوانی وقوع و صدمات جانی و مالی به‌بار آمده بسیار حایز اهمیت هستند (بالوک و همکاران، ۲۰۰۹: ۴). تنها در حد فاصل سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱ خسارات ناشی از امواج گرمایی در دنیا معادل ۵/۴۵ میلیارد دلار برآورد شده است (بریانت، ۲۰۰۵: ۷). تعاریف متعددی برای امواج گرمایی ارائه شده که به ۲ مورد از مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود:

۱- تعریف پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی: اگر دمای حداکثر روزانه هوا در یک یا چند روز ۵ درجه سلسیوس یا بیش‌تر از متوسط دوره نرمال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ باشد، موج گرمایی به وقوع پیوسته است (گلیکمن، ۲۰۰۰: ۴۸).

۲- گرمایش شدید هوا یا حاکمیت و تهاجم هوای بسیار گرم در ناحیه‌ای وسیع را موج گرما می‌گویند (کوتولیاکف و کومارووا، ۲۰۰۷: ۳۲۷).

از نظر آماری امواج گرمایی به نوسانات مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دمای حداکثر روزانه اطلاق می‌شود که در طی روزهای متوالی (که ممکن است هفته‌ها و حتی به‌ندرت ماه‌ها تداوم یابد) در فضاهای جغرافیایی خاصی استمرار زمانی دارند. با توجه به تعاریف موجود، دو بعد فضایی و زمانی در وقوع یا عدم وقوع موج گرما اهمیت یافته‌اند. یعنی دمای بالای ۲۷ درجه در انگلستان آستانه موج گرمایی محسوب می‌شود، اما در ایران این آستانه

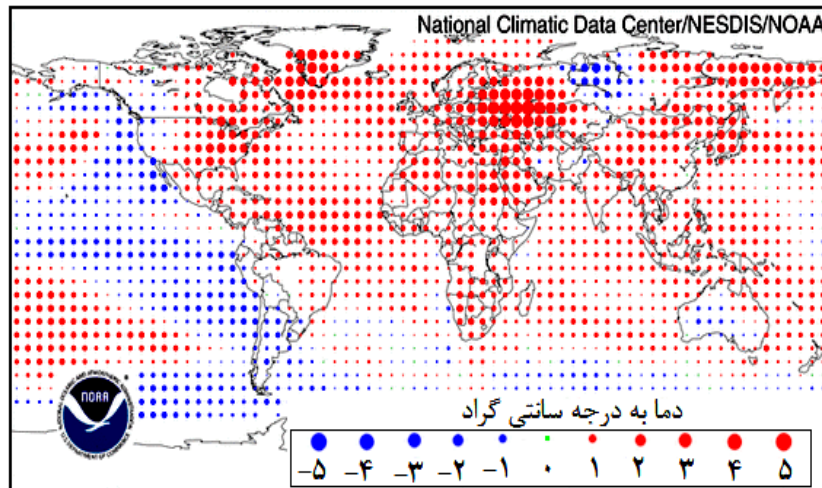
بسی بیش‌تر است (بعد فضایی) و این که هر دمای بالای آستانه به‌صورت منفرد و یک روزه موج گرما نیست؛ بلکه موج گرما بایستی ۲ روز یا بیش‌تر استمرار زمانی داشته باشد (بعد زمانی). در طبقه‌بندی مخاطرات محیطی موج گرما در زیرگروه مخاطرات ناشی از دماهای فرین قرار دارد (اسمیت و پتل لئی، ۲۰۰۹: ۱۶).

موج گرما که در منابع مختلف از افزایش فراوانی وقوع آن در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از تظاهرات ناشی از تغییر اقلیم در قالب فرین‌های آب و هوایی یاد شده است (ماتیوس و همکاران، ۲۰۰۸: ۱) می‌تواند افزایش مرگ افراد بر اثر عوارض قلبی را در پی داشته باشد. مثلاً در سال ۲۰۰۳ در پاریس و سایر نقاط فرانسه ۱۱ هزار نفر و در انگلیس ۲ هزار نفر به دلیل موج گرما جان خود را از دست داده‌اند که بسیاری از این موارد مرگ‌های آنی مرتبط با شرایط قلبی و نه سکتة قلبی بوده‌اند (دینائوت و همکاران، ۲۰۰۴: ص ۲). مطالعات نشان می‌دهد که تنها بر اثر موج گرمای اروپا در سال ۲۰۰۳ حدود ۵۲ هزار نفر جان خود را از دست داده‌اند (باتتا، ۲۰۰۷: ۹۹). اکثر مطالعات انجام شده روی امواج گرمایی بر مسأله مرگ و میر و بهداشت تمرکز دارند. در این زمینه مطالعات جالب و نمونه مثل کارهای: هایونگ و همکاران (۲۰۱۰: ص ۲۴۱۸) در زمینه اثرات موج گرمایی تابستان ۲۰۰۳ بر مرگ و میر در شانگهای چین، مطالعه خلیج و همکاران (۲۰۱۰: ۸۳۳) در رابطه با اثرات بهداشتی موج گرما پژوهش کیسلی و همکاران (۲۰۱۰: ۱۴۸۴) در خصوص امراض و مرگ و میرهای ناشی از امواج گرمایی در کره جنوبی که با استفاده از روش طبقه‌بندی برونسوی توده‌های هوایی انجام گرفته، قابل ذکر است. اما تلفات ناشی از گرما تنها به انسان‌ها محدود نشده بلکه در طول موج‌های مختلف گرمایی، مرگ‌های دسته جمعی در میان پرندگان وحشی و بعضی از پستانداران نیز رخ می‌دهد. این در حالی است که برخلاف انسان‌ها، پرندگان نمی‌توانند پناهگاه یا آب شیرین پیدا کنند تا از گرمای ویرانگر جان سالم به در برند. در زمان هجوم امواج گرما، افزایشی معادل ۲ درجه‌ای دمای هوا، میزان از دست دادن آب در یک پرنده کوچک را دو برابر می‌کند و اثر مهمی بر طول عمرش به‌جا می‌گذارد. هم‌اینک مرگ و میر پرندگان در استرالیا و هند بر اثر گرما، احتمال از بین رفتن برخی گونه‌ها در بعضی از مناطق

و در طی دهه‌های متوالی را مطرح نموده است. اثرات طولانی مدت این مرگ و میرهای مذکور بر گروه‌های دیگر جانوری و نیز گیاهان هنوز شناخته نشده‌اند.^۲

