

## تحلیل همدیدی مخاطره امواج گرما در شمال غرب ایران

**علی محمد خورشید دوست**

استاد گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

**سعید زنگنه\***

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

**یوسف زارعی**

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

**سعید محمودی**

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۳۰

### چکیده

دما از عناصر اساسی اقلیم است لذا تغییرات ناگهانی یا کوتاه مدت و دراز مدت آن می تواند ساختار آب و هوای هر محلی را دگرگون سازد. در این پژوهش تحلیل سینوپتیکی امواج گرمایی هجده ساله اخیر (۱۹۹۹-۲۰۱۶) در شمال غرب ایران مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از داده های دمای روزانه، موج های گرما را که با افزایش ناگهانی و هماهنگ دما در همه ایستگاه های انتخابی منطقه شمال غرب ایران رخ داده بود، بر روی نمودار به صورت ماهانه (۷۲ نمودار) مشخص شد، که با این روش ۱۴ موج گرما با شدت های مختلف شناسایی گردید. سپس با استفاده از داده های NCEP-NCAR و نرم افزار GRADS و چهار سطح تراز دریا، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، انتخاب شدند و نقشه های سینوپتیکی تهیه گردید و مورد تحلیل همدیدی قرار گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده با قرار گرفتن پشته حاصل از مراکز و اچرخندی بر روی نیمه غربی ایران در روز اوج موج گرما، و با همگرا شدن هوا سبب فرونشینی و نشست هوا و در نهایت گرم شدن آن به صورت آدیاباتیک می شود. بررسی موج گرما از ۴۸ ساعت قبل از شروع آن تا پایان موج و گذشتن از روی منطقه نشان می دهد که مراکز پرفشار جنب حاره ابتدا بر روی عربستان و شمال شرق آفریقا بسته می شوند و از روی دریای سرخ و عربستان عبور کرده و تا پایان موج گرما از شرق ایران گذشته و بعد از آن ضعیف شده و به عرض های پایین جابجا می شوند.

**واژگان کلیدی:** تحلیل همدیدی، موج گرما، شمال غرب ایران، فرا رفت گرم.

## مقدمه

موج‌های گرمایی بخشی از رویدادهای حدی جو هستند که باعث تلفات شدیدی در زندگی بشر شده و محیط‌زیست را تخریب می‌کنند. یک موج گرمایی دوره گرمی است که دوام و پایداری آن چند روز تا چند هفته است و ممکن است با رطوبت شدید همراه باشد. موج‌های گرمایی جز رویدادهای فرین محسوب می‌شود که با روند افزایشی دما در دوره سرد و دوره گرم رخ می‌دهد. دما به‌عنوان شاخصی از شدت گرما، یکی از عناصر اساسی شناخت هوا است و نظر به اینکه دریافت نامنظم انرژی خورشید به‌وسیله زمین دستخوش تغییرات بسیاری است که به‌نوبه خود باعث تغییرات گسترده دیگری در سایر عناصر هواشناسی می‌شود (کمالی، ۱۳۸۰، ۱۵۰).

از آنجا که دما از عناصر اساسی اقلیم است لذا تغییرات ناگهانی یا کوتاه مدت و درازمدت آن می‌تواند ساختار آب‌وهوای هر محل را دگرگون سازد. پیش‌بینی دماهای حداکثر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی با توجه به تغییرات اقلیمی، گرمایش جهانی و خشک‌سالی‌ها قطعاً فرصت بیشتری را جهت برنامه‌ریزی و ارائه تمهیدات لازم در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. دماهای حداکثر در مدیریت منابع آبی و طبیعی، کشاورزی، گسترش آفات و بیماری‌ها، ذوب برف و سیلاب، تبخیر و تعرق، خشک‌سالی و غیره دارای اهمیت زیادی است (خسروی و همکاران، ۱۳۸۹، ۱۱۰). فراوانی، شدت و دوام دماهای افراطی، می‌تواند بحران‌های مهمی را در شرایط اکوسیستم‌ها پدید آورد. این مخاطرات می‌تواند شامل ذوب سریع برف، بروز سیلاب، آتش‌سوزی، بهمن، شیوع امراض و کاهش محصول‌های کشاورزی باشد (توحیدی زاده، ۱۳۹۲، ۲). با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیم شمال غرب ایران، که نزول‌های جوی در این منطقه بیشتر به دلیل قرارگیری در ارتفاع‌های بالاتر عرض جغرافیایی و مرتفع بودن به‌صورت برف است، موج گرما به‌خصوص در اواخر فصل زمستان به خاطر ذوب سریع برف‌ها مشکل‌های زیادی را در زمینه کشاورزی، مدیریت آب و غیره ایجاد می‌کند. باوجود تأثیر شدید و مخرب امواج گرمایی در این منطقه، در این زمینه مطالعه‌ای صورت نگرفته است. از مطالعاتی که در مورد امواج گرمایی را بررسی کرده است می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (احمدآبادی و احمدی، ۱۳۸۴) در مطالعه خود نشان داده‌اند که امواج گرمایی در دو حالت ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند یکی تقویت و استقرار پرفشار جنب حاره روی خاورمیانه، در حالت دوم کم‌فشار حرارتی روی فلات ایران تقویت شده است و به سمت عرض‌های بالایی جابه‌جا می‌شود. از دیگر پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام شده (براتی و موسوی، ۱۳۸۴) است که نشان داده‌اند هسته‌های گرما در ایستگاه‌های درونی سرزمین ایران به‌ویژه در محورهای کوهستانی زاگرس و البرز نمایان شده‌اند. زرین (۱۳۸۶) نشان داد که رشته‌کوه زاگرس نه‌تنها عاملی موثر در تشدید و تقویت پرفشار جنب حاره تابستانه مؤثر بر امواج گرمایی بر روی ایران است، بلکه سلسله جبال زاگرس یا کوه‌های مرتفع فلات ایران، مهم‌ترین علت تشکیل و تقویت پرفشار جنب‌حاره‌ای تابستانه به‌ویژه در ترازهای میانی بر روی ایران است. قویدل (۱۳۹۰) در مطالعه خود در مورد موج ابر گرم تابستان به این نتیجه رسید که وجود یک کم‌فشار حرارتی بر روی عربستان و آثار ناشی از تسری و فعالیت و مهاجرت کم‌فشار مذکور به سمت ایران عامل اصلی گرمایش و گسیل موج ابر گرما در دوره زمانی ۱۳ الی ۲۲ تیرماه

