

مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره دهم، زمستان ۱۳۹۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۵/۱۰

صفحات: ۱-۲۴

## بررسی آماری احتمال وقوع رخداد امواج گرمایی در ایستگاه‌های منتخب استان کرمانشاه

کمال امیدوار<sup>۱\*</sup>، مهدی محمودآبادی<sup>۲</sup>، سعید الفتی<sup>۳</sup>، خدیجه مرادی<sup>۴</sup>

### چکیده

آب و هوای کره زمین در طول قرن بیستم، به ویژه در دو دهه اخیر تعادل خود را از دست داده و بیشتر تمایل به افزایش دما نشان داده است که این امر می‌تواند موجب ناهنجاری‌های هیدرولوژیک، تبخیر سریعتر و مشکلاتی در بخش کشاورزی گردد. در پژوهش حاضر وقوع امواج گرمایی با تداوم‌های مختلف در استان کرمانشاه به کمک زنجیره مارکوف و آمار بلندمدت ۲۰ ساله دمای بیشینه روزانه دوره آماری (۱۳۷۲-۱۳۹۱) انجام شده است. داده‌های آماری بیشینه دمای روزانه شش ایستگاه همدید در استان که دارای حداقل ۲۰ سال آمار روزانه پیوسته بودند انتخاب گردیدند و با طرح یک شاخص آماری بر روی این داده‌ها در یک-یک ایستگاه‌های استان، دماهای بیشینه که از شاخص مورد نظر بیشتر بودند، به عنوان موج گرمایی معرفی شدند. پس از استخراج داده‌های مورد نظر در هر ایستگاه به دو دسته امواج کوتاه‌مدت و بلندمدت تقسیم و روند آنها بررسی شد سپس با بهره‌گیری از زنجیره مارکوف دوره تداوم بازگشت این امواج گرمایی شناسایی و مورد واکاوی قرار گرفت. نتیجه بدست آمده نشان داد در استان کرمانشاه بیشترین موج گرمایی رخ داده در ماه تیر و مرداد بوده است که این تغییرات روندی افزایشی در این دوره آماری داشته است، این مورد بویژه در سال ۱۳۸۰ نمود بیشتری پیدا کرده است که به بالاترین حد خود رسیده است. همچنین در راستای استدلال علمی قویتر تحقیق به تشریح همدیدی موج گرم ۷ روزه از ۲ تا ۸ مرداد ۱۳۸۰ پرداخته شد. در نهایت نسبت به برآورد احتمال وقوع دوره‌های موج گرمایی ۱ تا ۹ روزه در ایستگاه‌های مورد مطالعه اقدام گردید. بیشترین موج گرمایی پیوسته چند روزه در ماه مرداد رخ داده، در این مورد بیشترین موج گرمایی ۹ روزه در ماه تیر در ایستگاه کرمانشاه با تداوم ۲۵ روز برآورد شده است.

واژگان کلیدی: موج گرمایی، دمای بیشینه، زنجیره مارکوف، استان کرمانشاه.

<sup>۱</sup>- استاد اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۲</sup>- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۳</sup>- کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۴</sup>- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

komidvar@yazd.ac.ir

mehdi9692000@gmail.com

solfati@yahoo.com

## مقدمه

تغییرات شدید و ناگهانی دما تأثیرات نامطلوبی بر زیست موجودات مختلف می‌گذارد. از جمله تأثیرات نامطلوب تغییرات دمایی (موج گرم و سرد) ائتلاف موجودات زنده در شرایط بالا و پایین محدوده دمای اکولوژیک و تأثیر آن بر روی منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد. به همین شکل تأثیرات مخرب این پدیده‌های اقلیمی بر تأسیسات و بناهای انسان‌ساخت بسیار زیاد است و طی رخداد چنین پدیده‌هایی خسارات فراوانی به جا می‌گذارد. افزایش مصرف انرژی در هنگام وقوع این پدیده‌ها از جمله تأثیرات نامطلوب آنها می‌باشد. امروزه مبحث تغییر اقلیم به دلیل ابعاد وسیع علمی و کاربردی آن دارای اهمیت قابل توجهی است و درک علل و ماهیت این تغییرات از اهم اهداف جمع‌آوری داده‌های هوا و اقلیم و پایش پدیده‌های اقلیمی است (خورشیددوست و همکاران، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹). افزایش میانگین دمای کره زمین و تغییرات آن نمایه‌ای از تغییرات اقلیمی است که در تمامی نظریه‌های تغییر اقلیم به آن توجه شده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴). بررسی‌های جدید افزایشی در متوسط جهانی دما حدود ۰/۴ تا ۰/۸ درجه را طی قرن بیستم نشان می‌دهد، اگرچه این روند از نظر مکانی و زمانی یکنواخت نیست (محمدی و تقوی، ۱۳۸۴). امواج گرمایی از تظاهرات اصلی تغییرات اقلیمی جهان هستند که به لحاظ فراوانی وقوع و صدمات جانی و مالی به وجود آمده بسیار اهمیت دارد (بالوک و همکاران، ۲۰۰۹).

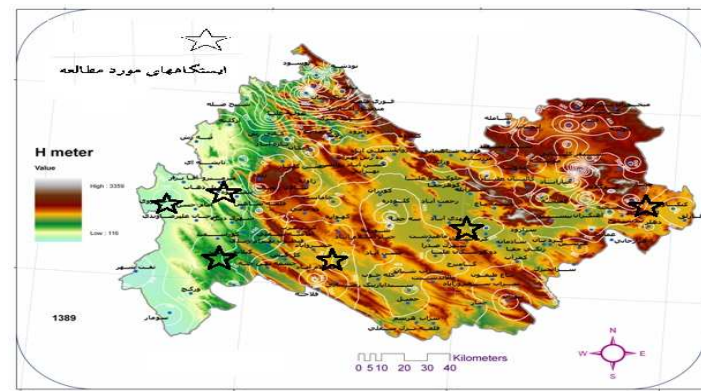
از نظر تعریف، کوتولیاکف و کومارووا به نقل از قویدل‌رحیمی (۱۳۹۰) گرمایش شدید هوا یا حاکمیت و تهاجم هوای بسیار گرم در ناحیه‌ای بسیار وسیع را موج گرما می‌گویند. از نظر آماری امواج گرمایی به نوسانات مثبت یا کرانگین-های بالای میانگین دمای بیشینه روزانه گفته می‌شود که طی روزها، هفته‌ها و ماه‌های متوالی در فضاها جغرافیایی خاصی استمرار زمانی دارند (قویدل‌رحیمی، ۱۳۹۰). می‌توان از خسارات جانی امواج گرمایی مرگ ۵۲۰۰۰ نفر در اروپا در سال ۲۰۰۳ بر اثر امواج گرما را مثال زد که از نمونه‌های حاد این قضیه است (بانتا، ۲۰۰۷). در ارتباط با تغییرات صورت گرفته در الگوهای جهانی دمای متوسط کره زمین تحقیقاتی متعدد صورت گرفته است. کیلسی و همکاران (۲۰۱۰) در خصوص بیماری‌ها و مرگ و میرهای ناشی از امواج گرمایی در کره جنوبی با استفاده از طبقه‌بندی توده‌های هوایی تحقیقی را به انجام رسانده‌اند.

سلوچی و همکاران (۲۰۰۶) به تحلیل سینوپتیکی و ترمودینامیکی موج گرمایی سال ۲۰۰۳ در ناحیه جنب حاره‌ای آمریکای جنوبی پرداختند و وجود جوی پایدار و فرارفت دما و رطوبت را عامل اصلی ایجاد و شدت آن معرفی کردند. براتی و موسوی (۱۳۸۴) در تحقیقی به جابجایی موج‌های زمستانی گرما در ایران پرداختند و نتیجه گرفتند جابجایی مکانی موج‌های هوای گرم ایران در مناطق کوهستانی و برف‌گیر کشور به سوی شمال غرب طی نیمه سرد سال است. قویدل‌رحیمی (۱۳۹۰) در پژوهش خود به شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل هم‌دیدگی موج ابرگرم تابستان ۱۳۸۹ در ایران پرداخت و نتیجه گرفت وجود یک کم‌فشار حرارتی بر روی شبه جزیره عربستان و اثرات ناشی از تسری و فعالیت و مهاجرت کم‌فشار مذکور به سمت ایران عامل اصلی گرمایش در ایران بوده است. یزدان‌پناه و علیزاده (۱۳۹۰) اقدام به برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره ماکوف نمودند و نتیجه گرفتند که بیشترین موج گرمایی رخ داده در ماه آوریل و مه بوده که این تغییرات روندی افزایشی در طول دوره آماری داشته‌اند. اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) امواج گرمایی ایران زمین را شناسایی نمودند.