مطالعه شرایط سینوپتیک موجد موج گرمای شدید آرژانتین در مارس سال ۱۹۸۰، بیانگر وجود گردش واچرخندی در سطوح مختلف تروپوسفر بوده و به دلیل وجود جو پایدار در جنوب در روی بوینس آیرس موج گرما از شدت بیش‌تری برخوردار بوده است (کامپتلا و روستی کیوسی، ۱۹۹۸: ۲۱۷). سلیوچی و همکاران (۲۰۰۶: ۲۰۰۹) ابعاد سینوپتیک و ترمودینامیک موج گرمایی سال ۲۰۰۳ در ناحیه جنب حاره‌ای آمریکای جنوبی را مورد تحلیل قرار داده و وجود جوی پایدار (باروتروپیک) و وزش دما و رطوبت را عامل ایجاد و تشدید موج گرمایی دانسته‌اند. چن و کنراد (۲۰۰۶: ۶۷۴) در بیان علل سینوپتیک امواج گرمایی کارولینای شمالی استقرار پرفشار برمودا و وزش هوای گرم و مرطوب اقیانوس اطلس و وجود یک پشته فرونشستی در جریان‌ات بالای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و گرمایش آدیاباتیک سطوح میانی تروپوسفر را عوامل اصلی وقوع امواج گرمایی کارولینای شمالی ذکر کرده‌اند. آنکاشویچ و توشیچ (۲۰۰۹: ۱۷) با استفاده از روش‌های زمین آماری امواج گرمایی صربستان را مورد تحلیل قرار داده و امواج گرمای تابستان ۱۹۵۲ را که ۱۶ روز در شهر سمودروسکا و ۲۱ روز در شهر نیش تداوم داشته و همچنین موج گرمای ۱۸ روزه سال ۱۹۹۴ در بلغراد را طولانی‌ترین امواج گرمایی صربستان شناخته‌اند. موج گرمای شدید سال ۲۰۰۷ یونان مورد بررسی قرار گرفته و ثابت شده است که وجود یک پشته بلوکه شده بر روی آتن و جو باروتروپیک موجب عدم تحرک آلاینده‌های هوا شده و هوای گرم و آلوده موجب ایجاد شرایط اقلیمی بسیار ناسالمی در شهر آتن شده است (تتوهاراتوس و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۵۲). مطالعات انجام گرفته نشان داده که موج گرمای شدید سال ۲۰۰۳ اروپا بر اثر افزایش دمای سطح آب دریای مدیترانه، دریای شمال و در بخش‌های شمالی حوالی دایره قطبی رخ داده و عامل استمرار زمانی موج گرما وقوع بلوکی‌نگ در بخش‌های سطحی، میانی و بالای تروپوسفر بوده است (فئودال و شوکلا، ۲۰۱۱: ۱).

با توجه به موقع جغرافیایی و جمعیت زیاد، ایران از ممالک درگیر با مخاطره زیست‌اقلیمی موج گرما بوده و همه ساله تلفات مالی و جانی فراوانی از این رهگذر بر کشور تحمیل می‌شود. تحقیقات ناسا نشان داده که ایران نیز جزو کشورهایی است که دمای گرم‌ترین ماه‌های آن یعنی ژوئن تا اوت (خرداد تا شهریور) بین ۲ تا ۴ درجه نسبت به دوره پایه ۳۰ ساله ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ میلادی افزایش یافته است (شکل ۱).



شکل (۱) متوسط دمای ماه ژوئن تا اوت (خرداد تا شهریور) کره زمین در سال ۲۰۱۰ نسبت به وضعیت دوره پایه ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰

با وجود تأثیر شدید و مخرب امواج گرمایی در ایران، مخاطره اقلیمی مذکور چندان که باید مطالعه مورد قرار نگرفته است. یکی از محدود موارد مطالعاتی که با دیدگاهی کمی امواج گرمایی را مورد بررسی قرار داده، مربوط به کار حدادی (۱۳۸۸) است که در آن فقط به ویژگی‌های زمانی- مکانی وقوع امواج گرمایی در ایران پرداخته شده و ابعاد سینوپتیک و اقلیم‌شناختی مخاطره موج گرما مورد توجه قرار نگرفته است. تقوی در مطالعه‌ای آماری رویدادهای فرین اقلیمی مثل خشکسالی یا دماهای فرین که امواج گرمایی را نیز شامل می‌شود، مورد تحلیل قرار داده و افزایش فراوانی رویدادهای فرین اقلیمی مانند خشکسالی و طولانی شدن امواج گرم در اکثر نواحی اقلیمی ایران را به عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم مورد تأیید

قرار داده است (تقوی، ۲۰۱۰: ۳۳). قویدل رحیمی (۱۳۹۰: ۸۵) با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای دماهای فرین را به سه دسته دماهای فرین گرم، دماهای گرم شدید و دماهای آبر گرم^۳ تقسیم و نمونه‌هایی از دماهای آبر گرم ایران را مورد بررسی قرار داده است. در مطالعه یاد شده وزش هوای گرم و خشک از آفریقا و عراق عامل وقوع دماهای آبر گرم ایران شناخته شده است.

دوره گرما در استان خوزستان نسبت به سایر نقاط ایران زودتر شروع شده و دیرتر پایان می‌پذیرد و از این رو دوره گرما در استان خوزستان به‌عنوان نه تنها گرم‌ترین استان ایران بلکه به‌عنوان یکی از گرم‌ترین نقاط دنیا استمرار زمانی بیش‌تری دارد. دوره گرما در سال ۱۳۸۹ اندکی زودتر از سال‌های گذشته شروع شد و دماهای حداکثر ثبت شده نیز به مقادیر حداکثر ثبت شده در ۶۰ سال اخیر در خوزستان نزدیک بوده و حتی بعضاً رکوردهای جدیدی نیز به ثبت رسانید. با توجه به اهمیت دماهای فرین حداکثر در حیات و ممات موجودات زنده به‌ویژه انسان‌ها در استانی که از مهدهای اولیه تمدن بشری در بین‌النهرین محسوب می‌شود، این مطالعه سعی دارد، ضمن تحلیل کمی امواج گرمایی به‌وقوع پیوسته در تابستان ۱۳۸۹ و طبقه‌بندی استان خوزستان از لحاظ شدت امواج گرمایی، علل و زمینه‌های سینوپتیک وقوع امواج گرمایی را نیز شناسایی و تشریح کند.

مواد و روش‌ها

استان خوزستان به‌طور تقریبی بین ۳۰ تا ۳۳ درجه عرض جغرافیایی شمالی و ۴۷ تا ۵۰ درجه طول جغرافیایی شرقی واقع شده است. در شکل ۲ پراکنش فضایی و در جدول ۱ ویژگی‌های جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح استان خوزستان نشان داده شده است.



