

شناسایی و تحلیل سینوپتیکی امواج گرمایی غرب ایران (ایلام، خوزستان، لرستان، کرمانشاه)

مصطفی کرم‌پور*

استادیار گروه جغرافیا ادبیات و علوم انسانی دانشگاه لرستان

جعفر رفیعی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی کاربردی)

ایوب جعفری

دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران. (A.Jafari71@ut.ac.ir)

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۶/۲۶ - تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۱۰/۱۷)

چکیده

امواج گرمایی یکی از بلاهای طبیعی و آب‌وهوایی است که آثار زیانباری بر محیط زیست دارد. در این پژوهش سعی شد امواج گرمایی منطقه غرب ایران شامل چهار استان ایلام، خوزستان، لرستان و کرمانشاه با شاخص دمایی^۱ و شاخص رطوبت^۲ شناسایی شده و نیز دوره بازگشت این امواج با استفاده از تابع توزیع گمبل مشخص شود و در نهایت الگوهای هم‌دیدگی مؤثر در آن شناسایی شود. براساس نتایج، مجموع فراوانی امواج گرمایی استخراج شده در دوره آماری مورد مطالعه ۱۴۳ موج است که از این تعداد، ۷۰ موج در دوره گرم و ۷۳ موج در دوره سرد سال رخ داده است. بررسی ماهانه امواج گرمایی نشان می‌دهد که بیشترین میزان وقوع امواج در ماه فروردین بوده است. تحلیل سینوپتیک رخداد امواج گرم در طی فصول نشان می‌دهد که در فصل گرم، زبانه‌های کم‌فشار گنگ تا نواحی مرکزی ایران کشیده شده و حتی زبانه‌های آن تا شمال شرق ایران نفوذ کرده است. در زمان رخداد این امواج، در سطح زمین کم‌فشارهای حرارتی متعددی بر روی شاخ آفریقا، اروپا، عراق و عربستان بسته شده و زبانه‌های کم‌فشار تشکیل شده روی عربستان قسمت‌های جنوب، جنوب غرب و بخش‌هایی از غرب ایران را تحت تأثیر قرار داده است. بررسی شرایط هم‌دیدگی امواج گرمایی دوره سرد نشان می‌دهد که منطقه تحقیق، جلو جبهه گرم قرار داشته و نفوذ هوای گرم به منطقه سبب افزایش دما در این هنگام از سال شده است.

واژه‌های کلیدی: تابع توزیع گمبل، تحلیل سینوپتیک، دوره بازگشت، غرب ایران، موج گرما.

مقدمه

اکوسیستم‌ها و بخش‌های مختلف فعالیت‌های انسانی به پدیده‌های حدی آب‌وهوایی حساس‌اند. این پدیده‌ها شامل بارش‌های سنگین، سیلاب‌ها، خشکسالی‌ها و دماهای کم‌زیادند، به‌خصوص زمانی که در دوره‌های مختلف گسترش می‌یابند [۲۲]. قلمروهایی که دما بر فعالیت‌های انسانی تأثیرگذار است، شامل بخش‌های مختلف کشاورزی، تقاضای انرژی، بهداشت و منابع آب است. بنابراین در سال‌های اخیر، تغییرات حداکثر دما و تأثیرات آن بر شرایط محیطی و همچنین برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان مورد توجه محافل علمی بوده است [۹، ۷]. موج‌های گرمایی بخشی از رویدادهای حدی جو هستند که سبب تلفات شدید و تخریب محیط زیست می‌شوند و همچنین با تأثیر بر بخش زیرساخت‌ها و خدمات، خسارات زیادی به جوامع و سلامت انسانی وارد می‌کنند که ممکن است سبب نقص در سیستم برق‌رسانی (انرژی)، ضعف در سیستم حمل‌ونقل عمومی و توقف برخی از خدمات پشتیبانی، بهداشتی و اورژانسی شود. براساس آمار مؤسسه ملی جو و اقیانوس (نوا)، از میان بلایای جوی مانند سرما، سیل، تورنادو، امواج گرمایی، هاریکن، توفان‌های زمستانی و رعدوبرق، امواج گرمایی از مهم‌ترین بلایای جوی بوده و میزان مرگ‌ومیر سالانه آن چندبرابر دیگر بلااست [۲۶]. برای شناسایی اولیه موج گرمایی (وجود یا نبود) تعاریف متعددی بیان شده است. این تعاریف تا حد زیادی به کشورها و مناطقی که در آنها استفاده شده است بستگی دارد که برخی از آنها در زیر ارائه می‌شود.

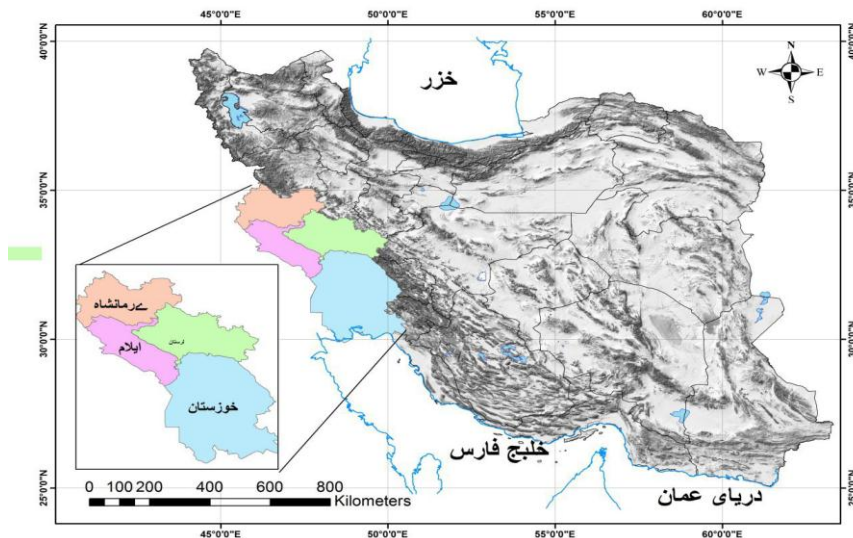
۱. سازمان جهانی هواشناسی، موج گرم را زمانی که بیشینه دمایی بیش از ۵ روز متوالی ۵ درجه سانتی‌گراد از متوسط بیشینه‌ها بیشتر باشد موج گرم قلمداد می‌کند [۲۱].
۲. سرویس ملی آب‌وهوایی ایالات متحده، یک موج گرم را دوره‌ای از دماها معرفی می‌کند که در طول آن دست‌کم دو شبانه‌روز متوالی، دمای ظاهری (شاخص حرارت) بیش از آستانه تنش حرارتی برای شب ۲۲ درجه سانتی‌گراد و برای روز ۴۱ درجه سانتی‌گراد باشد [۳۰].
۳. موج گرم برای سه روز پیاپی که در آن درجه حرارت بیش از صدک ۹۰ ام بیشینه دماهای تابستان باشد [۱۷].