علیجانی و همکاران طبقه‌بندی موج گرمایی در استان گیلان را انجام دادند در تحلیلی دیگر دارند (۱۳۹۳) امواج گرمایی ایران زمین را شناسایی و تحلیل زمانی و مکانی نمود و نتیجه گرفت نرخ تغییرات روند افزایشی در دشت لوت بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. همچنین می‌توان به کارهای سانتر و همکاران (۱۹۹۵)، هگزل و همکاران (۱۹۹۷)، جونز و هگزل (۱۹۹۸)، حجازی‌زاده و شیرخانی (۱۳۸۲)، مسعودیان (۱۳۸۳)، علیجانی و همکاران (۱۳۹۲) اشاره داشت. حال هدف این پژوهش آن است به برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمانشاه بپردازد.

### روش‌شناسی تحقیق

محدوده مورد مطالعه استان کرمانشاه است که در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱ دقیقه شرقی در غرب کشور قرار گرفته است.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

برای بررسی روند دمایی در استان کرمانشاه، داده‌های بیشینه روزانه دمای ایستگاه‌های همدید برای دوره گرم سال ( فروردین - شهریور ) سال‌های ( ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۱ ) جمع‌آوری گردید. از آن جهت که بعضی از ایستگاه‌های سینوپتیک سطح استان فاقد ۲۰ سال پیوسته، آمار بودند، به همین علت فقط ایستگاه‌هایی که دارای ۲۰ سال متوالی آمار بودند (قصرشیرین، سرپل‌ذهاب، گیلانغرب، اسلام‌آباد غرب، کرمانشاه و کنگاور) انتخاب شدند. با استفاده از این داده‌ها برای محاسبه موج گرمایی، ابتدا میانگین و انحراف معیار داده‌ها به کمک معادلات زیر محاسبه گردید.

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - m)^2}{n}} \quad \text{معادله (۲):}$$

در این رابطه  $m$  میانگین داده‌ها و  $x_i$  دمای بیشینه ایستگاه‌ها و  $n$  تعداد روز است و در معادله (۲)،  $\sigma$  انحراف معیار دمای بیشینه روزانه ایستگاه‌ها است که برای کل آماری محاسبه شده است. برای تعیین روزهایی که موج گرمایی رخ داده است. از شاخص موج گرمایی بالدی (۲۰۰۴) استفاده گردید.

$$\text{heat wave} = m + 1.5 * \sigma \quad \text{معادله (۳)}$$

برای تعریف موج گرمایی معادله فوق به صورت نقطه‌ای برای هر ایستگاه به صورت جداگانه محاسبه شده و روزهایی که آمار دمای بیشینه آنها از شاخص مورد نظر بیشتر بود، به دو دسته موج گرمایی کوتاه‌مدت و موج گرمایی بلندمدت گروه‌بندی شدند. گروه اول امواجی هستند که بین ۱ تا ۳ روز تداوم داشتند و گروه دوم امواجی هستند که ۶ روز و بالاتر از ۶ روز تداوم داشتند (بالدی، ۲۰۰۴). در مرحله بعد نمودار هر یک از ماه‌های مذکور بر اساس تعداد روزهای همراه با موج گرمایی ترسیم گردید. برای نشان دادن تغییرات و دوره تداوم و همچنین بازگشت امواج گرمایی مورد شناسایی قرار گرفته، از زنجیره مارکوف استفاده شد.

مدل زنجیره مارکوف از تکنیک‌های ریاضی برای تحلیل تصادفی می‌باشد که تداومی از مشاهدات را در طول زمان نشان می‌دهد (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹). استفاده از این تکنیک از جهت قابلیت‌هایی که در ساده کردن و حل بسیاری از مسائل مربوط به فرایندهای وابسته دارد، بسیار مورد توجه محققان در رشته‌های مختلف است (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۴؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹). وابستگی این زنجیره به زمان یا از طریق ضرایب همبستگی سری یا با استفاده از ماتریس احتمال - انتقال بیان می‌گردد (آشگرتوسی و همکاران، ۱۳۸۰).

استفاده از این تکنیک از جهت قابلیت‌هایی که در ساده کردن و حل بسیاری از مسائل مربوط به فرایندهای وابسته دارد، بسیار مورد توجه محققان در رشته‌های مختلفی چون هواشناسی، اقلیم‌شناسی، اقتصاد و صنعت است (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۴؛ حجام و یوسفی، ۱۳۸۶؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ یزادپناه و علیزاده، ۱۳۹۰). در مرحله اول در جهت انطباق داده‌های مورد بررسی بر زنجیره مارکوف، تجزیه و تحلیل آنها و بدست آوردن فراوانی وقوع روزهای همراه با موج و درصد هر یک از آنها به صورت جداگانه، ماه به ماه برای هر یک از ماه‌ها مورد بررسی قرار گرفت که بدین منظور یک ماتریس  $2 \times 2$  از فراوانی داده‌ها با توجه به وقوع رخداد روز قبل و بعد موج طبق معادله شماره (۴) تشکیل شده و سپس فراوانی و درصد فراوانی شرطی هریک از داده‌ها محاسبه گردید که ارقام این ماتریس در محاسبه معادلات بعدی موثر است.

$$\begin{bmatrix} n_{00} & n_{01} \\ n_{10} & n_{11} \end{bmatrix} \quad \text{معادله (۴)}$$

محاسبه ماتریس احتمال زنجیره مارکوف ( $p$ ) را برای بار اول دو حالت می‌توان به این شکل نوشت: روز بدون موج با (0) و روز همراه با موج با (1) نشان داده شود. جمله  $p_{11}$ ؛ یعنی احتمال روز همراه با موج پس از یک روز موج گرمایی دیگر و جمله  $p_{00}$  بدان معنا می‌باشد که احتمال روز بدون موج پس از یک روز بدون موج دیگر است

(حجازی زاده و شیرخانی، ۱۳۸۲). مقادیر فصلی احتمال انتقال شرطی برای همه ایستگاه‌های مورد مطالعه براساس معادلات (۵ و ۶) محاسبه و در جداول (۲ تا ۷) بیان گردیده است.

$$p_{01} = \frac{n_{01}}{n_{01} + n_{11}}, \quad P_{00} = 1 - p_{01} \quad \text{معادله (۵)}$$

$$p_{10} = \frac{n_{10}}{n_{10} + n_{11}}, \quad P_{11} = 1 - p_{10} \quad \text{معادله (۶)}$$

سپس برای تعیین یک دوره موج گرمایی متوالی  $n$  روزه در سری مشاهدات در هر یک از ایستگاه‌هایی که چند روز تکرار شده‌اند، از طریق معادله شماره (۷) محاسبه شده است.

$$H_n = 1 + \frac{(N-n)pq(1-q)^{n-1}}{p+q} \quad \text{معادله (۷)}$$

که در معادله فوق  $H_n$ : طول دوره موج گرمایی،  $N$ : تعداد کل روزهای آماری،  $n$ : تعداد دوره پیوسته  $q=10$  و  $p=01$  است. در نهایت هم دوره بازگشت  $n$  روزه برای همه ماه‌ها به صورت جداگانه در کل ایستگاه‌ها طبق معادله شماره (۸) محاسبه گردیده و در جداول (۱۴ تا ۱۹) بیانگر گردیده است.

$$R_h = \frac{(p+q)}{pq(1-q)^n} \quad \text{معادله (۸)}$$

در این رابطه  $R_h$  دوره بازگشت موج گرمایی  $n$  روزه و  $p, q$  عناصر ماتریس احتمال انتقالی هستند. هدف از محاسبه دوره بازگشت پاسخ دادن به این سوال است که هر روز موج گرمایی چه دوره بازگشتی دارد که تعیین این دوره بازگشت‌ها برای انجام راهکارها و مقابله با موج گرمایی مفید است (یزدان‌پناه و علیزاده، ۱۳۹۰).