شکل (۲) موقع جغرافیایی استان خوزستان در ایران و پراکنش فضایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول (۱) ویژگی‌های جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی شمالی	طول جغرافیایی شرقی	ارتفاع از سطح دریا به متر
۱	امیدیه	۳۰ درجه و ۴۶ دقیقه	۴۹ درجه و ۴۰ دقیقه	۲۷
۲	اهواز	۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه	۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه	۲۲/۵
۳	ایذه	۳۱ درجه و ۵۱ دقیقه	۴۹ درجه و ۵۲ دقیقه	۷۶۷
۴	آبادان	۳۰ درجه و ۲۲ دقیقه	۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه	۶/۶
۵	بستان	۳۱ درجه و ۴۳ دقیقه	۴۸ درجه	۷/۸
۶	حسینیه	۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه	۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه	۳۴۵
۷	صفی آباد	۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه	۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه	۸۲/۹
۸	بندر ماهشهر	۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه	۴۹ درجه و ۰۹ دقیقه	۶/۲
۹	بهبهان	۳۰ درجه و ۳۶ دقیقه	۵۰ درجه و ۱۴ دقیقه	۳۱۳
۱۰	رامهرمز	۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه	۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه	۱۵۰/۵
۱۱	شوشتر	۳۲ درجه و ۰۳ دقیقه	۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه	۶۷
۱۲	مسجد سلیمان	۳۱ درجه و ۵۶ دقیقه	۴۹ درجه و ۱۷ دقیقه	۳۲۰/۵
۱۳	هندیجان	۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه	۴۹ درجه و ۴۴ دقیقه	۳

با توجه به جدول ۱ ایستگاه‌بندی هندیجان با ارتفاع ۳ متر به همراه ایستگاه‌های بندر ماهشهر، آبادان و بستان پست‌ترین ایستگاه‌ها و ایستگاه ایذه با ۷۶۷ متر ارتفاع و پس از آن مسجدسلیمان و بهبهان مرتفع‌ترین ایستگاه‌های خوزستان هستند.

داده‌های دمای حداکثر روزانه ۱۳ ایستگاه سینوپتیک استان خوزستان شامل ایستگاه‌های اهواز، آبادان، بستان، رامهرمز، ایذه، صفی آباد دزفول، حسینیه اندیمشک، هندیجان، بندر ماهشهر، شوشتر، مسجد سلیمان، امیدیه و بهبهان در بازه زمانی ۱۲۴ روزه از ۱ خرداد ۱۳۸۹ تا ۳۱ شهریور ۱۳۸۹ برای مطالعه انتخاب گردید.

داده‌های جوی مربوط به ارتفاع ژئوپتانسیل، باد مداری، باد نصف‌النهاری و دما در ترازهای زیرین تا سطح میانی ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح دریا (اخذ شده از سایت مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی در ناسا) برای تحلیل‌های سینوپتیک در بازه زمانی متناظر با داده‌های ایستگاهی (برگرفته از سایت سازمان هواشناسی کشور) که همان ۱۲۴ روز از ۱ خرداد تا ۳۱ شهریور ۱۳۸۹ است، در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

به‌منظور طبقه‌بندی وضعیت ایستگاه‌ها از نظر دماهای حداکثر به ثبت رسیده در ۱۲۴ روز مورد مطالعه، انواع روش‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی مورد آزمون قرار داده شد که با توجه به نتایج به‌دست آمده و همگنی خوشه‌ها، نتایج حاصل از روش خوشه‌بندی وارد با مجذور فاصله اقلیدسی بهترین روش تشخیص داده شد و نتایج آن مورد استفاده قرار گرفت. روش تحقیق سینوپتیک مورد استفاده در این مطالعه، روش محیطی به گردش می‌باشد. به این ترتیب که ابتدا با استفاده از داده‌های دمای حداکثر ثبت شده در ایستگاه‌های زمینی امواج گرمایی را مشخص کرده، ایستگاه‌ها را طبقه‌بندی و سپس در زمان‌های مشخص شده برای روزهای اوج گرما که بر اساس میانگین کل ایستگاه‌ها مورد محاسبه قرار گرفته، اقدام به ترسیم نقشه‌های سینوپتیک ترازهای مختلف شده و علل و عوامل سینوپتیک آشکارسازی گردید.

در این پژوهش برای تشخیص روزهای اَبَر گرم که توالی وقوع آن‌ها امواج اَبَر گرم را به وجود می‌آورند از مشخصات گرایش به مرکز و پراکندگی داده‌ها به‌شرح رابطه زیر استفاده شده است:

$$D_{SH} = \overline{T_{Max}} + \sigma_{T_{Max}}$$

در معادله فوق: D_{SH} عبارت از روز آبر گرم، $\overline{T_{Max}}$ میانگین دماهای حداکثر کل ایستگاه‌های مورد مطالعه (دوره ۱۲۴ روزه) و $\sigma_{T_{Max}}$ انحراف معیار بلندمدت (دوره ۱۲۴ روزه) داده‌های دمای حداکثر کل ایستگاه‌های استان خوزستان هستند.

نتایج و یافته‌ها

داده‌های حداکثر دمای ثبت شده روزانه ایستگاه‌های استان خوزستان مورد پردازش آماری قرار داده شد و ویژگی‌های آمار توصیفی آن به شرح جدول ۱ استخراج گردید.

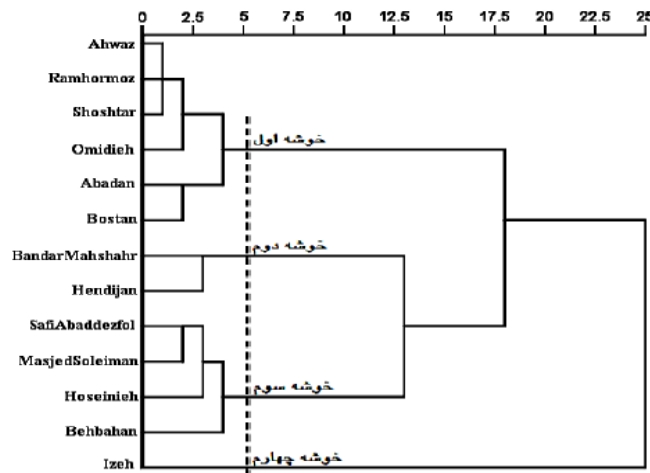
جدول (۲) ویژگی‌های آمار توصیفی داده‌های دمای حداکثر روزانه از ۱ خرداد تا ۳۱ شهریور ۱۳۸۹