از تعاریف مختلف موج گرمایی می‌توان نتیجه گرفت که موج گرمایی دوره گرمی است که دوام و پایداری آن از چند روز تا چند هفته بوده و ممکن است با رطوبت شدید همراه باشد. در زمینه شناسایی امواج گرمایی تحقیقات گسترده‌ای انجام گرفته است؛ برخی از مطالعات خارجی که به شناسایی و تحلیل هم‌دیدگی و آماری امواج گرما پرداخته‌اند، شامل مطالعات کلیپارین و کالکارتی [۲۴]، میل و تبالدی [۲۹]، فیلیپ [۲۸]، سلوچی و همکاران [۳۱]، رنج [۲۹]، پزا [۲۷]، کریوتور

[۱۸]، زیوهراتوس [۳۳] است. در زمینه تأثیرات موج گرما بر سلامت و محیط زیست می‌توان به مطالعات فوندا [۲۰]، کیسلی [۲۵]، هایونگ و همکاران [۲۳]، و آنجول [۱۶] اشاره کرد. بیشتر مطالعات داخلی براساس دیدگاه آماری به شناسایی امواج و دمای فرین پرداخته‌اند تا تحلیل همدیدی. مطالعات صورت گرفته شامل تحقیقات احمدی و همکاران [۱]، براتی و موسوی [۶]، اسمعیل‌نژاد و همکاران [۲]، قویدل و رضایی [۱۲]، مجرد و همکاران [۱۴]، الماسی و همکاران [۳]، امیدوار و همکاران [۵] و قویدل و همکاران [۱۳] است. از نتایج مطالعات می‌توان دریافت که شناخت ویژگی‌های امواج گرما، شدت، تداوم، گسترش و زمان وقوع آنها به‌عنوان یک مخاطره بسیار مهم است. بنابراین هدف از این مطالعه، شناسایی فراوانی رخداد امواج گرما و تعیین الگوهای همدید مؤثر بر رخداد آن با تأکید بر فصول زمستان، بهار و تابستان است.

منطقه تحقیق

در این پژوهش، استان‌های غرب ایران شامل ایلام، خوزستان، لرستان و کرمانشاه به مساحت ۱۲۸۹۸۷ کیلومتر مربع بررسی شد (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه منطقه تحقیق

مواد و روش‌ها

در این پژوهش نیاز به دو دسته داده است: الف) داده‌های سطحی که شامل داده‌های دمای بیشینه و میانگین رطوبت نسبی روزانه ۲۱ ایستگاه همدید و اقلیمی غرب ایران، از بازه زمانی بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۰ است که پس از بررسی اولیه، داده‌های مفقود که در حد چند روز بود توسط نرم‌افزار SPSS و از طریق رابطه همبستگی بازسازی شد؛ ب) داده‌های جو شامل متغیرهای دمای هوا، ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهار باد در ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده صفر تا ۸۰ درجه شرقی و ۱۰ تا ۵۵ درجه شمالی، با دقت مکانی ۲/۵ درجه قوسی که از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا / مرکز ملی پژوهش‌های جوی NCEP/NCAR دریافت شد.

برای شناسایی امواج از داده‌های سطحی تمام ایستگاه‌ها، از شاخص دمایی یا NCDC^۱ (رابطه ۱) و شاخص رطوبت (رابطه ۲) استفاده شد که ارائه شده از سوی اداره هواشناسی کانادا است [۱۹]. در این تحقیق، به‌منظور یکپارچه در نظر گرفتن منطقه تحقیق بعد از میانگین‌گیری، با توجه به تعریف موج گرما توسط استیدمن، ملاک شناسایی موج گرما، تعداد روزهای با دمای دو روز متوالی یا بیشتر ۴۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر و همچنین رطوبت ۵۰ درصد و بیشتر بوده است [۳۲]. در این پژوهش از تابع توزیع گمبل برای برازش داده‌های حدی و از تابع توزیع پیرسون برای محاسبه دوره بازگشت امواج استفاده شد [۸].

برای تعیین روز نماینده از میانه هر موج استفاده شد و موج‌هایی که دارای روزهای زوج بود، به‌عنوان روزی که موج بیشترین دما را داشت و روز نماینده از بین این دو روز انتخاب شد. با بررسی تمامی نقشه‌ها و داده‌ها، برای هر یک از دوره‌های رخداد موج گرما، الگوهای اصلی در فصل‌های زمستان، بهار و پاییز به روش چشمی (دستی) شناسایی شدند. در این پژوهش به‌منظور سهولت مطالعه، برای واکاوی هر الگو، یک دوره به‌صورت نمونه موردی، بررسی شد. برای تفسیر روز نماینده، نقشه‌های سطوح ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ فشار و وزش دما^{۱۵} با استفاده از نرم‌افزار Grads ترسیم شد.

$$\begin{aligned} \text{Index heat} = & -42/379 + 2/0.491523T + 10/14333127Rh - 0/22475541T \text{ aRh} - \\ & (6/83783 \times 10^{-3} T \text{ a}^2) - (5/481717 \times 10^{-2} Rh^2) + (1/22874 \times 10^{-3} T \text{ a}^2 Rh) + \quad (1) \\ & (8/5282 \times 10^{-4} T \text{ a Rh}^2) - (1/99 \times 10^{-6} T \text{ a}^2 Rh^2) \end{aligned}$$

1. National Climatic Data Center

۲. برای مطالعه بیشتر به کتاب نمایش و پردازش داده‌های جوی (مسعودیان و همکاران) مراجعه شود.

T = دمای روزانه برحسب سانتی‌گراد

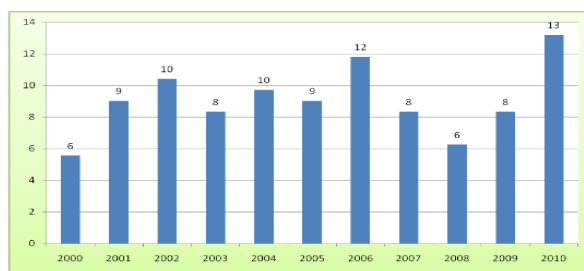
T_a = دمای ظاهری برحسب فارنهایت

RH = رطوبت نسبی به درصد

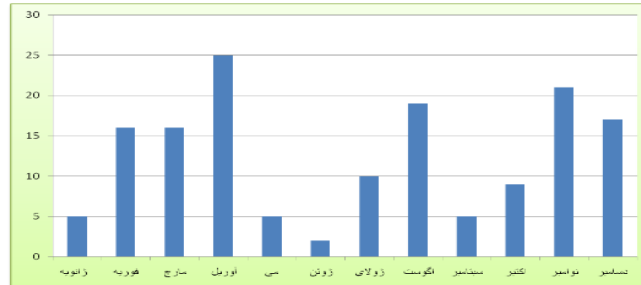
$$\text{Humindex} = T_a + H, H = /.5555(e-10), e = 6/11 \exp\left(\left(\frac{1}{273/16}\right) - \left(\frac{1}{T_d}\right)\right) \quad (2)$$

