



## بررسی آماری - همدیدی موج‌های گرمایی کم تداوم ایران

محمود خسروی، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

مرتضی اسمعیل‌نژاد<sup>۱\*</sup>، دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۶/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲

### چکیده

از بین بلایای جوی، موج‌های گرمایی مهمترین بلایای جوی بوده و بررسی میزان مرگ و میر سالانه ناشی از مخاطرات اقلیمی نشان می‌دهد که امواج گرمایی باعث بیشترین میزان مرگ و میر نسبت به دیگر رخدادهای اقلیمی می‌شوند. در این پژوهش مبنای محاسبات برای شناسایی امواج گرمایی ایران داده‌های شبکه‌بندی شده دماهای بیشینه ایستگاه‌های همدید و اقلیمی ایران می‌باشد که در دوره (۱۳۶۰-۱۳۹۰) برای هر روز اوضاع اقلیمی کشور را روی ۷۱۸۷ یاخته مشخص می‌سازد. در ادامه پس از برنامه‌نویسی در نرم افزار Mat lab روزهایی که ضریب انحراف معیار آنها بالاتر از ۲ بود و حداقل ۲ روز تداوم داشت توسط این برنامه از ماتریس دمای بیشینه ایران جدا و بنام امواج گرمایی ایران معرفی گردید. سپس امواج چهار روزه که گستردگی و فراوانی بیشتری داشت انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفت. جهت مطالعه همدید موج‌های گرمایی از روش روز نماینده استفاده شد. کم‌فشار عربستان و کم‌فشار پاکستان مهمترین سامانه‌های رخداد این موج گرما بوده‌اند. در زمان رخداد این امواج پایداری شدیدی بر ایران حاکم است و در سطح زمین کم-فشار و در سطح بالای جو پرفشار حاکم می‌باشد.

واژگان کلیدی: موج گرما، همدید، ماتریس همبستگی، ایران.

<sup>۱</sup> \* نویسنده مسئول [esmailnejad.m@birjand.ac.ir](mailto:esmailnejad.m@birjand.ac.ir)

### نحوه استنادی به مقاله:

خسروی، محمود، اسمعیل‌نژاد، مرتضی (۱۳۹۹). بررسی آماری - همدیدی موج‌های گرمایی کم تداوم ایران. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی. سال اول، شماره ۲ (۲). صص ۳۳-۱۹. Doi:10.29252/gsma.1.2.19

## ۱. مقدمه

مساله تغییر اقلیم امروزه به عنوان یکی از شایع‌ترین مباحث علمی و حتی سیاسی- اجتماعی مطرح است. بنابر اهمیتی که تغییر اقلیم بر ساختار محیطی کره زمین و ساکنین آن خواهد داشت، تلاش جهت شناخت هر چه بیشتر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری مسلم است. این ضرورت به ویژه در زمان فعلی که بحث گرمایش جهانی به یک مسئله جدی تبدیل شده است، آشکارتر می‌گردد (عزیزی، ۱۳۸۳: ۱). افزایش در میانگین دمای سطحی کره زمین مسئله‌ای است که در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای بوجود آمده است (هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷<sup>۱</sup> الف). با این حال، تغییر در دمای حدی منطقه‌ای به شدت رخدادهای هواشناسی مانند موج‌های گرما و سرما بستگی دارد که جنبه‌های تغییر اقلیم آنها و تأثیراتی که بر اجتماع و اکوسیستم‌ها دارند قابل توجه است (یانگ و یانگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰). پدیده‌های حدی هوا و رخدادهای اقلیمی پیامدهای گسترده‌ای بر اجتماع و به علاوه بر سامانه‌های زیستی دارند (مگ گرگور و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵). امواج گرمایی بخشی از رخدادهای حدی هوا هستند که مخاطرات و تأثیرات منفی مختلفی در زندگی و آسایش انسان‌ها دارند. در ارزیابی که توسط سازمان جهانی هواشناسی در سال ۲۰۰۷ انجام گرفته است، دمای سطحی نیمکره شمالی در ۳۰ سال اخیر ۰/۶۳ افزایش یافته است. ژانویه سال ۲۰۰۷ با ۱۲/۷ درجه سانتیگراد گرمترین ژانویه‌ای بود که در کره زمین ثبت شده است. همچنین در سال ۲۰۰۷ ناهنجاری دمایی کره زمین رکودهای ثبت شده را جابجا کرد و نسبت به دیگر سال‌ها افزایش یافت. در بخش‌هایی از اروپا زمستان و بهار گرماهای شدیدی رخ داد و در برخی مناطق آنومالی دمایی

حتی به ۴ درجه سانتیگراد در میانگین ماه‌های ژانویه و آوریل رسید (هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). امواج گرمایی روزهای گرمی است که می‌تواند در یک منطقه بر دستگاه تنفسی افراد تاثیر گذار می‌باشد (بامت<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۸). در سال‌های اخیر شدت امواج گرما در تعدادی مناطق جهان افزایش یافته است. روزهای گرم ۲ روز در هر دهه برای دوره آماری ۲۰۰۶-۱۹۴۸ در نیمکره شمالی افزایش داشته است (فانگ و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۸). متأسفانه، مدل‌های اقلیمی، در صورتی که گرمایش جهانی کم نشود، میانگین دمایی تابستان را در سال ۲۰۵۰ در بیشتر روزها بالاتر از ۹۰ درجه فارنهایت تعیین کرده‌اند (فدراسیون ملی حیات وحش<sup>۶</sup>، ۲۰۱۲). قرار گرفتن در معرض گرماهای شدید منجر به افزایش امراض و مرگ می‌شود و دماهای داغ باعث بیماری‌های قلبی - عروقی می‌شود (هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷، ب). در اروپا در تابستان ۲۰۰۳ رکورد امواج گرما شکسته شد و دما ۳ درجه سانتیگراد بیشتر از میانگین شد که در نتیجه خشکسالی‌های گسترده‌ای اتفاق افتاد و ۲۲۰۰۰ تلفات انسانی به جای گذاشت (کریستف و گرد<sup>۷</sup>، ۲۰۰۴؛ لوینسون و واپل<sup>۸</sup>، ۲۰۰۴).

موج گرما اغلب بدون یک تعریف جامع و عمومی با استانداردهای مختلف بیان می‌شود (پیتر و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۰۳). به علت اهمیت و تأثیر دما بر شرایط محیطی و نیز نقش آن در برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان، الگوسازی رفتار دما به خصوص در سال‌های اخیر مورد توجه محافل علمی بوده است. با توجه به مباحث جدید در ارتباط با دما و نظریات و مشاهدات گرمایش جهانی و تغییر اقلیم به ویژه تغییرات

<sup>4</sup> Barnett

<sup>5</sup> Fang

<sup>6</sup> National Wildlife Federation

<sup>7</sup> Christoph and Gerd

<sup>8</sup> Levinson and Waple

<sup>9</sup> Peter

<sup>1</sup> IPCC

<sup>2</sup> Yan and Yang

<sup>3</sup> McGregor et al



یک دوره ناخوشایند از هوای داغ در طی یک فصل گرم که بیشتر از یک روز پایدار باشد، تعریف کرد (وراد، ۱۹۲۵). در یونان میتاکس و کالوس<sup>۵</sup> (۱۹۸۰) با توجه به آستانه‌هایی مانند: حداکثر دمای مشاهده شده در آتن باید حداقل ۳۷ درجه سلسیوس باشد، میانگین دمای روزانه در همان ایستگاه دست کم ۳۱ درجه سلسیوس باشد و حداکثر درجه حرارت در ایستگاه لاریسا در همان روز حداقل ۳۸ درجه سلسیوس باشد (میتاکس و کولاس، ۱۹۷۹: ۱۹-۱۰۷).