۱۳۸۹ بوده است. اسمعیل نژاد (۱۳۹۰) به شناسایی امواج گرمایی در ایران و ارتباط آن با الگوهای همیدیدی پرداخته است و نتیجه گرفته که آرایش خطوط هم فشار در نقشه سطح زمین نشان از حاکمیت الگوی کم فشار و در سطوح بالای جو الگوی پرفشار حاکم می باشد. کم فشار عربستان، کم فشار پاکستان و کم فشار گنگ از مهم ترین سامانه های تأثیرگذار بر رخداد امواج گرمایی و تداوم آنهاست. بررسی شرایط همیدیدی امواج گرمایی دوره سرد نشان می دهد آرایش الگوی فشار سطح زمین ایران الگوی پرفشار است. الگوی همیدید سطوح بالای اتمسفر نشان دهنده استقرار فراز بر روی ایران است. پژوهش های دیگری به بررسی امواج گرما و سرما در ایران پرداخته اند که از جمله این موارد می توان به کار چراغی (۱۳۹۱) و بهار وند (۱۳۹۲) اشاره کرد. اسمعیل نژاد و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به شناسایی امواج گرمایی ایران پرداخته اند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که موج های گرمایی کوتاه رخداد بیشتری داشته است و تعداد امواج گرمایی پرتداوم کمتر رخ داده است. پایان زمستان و روزهای نخستین پاییز موج های گرمایی بیشتر می باشد. این رخدادها با گذر دوره سرد به گرم و گرم به سرد، هم زمان است. موج های با تداوم بیشتر کم رخداد بوده ولی بخش بیشتری از مساحت ایران را دربر گرفته اند و موج های کوتاه پر رخداد بوده و در گستره کمتری از ایران اتفاق افتاده اند. در شمال و شمال غرب، مرکز ایران و سواحل جنوب رخداد موج گرما بیشتر بوده است. همچنین امواج گرما در دوره آماری روند افزایشی داشته و در سال های اخیر پر رخداد تر بوده اند. توحیدی زاده (۱۳۹۲) در مطالعه در مورد منشأ امواج گرمایی در غرب ایران نشان داد که در هنگام رخداد موج گرما موقعیت سلول های پرفشار جنب حاره به سمت عرض های بالا حرکت کرده و در اطراف عرض ۳۰ درجه شمالی قرار می گرفتند. و با توجه به حرکت و اچرخندی خود در لایه های زیرین جو باعث فرا رفت هوای گرم و جریانات جنوبی از روی شمال عربستان و شمال آفریقا بر روی غرب ایران می شد. و پشته حاصل از و اچرخند زمانی بر روی نیمه غربی ایران قرار می گرفت به دلیل همگرا شدن هوا سبب فرونشینی و نشست هوا و در نتیجه گرم شدن آن به صورت آدیاباتیک می شد. در پژوهشی دیگر تحلیل سینوپتیکی امواج گرمایی شهر تهران مورد بررسی قرار گرفته است، نتایج نشان می دهد که جریان گرم با سامانه موسمی مرتبط بوده است و همچنین وجود یک ریح عمیق در سطح ۵۰۰ میلی باری موجب انتقال هوای گرم عربستان و شمال آفریقا به داخل ایران شده است (صالحی، ۱۳۹۳).

در پژوهش دیگری جهان بخش و همکاران (۱۳۹۴) شناسایی، طبقه بندی و تحلیل همیدیدی امواج گرمایی به منظور کاهش مخاطرات انسانی را مورد مطالعه قرار داده اند. نتایج تحلیل همیدیدی نشان داد که الگوهای غالب در مناطق مورد مطالعه در زمان وقوع امواج گرمایی پرفشار جنب حاره ای، کم فشار عربستان و پاکستان اند. نقشه های شار رطوبتی نشان دادند که حرکت و اچرخندی روی دریای خزر و نیز حرکت چرخندی دریای مدیترانه، بیشترین تأثیر را در شار رطوبتی به منطقه شمال غرب ایران در زمان وقوع امواج گرمایی داشته اند. رطوبت در زمان وقوع امواج گرمایی روی منطقه شمال غرب وجود داشت که سبب تشدید مخاطرات امواج گرمایی به لحاظ مخاطرات انسانی شده است. مجرد و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی تحلیل آماری - همیدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه سلسیوس در غرب ایران را مورد بررسی قرار

داده‌اند، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که پر ارتفاع آزر و پرفشار عربستان سبب ایجاد امواج گرمایی در منطقه بوده و زمان آغاز آن از مرداد ماه است.

کولاسینو<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) میزان افزایش دما و پیامد آن موج گرمایی را بر روی حوضه مدیترانه مطالعه کرده، آن‌ها را به دودسته موج کوتاه و بلند تقسیم‌بندی نمود و با تحلیل آماری داده‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۲ به این نتیجه رسید که ارتباطی بین وجود الگوهای واچرخندی و به وجود آمدن موج گرمایی در حوضه مورد مطالعه وجود دارد. از عمده‌ترین دلایل جذابیت دانش اقلیم‌شناسی در عصر جدید، پاسخ به سؤال‌های مطرح‌شده و کالبدشکافی تغییر اقلیم، به‌ویژه تغییرات دما و بارش، گرمایش جهانی و... است (پترسون<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰). راگاساکی و ساندارول<sup>۳</sup> (۲۰۰۳، ۱۱۸) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده‌اند که روند آینده گرمایش در عرض‌های بالای نیمکره شمالی نسبت به استوا و طی زمستان نسبت به تابستان و در نواحی درونی خشکی‌ها نسبت به نواحی کرانه‌ای بیشتر خواهد بود. تحلیل و بررسی 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 و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴). بالدی و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه امواج گرمایی بر روی حوضه مدیترانه داده‌های ۵۳ تابستان این منطقه را با استفاده از داده‌های NCEP.NCAR تجزیه و تحلیل کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که در ژولای و آگوست این پدیده از بقیه ماه‌ها چشم‌گیرتر است که در ژولی به صورت موج گرمایی کوتاه و در ماه آگوست به صورت موج گرمایی بلند است. جرالند و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۴) با استفاده از مدل آب‌وهوای موازی (PCM)<sup>۶</sup> (مدل آب‌وهوای موازی به‌طور کلی برای شبیه‌سازی - تغییرپذیری آب‌وهوا و تغییرات آب و هوایی، در انواع برنامه‌های کاربردی آب‌وهوا برای قرن ۲۰ و ۲۱ استفاده می‌شود) به تغییرات آینده امواج گرما در قرن ۲۱ پرداختند، نتایج مدل برای آمریکای شمالی و اروپا نشان داد که امواج گرما در قرن ۲۱ خیلی شدیدتر، تکرارشونده‌تر و طولانی‌تر خواهد شد. امروزه با جدی شدن مسئله گرمایش جهانی، در بسیاری از نقاط کره زمین میزان دمای حداکثر افزایش چشمگیری پیدا کرده و در برخی موارد حالت بحرانی به خود گرفته است. در طی دوره ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۴ روند خطی دمای حداکثر سالانه نیمکره شمالی ۰٫۱۵ درجه سلسیوس در دهه بوده است (وس و همکاران، ۲۰۰۵). در پژوهش دیگر جولیو و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۶) با انجام مطالعه‌ای آثار موج گرمایی بر زندگی انسان را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که برای جلوگیری از بانه موج گرمایی بر روی زندگی بشر باید حداقل تا دو روز قبل از وقوع موج گرما آن را شناسایی کرد. هانت<sup>۸</sup> (۲۰۰۶) با استفاده از مدل آب‌وهوای جهانی به شبیه‌سازی بلندمدت امواج گرما پرداخت. سرعت گرفتن گرمایش زمین سبب افزایش خشکی