نتایج

براساس نتایج طی دوره آماری (۲۰۱۰-۲۰۰۰)، ۱۴۳ موج گرم رخ داد که از بین آنها، ۷۳ موج گرم در دوره سرد سال و ۷۰ رخداد موج گرم در دوره گرم سال بود. بیشترین رخدادها در موج‌هایی با تداوم ۲ تا ۴ روز اتفاق افتاده است (جدول ۲). بررسی سالانه امواج نشان می‌دهد که ۴۶ درصد امواج از سال ۲۰۰۶ به بعد و ۴۳ درصد امواج از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ رخ داد و ۹ درصد باقی‌مانده مربوط به سال ۲۰۰۵ بود. در مجموع سال ۲۰۱۰ با ۱۳ درصد و سال ۲۰۰۶ با ۱۲ درصد به ترتیب بیشترین امواج را به خود اختصاص داد (شکل ۲). بررسی ماهانه امواج نشان داد که بیشترین رخداد امواج در ماه آوریل مصادف با دهه دوم فروردین تا دهه اول اردیبهشت و کمترین آن در ماه ژوئن بود (شکل ۳). نتایج حاصل از آماره‌های تابع توزیع گمبل تیپ یک نشان داد که امواج دارای میانگین ۴۳ درجه سانتی‌گراد بیشترین احتمال رخداد را دارا هستند و دوره بازگشت آنها، ۱/۶ در سال است (شکل ۴). با توجه به این تابع، امواج با احتمال دوره بازگشت دوساله، پنج‌ساله، ده‌ساله و بیست‌وپنج‌ساله نیز بررسی شد که در جدول ۲ نمایش داده شده است. همچنین نتایج حاصل از تابع توزیع پیرسون نشان می‌دهد که امواج گرمایی دو و سه‌روزه دارای دوره بازگشت ۱ سال، امواج بالاتر از ۱۰ روز تداوم با دوره بازگشت ۲۵ سال و در نهایت امواج گرمایی با تداوم ۲۲ روز دارای دوره بازگشت ۵۰ سال هستند (شکل ۵).



شکل ۲. فراوانی سالانه امواج گرمایی



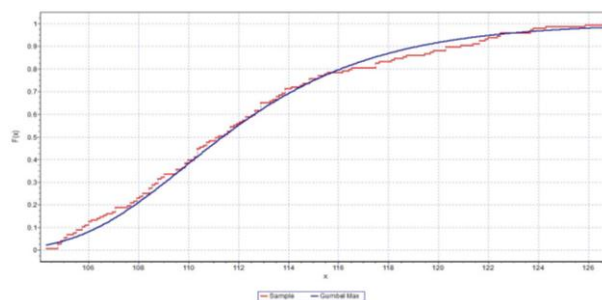
شکل ۳. فرآوانی ماهانه امواج گرمایی

جدول ۱. فرآوانی امواج برحسب تداوم

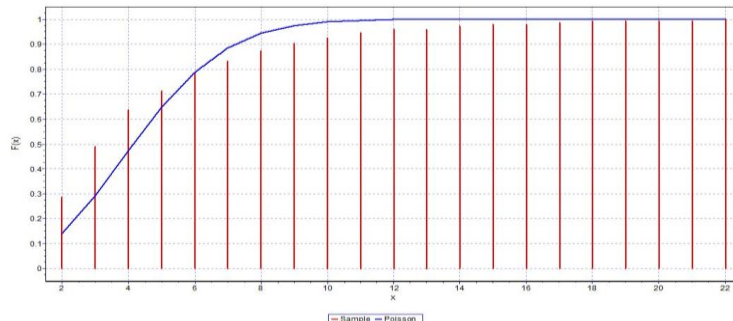
تداوم	روز	فرآوانی
۲	۲	۴۱
۳	۳	۲۹
۴	۴	۲۱
۵	۵	۱۱
۶	۶	۱۰
۷	۷	۷
۸	۸	۴
۹	۹	۴
۱۰	۱۰	۳
۱۱	۱۱	۳
۱۲	۱۲	۲
۱۴	۱۴	۲
۱۵	۱۵	۱
۱۷	۱۷	۱
۱۸	۱۸	۱
۲۲	۲۲	۱

جدول ۲. دوره‌های بازگشت و دمای ظاهری متناظر و تداوم متناظر

تداوم (روز)	میانگین دمایی / سانتی‌گراد	دوره بازگشت (سال)
۹	۴۴	۲
۱۱	۴۶	۵
۱۵	۴۸/۲	۱۰
۲۲	۵۰/۵	۲۵



شکل ۴. نمودار تابع تجمعی احتمال توزیع احتمال گمبل



شکل ۵. نمودار تابع تجمعی احتمال پیرسون

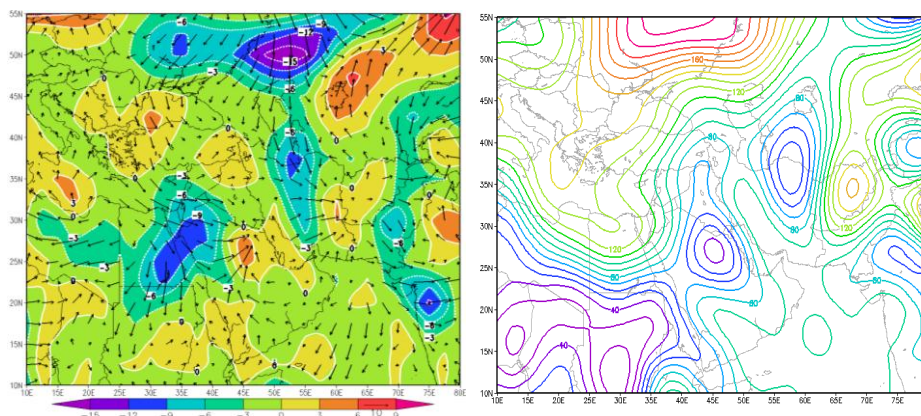
بررسی سینوپتیکی امواج گرمایی دوره گرم سال

در زمان وقوع امواج گرمایی در طی فصل گرم، شاهد دو نوع الگوی پراکنش فشار هستیم که این دو الگو مربوط به سه ماه فصل بهار و سه ماه فصل تابستان است.