برخی از پژوهش‌ها رفتارهای امواج گرمایی را در ارتباط با سامانه‌های هم‌مدیدی بررسی نموده‌اند و اندرکنش-های جوی و ساختار آنها و مهمترین سامانه‌های تأثیرگذار بر رخداد امواج گرمایی را مطالعه کرده‌اند. فیلیپس با ترکیب داده‌های جوی و دمای ایستگاه‌های سطحی برای دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۰ مشخص کرد که امواج گرمایی اروپا با گردش‌های جوی کلان مقیاس تابستانه همبستگی دارد. شواهد نشان می‌دهد که رخداد گرمای تابستان ۲۰۰۳، تحت تأثیر ناهنجاری‌های اقیانوس اطلس حاره ای حوزه کارائیب شکل گرفته است (فیلیپس<sup>۶</sup>، ۲۰۰۵: ۲۸۰۵). موج گرما دوره بسیار گرمی است که از چند روز تا چند هفته تداوم دارد و ممکن است با رطوبت بالا همراه باشد. موج گرمای شدید محصولات کشاورزی را نابود کرده و باعث مرگ انسان‌ها می‌شود و اگر با خشکسالی همراه باشد منجر با آتش‌سوزی می‌شود. شناخت شدت، فراوانی، و حدوث زمانی و مکانی آنها می‌تواند عامل مؤثری در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و اجتماعی کشور باشد.

سلوچی<sup>۷</sup> (۲۰۰۶) به تحلیل هم‌مدیدی و ترمودینامیکی از موج‌های گرمایی در نواحی جنب حاره جنوب آمریکا

دمایی دهه‌های اخیر، بیشتر مطالعات در زمینه موضوعات دمایی به این سو گرایش پیدا کرده است. دمای بالای هوا می‌تواند بر سلامت انسان‌ها تأثیر گذاشته و منجر به مرگ و میر حتی تحت شرایط اقلیمی خاص می‌شود. تغییر اقلیم منجر به افزایش میانگین دمای تابستان شده و روزهای داغ فراوان‌تر و گسترده‌تر می‌شوند (کمیته فرعی شورای ملی علوم و فناوری در مورد کاهش بلایا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳).

#### جدول ۱. برآورد تغییر در پدیده‌های حدی اقلیم

سطح اطمینان و تغییرات در طی قرن ۲۱	تغییرات در پدیده	سطح اطمینان و برآورد در قرن ۲۰ (نیمه دوم)
خیلی محتمل	دمای بیشینه بالا و روزهای داغ بیشتر تقریباً در همه نواحی	محتمل
خیلی محتمل	دمای بیشینه بالا، روزهای سرد و یخبندان کمتر تقریباً همه نواحی	خیلی محتمل
خیلی محتمل	کاهش دامنه تغییرات دمای روزانه در بیشتر نواحی	خیلی محتمل
خیلی محتمل در اکثر مناطق	افزایش نمایه گرما (ترکیب دما و رطوبت) در همه نواحی	خیلی محتمل در اکثر مناطق

منبع: با اقتباس از هافتن و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱

از امواج گرمایی تعریف روشنی نشده است و پژوهشگران مختلفی سعی کردند که معیاری مشخص جهت شناسایی امواج گرما بکار گیرند. ابتدا باروس مطالعات خود را از اواخر قرن ۱۹ در زمینه امواج گرمایی شروع کرد. وی بیان داشت که موج گرما دوره ای است که دمای هوا ۳۲/۲ درجه سانتیگراد (۹۰ درجه فارنهایت) بوده و دست کم سه روز تداوم داشته باشد، همچنین توزیع رطوبت در اتمسفر شرایط ناخوشایندی را ایجاد نماید (رابینسون<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱: ۷۷۵-۷۶۲). وارد<sup>۴</sup> در دهه‌های ابتدایی قرن بیستم موج گرما را

<sup>۱</sup>National Science and Technology Council's Subcommittee on Disaster Reduction

<sup>۲</sup>Houghton

<sup>۳</sup>Robinson

<sup>۴</sup>Ward

<sup>۵</sup>Metaxas and Kallos

<sup>۶</sup>Philips

<sup>۷</sup>Seluchi

پرداخت. هدف او از این پژوهش تحلیل شرایط هواشناسی غالب در طی هفته آخر ژانویه ۲۰۰۳ از دیدگاه دینامیکی، همدیدی و ترمودینامیکی و تعیین فرایندهای فیزیکی موجود در زمان ایجاد موج گرمایی است. در امریکای مرکزی روزهای گرم با سیستم‌های جنب حاره در ارتباط است که مهمترین آنها گسترش پرفشار جنب حاره‌ای اقیانوس اطلس می‌باشد (هندرسون و رابر مولر<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷). روزهایی با دماهای حدی مادرید را در دوره ۱۹۹۸-۱۹۵۵ تعیین و الگوهای همدید آن را مطالعه نمودند. معیار، روز گرم دمای بالای ۳۶/۵ درجه سانتیگراد تعریف شد. در اروپای غربی، امواج گرمایی روی غرب اروپا با ناهنجاری‌های پرفشار اسکاندیناوی و مرکز اروپا همبستگی نشان داده است. دلا مارتا و لوترباخ<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) امواج گرمایی تابستان را در غرب اروپا برای دوره ۲۰۰۳-۱۸۸۰ و ارتباط آنها با نیروهای بزرگ مقیاس جوئی بررسی نمودند که در این پژوهش از داده‌های روزانه برای ایجاد یک نمایه فصلی برای تعریف امواج گرمایی بکار گرفته شد.

روند زمانی و پراکنش مکانی امواج گرما در کشور توسط حدادی بررسی گردید. نتایج مطالعه و محاسبات بدست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که تعداد روزهای با موج گرما از دهه ۱۹۷۰ میلادی به این طرف روند رو به رشدی دارد. شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج آبر گرم تابستان ۱۳۸۹ ایران یکی دیگر از مطالعات در زمینه امواج گرمایی می‌باشد. موج گرمایی مذکور در ایران با اثرات نامطلوب بسیار شدید محیطی، اقتصادی-اجتماعی و بهداشتی همراه بوده است. بررسی توزیع فضایی دمای بیشینه ۲ متری بالای زمین نشان داد که منطقه‌ی بیشینه دمای ایران در بازه‌ی زمانی ۱۳ تا ۲۲ تیر ماه ۱۳۸۲، مناطق جنوب غرب و غرب ایران به ویژه ایستگاه‌های ماهشهر، دزفول، دهلران و

قصرشیرین هستند. با توجه به مباحث انجام گرفته معلوم می‌شود که امواج گرمایی قسمت‌هایی از کره زمین را بشدت تهدید می‌کند و احتمال وقوع این پدیده در آنها بالاست. اروپا در سال‌های اخیر گرماهای بی‌سابقه را در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶ تجربه کرده است که باعث مرگ و میر زیادی در این منطقه گردید (فیشر و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷). موج گرمای آگوست ۲۰۰۳ به تنهایی بدترین بلای طبیعی در ۵۰ سال گذشته اروپا بود که برآوردها نشان از مرگ بیش از ۳۰۰۰۰ هزار نفر دارد (بونو و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴: ۹۳). بنابراین، گسترش دوره‌های گرمای حدی می‌تواند باعث کاهش فعالیت‌های انسانی شده و میزان مرگ و میر در جریان این رخداد و پس از آن افزایش دهد. بررسی تحلیل فضایی دماها و بارهای بحرانی روزانه در ایران از جدیدترین پژوهش‌هایی است که در زمینه رخدادهای فرین پرداخته شده است (علیجانی، ۱۳۹۰: ۹).