### یافته‌های تحقیق

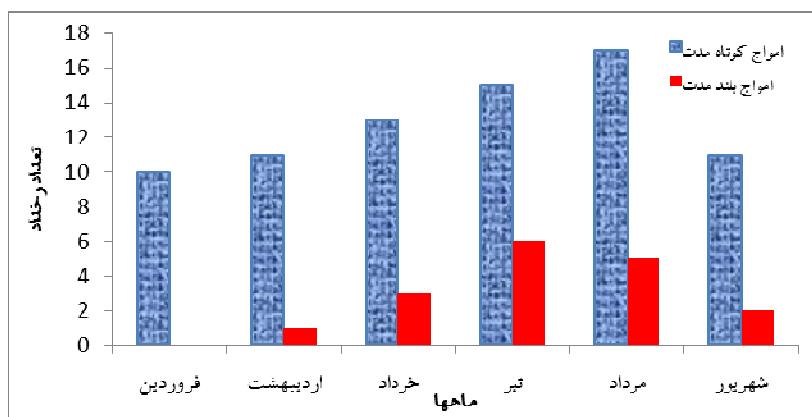
در قسمت یافته‌های این تحقیق در مرحله اول به ارزیابی نتایج بدست آمده از امواج گرمایی پرداخته می‌شود. با استفاده از شاخص موج گرمایی که در بالا گفته شد، روزهایی که دمای حداکثر روزانه آنها از شاخص مورد نظر بیشتر بود، شناسایی و به صورت جداگانه در هر ایستگاه به صورت ماهانه طبقه‌بندی شدند. سپس روزهایی که تعداد موج گرمایی آنها در هر ایستگاه بین ۱ تا ۶ روزه بود، به عنوان موج کوتاه‌مدت و روزهایی که از ۶ روز به بالا بوده‌اند، موج

بلندمدت معرفی شدند ( بالدی، ۲۰۰۴). نتایج حاصل از امواج گرمایی در جدول (۱) به شرح زیر است. نتایج جدول بر اساس تلفیق کل سال ها و ایستگاه ها می باشد.

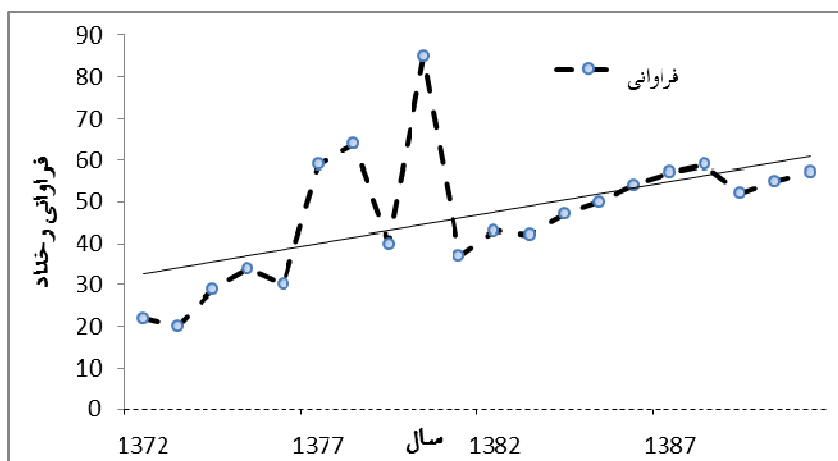
جدول ۱: تعداد رخداد های موج گرمایی به تفکیک ماه

موج کوتاه مدت	موج بلندمدت	تعداد رخدادها	درصد رخدادها	تعداد روزها	درصد روزها	
۱۰	۰	۱۰	۱۰/۶	۱۰۲	۱۳/۱	فروردین
۱۱	۱	۱۲	۱۲/۸	۱۲۰	۱۵/۴	اردیبهشت
۱۳	۳	۱۶	۱۷	۱۳۷	۱۷/۶	خرداد
۱۵	۶	۲۳	۲۴/۵	۱۴۱	۱۸/۱	تیر
۱۷	۵	۲۰	۲۱/۳	۱۶۲	۲۰/۸	مرداد
۱۱	۲	۱۳	۱۳/۸	۱۱۷	۱۵	شهریور
۷۷	۱۷	۹۴	۱۰۰	۷۷۹	۱۰۰	

بر اساس جدول فوق همانگونه که مشاهده می گردد، بیشترین موج گرمایی کوتاه مدت در ماه مرداد با تعداد ۱۷ رخداد و همچنین بیشترین موج گرمایی بلند مدت در ماه تیر با ۶ رخداد همراه بوده است. شکل شماره (۱) نشان دهنده تعداد موج گرمایی کوتاه مدت و بلند مدت در هر ماه است. در واقع این نمودار نشان می دهد که میزان تغییر پذیری موج گرمایی در هر ماه متفاوت بوده و به صورت کلی، بیشترین رخداد موج گرمایی به صورت کوتاه مدت و بلند مدت در ماه تیر بوده که ۲۴/۵٪ رخدادها را به خود اختصاص داده است. ماه فروردین تنها ماهی است که در طول این دوره ۲۰ ساله مورد مطالعه موج گرمایی بلند مدت را تجربه نکرده است و با تعداد ۱۰ موج، کمترین تعداد موج را نسبت به دیگر ماه های گرم سال داشته است. چنانچه بخواهیم بر اساس تعداد کل روزهای همراه با موج را نیز بررسی کنیم، ماه مرداد ۲۰/۸٪ و ماه تیر با ۱۸/۱٪ بیشترین روزها را به خود اختصاص داده اند. میزان تغییر پذیری موج گرمایی در استان کرمانشاه را در طول دوره مورد مطالعه (۱۳۷۲-۱۳۹۱) در شکل شماره (۲) نشان داده شده است. این نمودار بر اساس تعداد کل موج های گرمایی رخ داده در هر سال است که از جمع کل موج های هر ایستگاه به دست آمده است. همانگونه که مشخص است استان کرمانشاه دارای یک روند افزایشی در گرما است. این افزایش دما خصوصا از نیمه دهه ۷۰ به خوبی مشهود است و هرگز تا پایان دوره مورد مطالعه، حالت اولیه خود را باز نیافته است.



شکل ۲: نمودار تغییر ماهانه موج گرمایی بلند و کوتاه مدت طی دوره (۱۳۷۲-۱۳۹۱) در ایستگاههای منتخب استان کرمانشاه



شکل ۳: نمودار روند موج گرمایی بر اساس سال در ایستگاههای منتخب استان کرمانشاه

بر اساس پژوهشی که مسعودیان (۱۳۸۷) انجام داده است دمای ایران زمین با آهنگ ۲ درجه در هر قرن در حال افزایش است. اما این افزایش دما در تمام ماهها و فصول یکنواخت نبوده و در ماههای گرم سال این افزایش دما بیشتر از نیمه سرد سال است. بر اساس پژوهشی که یزدان پناه و علیزاده (۱۳۹۰) در مورد امواج گرمایی در استان کرمان به انجام رساندند استان کرمان نیز در حال تجربه کردن این روند افزایش دمایی است. پژوهش حاضر نشان می‌دهد که این افزایش دما در استان کرمانشاه نیز صادق بوده به گونه‌ایکه این تغییرات در سال ۱۳۸۰ دارای یک اوج بوده که گرمترین سال در دوره آماری منطقه مورد مطالعه در کل سالها است.

در مرحله دوم به برآورد احتمال وقوع دوره‌های موج گرمایی با استفاده از زنجیره مارکوف پرداخته شد. در این پژوهش، با استفاده از زنجیره مارکوف مشخصات و ویژگی‌های موج گرمایی من جمله: فراوانی وقوع، فراوانی شرط،

دوره تداوم  $n$  روزه و دوره بازگشت  $n$  روزه داده‌ها با استفاده از معادلات (۱ تا ۵) محاسبه شده که نتایج این محاسبات در جداول (۲ تا ۱۹) بیان گردیده است.

همان گونه که انتظار می‌رفت با توجه به اینکه ایستگاه‌های واقع در غرب محدوده مورد مطالعه اقلیمی گرم دارند لذا بر اساس جداول ۲ تا ۷ نیز مشاهده گردید که احتمال وقوع حالت انتقالی یک روز گرم به روز گرم دیگر P11 در ایستگاه‌های سرپل ذهاب و قصر شیرین به مراتب بیشتر از ایستگاه‌های سردسیری منطقه همانند کنگاور است. در سایر حالت‌ها نیز این نکته مشهود بود لذا احتمال وقوع موج گرمایی مناطق غربی منطقه مورد مطالعه بسیار بیشتر از سایر ایستگاه‌هاست.

در این قسمت از پژوهش به واکاوی احتمالات و دوره تداوم به دست آمده از زنجیره مارکوف پرداخته می‌شود. با واکاوی ویژگی‌های دوره‌های تداوم موج گرمایی، شرایط ۶ ایستگاه کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، سرپل ذهاب، قصر شیرین، کنگاور، گیلانغرب با بهره‌گیری از مدل زنجیره مارکوف بررسی شد.