فصل بهار

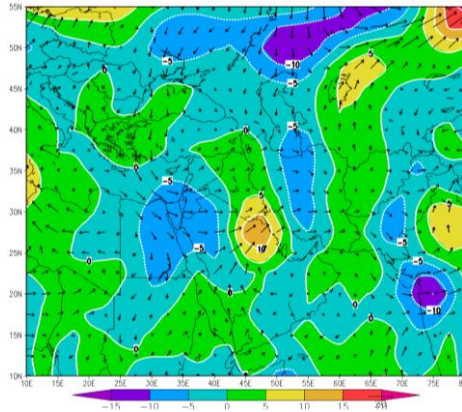
برای تحلیل امواج گرمایی این الگو، تاریخ ۸ آوریل ۲۰۰۹ (۱۹ فروردین ۱۳۸۸)، ساعت ۱۲ زولای به عنوان روز نماینده انتخاب شد. در این روز، در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶)، هسته کم ارتفاع با ارتفاع ۳۰ ژئوپتانسیل متر در آفریقا و چند هسته محلی با ارتفاع ۷۰ ژئوپتانسیل متر در غرب ایران، غرب خلیج فارس، مرکز عربستان و دریای عمان شکل گرفت و همچنین هسته کم ارتفاع ۵۰ ژئوپتانسیل متری در مرکز آفریقا و هسته های پرفشار در مناطقی همچون سبیری و مدیترانه واقع شد. استقرار هسته های فشار موجب وزش هوای گرم از بخش جنوبی عراق و کویت به سمت منطقه تحقیق شد که عامل اصلی ورود هوای گرم عرض های پایین از سمت جنوب و جنوب غرب، ورود زبانه کم فشار گنگ از سمت جنوب شرق به ایران و منطقه تحقیق است. این وزش گرم چیزی در حدود ۲ درجه سانتی گراد در طول ۲۴ ساعت است (شکل ۷). در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۸)، ناوهای کم ارتفاع در شرق مدیترانه با راستای محوری شمال شرقی - جنوب غربی واقع شده که حضور این ناوه و همچنین حضور ناوهای دیگر با امتداد محور شمالی - جنوبی در ایران مرکزی و استقرار پشته ای از این کم ارتفاع بر روی منطقه، موجب پایداری هوا و همچنین تقویت سامانه سطح زمین در منطقه شد. نقشه وزش هوا در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی (شکل ۹) نشان می دهد که میزان وزش هوای گرم، ۱۰ درجه سانتی گراد بود که از نواحی جنوب غربی یعنی شبه جزیره عربستان وارد منطقه شد و سرعت وزش هوای گرم ۲۰ متر بر ثانیه بود. در

سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۰)، نمایانگر استقرار سلول پرفشار جنب‌حاره‌ای عربستان است و همچنین در این سطح بر روی جنوب ترکیه و سوریه هسته کم‌ارتفاعی با ۳۰۰۰ ژئوپتانسیل‌متر دیده می‌شود که زبانه‌های این موج وارد ایران شد. ولی با توجه به استقرار پرفشار بر روی عربستان و جنوب عراق، انتقال رطوبت در این سطح از دریای سرخ به درون منطقه صورت نگرفت و در نتیجه شرایط برای انتقال گرما از بیابان‌های عربستان و عراق از لایه‌های سطوح پایینی به داخل غرب ایران فراهم شد. وزش هوای گرم این سطح (شکل ۱۱) از اتمسفر، ۵ درجه سانتی‌گراد در طی روز و با سرعت ۲۰ متر در ثانیه از سمت کشور عراق بود. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۲)، هسته کم‌ارتفاع بر روی ترکیه قرار گرفت که این کم‌ارتفاع با کم‌ارتفاع‌های بالاتر در ارتباط بود و محور این ناوه با توجه تقویت سلول پرفشار جنب حاره به سمت عرض‌های پایین‌تر گسترش پیدا نکرد؛ بنابراین همانند سطوح زیرین شرایط انتقال رطوبت به داخل منطقه تحقیق وجود ندارد. با توجه به ورود زبانه‌های ناپایدار به غرب ایران، هوای گرم عرض‌های پایین‌تر به داخل منطقه کشیده شد و وزش دما در این سطح (شکل ۱۳) از اتمسفر همانند سطح قبل بود، با این تفاوت که سرعت وزش در این سطح ۳۰ متر بر ثانیه و میزان این وزش ۱۰ درجه سانتی‌گراد در طی روز بود.

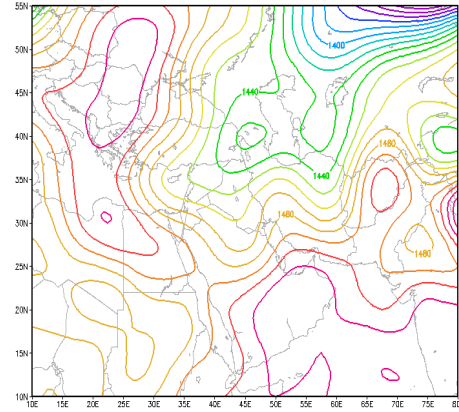


شکل ۷. نقشه وزش دمایی سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۰۴/۰۸

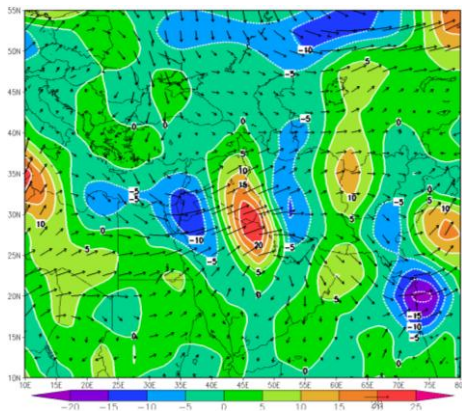
شکل ۶. الگوی پراکنش فشار در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۰۴/۰۸



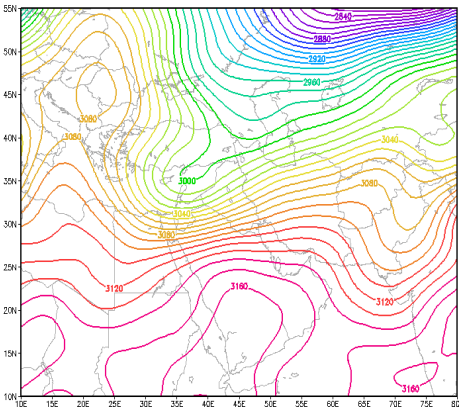
شکل ۹. نقشهٔ وزش دمایی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، ۲۰۰۹/۰۴/۰۸