## ۲. روش تحقیق

مبنای محاسبات برای شناسایی امواج گرمایی ایران داده‌های شبکه‌بندی شده از دماهای بیشینه ایستگاه‌های همدید و اقلیمی ایران می‌باشد که برای هر روز اوضاع اقلیمی کشور را روی ۷۱۸۷ یاخته مشخص می‌سازد. در ادامه پس از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Mat lab روزهایی که ضریب انحراف معیار آنها بالاتر از ۲ (رابینسون، ۲۰۰۱) بود و حداقل ۲ روز تداوم داشت و گستره مکانی آن نیز در برنامه گنجانده شده است که در آن موج بیشترین نقاطی مکانی که دارای شرایط موج گرما بود شناسایی می‌شوند توسط این برنامه از ماتریس دمای بیشینه ایران جدا شد و بنام امواج گرمایی ایران معرفی گردید. چگونگی تعریف موج گرما در رابطه ۱ آمده است: در رابطه (۱)، p: تداوم؛ Tmax:

<sup>3</sup> Fischer

<sup>4</sup> Bono

<sup>1</sup> Henderson and Rober Muller

<sup>2</sup> Della Marta and luterbacher



گردید. برای این منظور موج‌های چهار روزه مبنای کار قرار گرفت. در رابطه (۲)  $R$  ضریب همبستگی،  $i$  دمای روزانه  $j$ ، ماه و  $C$  کواریانس می‌باشد.

### ۳. یافته‌های تحقیق

در مجموع ۳۵ موج گرمای ۴ روزه در دوره آماری رخ داده است که ۱۴۰ روز را شامل می‌شود. روز ۱۳۸۱/۵/۲۷ که مقارن با ۲۰۰۲/۸/۱۸ بود بالاترین میانگین ضریب همبستگی (۰/۲۴) را با دیگر روزهای نماینده داشت. همچنین بیشترین فراوانی را در بین امواج گرمایی داشته عنوان روز نماینده امواج گرمایی کوتاه مدت انتخاب گردید.

شروع این موج از ۲۶ مرداد تا ۳۰ مرداد ماه بوده است. با توجه به توزیع دمایی این روز در شکل (۲) دما در اکثر نقاط ایران بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد بوده است. بیشترین فراوانی دمای حداکثر در این روز را دماهای بالاتر از ۴۰ درجه سانتیگراد دارا بودند، که نشان دهنده یک روز گرم در پهنه ایران می‌باشد. توزیع فضایی شدت موج چهار روزه نشان می‌دهد که سواحل جنوب و جنوب‌غرب قطب گرمایی است که در زمان رخداد این موج بوجود آمده است. کانون‌های بیشینه دما در زمان رخداد موج ۴ روزه گرم جنوب‌غرب، دشت بم، جازموریان، کویر مرکزی و دشت گرگان می‌باشد (شکل ۲). فراوانی موج‌های گرمایی ۴ روزه ۳۵ موج بوده است. مجموع روزهای رخداد این موج ۱۴۰ روز می‌باشد. مجموع تعداد روزهای امواج گرمایی چهار روز ۱۴۰ روز است که ماتریس  $7187 * 140$  را ایجاد نمود. پس از محاسبه ضریب همبستگی روی ماتریس موج-های ۴ روزه این ماتریس به ابعاد  $140 * 140$  درایه تبدیل گردید، سپس میانگین این ماتریس بدست آمد که روز ۱۳۸۱/۵/۲۷ که مقارن با ۲۰۰۲/۸/۱۸ بود بیشترین همبستگی

حدکثر دما و I: روز می‌باشد. انتخاب متغیرهای جوی در شناسایی الگوهای همدیدی یک منطقه از مهمترین گام‌های یک پژوهش اقلیم همدید می‌باشد. متغیرهای جو بالا که در این پژوهش استفاده شدند شامل: فشار تراز دریا بر حسب هکتو پاسکال (Slp)، ارتفاع ژئوپتانسیل بر حسب متر (Hgt)، باد مداری (u) و نصف‌النهاری (v) بر حسب متر بر ثانیه و دما بر حسب درجه سلسیوس، این داده‌ها از پایگاه اینترنتی<sup>۱</sup> برداشت شده است. در این پایگاه داده‌های مربوط به ارتفاع ژئوپتانسیل و دمای هوا در ۱۷ تراز جوی قابل دسترسی است. این داده‌ها دارای تفکیک مکانی  $2/5 * 2/5$  درجه قوسی بصورت شبکه‌بندی قرار دارند. چارچوب پوشش داده‌های جوی در این مطالعه مناطق بین طول جغرافیایی صفر تا ۱۲۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی صفر تا ۸۰ درجه شمالی را در بر می‌گیرد. انتخاب این محدوده برای ردیابی و ارزیابی کامل سامانه‌های همدیدی موثر بر ایجاد امواج گرمایی ایران می‌باشد.

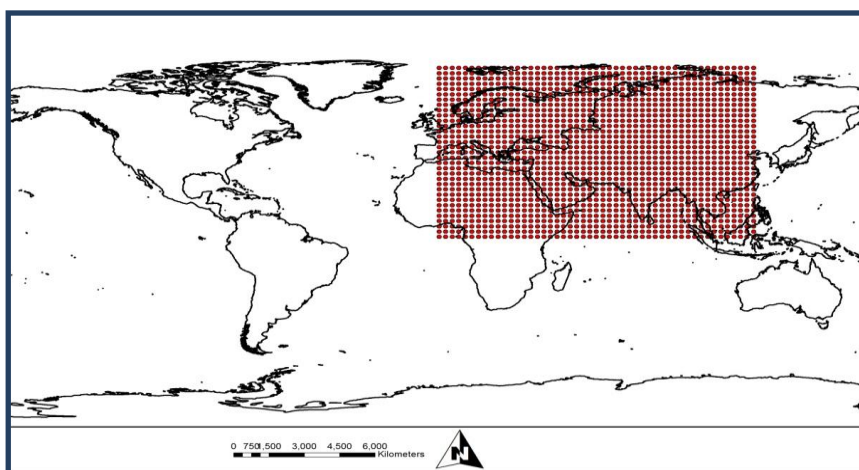
در ادامه با توجه به اهمیت امواج گرمایی چهار روزه ایران که شدت و فراوانی بالایی داشتند، از نظر همدید بررسی گردیدند، جهت مطالعه همدید موج‌های گرمایی طولانی مدت که حداقل ۲۵ درصد پهنه ایران را در بر گرفته‌اند، از روش روز نماینده استفاده شد. برای این منظور داده‌های سطحی روزانه هر موج گرما در یک ماتریس قرار داده شده و ماتریس همبستگی این روزها محاسبه گردید، در ادامه برای هر روز، میانگین همبستگی محاسبه و روزی را که بالاترین میانگین همبستگی را نسبت به روزهای دیگر داشت به عنوان روز نماینده، انتخاب شده و مبنای تحلیل همدیدی آن موج قرار گرفت. سپس نقشه‌های فشار (Hgt) تراز ۵۰۰، فشار سطح دریا (Slp)، ضخامت (Thickness) و نقشه دما (Air) با استفاده از نرم‌افزار GRADS ترسیم

<sup>1</sup> www.esrl.noaa.gov

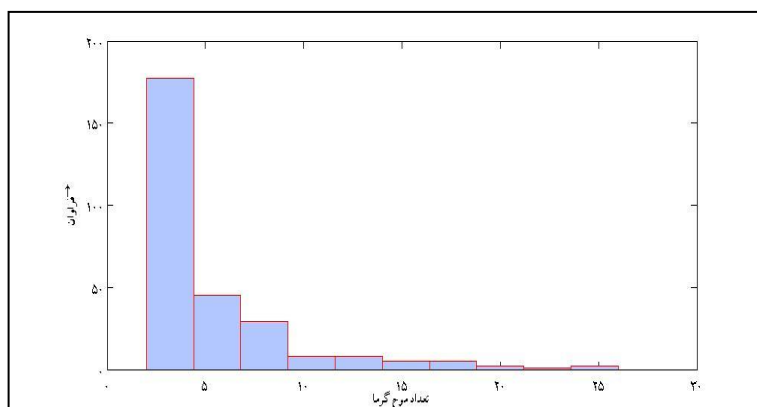
را با دیگر روزهای موج داشت و به عنوان نماینده موج های چهار روزه برای تحلیل همبستگی برگزیده شد.