<sup>1</sup> Colacino

<sup>2</sup> Peterson

<sup>3</sup> Ragasakthi & sundarvel

<sup>4</sup> Koppe, Christina et al

<sup>5</sup> Gerald et al

<sup>6</sup> Parallel Climate Model

<sup>7</sup> Julio et al

<sup>8</sup> Hunt et al

هوا شده و احتمال وقوع خشک‌سالی را در منطق مستعد بالا می‌برد (ترنبرت و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). به دلیل افزایش گرمایش جهانی در چند دهه اخیر مطالعات فراوانی در زمینه امواج گرمایی در مناطق مختلف جهان انجام گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (ولبرگمن و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷؛ فوجیبی و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷؛ برانت مکسول<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷؛ دنیل کوزلووسکی<sup>۵</sup>، ۲۰۰۷ و اروپ و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۹). باب و همکارانش با استفاده از مدل بی‌زی<sup>۷</sup> به برآورد خطر نسبی مرگومیر همراه با امواج گرما در ۱۰۵ شهر بزرگ در ایالت متحده پرداختند، که در این بررسی دالاس، فورت ورت و سان‌آنتونیو دارای کمترین رخداد با ۰/۶ موج گرما در سال و بیشترین آن در شهرهای اوکلند، سن‌خوزه و سیاتل با ۱/۳ رخداد در سال بوده است به نقل از باب و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۱). راجر و همکارانش<sup>۹</sup> (۲۰۱۱)، به برآورد مرگ و میر بیش از حد امواج گرما تحت تغییر اقلیم جهانی برای یک شهر بزرگ در ایالات متحده که با استفاده از یک پایگاه داده شامل اطلاعات روزانه مرگ و میر ناشی از همه علل غیر تصادفی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۵ شامل ذرات ریز و اوزن، دما، دمای نقطه شبنم برای شهر شیکاگو، ایلینویز با استفاده از مدل رگرسیونی پواسون به برآورد مرگ و میر در ارتباط با امواج گرما پرداختند. مارشال<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۱۴) احتمال وقوع گرمای شدید سراسر استرالیا را در ارتباط با مدل گردش جنوبی، آنتی‌سیکلون‌های پایدار روی دریای تاسمانی و نوسان مادن جولیان بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین تأثیر نوسان مادن جولیان بر موج گرمای شدیدی است که در جنوب استرالیا (از جمله مناطق روستایی) رخ می‌دهد.

## داده‌ها و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش منطقه شمال غرب ایران بوده که ۱۲ ایستگاه سینوپتیکی با پراکنش مناسب از این منطقه انتخاب شد (شکل ۱). برای تعیین چهار چوب پژوهش، موج گرما در این پژوهش چنین بیان گردید: امواج گرمایی یا موج گرما زمانی رخ می‌دهد که در همه ایستگاه‌های مورد بررسی دمای هوا به‌طور ناگهانی و هماهنگ برای مدتی افزایش یابد و سپس دمای آن‌ها به حالت عادی برگشته باشد. آستانه گرما مشخص نیست و در واقع زمانی که در تمام ایستگاه‌ها به‌طور هم‌زمان برای چند روز متوالی دما بالا می‌رود و سپس پایین می‌آید به‌عنوان آستانه گرما مشخص گردیده است. بالدی و همکاران (۲۰۰۴، ۱) آستانه‌ی موج گرمای کوتاه‌مدت را فراتر رفتن دما از میانگین روزانه دما برای حداقل ۳ تا ۶ روز و آستانه‌ی موج گرمای بلندمدت را فراتر رفتن دما از میانگین روزانه‌ی دما برای حداقل ۷ روز و بیشتر