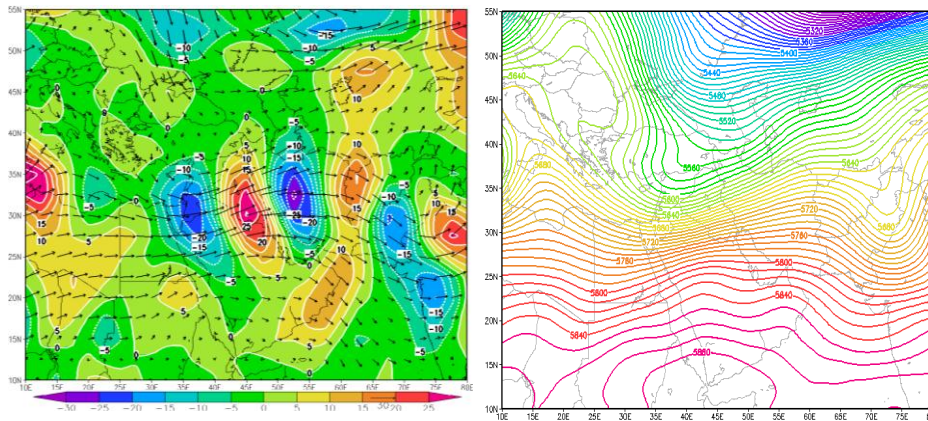
شکل ۸. نقشهٔ ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، ۲۰۰۹/۰۴/۰۸



شکل ۱۱. نقشهٔ وزش دمایی سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال، ۲۰۰۹/۰۴/۰۸

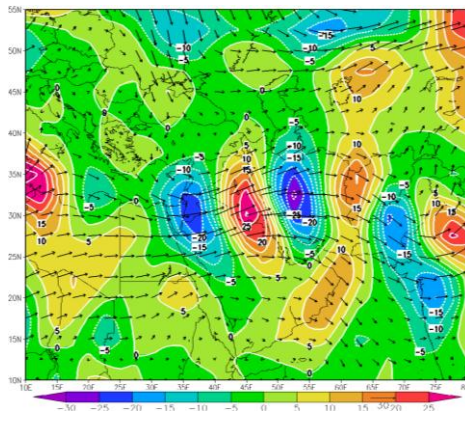


شکل ۱۰. ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال، ۲۰۰۹/۰۴/۰۸



شکل ۱۲. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح

۵۰۰ هکتوپاسکال، ۲۰۰۹/۰۴/۰۸



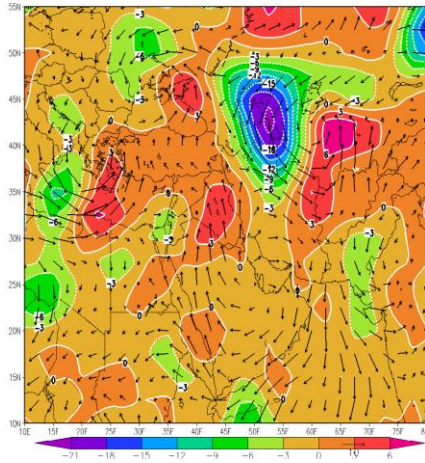
شکل ۱۳. نقشه وزش دمای سطح ۵۰۰

هکتوپاسکال، ۲۰۰۹/۰۴/۰۸

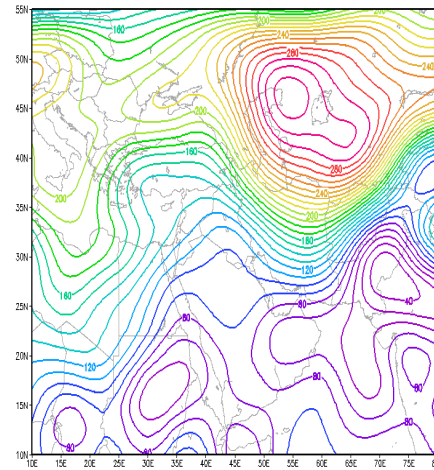
فصل تابستان

برای تحلیل امواج گرمایی این الگو، تاریخ ۱۰ اوت ۲۰۰۱ (۱۹ مرداد ۱۳۸۰) ساعت ۱۲ زولای، نماینده این الگو انتخاب شد. در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۴)، یک کم ارتفاع چهار یا سه هسته‌ای ایجاد شد که هسته‌های آن بیشتر بر روی شبه جزیره عربستان، گنگ و عراق حاکمیت داشت. در این سطح کم فشار گنگ، کم فشار حرارتی عربستان و خلیج فارس باهم ادغام شده که زبانه‌های کم فشار گنگ تا جنوب ترکیه کشیده شد. نقشه وزش هوای گرم در این سطح (شکل ۱۵) نشان داد که دمای مناطق مجاور محدوده مورد پژوهش با دمای منطقه مورد پژوهش برابر بود و در نتیجه وزش هوای گرم صورت نگرفت. در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۶)، حاکمیت پرفشار سلول جنب حاره‌ای عربستان بر روی غرب ایران برقرار بود که با توجه به شکل گیری کم فشار سطح زمین بر روی بیابان‌های عربستان و عراق، شرایط برای انتقال هوای گرم بر روی غرب ایران فراهم شد. سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۷)، هسته پر ارتفاع قدرتمندی با ارتفاع ۳۲۶۰ ژئوپتانسیل متری در شمال شرق قاره آفریقا واقع شد که زبانه‌های آن تا شرق ایران کشیده شد. با استقرار مرکز پر ارتفاع سلول جنب حاره‌ای در این سطح بر روی منطقه مورد مطالعه، هوای ارتفاعات بالا بر روی منطقه فرونشینی کرد. نقشه وزش در این سطح (شکل ۱۸) و سطوح قبلی نشان می‌دهد که وزش هوای گرم بر روی منطقه صورت نگرفت و می‌توان نتیجه گرفت که گرمایش و بروز موج گرم در این روز، تحت تأثیر شرایط دینامیکی بود. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۹)، در این

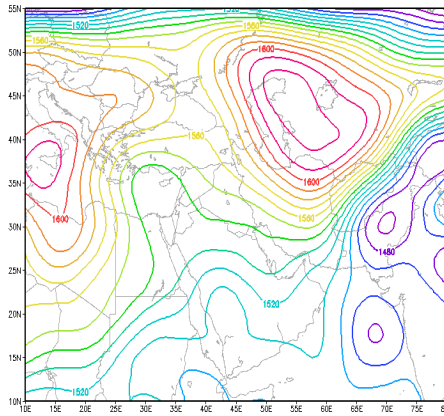
سطح مرکز پراارتفاع جنب حاره‌ای منطقه وسیعی از شمال آفریقا تا دریای خزر را در بر گرفت که در این روز نشست هوا سبب افزایش دما در منطقه شد.