$$T_{\max}(i), T_{\max}(i + 1), \dots, T_{\max}(i + p - 1) \geq 2, T_{\max}(i - 1), T_{\max}(i + p) \leq 2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$R(i, j) = \frac{C(i, j)}{\sqrt{C(i, j)C(i, j)}} \quad \text{رابطه (۲)}$$



شکل ۱. چارچوب مورد بررسی متغیرهای جو بالا. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

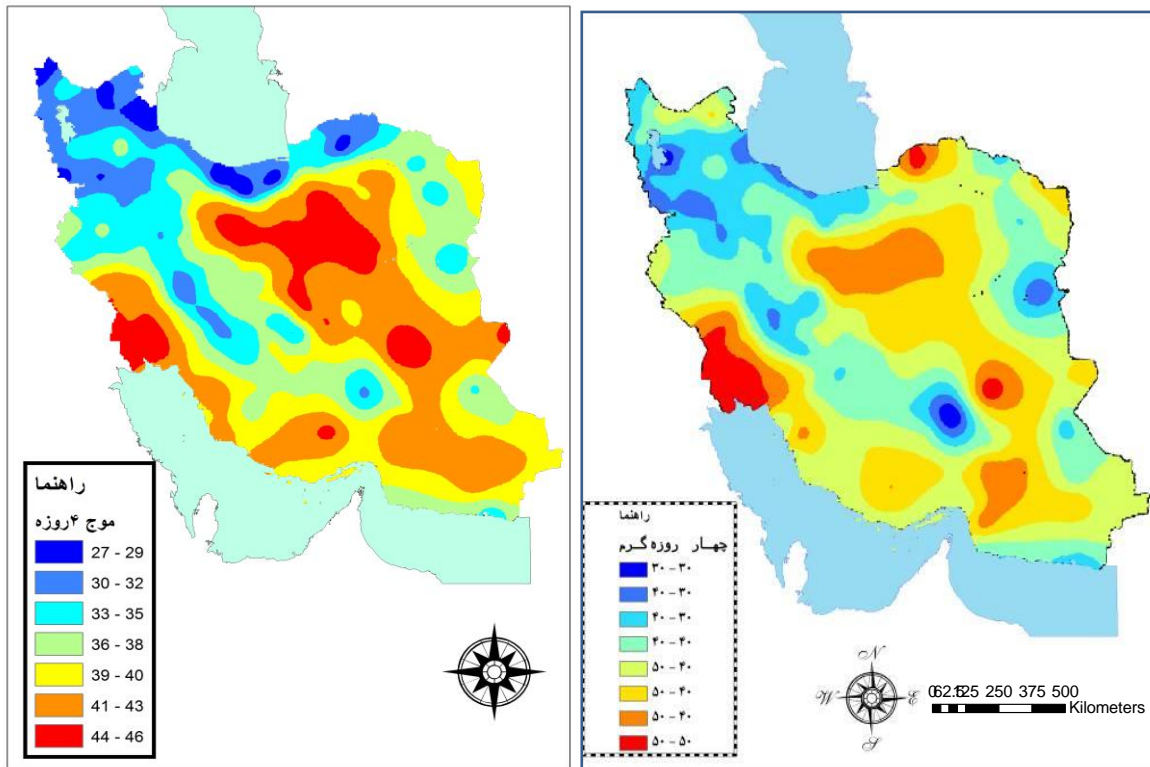


شکل ۲. فراوانی امواج گرمایی استخراج شده در دوره (۱۳۹۰-۱۳۴۰). منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۲. ویژگی های امواج گرمایی

امواج گرما	دو	سه	چهار	پنج	شش	هفت	هشت	نه	ده	یازده	دوازده	سیزده	چهارده	پانزده	شانزده
تعداد	۳۷	۱۷	۱۰	۱۱	۶	۳	۴	۳	۱	-	۲	-	۱	۱	۱
گستره درصد	۲۴	۲۶	۳۵	۲۸	۳۱	۳۳	۳۳	۳۰	۳۰	-	۳۰	-	۳۳	۳۱	۳۰

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱



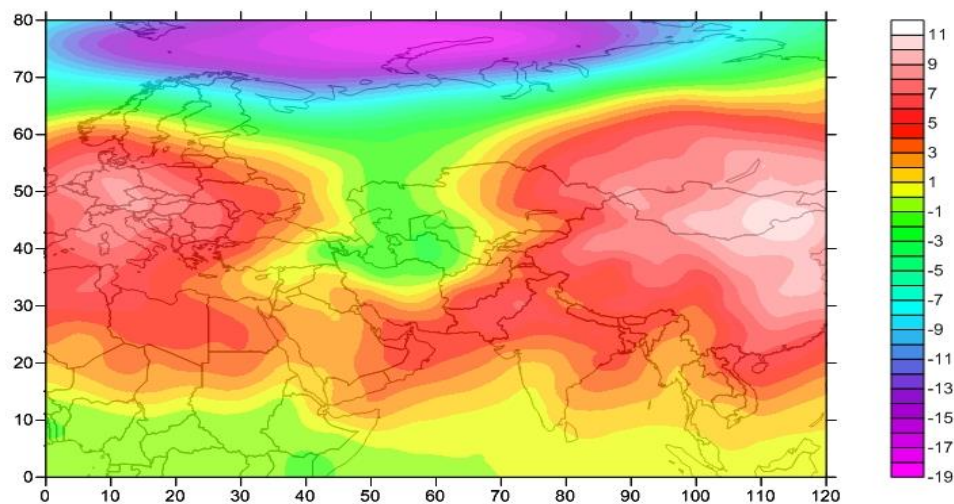
شکل ۲. بالاترین دمای روزانه موج ۴ روزه دوره گرم شکل ۳. توزیع فضایی موج ۴ روزه. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

رابطه

$$ASLP(i, j, n) = SLP(i, j, n) - \overline{SLP(i, j)} \quad (3)$$

با توجه به الگوهای نقشه ترکیبی فشار تراز دریا هسته ناهنجاری قوی در شرق ایران قرار گرفته است که هسته آن ۱۱ هکتو پاسکال نسبت به میانگین بلندمدت خود افزایش فشار نشان می‌باشد. اثر فرارفت هوای گرم توسط حرکت پادساعتگرد کم فشار پاکستان به داخل ایران نفوذ کرده است. این زبانه باعث تزریق هوای گرم از سمت جنوب شرق به ایران گردیده است. گسترش کم فشار گنگ و پاکستان از جنوب شرق و شرق و باعث ورود هوای گرم به ایران گردیده است. هسته ناهنجاری شدید دیگری نیز در غرب ایران بر روی اروپا قرار گرفته است نیمه جنوبی ایران دارای ناهنجاری مثبت شدید و دیگر نقاط ایران نیز دارای ناهنجاری فشار می‌باشد، این سامانه‌ها مسئول ورود هوای گرم به ایران است (شکل ۳).