<sup>1</sup> Trenberth et al

<sup>2</sup> Welbergen et al

<sup>3</sup> Fujibe et al

<sup>4</sup> Maxwel et al

<sup>5</sup> Kozlowski

<sup>6</sup> Auroop et al

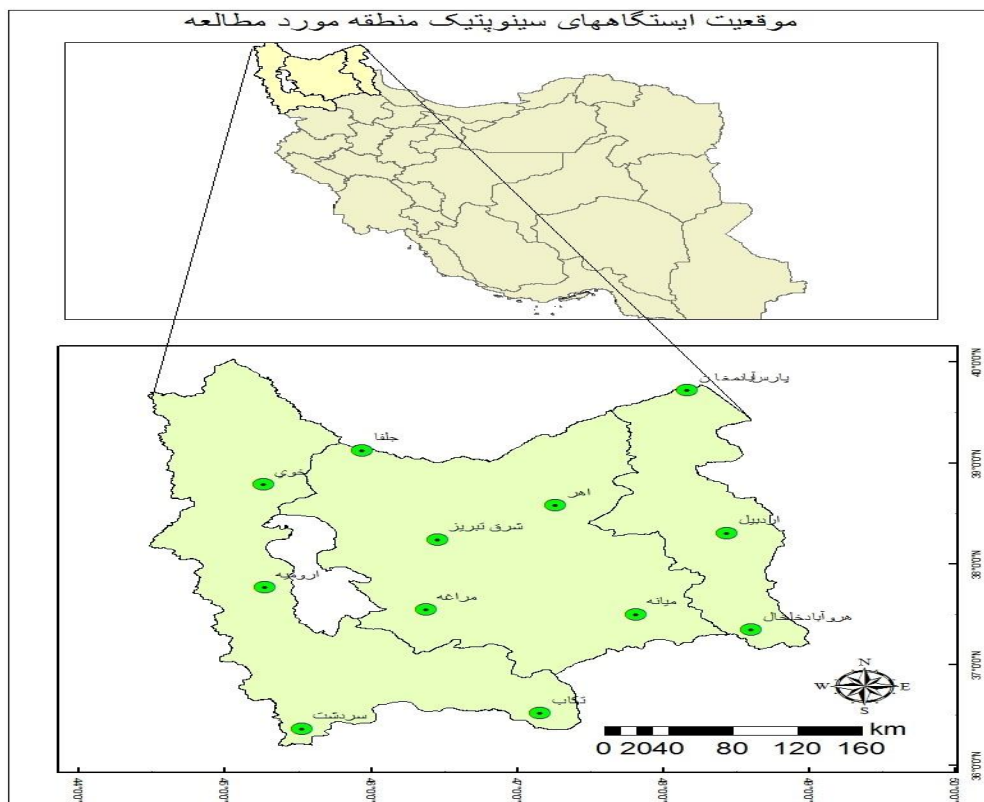
<sup>7</sup> Bayesian Model

<sup>8</sup> Bobb et al

<sup>9</sup> Roger et al

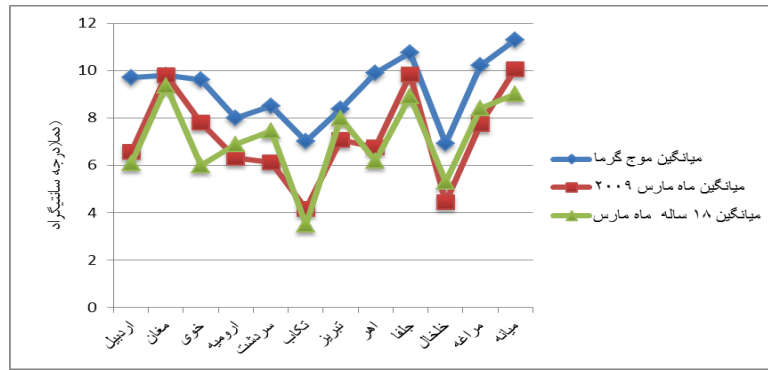
<sup>10</sup> Marshal

تعریف کرده‌اند. برای تعیین روزهایی که موج گرما اتفاق افتاده است، داده‌های دمای روزانه هجده ساله (۱۹۹۹-۲۰۱۶) از سازمان هواشناسی جمع‌آوری شد و بعد از مرتب کردن داده‌ها در Excel، برای هر ماه نمودار دمایی آن ماه ترسیم شد و روزهای موج گرما مشخص گردید. برای اطمینان بیشتر از اینکه موج گرما اتفاق افتاده است، میانگین دمای موج گرما با میانگین دمای همان ماه و میانگین دمای ۱۸ ساله همان ماه مقایسه شد (شکل ۲). در این پژوهش امواج گرمایی زمستانه مورد بررسی قرار می‌گیرد، به همین دلیل ماه‌های سرد سال یعنی ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس برای استخراج امواج گرمایی زمستانه انتخاب و سپس ۷۲ نمودار ترسیم شد. ۱۴ موج گرما در طول این دوره آماری مشخص گردید. و داده‌های مورد نیاز از جمله داده‌های فشار، دما، خطوط جریان و غیره از سایت (NCEP-NCAR) دریافت شد و سپس نقشه‌های تراز دریا، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (ارتفاع ژئوپتانسیل، دما و خطوط جریان) از عرض ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی و طول ۱۰ تا ۸۰ درجه شرقی با استفاده از نرم‌افزار GRADS ترسیم گردید. هر یک از امواج گرمایی مورد تحلیل قرار گرفت ولی به علت حجم زیاد مطالب در این پژوهش موج گرمای ۵ تا ۱۰ مارس ۲۰۰۹ به علت شدت بیشتر نسبت به موج گرمای دیگر به‌عنوان نمونه بررسی شده است. شکل (۳) نیز موج گرمای ۵ تا ۱۰ مارس ۲۰۰۹ را نشان می‌دهد که دما در همه ایستگاه‌ها به‌طور هماهنگ و ناگهانی بالا رفته و سپس به حالت اولیه بر می‌گردد.



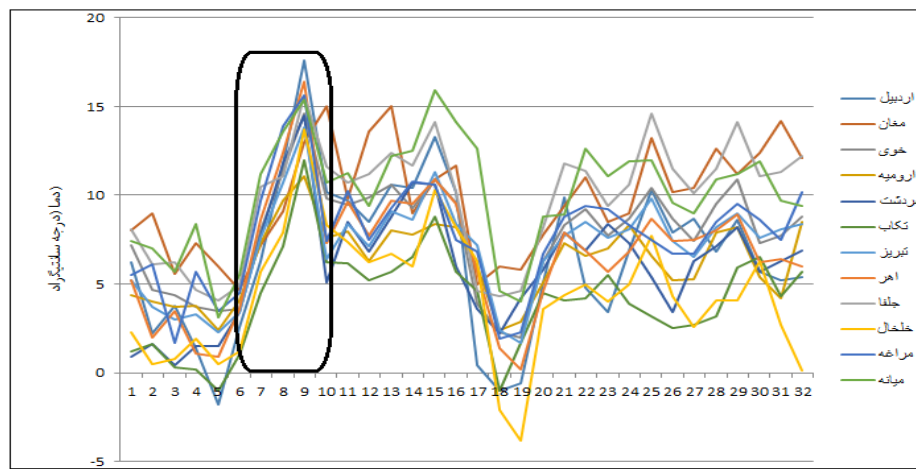
ترسیم: نگارندگان

شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیکی



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: میانگین دمای هجده ساله ماه مارس، میانگین ماه مارس و میانگین موج گرما (۵ تا ۱۰ مارس ۲۰۰۹)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: میانگین دمای روزانه (درجه سانتی گراد) ایستگاه‌های سینوپتیکی انتخابی منطقه شمال غرب (مارس ۲۰۰۹)

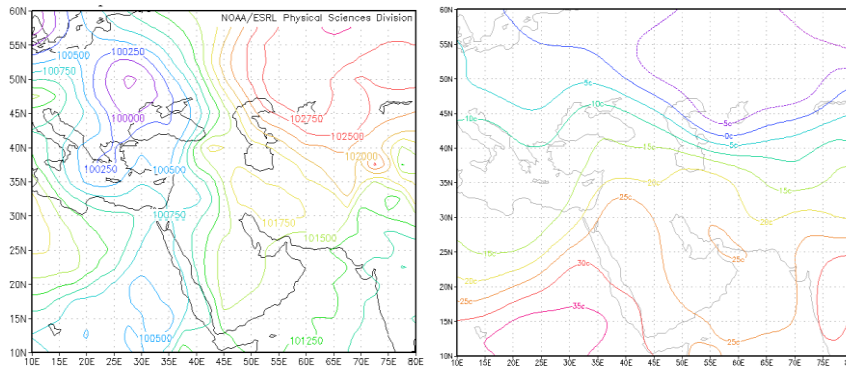
## یافته‌های پژوهش

### وضعیت موج گرما در روز ۸ مارس ۲۰۰۹

از شکل (۴) (۸ مارس ۲۰۰۹) ملاحظه می‌شود پرفشاری که بر روی منطقه مستقر بود به طرف عرض‌های بالا جابجا شده و با عقب‌نشینی آن کم‌فشاری از عرض‌های جنوبی به سمت عرض‌های بالا گرما را فرا رفت کرده است (شکل ۵). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز مرکز پرفشاری که بر روی عربستان مستقر بود به طرف شرق جابجا شده و هماهنگ با آن ناوهای که بر روی دریای مدیترانه بود، عمیق‌تر شده و تا عرض ۱۰ درجه گسترده شده و هوای گرم حاره‌ای را با امتداد جنوبی شمالی به غرب منطقه مورد مطالعه فرا رفت کرده‌اند (شکل ۶). همچنین خطوط جریان باد نشان‌دهنده این است که پرفشاری که بر روی جنوب ایران قرار دارد هوای گرم عربستان را به طرف عرض‌های بالا و غرب منطقه مورد مطالعه امتداد داده است (شکل ۷). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال خطوط دما با خطوط هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل منطبق شده و پشته عمیقی را بر روی غرب منطقه مورد مطالعه ایجاد کرده است، همچنان که ملاحظه می‌گردد نفوذ یک موج با ضخامت