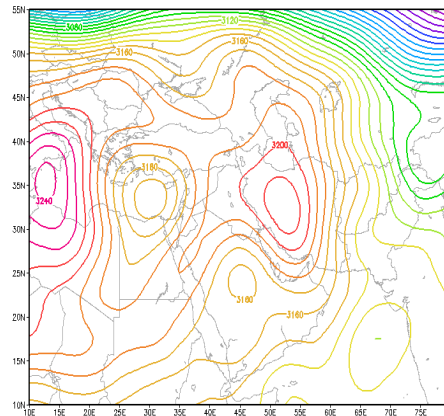
شکل ۱۵. نقشه وزش دمایی سطح
۱۰۰۰هکتوپاسکال، ۱۹ مرداد ۱۳۸۰



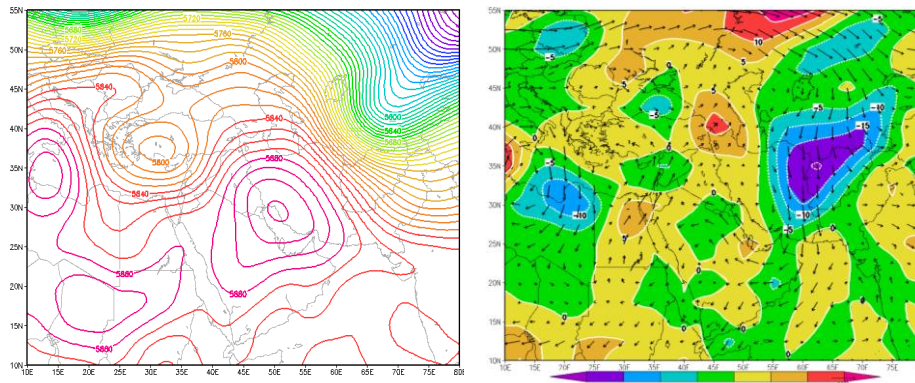
شکل ۱۴. الگوی پراکنش فشار در سطح
۱۰۰۰هکتوپاسکال ۱۹ مرداد ۱۳۸۰



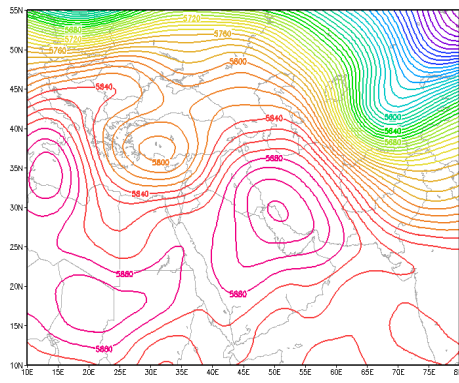
شکل ۱۷. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۷۰۰
هکتوپاسکال، ۲۰۰۱/۰۸/۱۰



شکل ۱۶. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰
هکتوپاسکال، ۲۰۰۱/۰۸/۱۰



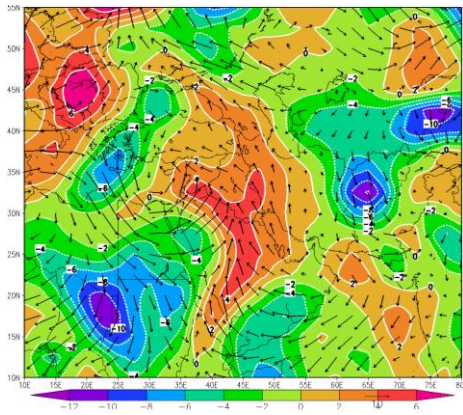
شکل ۱۸. نقشهٔ وزش دمایی سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال، ۲۰۰۱/۰۸/۱۰



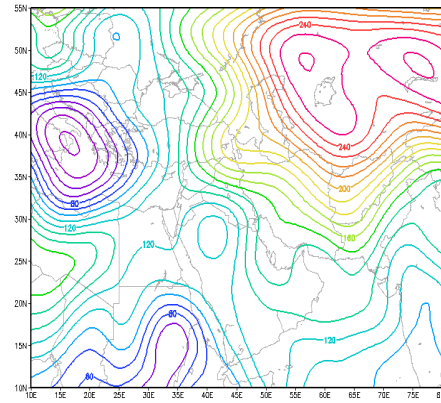
شکل ۱۹. نقشهٔ ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، ۲۰۰۱/۰۸/۱۰

بررسی سینوپتیکی امواج گرمایی دورهٔ سرد سال

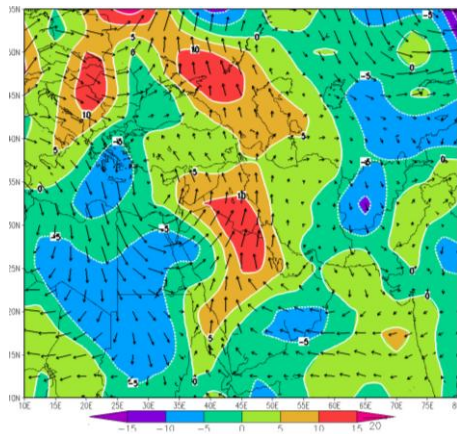
برای تحلیل امواج گرمایی در دورهٔ سرد، تاریخ ۱۲ ژانویه ۲۰۰۴ (۲۲ دی ۱۳۸۲) ساعت ۱۲ زولای به‌عنوان روز نماینده انتخاب شد. در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۰)، مرکز کم‌ارتفاعی بر روی شرق دریای مدیترانه و شمال عربستان قرار گرفت که زبانه‌های آن وارد منطقهٔ تحقیق شد. این نوع آرایش موجب ایجاد گرم‌چالی (استخر گرم) بر روی منطقه و افزایش دمای منطقه شد. نقشهٔ وزش هوای گرم (شکل ۲۱) در این تراز نشان می‌دهد که دما و رطوبت از سمت عربستان و خلیج فارس با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه به سمت منطقه وارد شده که هوای منطقه را در این سطح به‌اندازهٔ ۲ تا ۴ درجهٔ سانتی‌گراد گرم کرد. در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۲)، هستهٔ کم‌ارتفاع ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متری در شرق مدیترانه واقع شد که با حرکت پادساعتگرد خود موجب انتقال هوای گرم و مرطوب از سمت خلیج فارس و هوای گرم از سمت عربستان به منطقهٔ تحقیق شد. نقشهٔ وزش دمایی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۳) نشان می‌دهد که میزان فرارفت دما، ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد در طول روز و جهت این فرارفت از سمت دریای عمان و صحرای عربستان بود. نقشهٔ سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۴) نشان‌دهندهٔ شکل‌گیری کم‌ارتفاع بر روی قبرس و گسترش جریان‌ها به سمت غرب، جنوب غربی و شمال شرقی ایران است و شرایط را برای انتقال گرما و رطوبت به عرض‌های جنوبی فراهم کرده است. در حقیقت، در این الگو، منطقهٔ تحقیق، جلوی جبهه گرم قرار داشت و نفوذ هوای گرم به منطقه، سبب افزایش دما در این موقع از سال شد. نقشهٔ سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۵) نشان می‌دهد یک فراز بر روی ایران گسترده شده و با ایجاد شرایط پایداری هوا، مانع صعود هوای گرم و مرطوب در منطقه شد.