احتمال‌های شرطی مرتبه اول دوره‌های همراه با موج این ایستگاه‌ها عمدتاً در محاسبات بعدی احتمالات مورد نیاز بوده‌اند. بیشترین حالت درصد فراوانی شرطی روزهای بدون موج مربوط به ایستگاه کنگاور در ماه فروردین با فراوانی شرطی  $13/1\%$  است، کمترین روزهای بدون موج مربوط به ایستگاه قصر شیرین در ماه مرداد با فراوانی شرطی  $20/8\%$ ، بیشترین فراوانی مربوط به حالت موج گرمایی پس از یک موج گرمایی دیگر مربوط به ایستگاه قصر شیرین در ماه مرداد با فراوانی شرطی  $20/8\%$  و کمترین این حالت مربوط به ایستگاه کنگاور و اسلام‌آباد غرب در ماه فروردین با فراوانی شرطی  $10/6\%$ . در ضمن همانگونه که گفته شد کمترین رخداد امواج گرمایی در کل ایستگاه‌های مورد بررسی در ماه فروردین است. نتایج به دست آمده از این فراوانی‌ها بیانگر آن است که تغییرات دمای بیشینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه با هم تفاوت دارند که این امر متأثر از ناهم‌واری‌ها و اقلیم محلی استان کرمانشاه است به گونه‌ایکه نواحی مراکزی و شرقی استان دارای ارتفاع بلندتری نسبت به غرب استان که دارای ارتفاع کم و ماهیتی نسبتاً خشک است. این خصیصه سبب تفاوت دمای بیشینه در سطح استان شده است.

نتایج بدست آمده از معادلات ۵ و ۶ و جداول احتمال هر یک از حالت‌های چهارگانه ذکر شده محاسبه گردید و نشان داد که بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه، احتمال حالت  $p00$ ؛ یعنی یک حالت بدون موج گرمایی را نسبت به دیگر حالات را به صورت بیشترین درصد تجربه کرده‌اند و بیشترین احتمال یک روز بدون موج که پس از یک موج گرمایی رخ دهد متعلق به ایستگاه کرمانشاه در ماه‌های تیر و مرداد است با احتمال  $4\%$  است. احتمال این حالت بین  $1\%$  تا  $4\%$  در بین ایستگاه‌ها متغیر می‌باشد که کمترین حالت رخ داده در بین چهار حالت مذکور می‌باشد. همچنین بیشترین احتمال اینکه پس از یک روز همراه با موج، یک روز بدون موج اتفاق بیفتد مربوط به ایستگاه کنگاور در ماه فروردین با احتمال  $61\%$  می‌شود. اما مهمترین حالتی که می‌تواند مشکلات و مسائلی را بیافریند وجود پیوسته موج گرمایی به صورت چند روز پی در پی می‌باشد که این حالت در ایستگاه‌های سرپل ذهاب، قصر شیرین و گیلانغرب در ماه‌های تیر و مرداد بیشترین رخداد را داشته‌اند.



جدول ۲: مقدار احتمال حالت‌های انتقالی شرطی موج گرمایی ایستگاه کرمانشاه

P11	P10	P01	P00	
٪۴۰	٪۶۰	٪۲	٪۹۸	فروردین
٪۵۲	٪۴۸	٪۲	٪۹۸	اردیبهشت
٪۴۵	٪۴۵	٪۳	٪۹۷	خرداد
٪۴۸	٪۵۲	٪۴	٪۹۶	تیر
٪۴۳	٪۵۷	٪۴	٪۹۶	مرداد
٪۴۵	٪۵۵	٪۲	٪۹۸	شهریور

جدول ۳: مقدار احتمال حالت‌های انتقالی شرطی موج گرمایی ایستگاه اسلام‌آباد غرب

P11	P10	P01	P00	
٪۴۲	٪۵۸	٪۱	٪۹۹	فروردین
٪۴۲	٪۵۸	٪۱	٪۹۹	اردیبهشت
٪۴۵	٪۵۵	٪۲	٪۹۸	خرداد
٪۴۸	٪۵۲	٪۲	٪۹۸	تیر
٪۵۲	٪۴۸	٪۲	٪۹۸	مرداد
٪۵۴	٪۴۶	٪۱	٪۹۹	شهریور

جدول ۴: مقدار احتمال حالت‌های انتقالی شرطی موج گرمایی ایستگاه سرپل‌ذهاب

P11	P10	P01	P00	
٪۴۸	٪۵۲	٪۱	٪۹۹	فروردین
٪۴۵	٪۵۵	٪۲	٪۹۸	اردیبهشت
٪۶۰	٪۶۰	٪۲	٪۹۸	خرداد
٪۶۲	٪۳۸	٪۳	٪۹۷	تیر
٪۶۴	٪۳۶	٪۳	٪۹۷	مرداد
٪۴۴	٪۵۶	٪۲	٪۹۸	شهریور

جدول ۵: مقدار احتمال حالت‌های انتقالی شرطی موج گرمایی ایستگاه قصرشیرین

P11	P10	P01	P00	
٪۴۱	٪۵۹	٪۱	٪۹۹	فروردین
٪۴۴	٪۵۶	٪۲	٪۹۸	اردیبهشت
٪۴۷	٪۵۳	٪۳	٪۹۷	خرداد
٪۶۴	٪۳۶	٪۳	٪۹۷	تیر
٪۶۴	٪۳۶	٪۳	٪۹۷	مرداد
٪۴۵	٪۵۵	٪۲	٪۹۸	شهریور

جدول ۶: مقدار احتمال حالت‌های انتقالی شرطی موج گرمایی ایستگاه کنگاور

P11	P10	P01	P00	
٪۳۹	٪۶۱	٪۱	٪۹۹	فروردین
٪۳۳	٪۶۷	٪۱	٪۹۹	اردیبهشت
٪۳۳	٪۶۷	٪۱	٪۹۹	خرداد
٪۴۰	٪۶۰	٪۲	٪۹۸	تیر
٪۴۴	٪۵۶	٪۲	٪۹۸	مرداد
٪۴۱	٪۵۹	٪۱	٪۹۹	شهریور

جدول ۷: مقدار احتمال حالت‌های انتقالی شرطی موج گرمایی ایستگاه گیلانغرب

P11	P10	P01	P00	
٪۴۴	٪۵۶	٪۱	٪۹۹	فروردین
٪۴۴	٪۵۶	٪۱	٪۹۹	اردیبهشت
٪۴۵	٪۵۵	٪۲	٪۹۸	خرداد
٪۶۰	٪۴۰	٪۳	٪۹۷	تیر
٪۶۰	٪۴۰	٪۲	٪۹۸	مرداد
٪۴۳	٪۵۷	٪۱	٪۹۹	شهریور

در گام بعد دوره تداوم امواج گرمایی ۱ تا ۹ روزه برای ۶ ماه از سال در تمام ایستگاه‌ها محاسبه شد. به عنوان مثال حداکثر موج گرمایی ۱ روزه در کل منطقه در ایستگاه کرمانشاه ۶۷۵ روز برآورد شده است. همانگونه که قبلاً نیز گفته شد، بیشترین موج گرمایی پیوسته چند روزه در ماه مرداد رخ داده، در این مورد بیشترین موج گرمایی ۹ روزه در ماه تیر در ایستگاه کرمانشاه با تداوم ۲۵ روز برآورد شده است. با توجه به نتایج جداول ۸ تا ۱۳ ایستگاه‌های غربی دارای فراوانی برآورد شده بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشند که این میزان در ماه‌های گرم سال همچون خرداد، تیر و مرداد مشهود و تفاوت چشمگیری با سایر ماه‌ها دارند. عمده‌ترین مشکلی که در رابطه با تداوم بلند مدت موج گرمایی در یک محل مطرح است این است که ممکن است باعث آسیب رساندن به سلامت انسان، تعرق بالای گیاهان و زیان رساندن به محصولات کشاورزی، اختلالات زیست محیطی یک منطقه و غیره شود (بیزدان‌پناه و علیزاده، ۱۳۹۰)

جدول ۸: فراوانی موج گرمایی n روزه برآورد شده در ایستگاه کرمانشاه در طول دوره آماری

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۵۴۲	۶۷۵	۶۲۴	۵۹۰	۵۱۹	۵۲۶	۱
۲۰۲	۴۶۹	۵۲۱	۴۸۶	۴۱۲	۴۰۸	۲
۱۳۸	۴۰۷	۴۳۸	۳۸۲	۳۴۱	۳۰۰	۳
۱۰۲	۳۱۷	۳۴۱	۲۸۵	۲۶۸	۲۰۱	۴
۷۲	۲۰۹	۲۲۷	۱۹۷	۱۴۵	۱۳۷	۵
۳۰	۱۵۸	۱۸۱	۱۴۱	۱۰۵	۸۷	۶
۱۸	۶۵	۸۹	۸۴	۷۲	۶۱	۷
۷	۴۲	۵۳	۳۰	۲۹	۳۵	۸
۵	۲۱	۲۵	۲۲	۱۸	۱۱	۹

جدول ۹: فراوانی موج گرمایی n روزه برآورد شده در ایستگاه اسلام‌آباد غرب در طول دوره آماری