فراسنج	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر	کمینه	بیشینه	دامنه	چولگی
امیدیه	۴۵/۷۷	۲/۳۴	۵/۱۱	۴۰	۵۰	۱۰	-۰/۳۸
اهواز	۴۵/۸۷	۲/۳۳	۵/۱	۳۹	۵۱	۱۲	-۰/۵۲
ایذه	۴۱/۳۳	۲/۳۸	۵/۷۶	۳۶	۴۷	۱۱	-۰/۲۱
آبادان	۴۶/۵	۲/۶۱	۵/۶۲	۳۹	۵۲	۱۳	-۰/۴۵
بستان	۴۶/۲۳	۲/۵۴	۵/۴۹	۳۹	۵۱	۱۲	-۰/۷۲
حسینیه	۴۴/۱	۲/۷۵	۶/۲۵	۳۶	۴۹	۱۳	-۰/۵۲
صفی آباد	۴۴/۹۸	۲/۶۵	۵/۹۱	۳۸	۵۱	۱۳	-۰/۳۲
بندرماهشهر	۴۳/۸۶	۳/۰۲	۶/۹۱	۳۸	۵۰	۱۲	۰/۰۵
بهبهان	۴۴/۴	۲/۳۲	۵/۲۳	۳۸	۴۹	۱۱	-۰/۳۳
رامهرمز	۴۵/۵	۲/۲۷	۴/۹۹	۳۹	۵۰	۱۱	-۰/۴۴
شوشتر	۴۵/۸۲	۲/۵۴	۵/۵۵	۳۹	۵۱	۱۲	-۰/۶۳
مسجد سلیمان	۴۴/۹	۲/۴۷	۵/۵۱	۳۸	۵۱	۱۳	۰-/۴۶
هندیجان	۴۴/۳۴	۲/۹۱	۶/۵۶	۳۸	۵۰	۱۲	-۰/۱
کل ایستگاه‌ها	۴۴/۸۹	۲/۲۴	۵	۳۸/۹۲	۴۹/۷	۱۰/۷۶	۰-/۴۵

نکته اصلی جدول ۱ میانگین ایستگاه‌ها است که بر اساس آن اول میانگین کل ایستگاه‌ها رقم بسیار بالایی را نشان می‌دهند، ثانیاً ایستگاه آبادان با متوسط دمای حداکثر

۴۶/۵ درجه سلسیوس گرم‌ترین ایستگاه خوزستان بوده و پس از آن بستان دومین ایستگاه گرم خوزستان با متوسط حداکثر دمای ۴۶/۲۳ درجه سلسیوس می‌باشد. ایستگاه‌های اهواز، شوشتر، امیدیه و رامهرمز دیگر ایستگاه‌های گرم خوزستان هستند. در بین ایستگاه‌های مذکور ایستگاه کوهستانی ایذه با متوسط دمای حداکثر معادل با ۴۱/۳۳ درجه سلسیوس، پایین‌ترین میانگین دماهای حداکثر را در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه دارد. بالاترین ضریب تغییرات دماهای حداکثر مربوط به ایستگاه‌های بندری ماهشهر و هندیجان و کم‌ترین مقدار متعلق به ایستگاه رامهرمز هستند. شدیدترین گرمای خوزستان با دمای حداکثر برابر با ۵۲ درجه سلسیوس در ایستگاه آبادان در روز ۲۴ تیر ماه ۱۳۸۹ به ثبت رسیده است. دمای حداکثر ۵۱ درجه سلسیوس نیز در ایستگاه‌هایی مثل اهواز، بستان، صفی‌آباد دزفول، شوشتر و مسجدسلیمان قابل مشاهده هستند که اغلب در گرم‌ترین روز سال ۱۳۸۹ که همان روز ۲۴ تیر ماه ۱۳۸۹ است به ثبت رسیده‌اند.

با استفاده از داده‌های حداکثر دمای ۱۲۴ روزه ایستگاه‌ها و روش تحلیل خوشه‌بندی ادغام وارد با مجذور فاصله اقلیدسی، ایستگاه‌ها با یک برش ۴ خوشه‌ای از نظر شدت گرما طبقه‌بندی گردید. درخت خوشه‌بندی مذکور در شکل ۳ نشان داده شده است.

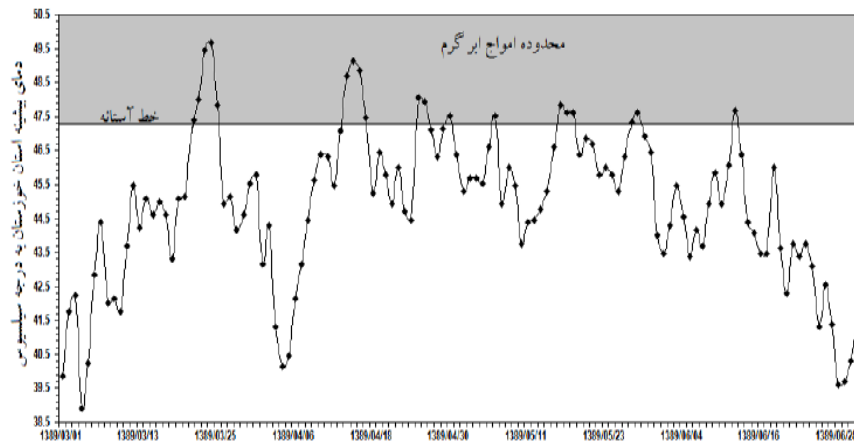


شکل (۳) درخت خوشه‌بندی وارد با برش ۴ خوشه‌ای برای طبقه‌بندی ایستگاه‌ها از نظر شدت گرما

طبقه‌بندی خوشه‌ها بر اساس شدت گرما بوده و از خوشه اول به سمت خوشه چهارم از شدت گرمای هوا کاسته می‌شود. خوشه اول شامل ایستگاه‌هایی است که بالاترین دماهای حداکثر در طول دوره ۱۲۴ روزه در آن‌ها به ثبت رسیده است. خوشه دوم ایستگاه‌های بندری ماهشهر و هندیجان هستند که در ایستگاه‌های مذکور علاوه بر دمای بالا به علت نزدیکی به دریا رطوبت هوا نیز بالا بوده و در نتیجه هوای بسیار گرم و مرطوب یا شرجی دارند. خوشه سوم ایستگاه‌های نسبتاً مرتفع صفی‌آباد دزفول، مسجد سلیمان، حسینیه اندیمشک و بهبهان را شامل می‌شود که به دلیل عامل ارتفاع شدت گرما در آن‌ها نسبت به سایر ایستگاه‌های خوزستان کم‌تر است. خوشه چهارم یک خوشه تک‌عضوی به اسم ایذه است که در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه مرتفع‌ترین ایستگاه بوده و در نتیجه شدت گرما در ایستگاه مذکور به نسبت سایر ایستگاه‌ها کم‌تر می‌باشد.