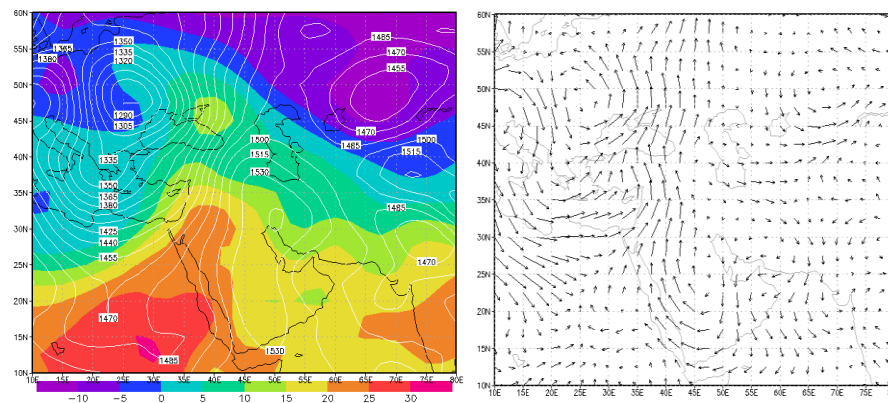


زیاد از عرض‌های پایین به سمت عرض‌های بالا با ضخامت و گرمای زیاد گسترش یافته است (شکل ۸). خطوط جریان نیز این مورد را تأیید می‌نماید (شکل ۹).



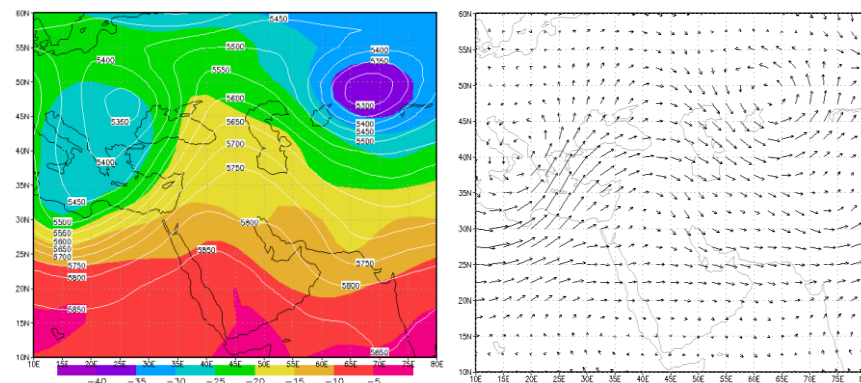
مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: فشار تراز دریا به هکتوپاسکال شکل ۵: نقشه دمای تراز دریا به درجه سانتی‌گراد (روز ۸ مارس ۲۰۰۹)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: دما (رنگ‌ها) ارتفاع ژئو پتانسیل (خطوط ممتد) شکل ۷: جریان هوا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۸ مارس ۲۰۰۹)



مأخذ: نگارندگان

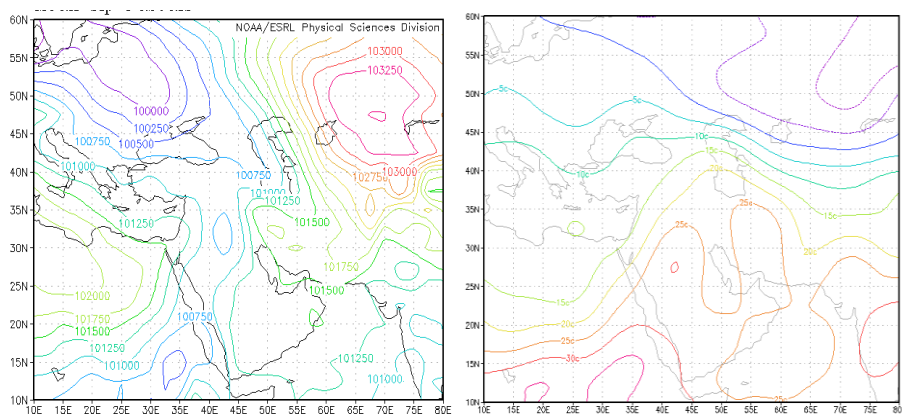
شکل ۸: دما (رنگ‌ها)، ارتفاع ژئو پتانسیل (خطوط ممتد) شکل ۹: جریان هوا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۸ مارس ۲۰۰۹)

### وضعیت موج گرما در روز ۹ مارس ۲۰۰۹ (روز اوج گرما)

در روز اوج گرما (۹ مارس ۲۰۰۹) زبانه پرفشار سیبری کاملاً از روی منطقه عقب‌نشینی کرده و کم‌فشاری که از عرض‌های جنوبی به طرف عرض‌های بالایی گسترده می‌شد کاملاً بر روی منطقه امتداد یافته است (شکل ۱۰). شکل