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۳۰۵	۴۶۹	۴۵۷	۳۰۹	۲۹۱	۲۸۶	۱
۲۲۸	۳۵۲	۳۴۳	۲۴۵	۲۱۵	۲۰۲	۲
۱۳۷	۲۲۴	۲۳۶	۱۴۷	۱۶۳	۱۴۹	۳
۱۰۴	۱۸۷	۱۴۹	۱۲۴	۱۴۹	۱۲۴	۴
۷۹	۱۰۲	۱۲۴	۹۵	۸۱	۷۸	۵
۵۷	۱۰۰	۸۰	۶۱	۵۲	۶۷	۶
۲۰	۶۲	۵۶	۵۲	۴۳	۴۱	۷
۱۹	۴۱	۳۶	۳۱	۳۷	۳۰	۸
۷	۱۴	۲۲	۱۸	۱۲	۱۷	۹

جدول ۱۰: فراوانی موج گرمایی n روزه برآورد شده در ایستگاه سرپل‌ذهاب در طول دوره آماری

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۳۲۱	۵۴۶	۵۰۲	۴۲۷	۳۱۶	۲۸۷	۱
۱۷۹	۳۷۱	۳۳۶	۳۱۴	۲۲۶	۱۸۴	۲
۱۳۷	۲۸۴	۲۶۹	۲۴۶	۱۵۱	۱۲۳	۳
۷۲	۱۸۹	۱۷۶	۱۵۸	۹۷	۸۴	۴
۶۲	۱۵۳	۱۴۰	۱۲۷	۷۲	۵۹	۵
۵۹	۷۴	۷۱	۶۸	۵۳	۴۸	۶
۴۴	۵۰	۴۶	۴۴	۳۴	۴۱	۷
۲۷	۳۸	۳۸	۳۵	۲۹	۲۷	۸
۱۶	۲۳	۲۲	۱۸	۲۱	۱۹	۹

جدول ۱۱: فراوانی موج گرمایی n روزه برآورد شده در ایستگاه قصرشیرین در طول دوره آماری

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۳۳۴	۵۴۹	۵۱۱	۴۳۷	۳۲۸	۲۸۹	۱
۱۸۴	۳۷۱	۳۴۰	۳۳۷	۲۶۵	۱۸۴	۲
۱۴۱	۲۸۸	۲۷۴	۲۴۶	۱۵۱	۱۳۱	۳
۷۲	۱۸۹	۱۷۶	۱۶۰	۹۷	۸۴	۴
۶۵	۱۵۳	۱۴۰	۱۲۷	۷۲	۵۴	۵
۶۳	۷۵	۷۳	۶۹	۵۳	۵۰	۶
۴۴	۵۱	۴۶	۴۴	۳۶	۴۰	۷
۲۷	۳۹	۳۶	۳۵	۲۹	۲۸	۸
۱۷	۲۳	۲۲	۲۰	۲۲	۱۶	۹

جدول ۱۲: فراوانی موج گرمایی n روزه برآورد شده در ایستگاه کنگاور در طول دوره آماری

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۳۰۰	۴۶۱	۴۵۷	۳۱۸	۲۸۳	۲۶۵	۱
۲۲۲	۳۴۳	۳۴۳	۲۴۴	۲۰۴	۱۹۸	۲
۱۲۴	۲۲۰	۲۳۱	۱۳۶	۱۶۰	۱۴۳	۳
۱۰۱	۱۸۱	۱۳۷	۱۲۲	۱۴۴	۱۱۷	۴
۶۶	۹۵	۱۲۴	۹۲	۶۸	۷۵	۵
۵۵	۸۸	۸۲	۶۷	۴۱	۶۶	۶
۱۸	۶۰	۵۸	۵۰	۳۷	۴۳	۷
۱۷	۴۱	۳۵	۲۷	۳۲	۲۴	۸
۸	۲۰	۲۳	۱۸	۱۵	۱۶	۹

جدول ۱۳: فراوانی موج گرمایی n روزه برآورد شده در ایستگاه گیلانغرب در طول دوره آماری

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۳۱۳	۵۴۰	۴۹۲	۴۱۶	۳۰۸	۲۷۳	۱
۱۶۶	۳۷۱	۳۳۱	۳۰۷	۲۱۷	۱۶۲	۲
۱۳۲	۲۷۶	۲۴۸	۲۳۹	۱۴۸	۱۲۸	۳
۷۲	۱۷۶	۱۶۵	۱۵۸	۹۲	۸۴	۴
۶۲	۱۵۳	۱۳۷	۱۲۴	۶۸	۵۹	۵
۵۹	۷۵	۶۲	۶۰	۵۳	۴۱	۶
۳۹	۴۶	۴۴	۳۵	۳۲	۳۰	۷
۲۴	۳۶	۳۵	۳۲	۲۶	۲۵	۸
۱۸	۲۳	۲۲	۲۰	۲۰	۱۶	۹

با توجه به محاسبات انجام شده و نتایج حاصله، لذا محاسبه دوره‌های تداوم بلند مدت موج گرمایی و دوره بازگشت آنها در سطح استان بسیار حائز اهمیت است. دوره بازگشت دوره‌های همراه با موج گرمایی با استفاده از معادله (۸)

برای ماه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید و نتایج آن در جداول (۱۴ تا ۱۹) بیان گردیده است. دوره برگشت موج گرمایی ۹ روزه در ماه مرداد ۱۴/۸ سال است. هر چه تداوم دوره‌ها بیشتر باشد دوره برگشت آنها نیز طولانی‌تر می‌شود. این روند را در مورد تمام ماه‌ها و ایستگاه‌ها می‌توان مشاهده کرد. همچنین دوره بازگشت موج گرمایی  $n$  روزه در ماه فروردین تمام ایستگاه‌ها بسیار طولانی است. با استفاده از اطلاعات دوره برگشت محاسبه شده در جداول فوق می‌توان راهکارها و تمهیدات مناسبی را برای جلوگیری و پیشگیری از خسارات و آسیب‌های احتمالی امواج گرمایی بلندمدت در سطح استان کرمانشاه اندیشید.

**جدول ۱۴:** دوره برگشت وقوع موج گرمایی  $n$  روزه موج گرمایی برآورد شده در ایستگاه کرمانشاه

N	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱	۲۲	۱۲	۷	۷	۶	۹
۲	۹۳	۲۰	۱۳	۱۰	۸	۱۸
۳	۴۵۵	۳۴	۲۳	۱۶	۱۴	۲۲
۴	۶۹۸	۵۹	۴۰	۲۲	۲۶	۳۹
۵	۱۵۶۷	۱۰۱	۶۶	۳۳	۴۱	۷۴
۶	۳۴۸۶	۱۶۴	۱۱۲	۴۶	۵۲	۱۲۶
۷	۸۵۶۹	۱۹۶	۱۱۸	۶۹	۷۶	۱۷۸
۸	۱۹۸۶۳	۴۷۹	۲۹۹	۹۷	۹۵	۳۴۱
۹	۴۵۸۷۹	۸۶۴	۴۷۱	۱۴۱	۲۱۸	۵۷۹

**جدول ۱۵:** دوره برگشت وقوع موج گرمایی  $n$  روزه موج گرمایی برآورد شده در ایستگاه اسلام‌آباد غرب

N	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱	۲۳	۲۲	۲۰	۱۴	۱۵	۲۲
۲	۴۲	۳۶	۳۲	۱۹	۱۷	۳۴
۳	۷۴	۵۳	۵۰	۲۱	۲۳	۶۸
۴	۱۳۹	۸۲	۷۸	۳۳	۳۵	۸۶
۵	۲۲۸	۱۲۴	۱۱۸	۴۵	۶۱	۱۲۰
۶	۳۸۶	۱۹۷	۱۷۹	۶۸	۷۶	۱۸۴
۷	۶۸۷	۳۰۶	۲۹۹	۹۶	۱۰۹	۳۰۲
۸	۱۲۷۴	۴۶۸	۴۲۷	۱۴۱	۱۳۴	۴۳۸
۹	۲۱۶۹	۷۱۶	۷۰۳	۲۰۳	۲۲۶	۷۱۹

جدول ۱۶: دوره برگشت وقوع موج گرمایی  $\Pi$  روزه موج گرمایی برآورد شده در ایستگاه سرپل ذهاب

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۲۲	۱۳	۱۳	۱۹	۲۱	۲۴	۱
۴۰	۲۰	۱۸	۲۲	۳۷	۴۱	۲
۷۲	۲۶	۲۸	۴۸	۶۶	۸۷	۳
۱۰۶	۵۴	۵۵	۸۶	۱۱۵	۱۴۹	۴
۱۴۲	۵۹	۴۸	۶۹	۲۰۲	۲۳۵	۵
۲۷۴	۱۶۸	۱۴۳	۲۱۳	۳۴۸	۴۰۲	۶
۵۱۷	۲۶۹	۲۸۴	۴۳۶	۶۹۹	۷۱۲	۷
۷۵۲	۵۳۱	۵۳۴	۶۷۴	۸۱۱	۸۴۲	۸
۱۲۳۴	۸۷۵	۸۸۹	۹۳۱	۱۰۱۶	۱۱۲۷	۹