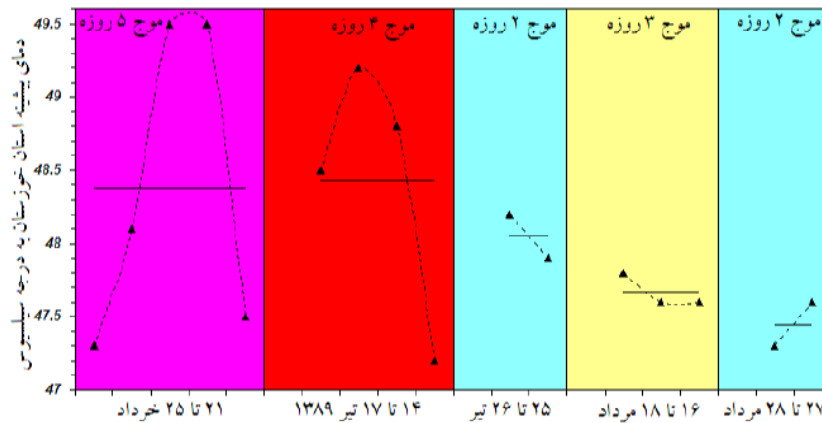
برای محاسبه و تعیین روزهای آبر گرم از معادله ۱ استفاده شده است که بر اساس آن روز آبر گرم به روزهایی که حاصل جمع میانگین بلندمدت (میانگین ۱۲۴ روزه) کل ایستگاه‌ها با انحراف معیار بلندمدت (میانگین ۱۲۴ روزه) کل ایستگاه‌ها اطلاق می‌شود. با توجه به میانگین ۱۲۴ روزه $44/89$ و انحراف معیار $2/24$ درجه سلسیوسی کل ایستگاه‌ها به عنوان شاخص استان خوزستان، عدد آستانه $47/13$ درجه $(2/24 + 44/89)$ به عنوان مرز تفکیک روزهای آبر گرم شناخته شد که غیر از ایستگاه ایذه کل استان را در بر می‌گیرد.

در شکل ۴ سری زمانی دمای حداکثر میانگین کل ایستگاه‌ها به عنوان شاخص استان خوزستان به همراه خط آستانه $47/13$ درجه سلسیوس که مساوی و بالاتر از آن محدوده روزهای آبر گرم را مشخص می‌کند، نشان داده شده است.



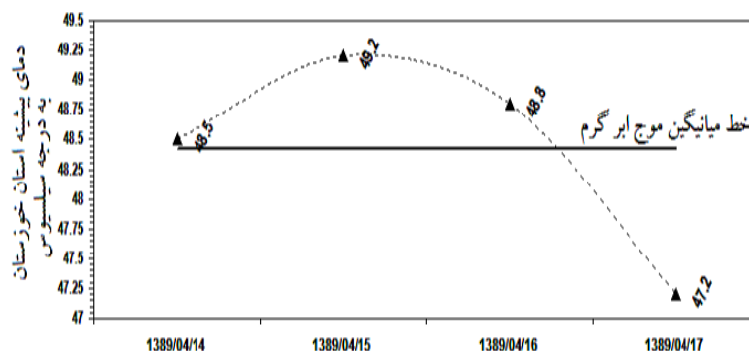
شکل (۴) سری زمانی متوسط دمای حداکثر ایستگاه‌های خوزستان از ۱ خرداد تا ۳۱ شهریور ۱۳۸۹

بر اساس عدد آستانه ۴۷/۱۳ درجه سلسیوس فراوانی روزهای برابر یا بیش‌تر از آستانه مذکور به ۱۹ روز می‌رسد. بنا به تعریف موج گرما به استمرار بیش از ۲ روز دمای حداکثر حداقل ۴۷/۱۳ درجه سلسیوس اطلاق خواهد شد. بر این اساس امواج آبر گرم خوزستان (به استثنای ایستگاه ایذه) در سال ۱۳۸۹ شناسایی شدند (شکل ۵).



شکل (۵) امواج آبر گرم تفکیک شده از سری دماهای حداکثر استان خوزستان در سال ۱۳۸۹. خط مستقیم میانگین موج است

تعداد این امواج آب گرم ۵ موج است که از ۵ موج مذکور یک موج آب گرم ۵ روزه از ۲۱ خرداد تا ۲۵ خرداد که متوسط دماهای حداکثر خوزستان در موج آب گرم مذکور به رقم ۴۸/۳۸ درجه سلسیوس رسیده است. شدیدترین روزهای امواج آب گرم خوزستان در سال ۱۳۸۹ با دمای ۴۹/۵ درجه سلسیوس در دو روز ۲۳ و ۲۴ خرداد در داخل موج مذکور به وقوع پیوسته اند. موج آب گرم دوم که از نظر شدت، شدیدترین موج آب گرمی خوزستان است، موجی با طول عمر ۴ روزه است که از ۱۴ تیر ماه شروع و تا ۱۷ تیر ماه استمرار یافته است (شکل ۶).

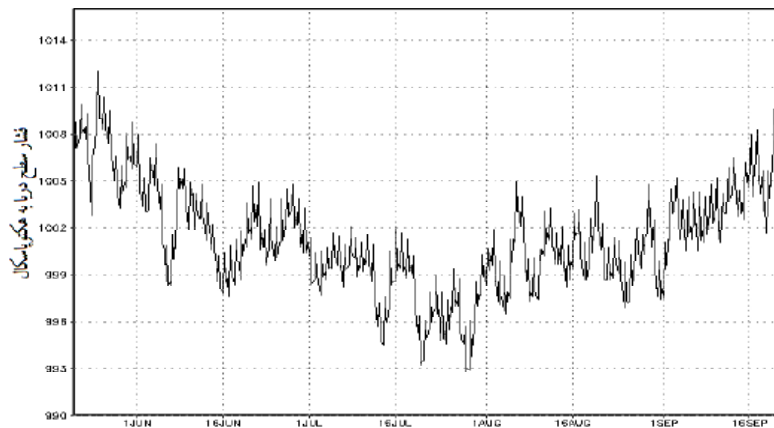


شکل (۶) شدیدترین آب موج گرمایی استان خوزستان در سال ۱۳۸۹. خط مستقیم میانگین موج است