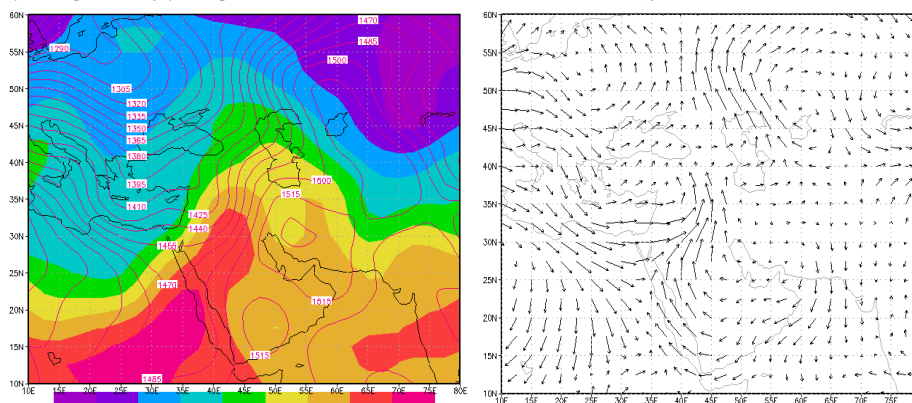


(۱۱) نقشه دمای ۹ مارس ۲۰۰۹ نشان می‌دهد که گرما از روی شمال شرق آفریقا (سودان و اتیوپی) با عبور از روی دریای سرخ و عربستان و عراق با امتداد جنوب- غربی، شمال- شرقی بر روی منطقه گسترش یافته و موجب افزایش دما در منطقه مورد مطالعه گردیده است. شکل (۱۲) نقشه دما و ارتفاع ژئوپتانسیل را در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد، همان‌طور که ملاحظه می‌شود مرکز پرفشار روز قبلی بدون جابجایی در همان منطقه مستقر است و دما و ارتفاع ژئوپتانسیل بر هم منطبق بوده و فرا رفت گرما در امتداد پشته و با حرکت واچرخندی از روی عربستان بر روی منطقه امتداد یافته و جلوی ناوه نیز این امر را تشدید نموده است. شکل (۱۳) نقشه جریان هوا در این روز و تراز گفته شده نشان می‌دهد که مطالب قبلی را تأیید می‌نماید. شکل (۱۴) نقشه دما و ارتفاع ژئوپتانسیل را در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد، ملاحظه می‌گردد که خطوط دما و ارتفاع ژئوپتانسیل کاملاً بر هم منطبق بوده و پشته حاصل از این‌ها از روی عربستان بر روی منطق مورد مطالعه گسترش یافته و این منطقه را در روز اوج گرما کاملاً تحت تأثیر قرار داده است، همچنین نقشه خطوط جریان نیز با حرکت واچرخندی خود وجود پرفشار بر روی عربستان و انتقال هوای گرم عرض‌های پایین را به سوی منطقه شمال غرب ایران کاملاً نشان داده و ناوه مدیترانه‌ای نیز به این امر کمک می‌رساند (شکل ۱۵).



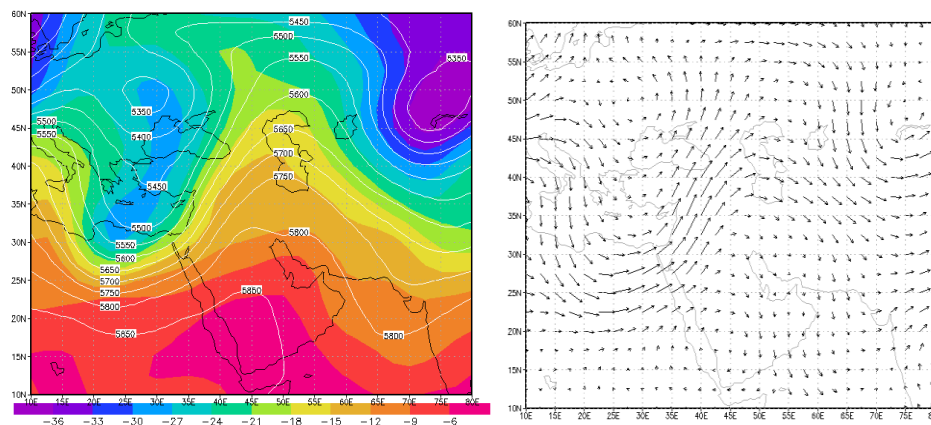
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۰: فشار تراز دریا به هکتوپاسکال شکل ۱۱: نقشه دمای تراز دریا به درجه سانتی‌گراد (روز ۹ مارس ۲۰۰۹)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۲: دما (رنگ‌ها)، ارتفاع ژئوپتانسیل (خطوط ممتد) شکل ۱۳: جریان هوا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۹ مارس ۲۰۰۹)

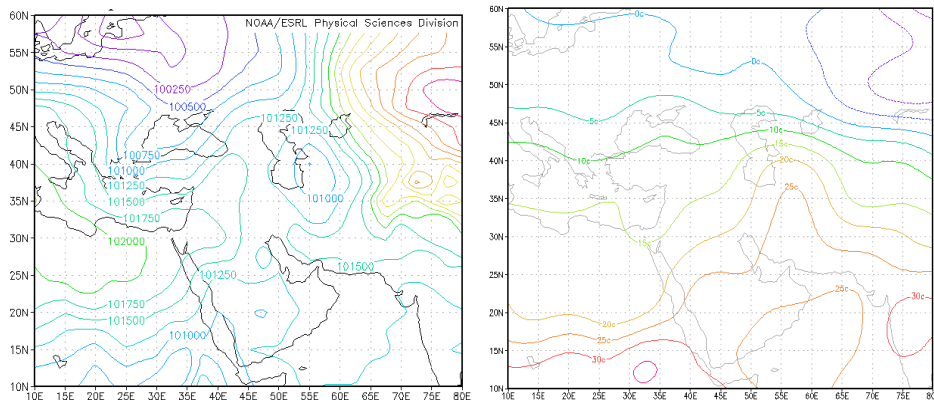


مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۴: دما (رنگ‌ها)، ارتفاع ژئوپتانسیل (خطوط ممتد) شکل ۱۵: جریان هوا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۹ مارس ۲۰۰۹)