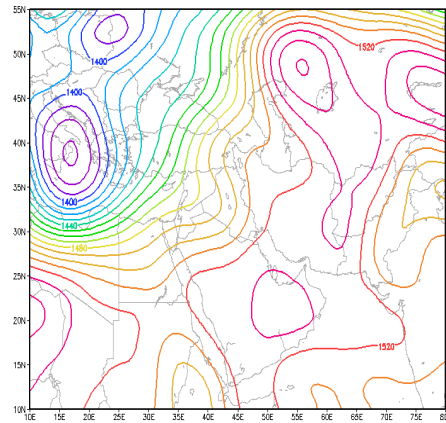
شکل ۲۱. نقشهٔ وزش دما سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال،
۲۰۰۴/۰۱/۱۲



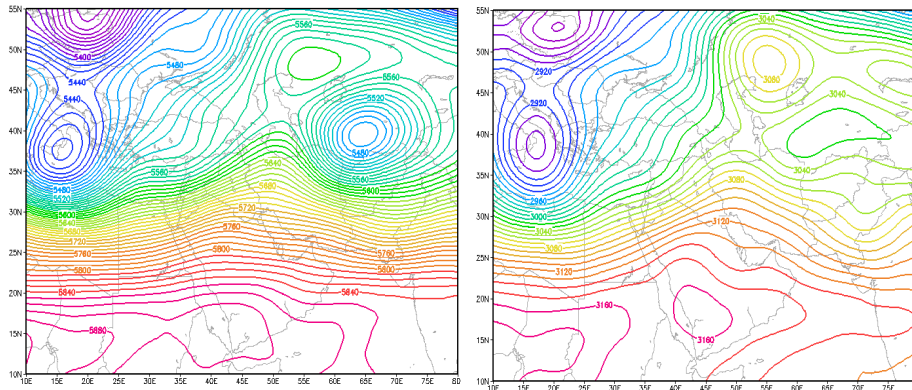
شکل ۲۰. الگوی پراکنش فشار در سطح ۱۰۰۰
هکتوپاسکال، ۲۰۰۴/۰۱/۱۲



شکل ۲۳. نقشهٔ وزش دمای سطح ۸۵۰
هکتوپاسکال، ۲۰۰۴/۰۱/۱۲



شکل ۲۲. نقشهٔ ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰
هکتوپاسکال، ۲۰۰۴/۰۱/۱۲



شکل ۲۵. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰
هکتوپاسکال، ۲۰۰۴/۰۱/۱۲

شکل ۲۴. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۷۰۰
هکتوپاسکال، ۲۰۰۴/۰۱/۱۲

نتایج

هدف این پژوهش، ابتدا شناسایی امواج گرمایی غرب ایران و سپس شناسایی سامانه‌های جوی مؤثر در رخداد امواج گرمایی غرب ایران بود. براساس نتایج، تعداد امواج گرمایی استخراج شده در دوره آماری تحقیق، ۱۴۳ موج بود که از این تعداد ۷۰ موج در دوره گرم و ۷۳ موج در دوره سرد سال رخ داد. این امواج از ۲ روز تا ۲۲ روز از نظر تداوم طبقه‌بندی شدند. بیشترین رخداد این موج‌ها به صورت دو، سه و چهارروزه بوده و سهم موج‌های ده‌روزه به بالا اندک است. بررسی ماهانه امواج گرمایی نشان می‌دهد که بیشترین میزان رخداد امواج، در ماه فروردین و از نظر فصلی تمرکز امواج گرمایی در دوره سرد سال، در فصل زمستان قرار داشت. بررسی سالانه امواج گرمایی در دوره آماری منتخب نشان داد که نیمه دوم دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰، دارای بیشترین فراوانی وقوع موج گرم بود که ۱۲ درصد آن در سال ۲۰۰۶ و ۱۳ درصد آن در سال ۲۰۱۰ رخ داد. بررسی هم‌بندی امواج گرما نشان می‌دهد که در فصول گرم، در سطح زمین، الگوی کم‌فشار حاکم است. بررسی نقشه‌های فشار سطح زمین به خصوص تابستان نشان می‌دهد که زبانه‌های کم‌فشار گنگ تا نواحی مرکزی ایران کشیده شده و حتی زبانه‌های آن تا شمال شرق ایران نفوذ کرده است. در این فصل، کم‌فشار شکل گرفته روی عربستان یکی از سامانه‌های مهم تأثیرگذار بر رخداد امواج گرما و به خصوص تداوم آنهاست که زبانه‌های آن جنوب، جنوب غرب و بخش‌هایی از غرب ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

بررسی شرایط همدیدی امواج گرمایی دوره سرد نشان می‌دهد که آرایش الگوی فشار در سطح زمین و ارتفاعات غرب ایران، الگوی پرفشار است. در حقیقت، در این فصل منطقه تحقیق جلو جبهه گرم قرار داشت و نفوذ هوای گرم به منطقه سبب افزایش دما در این هنگام از سال شد. در زمان رخداد امواج گرمایی زمستانه، دو پراتفاح یکی بر روی سیبری و دیگری بر روی دریای مدیترانه مستقر بود که با حرکت ساعتگرد خود سبب ایجاد مکش هوای گرم نواحی جنوبی همچون عربستان و آفریقا به سمت غرب ایران شد.

مقایسه نتایج این پژوهش با دیگر مطالعات نشان داد که نتایج همدیدی موج‌های گرم در فصول گرم با مطالعات قویدل و رضایی [۱۲]، قویدل و همکاران [۱۳]، مجرد و همکاران [۱۴]، و عساکره و همکاران [۱۰] مطابقت داشت. این پژوهش برخلاف مطالعات دیگر، الگوی همدید موج گرمای فصل سرد را بررسی کرده است. همچنین نتایج آماری این مطالعه با آستانه مورد بررسی با مطالعات اعتمادیان و دوستان [۴]، عساکره و شادمان [۱۱]، اسمعیل‌نژاد و همکاران [۲] و براتی و همکاران [۶] مطابقت دارد.

منابع

- [۱]. احمدی، حسین؛ و تقوی، فرحناز (۱۳۸۴). «روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران». *پژوهش‌های جغرافیایی*. ش ۵۳.
- [۲]. اسمعیلی‌نژاد، مرتضی؛ خسروی، محمود؛ علیجانی، بهلول؛ و مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۲). «نارسایی امواج گرمایی ایران». *مجله جغرافیا و توسعه*. ش ۳۳. ص ۳۹-۵۴.
- [۳]. الماسی، فائقه؛ طاووسی، تقی؛ و حسین‌آبادی، نسرين (۱۳۹۵). «واکاوی رفتار و تغییرات بسامد رخداد امواج گرمایی شهر اهواز». *فصلنامه آمایش جغرافیایی فضا*. ش ۱۹. ص ۱۵۰-۱۳۷.
- [۴]. اعتمادیان، الهه؛ و دوستان، رضا (۱۳۹۶). «تحلیل فضایی امواج گرمایی ایران». *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. ش ۱. ص ۱۷-۳۲.
- [۵]. امیدوار، کمال؛ محمودآبادی، مهدی؛ الفتی، سعید؛ و مرادی، خدیجه (۱۳۹۵). «بررسی آماری احتمال وقوع رخداد امواج گرمایی در ایستگاه‌های منتخب استان کرمانشاه». *مجله مخاطرات محیط طبیعی*. ش ۱۰. ص ۱-۲۴.
- [۶]. براتی، غلامرضا؛ و موسوی، شفیق (۱۳۸۴). «جابه‌جایی مکانی موج‌های زمستانی گرما در ایران». *جغرافیا و توسعه*. ش ۵. ص ۴۱-۵۲.
- [۷]. جهانبخش، سعید؛ و ترابی، سیما (۱۳۸۳). «بررسی و پیش‌بینی دما و بارش در ایران». *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. ش ۷۴.