شروع این موج ۱۳۸۱/۵/۲۶ بوده و پایان آن ۱۳۸۱/۵/۳۰ می‌باشد. توزیع دمای حداکثر این روز در پهنه ایران نشان می‌دهد که بیابان‌های نواحی مرکزی ایران و ایستگاه‌های اطراف آنها مانند قم، بیرجند، یزد و کرمان شدیدترین گرماها را تجربه کرده‌اند. در دیگر نواحی مانند شمال غرب مانند ایستگاه‌های تبریز، ارومیه، زنجان، سنندج و شمال شرق ایران مانند مشهد و بجنورد دماهای بالاتر از ۲۷ درجه سلسیوس را داشته‌اند که مبین یک موج گرمایی شدید در ایران می‌باشد. به کمک ناهنجاری‌ها می‌توان مکان‌هایی را که هنگام رخداد یک پدیده رفتارهای غیر عادی و نامتعارفی دارد شناسایی نمود. ناهنجاری می‌تواند برای هر پارامتر اقلیمی مانند دما و بارش را محاسبه نمود. در این پژوهش میانگین بلند مدت فشار تراز دریا محاسبه شد و بر حسب میانگین بلند مدت برای موج‌های کوتاه مدت چهار روزه بدست آمد. ناهنجاری فشار تراز دریا به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:



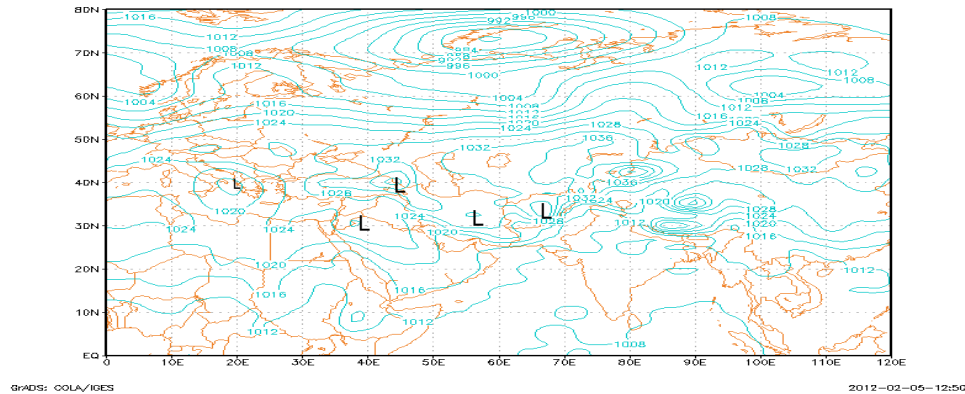
شکل ۳. نقشه ناهنجاری‌های تراز دریا. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

تشکیل گردیده‌اند و باعث تداوم گرما در ایران شده‌اند (شکل ۴).

تقریباً همه پدیده‌های محیطی سطح زمین از نوع و الگوی خاصی از آرایش و توزیع فشار سطح زمین تاثیر می‌پذیرند و بر این اساس فشار مهمترین عنصر جوی است. در روز نماینده میانگین دمای حداکثر ایران ۳۸ درجه سلسیوس بود. حداکثر دمای رخ داده ۴۹ درجه مربوط به نواحی مرکزی ایران می‌باشد. آرایش خطوط هم فشار در نقشه سطح زمین برای روز ۱۳۸۱/۵/۲۷ که روز نماینده موج گرمایی چهار روزه می‌باشد، نشان می‌دهد که زبانه‌های کم فشار گنگ در سطح تا نواحی مرکزی ایران کشیده شده است حتی زبانه ۱۰۳۰ هکتوپاسکالی آن تا شمال شرق ایران نفوذ کرده است. در مرکز ایران نیز کم فشار حرارتی شکل گرفته است. برای این روز در سطح زمین کم فشارهای حرارتی متعددی بر روی شاخ آفریقا، اروپا، عراق و عربستان بسته شده‌اند که از نوع حرارتی می‌باشند و نشان دهنده گرمایش شدیدی است که در سطح زمین وجود دارد. مرکز پرفشار آزرز با فشار مرکزی ۱۰۲۵ هکتو

با توجه به شکل ۴ نقشه میانگین فشار سطح دریا در طی موج گرمای چهار روزه، استیلای سامانه‌ی کم فشار است. مناطق جنوب و جنوب غرب ایران در داخل هم فشارهای بسته‌ای قرار گرفته‌اند که فشار مرکزی آن بالغ بر ۹۹۸ هکتوپاسکال می‌باشد. مرکز اصلی این کم فشار بر روی شرق شبه جزیره عربستان و جنوب خلیج فارس قرار گرفته است. این کم ارتفاع، کم فشار عربستان است که زبانه‌های آن جنوب، جنوب غرب و بخش‌هایی از غرب ایران را تحت تاثیر قرار داده است. این کم فشار در فصل تابستان ظاهر شده و گسترش آن به داخل ایران موجب حاکمیت هوای گرم و سوزان می‌شود. کم فشار پاکستان نیز با فشار مرکزی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در شرق ایران تشکیل شده، حتی زبانه‌های کم فشار گنگ و کم فشار پاکستان به شرق ایران رسیده است. در مرکز ایران نیز کم فشاری با فشار مرکزی ۱۰۰۲ هکتوپاسکال شکل یافته است. مرکز این کم فشار نیز با فشار مرکزی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی جنوب شرق و غرب پاکستان مستقر شده است. تمام این کم فشارها از نوع حرارتی بوده و با توجه به گرمایش شدید سطح زمین

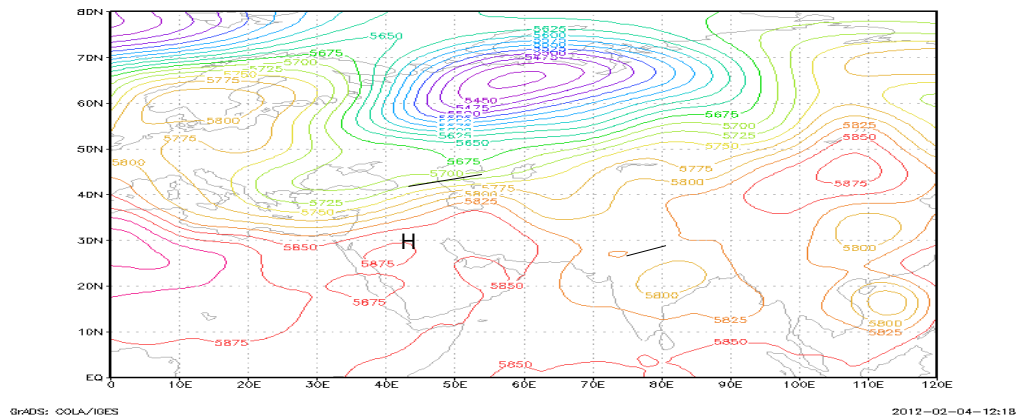
پاسکال روی مدیترانه قرار گرفته است و پایداری شدیدی در اروپا و ایران ایجاد شده است (شکل ۴).



شکل ۴. آرایش الگوهای فشار سطح زمین. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

پشته قرار گرفته است و محور مرکزی این رنج جنوب-غربی-شمال شرقی بوده و در شمال ایران قرار دارد. تسلط این فراز بر ایران پایداری شدیدی ایجاد کرده است و با توجه به عدم حرکات صعودی و گرمایش سطح زمین و همچنین دریافت تابش بیشتر در این ماه موج گرمایی شدیدی در ایران رخ داده که دمای ۵۰ درجه سلسیوس نیز ثبت شده است (شکل ۵).