میانگین دمای حداکثر خوزستان در موج مذکور به رقم شگفت‌انگیز ۴۸/۴۲۵ درجه سلسیوس رسیده است. شدت گرمای موج مذکور در روز ۱۵ تیر ماه ۱۳۸۹ بالغ بر ۴۹/۲ درجه سلسیوس بوده است. سومین موج آب گرم خوزستان موجی سه روزه با متوسط دمای حداکثر ۴۷/۶۶ درجه سلسیوس است که در روز ۱۶ مرداد شروع و تا روز ۱۸ مرداد استمرار یافته است. دو موج آب گرم بعدی خوزستان امواج آب گرم ۲ روزه‌ای هستند که اولی از ۲۵ تا ۲۶ تیر ماه با متوسط دمای ۴۸/۰۵ درجه و دومی از ۲۷ تا ۲۸ مرداد ۱۳۸۹ با متوسط دمای ۴۷/۴۵ درجه سلسیوس آشکارسازی شده‌اند.

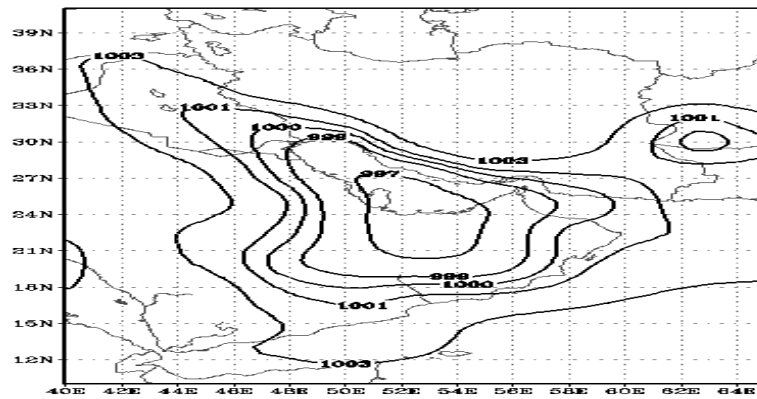
با توجه به متوسط دماهای حداکثر در موج دوم که موجی چهار روزه را شدیدترین موج آب گرمایی سال ۱۳۸۹ معرفی کرده، موج مذکور برای تحلیل سینوپتیک انتخاب گردید.

بررسی تغییرات فشار سطح دریا از شروع دوره گرما در روز ۱ خرداد تا ۳۱ شهریور ۱۳۸۹ نشان داد که الگوی غالب فشار سطح زمین، وضعیت کم‌فشار بوده است (شکل ۷).



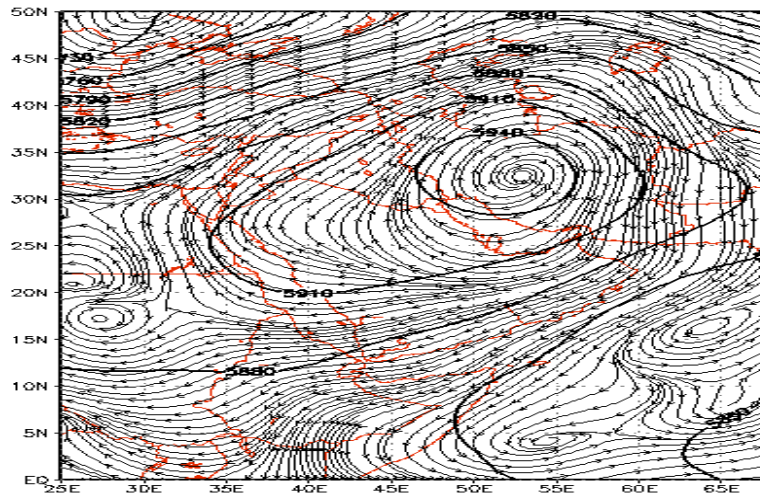
شکل (۷) نوسانات زمانی فشار سطح دریا از اول خرداد تا ۳۱ شهریور ۱۳۸۹ در محدوده خوزستان

با تشدید کاهش فشار سطح دریا، و با در نظر گرفتن زمان وقوع امواج آب‌رگرم و با تطبیق زمانی این مساله با سری زمانی فشار سطح دریا مندرج در شکل ۷، این نتیجه حاصل می‌شود که با تشدید کاهش فشار سطح دریا، بر تعداد روزهای آب‌رگرم و به تبع از آن امواج آب‌رگرم افزوده شده است. در این ارتباط همان‌گونه که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود الگوی متوسط ۴ روزه فشار سطح زمین در موج دوم آب‌رگرم (موج ۴ روزه) حاکمیت کم‌فشاری است که هسته اصلی آن با فشار مرکزی ۹۹۷ هکتوپاسکال بر روی شبه‌جزیره عربستان واقع شده و زبانه کم‌فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال آن با گسترش شمال‌غربی خود وارد خوزستان شده است.



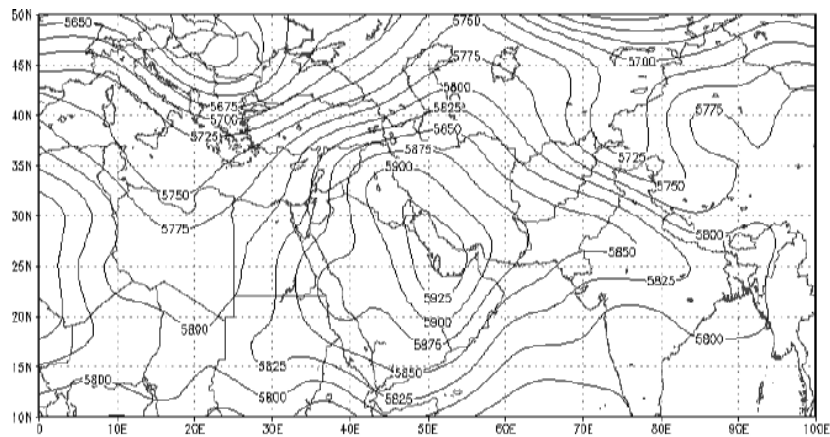
شکل (۸) الگوی متوسط فشار سطح دریا از ۱۴ تا ۱۷ تیر ماه ۱۳۸۹

در سطوح میانی جو به ویژه ترازهای ۷۰۰ تا ۵۰۰ به وضوح می توان حاکمیت پرفشار آزور را که پدیده جوی غالب تابستانی ایران و کل خاور میانه است مشاهده نمود. در شکل ۹ نقشه متوسط مربوط به جریان هوا و آرایش الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از ۱۴ تا ۱۷ تیرماه نشان داده شده است.