جدول ۱۷: دوره برگشت وقوع موج گرمایی  $\Pi$  روزه موج گرمایی برآورد شده در ایستگاه قصرشیرین

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۲۳	۱۳	۱۵	۱۹	۱۹	۲۲	۱
۳۸	۲۰	۱۹	۲۵	۳۲	۴۰	۲
۷۰	۲۵	۲۲	۴۶	۶۱	۸۲	۳
۱۰۴	۴۷	۵۱	۸۲	۱۰۵	۱۴۱	۴
۱۳۹	۶۲	۶۸	۶۳	۱۸۹	۲۲۴	۵
۳۲۸	۱۵۸	۱۴۱	۲۰۳	۳۲۹	۳۹۷	۶
۵۴۷	۲۷۱	۲۷۶	۴۲۴	۶۷۴	۷۰۱	۷
۷۲۶	۶۱۸	۵۲۱	۶۵۹	۸۰۲	۸۲۸	۸
۱۱۶۸	۸۷۹	۸۶۷	۹۴۸	۹۹۶	۱۰۹۴	۹

جدول ۱۸: دوره برگشت وقوع موج گرمایی  $\Pi$  روزه موج گرمایی برآورد شده در ایستگاه کنگاور

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	N
۲۷	۲۲	۲۲	۲۶	۲۸	۳۲	۱
۳۵	۲۴	۲۹	۳۶	۳۵	۴۹	۲
۶۵	۲۸	۲۴	۶۴	۵۵	۸۳	۳
۸۲	۳۳	۳۶	۹۱	۱۰۸	۱۴۹	۴
۱۲۵	۶۲	۴۹	۱۲۷	۱۲۶	۲۵۲	۵
۱۷۱	۸۲	۷۴	۱۸۹	۲۴۹	۳۹۸	۶
۳۱۶	۱۱۴	۱۰۲	۳۲۷	۴۰۳	۷۰۸	۷
۴۸۷	۱۴۱	۱۵۲	۴۴۴	۵۳۹	۱۳۷۵	۸
۷۸۴	۲۲۵	۲۴۳	۷۵۱	۷۷۹	۲۲۶۹	۹

**جدول ۱۹:** دوره برگشت وقوع موج گرمایی n روزه موج گرمایی برآورد شده در ایستگاه گیلانغرب

N	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱	۲۸	۲۵	۲۳	۱۷	۱۵	۲۵
۲	۴۹	۴۱	۳۲	۲۵	۲۲	۴۴
۳	۱۱۶	۷۳	۵۶	۴۳	۲۸	۷۵
۴	۱۷۵	۱۶۹	۱۱۷	۶۸	۶۹	۱۱۶
۵	۲۷۴	۲۵۴	۷۹	۸۲	۸۶	۱۷۱
۶	۴۳۹	۳۸۱	۲۲۹	۱۶۹	۱۶۲	۲۷۴
۷	۷۶۳	۷۲۴	۴۶۹	۳۲۶	۳۱۹	۵۴۷
۸	۹۲۴	۸۶۴	۷۳۲	۵۶۱	۵۸۷	۷۸۴
۹	۱۲۱۶	۱۱۰۳	۱۰۶۷	۹۵۴	۱۰۰۷	۱۲۱۰

در ادامه به منظور استدلال قوی‌تر، موج گرمایی ۲ تا ۸ مردادماه ۱۳۸۰ و همچنین الگوهای ماهانه تیر و مردادماه ۱۳۸۰ مورد تحلیل همدیدی قرار گرفت.

### تحلیل همدید موج گرم ۲ تا ۸ مرداد ۱۳۸۰

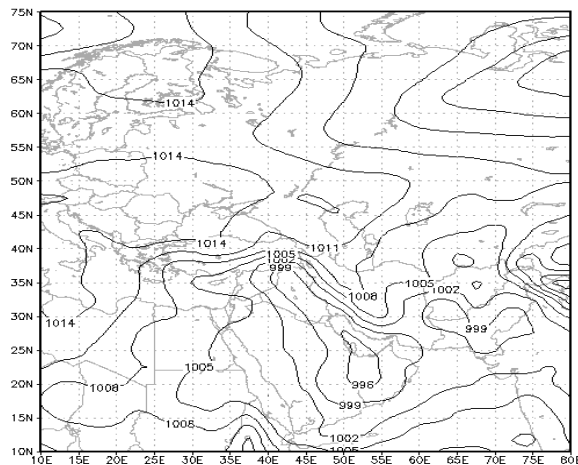
در این بخش از پژوهش به منظور استدلال قوی‌تر، موجی گرم که از ۲ تا ۸ مرداد ۱۳۸۰ در منطقه تداوم یافته است به صورت همدیدی مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به اینکه متوسط دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه به ۴۴٫۱ درجه رسیده است، اما در همان روز آغازین موج، در قصرشیرین و سرپل‌ذهاب دما از ۴۹ درجه سانتیگراد تجاوز کرده است. در راستای بررسی همدیدی این موج انتخاب شده، ابتدا آرایش الگوی فشار سطح دریا و توپوگرافی ارتفاع ژئوتانسیل ترازهای میانی جو مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل ۴ که نقشه متوسط فشار سطح دریا در طول استیلا ۷ روزه این موج گرم را نشان می‌دهد، معلوم می‌شود که الگوی فشار متوسط تراز دریا در طی این موج گرم، حاکمیت سامانه کم‌فشار است. مناطق غرب، جنوب، جنوبغرب و شرق ایران در داخل هم‌فشارهای بسته‌ای قرار گرفته‌اند که فشاری بالغ بر ۱۰۰۵ هکتوپاسکال دارد. مرکز اصلی این کم‌فشار بر روی شبه جزیره عربستان و جنوب خلیج فارس قرار گرفته است. بدیهی است این کم‌فشار، کم‌فشار حرارتی عربستان است که در فصل تابستان ظاهر شده و گسترش آن به داخل ایران موجب برقراری و حاکمیت هوای گرم و سوزان می‌شود<sup>۱</sup>. همانگونه که در شکل ۴ دیده می‌شود پرفشار ضعیف شده ۱۰۱۱ هکتوپاسکالی آזור در این قضیه دخیل بوده که قسمت‌هایی از شمالغرب و غرب ایران تحت تاثیر آن قرار گرفته و از محدوده بین دو منحنی ۱۰۰۸ و ۱۰۰۵ هوای گرم و سوزان شمال آفریقا و شبه

<sup>۱</sup>- در اصطلاح محلی در استان کرمانشاه باد گرم و سوزانی که بر اثر این هوا وزیده می‌شود، باد سام گفته شده که موجب خسارات زیادی به محصولات زراعی می‌گردد (مظفری و الفتی، ۱۳۸۸: ۲۹).

جزیره عربستان را به این مناطق انتقال می‌دهد. از این جهت پرفشار آזור در کنار کم‌فشار عربستان منبع تغذیه‌کننده گرمای این موج گرم هستند.

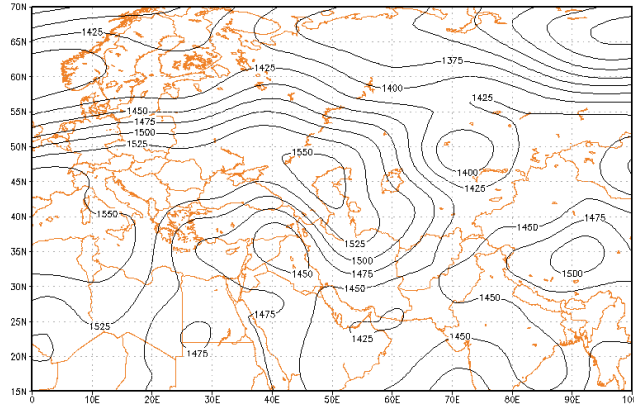
نقشه متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال آرایش الگوی فشار سطح زمین را در مقداری بالاتر از سطح زمین مورد تایید قرار می‌دهد. وضعیت الگوهای توزیع فشار و توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۵) نشان‌دهنده استقرار یک گردش چرخندی در منطقه شرق مدیترانه که بخش وسیعی از ایران را فرا گرفته است. مرکز کم‌فشار یاد شده بر روی عراق است. بررسی نقشه‌های مربوط به الگوی متوسط آرایش توپوگرافی در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷و۶) در طول دوره زمانی این موج گرم نشان‌دهنده تسلط مطلق پرفشار آזור بر روی ایران است.