بررسی همدیدی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که کم‌فشار گنگ با ارتفاع مرکزی ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی هند بسته شده است و زبانه‌هایی از آن تا شمال ایران کشیده شده است. پر ارتفاع قوی بر روی عربستان قرار گرفته که فشار هسته مرکزی آن ۵۸۷۵ ژئوپتانسیل متر می‌باشد که زبانه ۵۸۵۰ ژئوپتانسیل متری آن تا جنوب دریای خزر کشیده شده است. ایران در این روز تحت سیطره یک



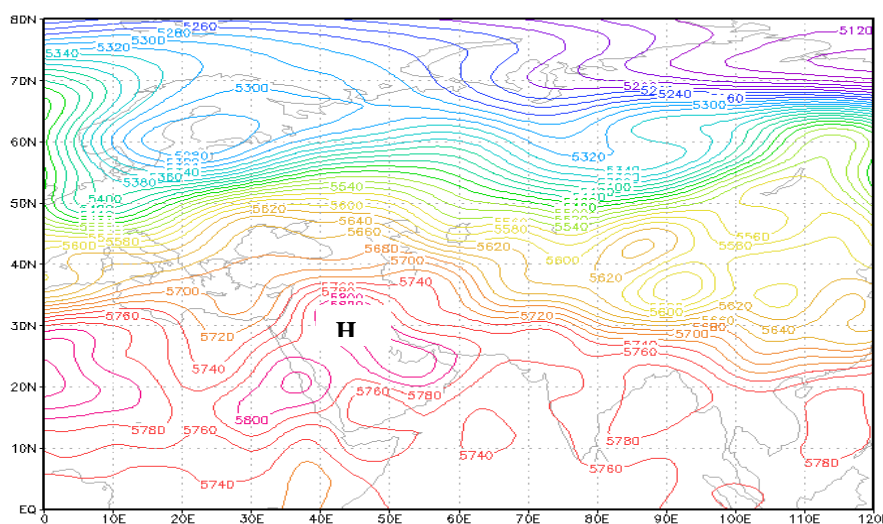
شکل ۵. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۷ مرداد ۱۳۸۱. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

حاره نیز در ماه اوت (مرداد ماه) مشاهده می‌شود (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۶: ۲۲۰). نقشه‌های دمای جو، دمای ترازهای مختلف جو را نشان می‌دهند و یکی از مهمترین معیارهای تحلیل‌های سینوپتیک و ترمودینامیک جو

پرفشار ایران در تراز میانی و بویژه فوقانی و ردسپهر، یکی از مهمترین مراکز پرفشار در نیمکره شمالی به شمار می‌آید. در این تراز پرفشار ایران بطور کامل بر ایران حاکم شده است. بیشینه عرض جغرافیایی خط پشته پرفشار جنب

زمانی حاکمیت موج چهار روزه نشان‌دهنده افزایش زیاد ضخامت جو در زمان استقرار موج بوده و پربند ۵۸۰۰ ژئوپتانسل متری آن در غرب و جنوب ایران منطبق بر ایستگاه‌های بسیار گرم ایران می‌باشد. با توجه با وضعیت جو در نقشه ضخامت معلوم می‌شود که الگوی حاکم در طول موج گرم، استقرار پرفشار قوی است که موجب نزول و فرونشینی و گرمایش هوا بخصوص در نیمه‌جنوبی ایران شده است (شکل ۶).

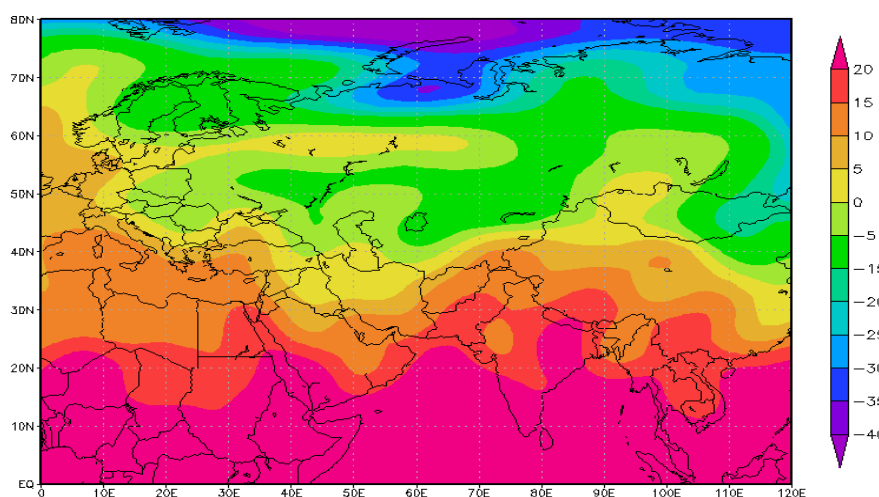
محسوب می‌شوند. نقشه‌های دمایی ترازهای مختلف جوی از آرایش ارتفاع ژئوپتانسیل تبعیت می‌کنند. نقشه دمایی تراز ۱۰۰۰ هکتو پاسکال نشان می‌دهد که پربندهای دمایی تا شمال دریای خزر مثبت بوده و دما به تبعیت از پرفشار مستقر در این منطقه افزایش یافته و جو باروتروپیکی بر ایران مستولی می‌باشد. نقشه دمایی سطح ۱۰۰۰ هکتو پاسکالی روز نماینده نیز منطبق بر نقشه دمایی سطح زمین ایران می‌باشد (شکل ۷). نقشه‌ی متوسط ضخامت جو در طول دوره‌ی



GRADS: COLA/IGES

2012-04-06-19:52

شکل ۶. الگوی ضخامت جو (ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال) روز ۲۷ مرداد ۱۳۸۱. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱



GRADS: COLA/IGES

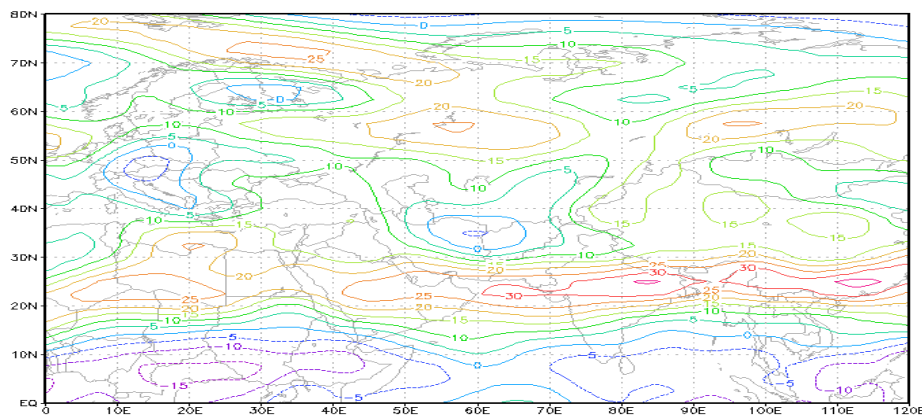
2012-02-04-12:11

شکل ۷. توزیع دمای تراز دمای تراز ۱۰۰۰. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

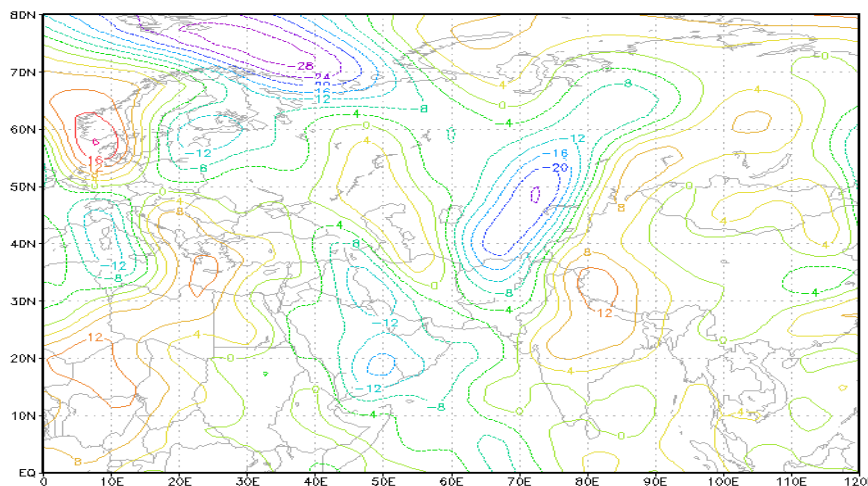
### بررسی مؤلفه مداری (U) و نصف‌النهاری (V) باد