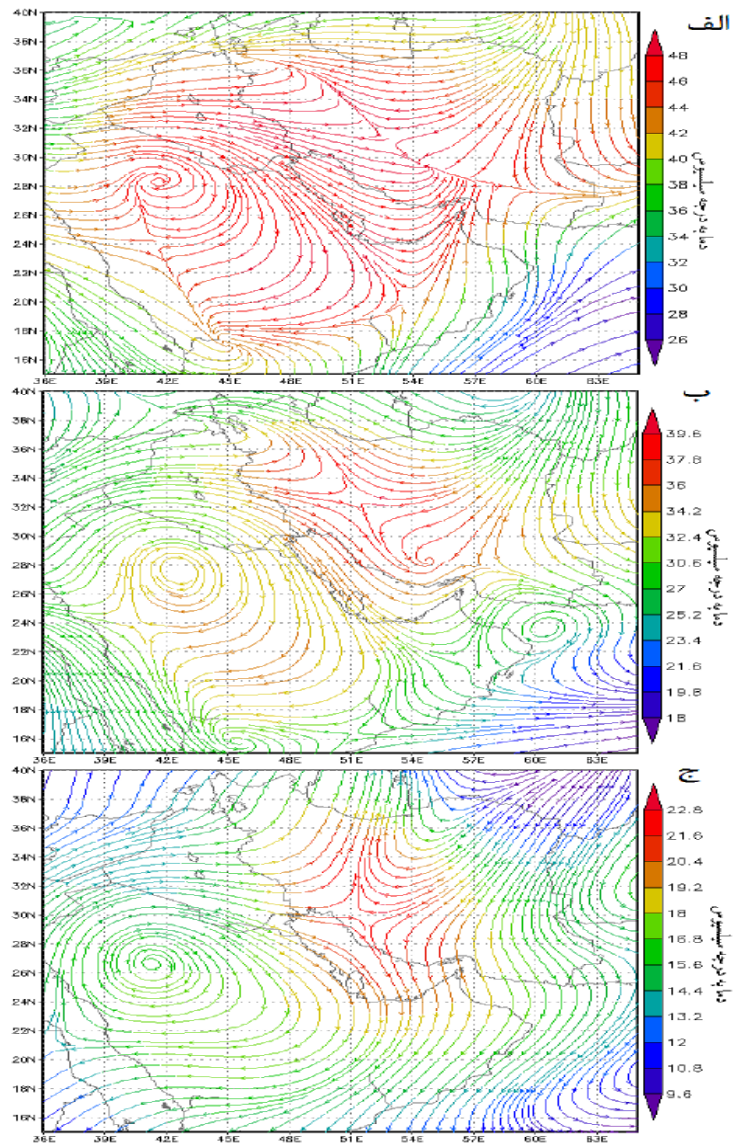
شکل (۹) جریان هوا و متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از ۱۴ تا ۱۷ تیر ماه ۱۳۸۹

همان‌گونه که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، پربند ۵۹۴۰ ژئوپتانسیل متری کاملاً بر روی خوزستان مستقر شده و این الگوی پراارتفاع جوی موجب فرونشینی هوا و گرمایش بیش از حد هوای گرم در خوزستان شده و موج آبر گرم را به‌وجود آورده است. ترسیم نقشه ضخامت جو از تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال که در شکل ۱۰ قابل مشاهده است، نشان می‌دهد که بخش‌های جنوب‌غربی و جنوبی استان خوزستان در بازه زمانی ۱۴ تا ۱۷ تیرماه ۱۳۸۹ تحت سیطره کامل پربند ۵۹۲۵ ژئوپتانسیل متری قرار داشته که پربند مذکور بر روی خلیج فارس و شرق شبه‌جزیره عربستان مستقر شده و خود نشانی دیگر از فرونشینی هوا و گرمایش بیش از حد سطح زمین می‌باشد.



شکل (۱۰) الگوی متوسط ضخامت جو از ۱۴ تا ۱۷ تیرماه ۱۳۸۹ (تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال)

بررسی وضعیت وزش دما در ترازهای مختلف نشان می‌دهد که عامل اصلی وقوع موج آبر گرم ۴ روزه ۱۴ تا ۱۷ تیرماه ۱۳۸۹ افزایش ضخامت جو و فرارفت یا وزش هوای سوزان و خشک آفریقا و عربستان به خوزستان از طریق عراق است. در شکل ۱۱ نقشه‌های وزش دمای ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال برای نمونه در ساعت ۱۲ زولو بر آبر با ۱۳/۳۰ ظهر برای ۱۵ تیر ماه ۱۳۸۹ به‌عنوان گرم‌ترین روز موج آبر گرم ترسیم و به نمایش گذاشته شده است.



شکل (۱۱) نحوه وزش و ورود هوای خشک و سوزان عربستان به ایران در ساعت ۱۲ زولوی روز ۱۵ تیر ۱۳۸۹. الف: تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، ب: تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و ج: تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش روشی برای تعیین عدد آستانه دماهای آبر گرم و تشخیص روزهای آبر گرم ارائه شده که در صورت وقوع دو یا بیش از ۲ روز پشت سرهم روزهای مذکور امواج آبر گرم را ظاهر می‌کند. این مطالعه با مبنا قرار دادن متوسط دماهای حداکثر ایستگاه‌ها به‌عنوان شاخص دمای حداکثر استان خوزستان اقدام به تعیین عدد آستانه برای وقوع روزهای توأم با دمای آبر گرم نمود که با توجه به میانگین ۱۲۴ روزه ۴۴/۸۹ درجه سلسیوس و انحراف معیار ۲/۲۴ و جمع آن‌ها به عدد آستانه ۴۷/۱۳ درجه سلسیوس رسید که با مبنا قرار دادن آن در سال ۱۳۸۹، ۱۹ روز آبر گرم تشخیص داده شد که از ۱۹ روز مذکور ۱۶ روز در قالب موج آبر گرم به منصفه ظهور رسیده‌اند. تعداد این امواج آبر گرم برابر با ۵ موج است که از ۵ موج مذکور یک موج آبر گرم ۵ روزه از ۲۱ خرداد تا ۲۵ خرداد که متوسط دماهای حداکثر خوزستان در موج آبر گرم مذکور به رقم ۴۸/۳۸ درجه سلسیوس رسیده است. شدیدترین روزهای امواج آبر گرم خوزستان در سال ۱۳۸۹ با دمای ۴۹/۵ درجه سلسیوس در دو روز ۲۳ و ۲۴ خرداد در داخل موج مذکور به وقوع پیوسته‌اند. موج آبر گرم دوم که از نظر شدت شدیدترین موج آبر گرمایی خوزستان است، موجی با طول عمر ۴ روزه است که از ۱۴ تیر ماه شروع و تا ۱۷ تیر ماه استمرار یافته است. میانگین دمای حداکثر خوزستان در موج مذکور به رقم شگفت‌انگیز ۴۸/۴۲۵ درجه سلسیوس رسیده است. شدت گرما در موج مذکور به روز ۱۵ تیر ماه ۱۳۸۹ بالغ بر ۴۹/۲ درجه سلسیوس بوده است. سومین موج آبر گرم خوزستان موجی سه روزه با متوسط دمای حداکثر ۴۷/۶۶ درجه سلسیوس است که در روز ۱۶ مرداد شروع و تا روز ۱۸ مرداد استمرار یافته است. دو موج آبر گرم بعدی خوزستان امواج آبر گرم ۲ روزه‌ای هستند که اولی از ۲۵ تا ۲۶ تیر ماه با متوسط دمای ۴۸/۰۵ درجه سلسیوس و دومی از ۲۷ تا ۲۸ مرداد ۱۳۸۹ با متوسط دمای ۴۷/۴۵ درجه سلسیوس آشکارسازی شده‌اند.