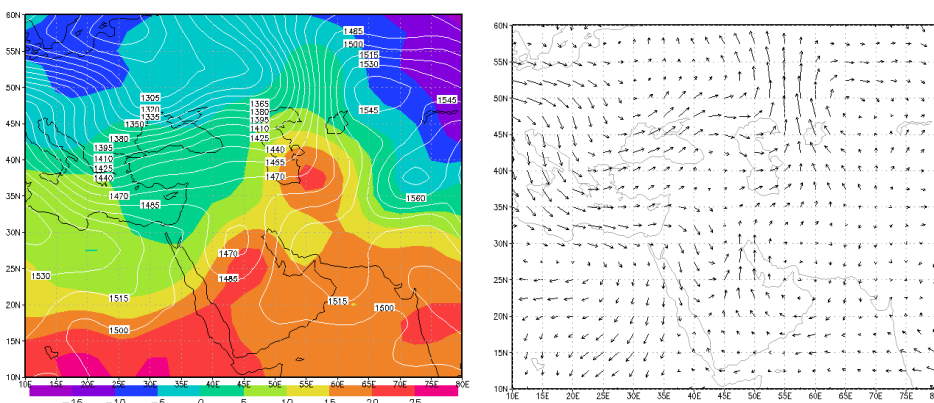
### وضعیت موج گرما در روز ۱۰ مارس ۲۰۰۹

در روز دهم (شکل ۱۶) یک روز بعد از اوج گرما در منطقه مورد مطالعه به دلیل اینکه مرکز کم‌فشاری در روی شمال شرق اروپا بسته شده و با امتداد شمالی - جنوبی در حال گسترش به طرف منطقه مورد مطالعه است لذا باعث کاهش نسبی دما در منطقه شده است، نقشه دما نیز مؤید این می‌باشد که با ورود کم‌فشار از عرض‌های بالا به سمت شمال غرب ایران مجدداً موجب سرمایش در این منطقه شده است (شکل ۱۷). شکل (۱۸)، نقشه دما و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در یک روز بعد از اوج موج گرما نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌شود انطباق خطوط دما و ژئوپتانسیل تقریباً از بین رفته و به طرف شرق و شمال شرق ایران جابجا شده و کم‌فشاری روی شمال عربستان مستقر شده که از عرض‌های بالا هوای سرد را به عرض‌های پایین و شمال غرب ایران جابجا کرده و هوای گرم نیز به عرض‌های پایین منتقل شده است و از طرف دیگر پر ارتفاعی که بر روی آسیا واقع شده هوای سرد را از طرف شرق وارد ایران کرده و هوای گرم را تقریباً از بین برده است. نقشه جریان هوا نیز نشان می‌دهد که در منطقه شمال غرب ایران هوا به صورت شرقی - غربی شده و جریانات جنوبی نیز کم‌کم از بین رفته است (شکل ۱۹). شکل (۲۰)، نقشه دما و خطوط ژئوپتانسیل متر را در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد، با توجه به شکل می‌توان گفت که خطوط دما و ژئوپتانسیل متر بر هم منطبق بوده ولی پشته حاصل از این‌ها به سمت شرق ایران جابجا شده و هم‌زمان گرما نیز به سمت شرق جابجا شده و کم‌کم این موج گرما از شمال غرب ایران دور شده است. در نقشه خطوط جریان همان‌طور که ملاحظه می‌گردد جریان‌های هوا از عرض‌های ۳۵ درجه و شمال عراق به سمت شمال غرب ایران به صورت تقریباً غربی - شرقی جابجا شده و بنابراین جریان هوا نیز ضعیف‌تر شده است (شکل ۲۱).



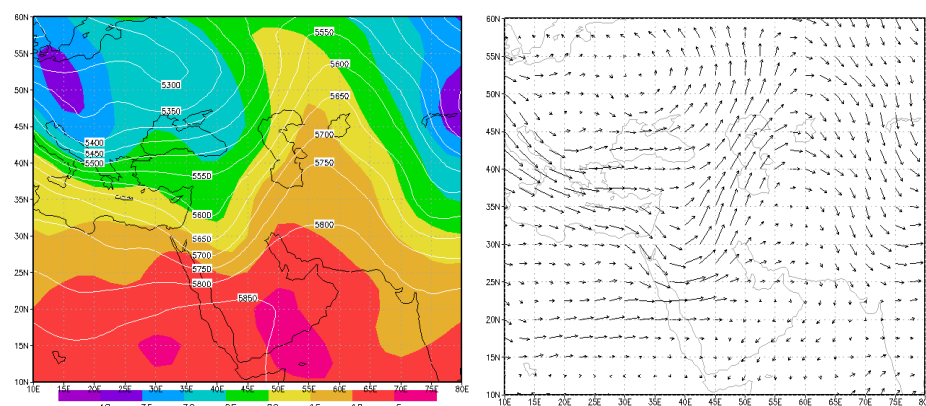
مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۶: فشار تراز دریا به هکتوپاسکال شکل ۱۷: نقشه دمای تراز دریا به درجه سانتی‌گراد (روز ۱۰ مارس ۲۰۰۹)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۸: دما (رنگ‌ها)، ارتفاع ژئوپتانسیل (خطوط ممتد) شکل ۱۹: جریان هوا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۰ مارس ۲۰۰۹)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲۰: دما (رنگ‌ها)، ارتفاع ژئوپتانسیل (خطوط ممتد) شکل ۲۱: جریان هوا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۰ مارس ۲۰۰۹)

## نتیجه گیری

نتایج پژوهش‌های مشابه مانند قویدل رحیمی (۱۳۹۰)، عساکره و همکاران (۱۳۹۲)، جهانبخش و همکاران (۱۳۹۴)، مجرد و همکاران (۱۳۹۴) نشان‌دهنده وجود مراکز کم‌فشار عربستان و پاکستان و پرفشار آزور و عربستان در منطقه می‌باشد که اثرات ناشی از فعالیت و مهاجرت این مراکز فشار و قرار گرفتن ایران در قسمت جلوی ناوه و وزش گرم، عامل اصلی گرمایش و گسیل موج گرم بوده است. ولی در این پژوهش از تحلیل نقشه‌های تراز دریا نتیجه گرفته شد که مراکز پرفشار به‌ندرت به‌صورت مراکز بسته ظاهر می‌شوند و عموماً در سطح زمین به دلیل گرمایش زیاد، مرکز کم‌فشار ایجاد می‌شود. لذا زبانه‌های کم‌فشار از سمت عرض‌های پایین به‌طرف عرض‌های بالا گسترده شده و منطقه شمال غرب ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اما در ترازهای بالاتر (۸۵۰، ۷۰۰ هکتوپاسکال)، مراکز پرفشار به‌صورت مراکز بسته ظاهر می‌شوند، منشاء‌یابی و تعقیب آن‌ها از ۴۸ ساعت قبل از شروع موج گرما، نشان از شکل‌گیری آن‌ها بر روی عربستان و شمال شرق آفریقا می‌دهد و در هنگام شروع موج گرما این مراکز به سمت شمال شرق جابجا شده و مراکز آن‌ها عمدتاً بر روی عربستان و جنوب عراق و جنوب غرب ایران واقع می‌شوند، و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال باوجود اینکه مراکز پرفشار به‌ندرت بسته می‌شود ولی پشته‌های حاصل از آن‌ها شمال غرب ایران را فرا می‌گیرد و باعث پایداری و همگرایی در نتیجه فرونشینی و گرم شدن هوا به طریق آدیاباتیک می‌شود. بررسی نقشه‌های دما نشان داد که هسته‌های دمای بالا عمدتاً در زیر مراکز پرفشار مشاهده می‌شوند و همچنین پشته‌های دمایی هماهنگ و هم‌سو با پشته‌های ناشی از مراکز پرفشار جنب حاره قرار می‌گیرند. نقشه‌های دمای تراز دریا از دو روز قبل از شروع موج گرما نشان داد که ابتدا زبانه‌های دمای بالا، بر روی عربستان و شمال شرق آفریقا قرار داشتند و در امتداد جنوب-غرب، شمال-شرق به‌طرف منطقه جابجا می‌شوند، به طوری که در روز بعد از اوج گرما زبانه آن‌ها تضعیف شده است و به‌طرف شرق و عرض‌های پایین جابجا می‌گردد. همچنین نقشه‌های تراز بالا نشان می‌دهد با این‌که دارای دمای کمتری نسبت به تراز دریا می‌باشند ولی منطبق بر مراکز پرفشار و پشته حاصل از آن‌ها هستند. نقشه‌های جریان هوا در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد که جریان هوا از عرض‌های پایین به سمت عرض‌های بالا منتقل شده است ولی در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال به‌طور بارزی جریان‌ات هوا را که از روی عربستان و شمال شرق آفریقا به روی منطقه منتقل شده، نشان می‌دهد.

## منابع

- ۱- اسمعیل نژاد، مرتضی. (۱۳۹۰): شناسایی امواج گرمایی ایران و ارتباط آن با الگوهای همدیدی در ایران، پایان‌نامه دکتری تخصصی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۲- اسمعیل نژاد، مرتضی، خسروی، محمود، علیجانی، بهلول و سید ابوالفضل مسعودیان. (۱۳۹۲): شناسایی امواج گرمایی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳۳، صص ۳۹-۵۴.