بردار باد دارای دو مؤلفه مداری و نصف‌النهاری است و در مؤلفه مداری علامت مثبت نشان‌دهنده اندازه جابجایی به سمت شرق و علامت منفی مؤلفه نصف‌النهاری اندازه جابجایی به سمت جنوب را نشان می‌دهد (عکس حالت‌های ذکر شده نیز نشان‌دهنده جابجایی به سمت غرب (U-) و به سمت شمال (+V) است). برای بررسی ویژگی‌های گرمایی و ورود موج‌های گرمایی با توجه به سامانه‌های همدیدی نقشه‌های مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری در تراز ۵۰۰ ژئوپتانسیل دکامتری روز نماینده ترسیم گردید (شکل ۸). در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکالی مؤلفه مداری باد یک هسته بیشینه با مقدار ۳۰ متر بر ثانیه که در دریای عمان قرار دارد را ایجاد شده است. منحنی ۲۰ متر بر ثانیه‌ای آن در نواحی جنوبی ایران قرار دارد، با توجه به رقم باد مداری جابجایی شرق سوی آن مشخص می‌شود. سرعت آن از شمال‌شرق که ۵ متر بر ثانیه است به سمت جنوب ایران تا ۲۵ متر بر ثانیه افزایش پیدا می‌کند. مؤلفه نصف‌النهاری باد نیز با یک هسته‌ای با ۱۲- متر بر ثانیه در غرب ایران و هسته دیگری با همین میزان روی عربستان استقرار یافته است که به سمت جنوب از میزان آن کاسته می‌شود. منحنی‌هایی با سرعت بیشتر به سمت شرق و شمال ایران افزایش پیدا می‌کنند (شکل ۸).

در شکل (۱۰)، موقعیت رودبادهای را در محدوده نقشه مشاهده می‌کنید. رود باد جنب حاره‌ای با سرعت بیش از ۶۰ متر بر ثانیه در جنوب ایران و دریای عمان قرار گرفته و جهتی غربی-شرقی به خود گرفته است. این رودباد پایداری ایران و وزش گرمایی را از شمال آفریقا و از جنوب‌غرب ایران تقویت نموده است. جهت وزش باد ورود امواج گرم و خشک از روی عربستان و شمال آفریقا به ایران می‌باشد که با همراهی پراتفاهی که در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال قرار دارد این عمل را میسر نموده است. بنابراین مؤلفه مداری (U) با توجه به مثبت بودن مؤلفه غلبه جریانات رو به شرق را نشان می‌دهد. اکثر نواحی کشور در معرض جریانات با شدت بیش از ۵ متر بر ثانیه هستند که نشان‌دهنده ورود موج گرما از سمت جنوب و جنوب غرب به داخل کشور است. بر این اساس مقادیر گرمایش محسوس به عنوان یکی از پارامترهای مهم محلی در طی دوره گرم اردیبهشت تا مهر، روی فلات ایران جهت ایجاد پرفشار می‌باشند. فلات ایران در تراز میانی دارای پرفشار مستقل می‌باشد (زرین، ۱۳۹۰: ۱۵). مرکز پرفشار مستقل ایران در زمان رخداد موج گرمایی چهار روزه در جنوب غرب کشور می‌باشد. پرفشار ایران در تراز میانی و به ویژه فوقانی وردسپهر، یکی از مهمترین مؤلفه‌های گردش جو در خاورمیانه بشمار می‌رود (زرین، ۱۳۹۰).



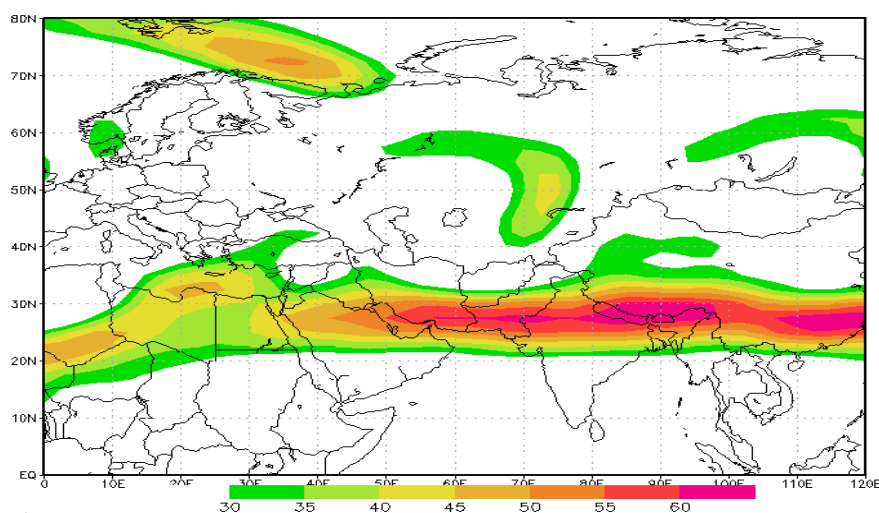
شکل ۸. مؤلفه مداری تراز ۵۰۰ ژئوپتانسیل دکامتر ۲۷ مرداد ۱۳۸۱. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱



GrADS: COLA/IGES

2012-02-05-00:39

شکل ۹. مولفه نصف النهاری تراز ۵۰۰ ژئوپتانسیل دکامتر ۲۷ مرداد ۱۳۸۱. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱



GrADS: COLA/IGES

2012-02-04-21:40

شکل ۱۰. موقعیت رودبادها در روز ۲۷ مرداد ۱۳۸۱. منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

هدف این پژوهش شناسایی عوامل همدیدی موج گرمای چهار روزه ایران با استفاده از روش محیطی به گردش است که برای این منظور با استفاده از روش همبستگی روز نماینده، موج های گرمایی که بیشترین همبستگی را با دیگر امواج گرما داشتند، استخراج گردید و نقشه های همدیدی آنها ترسیم و تحلیل شد. در هنگام رخداد امواج گرمایی دوره گرم الگوی فشار در سطح زمین کم فشار می باشد، این کم فشارها عبارتند از: کم فشارهای

ایران مرکزی، جنوب شرق و کم فشار گنگک که تا روی خلیج فارس نفوذ کرده و گاهی تا عرض های بالا در ایران حرکت می کند. یکی دیگر از الگوهای همدید، کم فشار عربستان است که نقش بسزایی در ورود هوای گرم از جنوب به ایران را دارد. این کم فشار در فصل تابستان ظاهر شده و گسترش آن به داخل ایران موجب حاکمیت هوای گرم و سوزان می شود. در تراز میانی جو علاوه بر شاخه های از پرفشار آزرور که ایران را تحت تاثیر قرار می دهد، پرفشار ایران نیز باعث ایجاد شرایط پایدار می گردد. مرکز پرفشار



شدیدی ایجاد کرده است و با توجه به عدم حرکات صعودی و گرمایش سطح زمین و همچنین دریافت تابش بیشتر در این زمان موج گرمایی شدیدی در ایران رخ داده که دمای ۵۰ درجه سیلسیوس نیز ثبت شده است. نتایج این پژوهش با دیگر مطالعات در ایران و جهان از نظر افزایش تعداد روزهای گرم و همچنین شدت گرماهای رخ داده مطابقت دارد. در مجموع نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که دوره گرم نسبت به سرد در حال طولانی‌تر شدن است.