همچنین با توجه به این دو نقشه معلوم می‌گردد که موج بادهای غربی به دلیل وقوع پدیده مانع بسیار ضعیف شده و باعث استمرار زمانی این موج گرم بروی کشور ایران شده است. شکل ۸ نقشه توزیع دمای بیشینه ایران از روز ۵ مرداد ۱۳۸۰ را نشان می‌دهد که دمای بیشینه ایران به ویژه در مناطق غرب و جنوب غرب ایران رو به افزایش گذاشته است که اوج این افزایش در روز ۵ مرداد ماه ۱۳۸۰ بوده است.

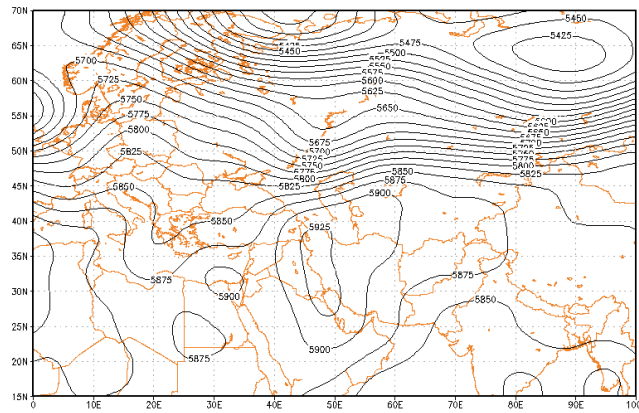


شکل ۴: الگوی متوسط توزیع فشار سطح دریا از ۲ تا ۸ مرداد ۱۳۸۰

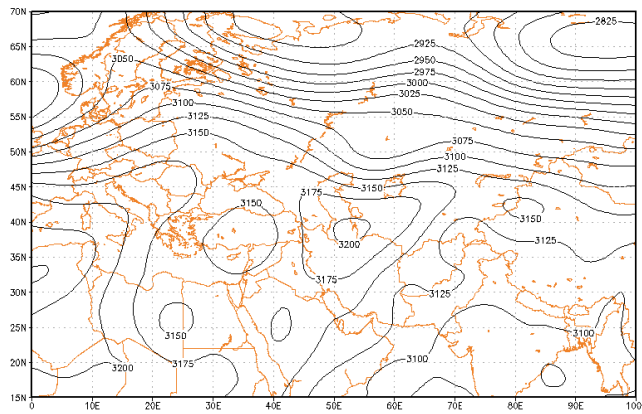




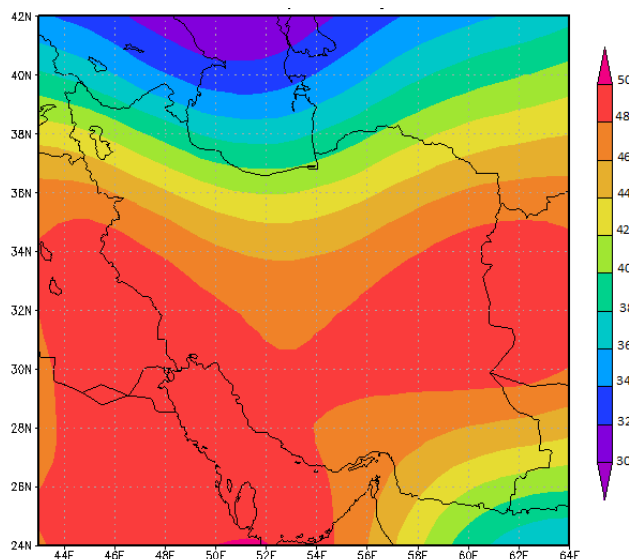
شکل ۵: الگوی آرایش متوسط توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۸۵۰ هکتوپاسکال از ۲ تا ۸ مرداد ۱۳۸۰



شکل ۶: الگوی متوسط توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال از ۲ تا ۸ مرداد ۱۳۸۰



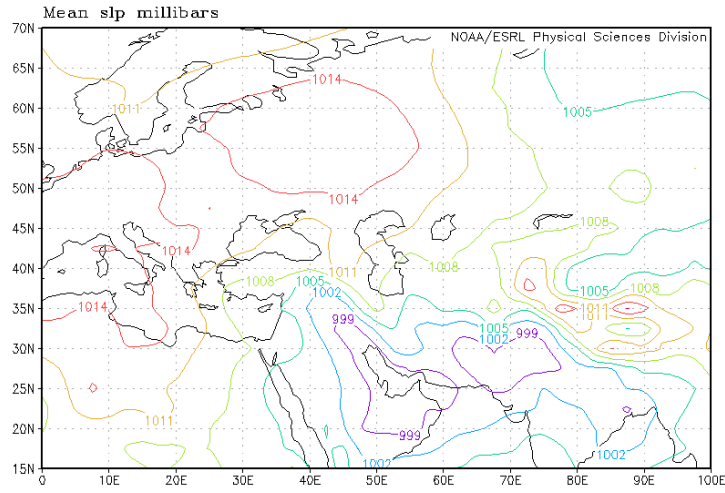
شکل ۷: الگوی متوسط توپوگرافی سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال از ۲ تا ۸ مرداد ۱۳۸۰



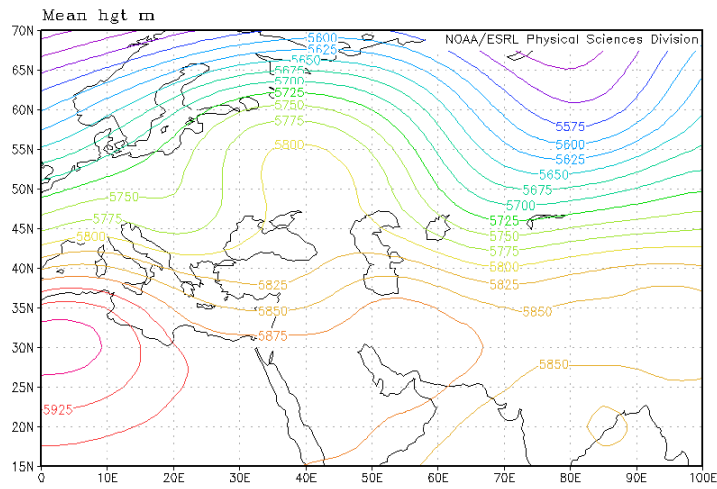
شکل ۸: توزیع جغرافیایی دمای بیشینه (به سانتیگراد) بالای ۲ متر زمین ۵ مرداد ۱۳۸۰

### تحلیل همدید الگوی ماهانه تیرماه ۱۳۸۰

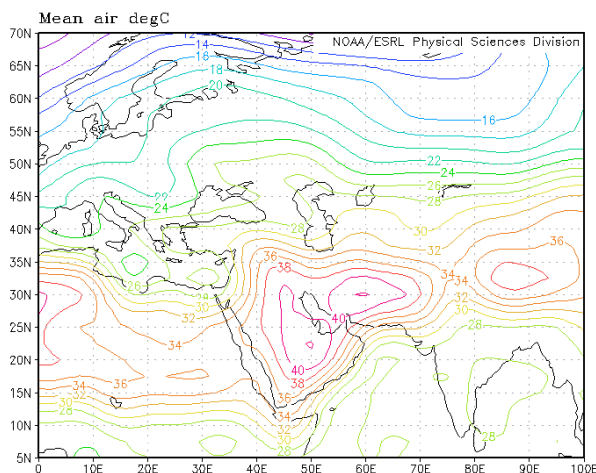
با تحلیل نقشه متوسط ماهانه سطح دریا شاهد استقرار مرکز کم فشاری بر روی شبه جزیره عربستان هستیم. با توجه به فصل و موقعیت مکانی این مرکز، وجود کم فشار عربستان مسجل گشته، بنابراین می توان گفت که دلیل اصلی موج گرمایی در این ماه وجود همین مرکز کم فشار می باشد که هوای گرم و سوزان عربستان را به داخل ایران هدایت می نماید. از طرفی وجود مرکز پرفشاری بر روی شمال آفریقا سبب تقویت کم فشار عربستان گشته و ماهی گرم را برای منطقه مورد مطالعه به ارمغان می آورد (شکل ۹). در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز شاهد استقرار مرکز پر ارتفاعی بر روی شمال آفریقا هستیم که زبانه های آن به داخل منطقه مورد مطالعه نفوذ کرده و سبب گرمای شدیدی گردیده است (شکل ۱۰). بررسی نقشه دمایی نیز خود تصدیق دیگری بر وجود کم فشار حرارتی عربستان است. زیرا منحنی همدمای ۴۰ درجه سانتی گراد بر روی عربستان قرار گرفته و حتی به داخل ایران نیز کشیده شده است (شکل ۱۱). با بررسی نقشه های سطح دریا و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می توان به این نتیجه کلی رسید که ادغام دو مرکز کم فشار عربستان و پرفشار آزر گرمای شدیدی را به ارمغان می آورند.