- [۸]. رحیم‌زاده، فاطمه (۱۳۹۰). روش‌های آماری در مطالعات هواشناسی و اقلیم‌شناسی. انتشارات سید باقر حسینی.
- [۹]. شیرغلامی، هادی؛ و قهرمان، بیژن (۱۳۸۴). «بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه دما در ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم. ش اول.
- [۱۰]. عساکره، حسین؛ مسعودیان، سیدابوالفضل؛ و شادمان، حسن (۱۳۹۲). «تحلیل هم‌دید پویشی فراگیرترین روز گرم ایران طی سال ۱۳۴۰ تا سال ۱۳۸۶». *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ش ۷. ص. ۳۵-۵۲.
- [۱۱]. عساکره، حسین؛ و شادمان، حسن (۱۳۹۴). «شناسایی روابط فضایی روزهای گرم فراگیر در ایران زمین». *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ش ۱۱۶. ص. ۵۴-۶۹.
- [۱۲]. قویدل رحیمی، یوسف؛ و رضایی، محمد (۱۳۹۴). «جستاری پیرامون شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک امواج گرمایی استان کرمان». *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*. ش ۵۴. ص. ۲۷۷-۲۵۳.
- [۱۳]. قویدل رحیمی، یوسف؛ ظرافتی، هادی؛ و فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۹۵). «کاربرد مدل RegCM4 در تحلیل ساختار سینوپتیک موج گرمای جولای ۲۰۰۰ استان خوزستان». *فصلنامه مدرس علوم انسانی (برنامه‌ریزی و آمایش فضا)*. ش ۳. ص. ۲۸۹-۲۸۶.
- [۱۴]. مجرد، فیروز؛ معصوم‌پور، جعفر؛ و طیبه، رستمی (۱۳۹۴). «تحلیل آماری هم‌دید امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه سلسیوس در غرب ایران». *نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ش ۱۳. ص. ۴۱-۵۷.
- [۱۵]. مسعودیان، ابوالفضل؛ عساکره، حسین؛ محمدی، بختیار؛ و حلبیان، امیرحسین (۱۳۹۱). «نمایش و پردازش داده‌های جوی». انتشارات دانشگاه اصفهان.
- [16]. Amengual, A.; Homar, V.; Romero, R.; Brooks, H.E.; Ramis, C.; Gordaliza, M.; & Alonso, S. (2014) "Projections of heat waves with high impact on human health in Europe". *Global and Planetary Change*. Volume 119. pp. 71-84.
- [17]. Beniston, M.; & Diaz, H.F. (2004). "The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate Observations and climate model simulations for Basel". Switzerland. *Glob Planet Change*. 44:73-81.
- [18]. Croitoru, A.; Piticar, A.; Ciupertea, A.; & Roșca, C. (2016). "Changes in heat waves indices in Romania over the period 1961-2015". *Global and Planetary Change*. Volume 146. pp. 109-121.
- [19]. Conti, S.; Meli, P.; Minelli, G.; Solimini, R.; Toccaceli, V.; Vichi, M.; & Perini, L. (2005). "Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy". *Environmental research*, 98(3). pp. 390-399.

- [20]. Founda, D.; Pierros, F.; Petrakis, M. & ; Zerefos, C.(2015). “*Interdecadal variations and trends of the Urban Heat Island in Athens (Greece) and its response to heat waves*”. *Atmospheric Research*. Volumes 161–162. pp. :1-13.
- [21]. Frich, P.; Alexander L.V; Della-Marta P.; Gleason, B.; Haylock, M.; Klein Tank AMG.; & Peterson, T. (2002). “Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century”. *Climate Research*, 19. pp. 193-212.
- [22]. Huth R.; Kysely J. ; & Pokorna L. (1999). “A GCM simulation of heat waves, dry spells, and their relationships to circulation”. *Climatic Change*. 46(1). pp. 29-60.
- [23]. Huang, W.; Kan, H. & Kovats, S. (2010). “The impact of the 2003 heat wave on mortality in Shanghai, China”. *Science of the Total Environment*. 408. pp. 2418–2420.
- [24]. Kripalani, R. H. ; & Kulkarni , A. “Heat Waves and Floods across Asia: Was El Ni-no, Then La Nina the Cause, University of Nebraska – Lincoln, ndian Institute of Tropical Meteorology”. February. <http://digitalcommons.unl.edu/droughtnetnews/> 50. pp. 19-37.
- [25]. Kysely, J. ; Huth, R.; Kim, J. (2010). “Evaluating heat-related mortality in Korea by objective classifications of ‘air masses’”. *International Journal of Climatology*. 30. pp. 1484–1501.
- [26]. NOAA. (2007). *Natural Hazard Statistics, National Oceanic and Atmospheric Administration*.
- [27]. Pezza , A. ,van Rensch, P. ; & Cai, W. (2006) “Severe heat waves in Southern Australia: synoptic climatology and large scale connections”. 10.1007/s00382-011-1016-2 *Clim Dyn*, DOI.century", *Science* 305. pp. 994–997.
- [28]. Philips, Adams. (2005). “Tropical Atlantic Influence on European Heat Waves”. *Journal of Climat*. Vol 18:15. pp. 2805-2811.
- [29]. Rensch , P. V. & Cai, W. (2008). “*Severe heat waves in Southern Australia: synoptic climatology and large scale connections*”. *Clim Dyn*. 28. pp. 209-224.
- [30]. Robinson, P. (2001). “On the definition of a heat wave”. *Journal of Applied Meteorology*. 40. pp. 762-775
- [31]. Seluchi, M.; Norte, F.; Gomes; J. ; & Simonelli, S.(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. pp. 2009-2010.
- [32]. Steadman, R. G. (1984). “A universal scale of apparent temperature”. *Climate Applied Meteorology*. 23. pp. 1674–1687.
- [33]. Theoharatos, G. ; Pantavou, K. ; Mavrakis, A.; Spanou, A.; Katavoutas, G.; Efstathiou, P.; & Asimakopoulos, D. (2010). “Heat waves observed in 2007 in Athens, Greece: Synoptic conditions, bioclimatological assessment, air quality levels and health effects”. *Environmental Research*. Volume 110, Issue 2. pp. 152-161.