با توجه به آشکارسازی سینوپتیک موج آبر گرم ۴ روزه به وقوع پیوسته از ۱۴ تا ۱۷ تیرماه ۱۳۸۹ معلوم گردید که فرونشینی هوا به همراه آسمان صاف و تابش شدید خورشید در این موقع از سال باعث گرمایش سطح زمین و به‌تبع آن تشکیل کم‌فشار حرارتی سطحی

شده و ضخامت جو نیز افزایش می‌یابد. افزایش ضخامت جو بر روی استان خوزستان که موجب فرونشینی هوای گرم و گرمایش بیش از حد سطح زمین می‌شود، عوامل دینامیک-سینوپتیک مسبب وقوع روزهای اَبر گرم هستند. ترسیم نقشه‌های وزش دمای جو نشان داد که منشأ ورود گرما به ایران و خوزستان، فرارفت و انتقال هوای سوزان و خشک آفریقا، شبه‌جزیره عربستان و عراق است که بانی و باعث وقوع امواج اَبر گرم ۱۴ تا ۱۷ تیرماه سال ۱۳۸۹ در خوزستان (به استثنای ایستگاه ایذه) بوده است.

منابع

- حدادی، حسین (۱۳۸۸)، «تحلیل زمانی و مکانی امواج گرما در ایران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.
- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۰)، «شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج آب‌گرم تابستان ۱۳۸۹ ایران»، *مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، شماره ۳، صص ۸۵-۱۰۰.
- Banta, J, (2007), “*Extreme Weather Hits Home*”, New Society publishers.
- Bryant, E, (2005), “*Natural Hazards*”, Cambridge University Press.
- Bullock, J;J,D, Haddow; K,S, Haddow, (2009), “*Global warming, natural hazards, and emergency management*”, Taylor & Francis.
- Campetella, C; M, Rusticucci (1998), “Synoptic analysis of an extreme heat wave over Argentina in March 1980”, *Meteorological Applications*, 5: 217-226.
- Chen, F;C, Konrad, (2006), “A Synoptic climatology of summertime heat and humidity in the Piedmont region of North Carolina”, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 45: 674-685.
- Dhainaut, F; Y, Claessens; C, Ginsburg; B, Riou, (2004), “Unprecedented heat-related deaths during the 2003 heat wave in Paris: consequences on emergency departments”, *Critical Care*, 8: 1-2.
- Feudale, L; J, Shukla, (2011), “Influence of sea surface temperature on the European heat wave of 2003 summer. Part I: an observational study”, *Climate Dynamics*, in press, DOI 10.1007/s00382-010-0788-0.
- Huang, F; H, Kan; S, Kovats, (2010), “The impact of the 2003 heat wave on mortality in Shanghai, China”, *Science of the Total Environment*, 408: 2418-2420.
- Glickman, T,S, (2000), “*Glossary of Meteorology*”, American Meteorological Society Publications, Second Edition, Boston.

- Khalaj, B; G, Lloyd, V; Sheppard; K, Dear, (2010), "The health impacts of heat waves in five regions of New South Wales, Australia: a case-only analysis", *Int Arch Occup Environ Health*, 83: 833-842.
- Kotlyakov, V, M; A, I, Komarova, (2007), "*Elsevier's Dictionary of Geography*", Elsevier.
- Kysel'y, J; R, Huth; J, Kim, (2010), "Evaluating heat-related mortality in Korea by objective classifications of 'air masses'", *International Journal of Climatology*, 30: 1484-1501.
- Macfarlane, A; R, E, Waller, (1976), "Short-term increases in mortality during heat waves", *Nature*, 264: 434-436.
- Matthies, F; G, Bickler; N, C, Marín; S, Hales, (2008), "*Heat-Health Action Plans*", World Health Organization.
- Seluchi, M; F, Norte; J, Gomes; S, Simonelli, (2006), "Synoptic and thermodynamic analysis of an extreme heat wave over subtropical South America", Proceedings of 8 *ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil*, April 24-28, 2006, INPE, p 2009-2010.
- Smith, K; D,N, Petley, (2009), "Environmental Hazards": *Assessing risk and reducing disaster*, Routledge.
- Strelcova, K; C, Matyas; A, Kleidon; M, Lapin; F, Matejka; M, Blazenec; J, Skvarenina; J, Holec, 2009, *Bioclimatology and Natural Hazards*, Springer Science.
- Taghavi, T. (2010), "Linkage between Climate Change and Extreme Events in Iran", *Journal of the Earth & Space Physics*, 36(2):33-43.
- Theoharatos, G; K, Pantavou; A, Mavrakis; A, Spanou; G, Katavoutas; P, Efstathiou; P, Mpekas; D, Asimakopoulos, (2010), "Heat waves observed in 2007 in Athens, Greece: synoptic conditions, bioclimatological assessment, air quality levels and health effects", *Environmental Research*, 110: 152-161.
- Unkašević, M,I, Tošić (2009), "An analysis of heat waves in Serbia", *Global and Planetary Change*, 65: 17-26.
- www.sciencedaily.com/releases/2010/08/100805143001.htm.