آزورز پایداری شدیدی در اروپا و ایران ایجاد می‌کند. کم-فشار پاکستان که با فشار مرکزی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در شرق ایران تشکیل شده و جنوب شرق ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با توجه به وضعیت جو در نقشه ضخامت معلوم می‌شود که الگوی حاکم در طول موج گرم، استقرار پرفشار قوی است که موجب نزول و فرونشینی و گرمایش هوا بخصوص در نیمه جنوبی ایران شده است. بررسی الگوی تراز ۵۰۰ (جدول ۳) نشان می‌دهد که در زمان رخداد شدیدترین موج‌های گرما، تسلط فراز بر ایران پایداری

جدول ۳. ویژگی‌های الگوهای هم‌دید کم تداوم امواج گرمایی ایران

مکان بیشینه ضخامت	الگو فشار تراز ۵۰۰	الگو فشار تراز دریا	مکان رخداد بیشینه سطحی	بیشینه دمای سطحی	ویژگی زمانی موج گرما (بیشترین فراوانی)		موج گرما
					ماه	فصل	
جنوب	فراز (پرفشار)	کم فشار	مرکز و جنوب غرب	۴۹	مرداد	تابستانه	۴ روزه

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۱

## فهرست منابع

- زرین، آذر، ۱۳۹۰، "آیا پرفشار جنب حاره تابستانه بر روی ایران زبانه‌ای از پرفشار آزورز است؟" بررسی یک نظریه"، **مجموعه مقالات کنگره ملی جغرافیدانان ایران**، یازدهمین کنگره، تهران، شهید بهشتی تهران.
- عزیزی، قاسم، ۱۳۸۳، "تغییر اقلیم"، تهران، نشر قومس.
- علیجانی، بهلول، ۱۳۸۵، **اقلیم شناسی سینوپتیک**، تهران، انتشارات سمت، چاپ اول
- علیجانی، بهلول، کاوربانی، محمدرضا، ۱۳۸۵، **مبانی آب و هواشناسی**، تهران، انتشارات سمت.
- فرج‌زاده اصل، منوچهر، قائمی، هوشنگ، زرین، آذر، آزادی، مجید، ۱۳۸۸، "تحلیل الگوی فضایی پرفشار جنب حاره بر روی آسیا و آفریقا"، فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره سیزدهم، شماره ۱ (۶۰)، صص ۲۴۵-۲۱۹.
- یارنال، برنت، ۱۳۸۵، "کاربرد اقلیم‌شناسی در مطالعات محیطی"، ترجم سید ابوالفضل مسعودیان، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ اول.

Alexandre Bernardes Pezza • Peter van Rensch, 2012. Wenju Cai Severe heat waves in Southern Australia: synoptic climatology and large scale connections, *Climate Dynamics*, 38, 209-224. DOI 10.1007/s00382-011-1016-2.

Barnett A.G , S.Hajat b, A. Gasparri b, J. Rockl'ov. 2012. Cold and heat waves in the United States, *Environmental Research*: 218–224

Bono A, Giuliani G, Kluser S, Peduzzi P. 2004. *Impacts of summer 2003 heat wave in Europe*. UNEP/DEWA/GRID Eur Environ Alert Bull 2:1–4.

Christoph S, Gerd J. 2004. Hot news from summer 2003. *Nature*, 432:559–560.

- Della Marta, P.M. and J. Luterbacher, H. von Weissenfluh, E. Xoplaki, M. Brunet, and H. Wanner, 2007, Summer heat waves over western Europe 1880–2003, their relationship to large-scale forcing and predictability, *Climate Dynamics*, 29:251–275.
- Fang, XQ., Wang AY, Fong SK, Lin WS, Liu J. 2008, Changes of reanalysis-derived Northern Hemisphere summer warm extreme indices during 1948–2006 and links with climate variability. *Global and Planetary Change* 63: 67–78.
- Fischer EM, Seneviratne SI, Luthi D, Schaer C. 2007. Contribution of land-atmosphere coupling to recent European summer heat waves. *Geophys Res Lett* 34:L06707. doi:10.1029/2006GL029068
- IPCC, 2007, Climate change (2007a) the physical science basis, Working Group I Contribution to the IPCC fourth assessment report. In: Solomon S, Qin D, and Manning M, Chen Z, Marquis M.
- IPCC, 2007b: Climate Change 2007
- Levinson DH, Waple AM. 2004. State of climate in 2003. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 85: 1–72.
- Houghton JT et al., eds. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press
- McGregor GR, Ferro CAT, Stephenson DB. 2005. Projected changes in extreme weather and climate events in Europe. *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Springer: New York.
- Metaxas D.A., Kallos, G., 1980, Heat waves from a synoptic point of view. *Rivista di Meteor. Aeronautica*, 2-3, 107-119.
- National Science and Technology Council's Subcommittee on Disaster Reduction (SDR). 2010, Heat waves on Disaster Reduction, www.sdr.gov An element of the National Science and Technology Council, *A report of the Subcommittee on Disaster Reduction*.
- National Wildlife Federation's .2012. Extreme Heat in Summer 2010: A Window on the Future, National Wildlife Federation
- Peter van Rensch, 2008. Wenju Cai Severe heat waves in Southern Australia: synoptic climatology and large scale connections, *Climate Dynamics*. DOI 10.1007/s00382-011-1016-2.
- Philips, Adams.. 2005. Tropical Atlantic Influence on European Heat Waves, *Journal of Climate*, Vol 18.
- Robinson, P. 2001. On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*. 40: 762-775
- Seluchi, 2006, Synoptic and thermodynamic analysis of an extreme heat wave over subtropical South America, *Proceedings of 8 ICSHMO*, Foz do Iguacu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE, p. 2009-2010.
- Ward, R. 1925. *Climates of the United States*. Ginn and Company Boston, MA.
- Xu, Z.X., K. Takeuchi and H. Ishidaira. 2003, Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. *Journal of Hydrology*. 279:144-150.
- Yan ZW, Yang C. 2000. Geographic patterns of climate extreme changes in China during 1951–1997. *Climatic and Environmental Research* 5: 267–272.



## Statistical Analysis - Synoptic a Continuity Heat Waves of Iran

**Mahmoud Khosravi**, Professor of Natural Geography Department, Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

**Morteza Esmailnejad** <sup>\*1</sup>, Associate Professor of Geography Department, Faculty of Literature and Humanities, University of Birjand, Birjand, Iran.

*Received: 23 July 2020*

*Accepted: 20 September 2020*

### Abstract

Among atmospheric disasters, heat waves are the most important atmospheric disasters and a study of the annual mortality rate due to climate hazards shows that heat waves cause the highest mortality rate compared to other climatic events. In this study, the basis of calculations to identify Iran's heat waves is the networked data of the maximum temperatures of synoptic and climatic stations in Iran, which in the period (1981-2011) for each day determines the climatic conditions of the country on 7187 cells. After programming in Mat lab software, the days whose standard deviation coefficient was higher than 2 and lasted at least 2 days separated from the Iranian maximum temperature matrix by this program, determined as Iranian heat waves. Then the four-day waves, which were more widespread and frequent, were selected and analyzed. Representative day method was used to study the synoptic heat waves. Saudi low pressure (SLP) and Pakistan low pressure (PLP) were the most important systems for the occurrence of this heat wave. At the time of occurrence of these waves, a strong stability prevails in Iran, low pressure on the ground and high pressure in the upper atmosphere.

**Keywords:** Heat wave, Synoptic, Correlation matrix, Iran

<sup>\*1</sup> Corresponding Author: email: esmailnejad.m@birjand.ac.ir

### To cite this article:

Khosravi, M. & Esmailnejad, M (2020). Statistical Analysis - Synoptic a Continuity Heat Waves of Iran. Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas, 1(2), 19-33. Doi:10.29252/gsma.1.2.19