- ۳- احمدآبادی، علی و محمد احمدی. (۱۳۸۴): بررسی و شناخت الگوی سینوپتیک تقویت امواج گرمایی روی ایران، مجموعه مقالات کنفرانس اقلیم پزشکی همدان- ملایر، انجمن معلمان، ۱۲۲-۱۱۵.
- ۴- بهاروند، فاطمه. (۱۳۹۲): بررسی امواج گرمایی در فصل زمستان استان لرستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۵- براتی، غلامرضا و سید شفیق موسوی. (۱۳۸۴): جابه‌جایی مکان موج‌های زمستانی گرما در ایران، مجله جغرافیا و توسعه، سال سوم، شماره ۵، صص ۵۲-۴۱.
- ۶- توحیدی زاده، علی. (۱۳۹۲): تحلیل سینوپتیکی و منشأ یابی موج‌های گرم زمستانه غرب در دهه اخیر و ارتباط آن با واچرخندهای جنب حاره، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- ۷- چراغی، مسلم. (۱۳۹۱): تحلیل سینوپتیک امواج سرما و گرما در ایستگاه‌های منتخب جنوب غرب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خوارزمی.
- ۸- خسروی، محمود، نگارش، حسین، شاه‌حسینی، منصوره و پیمان محمودی. (۱۳۸۹): مطالعه خشک‌سالی‌های شهرستان زاهدان، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۸، صص ۱۳۴-۱۰۹.
- ۹- دارند، محمد. (۱۳۹۳): شناسایی و تحلیل زمانی- مکانی امواج گرمایی ایران زمین، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۵، ۱۸۰-۱۶۷.
- ۱۰- زرین، آذر. (۱۳۸۶): تحلیل پرفشار جنب حاره بر روی ایران، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۱- صالحی، حسن. (۱۳۹۳): تحلیل سینوپتیکی امواج گرمایی شهر تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی.
- ۱۲- عساکره، حسین، مسعودیان، سید ابوالفضل و حسن شادمان. (۱۳۹۲): تحلیل سینوپتیک پویایی فراگیرترین روز گرم ایران طی سال ۱۳۴۰ تا سال ۱۳۸۶، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۷، صص ۵۲-۳۵.
- ۱۳- قوبلد رحیمی، یوسف. (۱۳۹۰): شناسایی- طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج ابر گرم تابستان ۱۳۸۹ ایران، مطالعه جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۳، صص ۱۰۰-۸۵.
- ۱۴- کمالی، غلامعلی. (۱۳۸۰): سرمای زیان‌بخش به کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالاتی، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۳-۶۴، صص ۱۶۵-۱۴۹.
- ۱۵- مجرد، فیروز، معصوم پور، جعفر و طیبه رستمی. (۱۳۹۴): تحلیل آماری- همدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه سلسیوس در غرب ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۳، صص ۵۷-۴۱.

- 16- Bobb. G, Brooke Anderson and Michelle L. (2011): Heat Waves The United States: Mortality Risk During Heat Waves and Effect Meditation By Heat Wave Characteristics in 43 U.S Communities, *Enveron Health Perspect*, 119(2): 210- 218.
- 17- Baldi, M, M. Pasqui, F. Cesar One & G. De Chiara, (2004): "Heat Wave in The Mediterranean Region: Analysis and Model Result", *Institute of Biometeorology*, Pp. 1-12.
- 18- Gerald A. Meehl and Warren M. Washington (2004): *Climate Change Projections For The Twenty-First Century and Climate Change Commitment in The Ccsm3*. 19T 2597-2616.
- 19- Hunt BG (2006): *A Climatology of Heat Waves From a Multimillennial Simulation*. *Journal of Climate*.20, 3802-3821.
- 20- Ragasakthi S; Sundarvel S (2003): *Anthropogenic In Daces Climate Change in India Proceeding of The International Symposium on Climate Change(ISCC)*. Beijing China.
- 21- Roger D. Peng, Jennifer F. Bobb and Francaesca Dominici, (2011): *Towrd a Quantitative Estimate of Future Heat Wave Mortality Under Global Climate Change*. *Environmental Health Perspectives*, National Instituted of Environmental Healthscience. 119(5) 701-706.

- 22- Baldi, Marina and ET.al (2004): Heat Wave in The Mediterranean Region Analysis and Model Results, Institute of Biometeorology –Cnr. Rom. Italy.
- 23- Colacino, M (1995): Heat Wave in The Central Mediterranean A Synoptic Climatology Instituted di fisica dell Atmospheric Fear (CNR) Roma. Italy. Vol. 18c.3.
- 24- Diaz, Julio, Cristina, Linares and Aurelio, Toby's (2006): A Critical Comment on Heat Wave Response Plans. European Journal of Publication Health Vol, 16 no. 6, 600.
- 25- Auroop R, and et. al. (2009): Higher Trends But Larger Uncertainty and Geographic Variability In 21st Century Temperature and Heat Waves, PNAS, Vol. 106, no. 37, 15555–15559.
- 26- Fuji be, Fumiaki (2004): Long-Term Changes of Temperature Extremes and Day-to-Day Variability in Japan, Papers Meteorology and Geophysics vol.58, 63-72.
- 27- 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.
- 28- Marshall, A. G., D. Hudson, M. C. Wheeler, O. Alves, H. H. Hendon, M. J. Pook & J. S. Risbey, (2014): "Intra-seasonal Drivers of Extreme Heat Over Australia in Observation and POAMA-2", Climate Dynamics, No. 43, pp. 1915-1937.
- 29- Welbergen A. Justi, and etal, (2007): Climate Change and The Effects of Temperature Extremes on Australian Flying-Foxes, Proceeding of The Royal Society, Proc. R. Soc. B 2008, 275, 419-425.
- 30- Maxwel, Brandt l (2007): Analysis of The 22-23 July 2006 Extreme Heat In San Diego County, Western Region Technical Attachment, No. 07-04, 61-72.
- 31- 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.
- 32- Vose, R. S., Easterling, D. R., and Gleason, B., (2005): Maximum and Minimum Temperature Trends For The Globe: An Update Through 2004. Geophys Res, V. 32. Doi: 10.1029/2005GL024379.
- 33- Trenberth Kevin E., Philip D. Jones Peter Ambenje, Roxana Bojariu, David A Sterling, Albert Klein Tank, David Parker, Fatemeh Rahimzadeh, James A. Renwick, Matilde Rusticucci, Brian Soden, Panmao Zhai. IPCCWGI (2007): Observation's: Surface and Atmospheric Climate Change.308-312.
- 34- Peterson, S, (2000): Philosophy of Climate Science. Bull. Amer. Meteor. Soc, 81:256-270.