شکل ۹: الگوی متوسط توزیع فشار سطح دریا تیرماه ۱۳۸۰



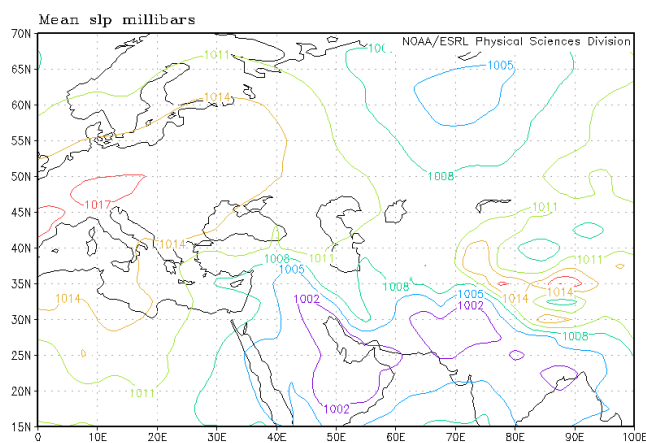
شکل ۱۰: الگوی متوسط توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تیرماه ۱۳۸۰



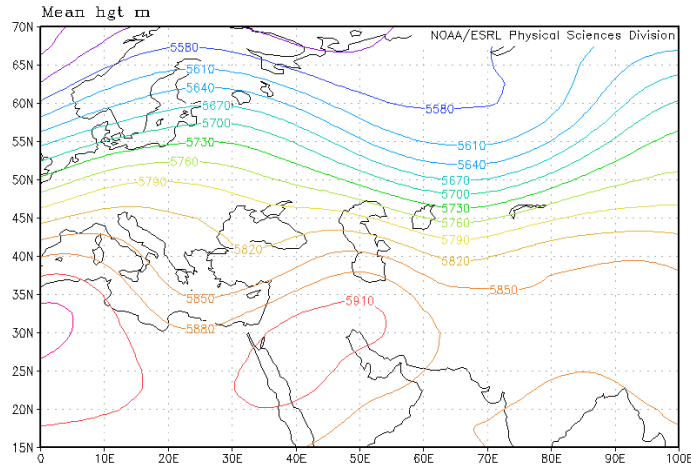
شکل ۱۱: الگوی متوسط دمای هوا سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تیرماه ۱۳۸۰

### تحلیل همدید الگوی ماهانه مردادماه ۱۳۸۰

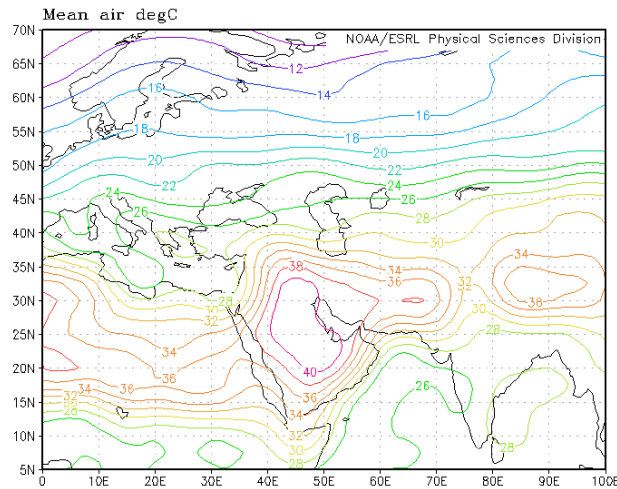
با بررسی نقشه سطح دریا همچنان شاهد استقرار مرکز کم فشار عربستان و پرفشار آזור در مکان معمول خود در این فصل از سال هستیم. ادغام و همکاری این دو مرکز سبب گرمایش منطقه گردیده است (شکل ۱۲). در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز حاکمیت غالب با مرکز پرارتفاع آזור می باشد. این مرکز با استقرار خود هوای گرم و سوزان را از آفریقا و شبه جزیره عربستان به داخل ایران هدایت می کند و منطقه مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار می دهد (شکل ۱۳). با بررسی نقشه دمایی ما شاهد استقرار مرکز همدمایی با دمای مرکزی ۴۰ درجه سانتی گراد بر روی شبه جزیره عربستان هستیم که حتی تا داخل ایران نیز زبانه های آن کشیده شده است و گرمای شدید منطقه مورد مطالعه را حادث شده است (شکل ۱۴).



شکل ۱۲: الگوی متوسط توزیع فشار سطح دریا مرداد ۱۳۸۰



شکل ۱۳: الگوی متوسط توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مرداد ۱۳۸۰



شکل ۱۴: الگوی متوسط دمای هوا سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال مرداد ۱۳۸۰

### نتیجه‌گیری

افزایش فراوانی رخدادها، استمرار زمانی و افزایش شدت امواج گرمایی می‌تواند یکی از نشانه‌های گرمایش کره زمین و تغییر اقلیم در نتیجه فزونی یافتن گازهای گلخانه‌ای به حساب آید که در کشور ایران نیز مصداق دارد. جهت واکاوی شرایط کلی موج گرمایی حاکم بر منطقه، از داده‌های روزانه بیشینه دمای ۶ ایستگاه سینوپتیک که دارای ۲۰ سال دوره آماری پیوسته (۱۳۷۲-۱۳۹۱) بودند استفاده شد. سپس خصوصیات دوره‌های همراه با موج گرمای با استفاده از شاخص آماری تعیین شد. با بررسی‌هایی که در این پژوهش انجام شد معلوم گردید که در سطح منطقه، بیشترین موج گرمایی کوتاه‌مدت در ماه مرداد با تعداد ۱۷ رخداد و همچنین بیشترین موج گرمایی بلند مدت در ماه تیر با ۶

رخداد همراه بوده است. دوره‌های تداوم و دوره برگشت هر یک از حالت‌ها بیان گردید. دوره تداوم امواج گرمایی ۱ تا ۹ روزه برای ۶ ماه از سال در تمام ایستگاه‌ها محاسبه شد. حداکثر موج گرمایی ۱ روزه در کل منطقه در ایستگاه کرمانشاه ۶۷۵ روز برآورد شده است. همانگونه که گفته شد، بیشترین موج گرمایی پیوسته چند روزه در ماه مرداد رخ داده، در این مورد بیشترین موج گرمایی ۹ روزه در ماه تیر در ایستگاه کرمانشاه با تداوم ۲۵ روز برآورد شده است همچنین سال ۱۳۸۰ بیشترین فراوانی موج گرمایی را در سطح استان کرمانشاه داشته و گرمترین سال دوره آماری شناخته شد. در مرحله بعد با استفاده از زنجیره مارکوف دوره تداوم و دوره بازگشت پدیده‌های رخ داده مورد شناسایی قرار گرفت در جهت استدلال علمی قویتر یک موج گرم ۷ روزه و الگوی ماهانه در ماه‌های تیر و مرداد مورد تحلیل همدید قرار گرفت که منبع تغذیه کننده این گرمای سوزان در غرب و دیگر نقاط کشور وجود کم‌فشار عربستان و پرفشار آزور تشخیص داده شد. واکاوی نتایج بدست آمده نشان داد که بیشترین موج گرمایی پیوسته چند روزه در ماه مرداد و کمترین موج گرمایی در ماه فروردین بوده است. در نهایت دوره تداوم و دوره بازگشت n روزه موج گرمایی در دوره گرم سال محاسبه گردید. نتایج این تحقیق می‌تواند برای مسائل کشاورزی از قبیل: دوره آبیاری محصولات زراعی و باغی، مسائل مربوط به تبخیر و تعرق متاثر از امواج گرمایی، مسائل مربوط به بهداشت و سلامت و بیمارهای انسان، اختلالاتی که در صنعت به دلیل رخداد امواج گرمایی بوجود می‌آید، بسیار سودمند و مفید واقع گردد.

## منابع

- ابراهیمی، حسین، علیزاده، امین، جوانمرد، سهیلا، (۱۳۸۴)، بررسی وجود تغییرات دما در مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۰، اصفهان.
- اسماعیل‌نژاد، مرتضی، خسروی، محمود، علیجانی، بهلول، مسعودیان، ابوالفضل، (۱۳۹۲)، شناسایی امواج گرمایی ایران، جغرافیا و توسعه، دوره ۳۳، زاهدان.
- آشگرتوسی، شادی، علیزاده، امین، جوانمرد، سهیلا، (۱۳۸۰)، پیش‌بینی وقوع خشکسالی در استان خراسان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۱۶، اصفهان.
- براتی، غلامرضا، موسوی، سیدشفیع، (۱۳۸۴)، جابجایی مکانی موج‌های زمستانی گرما در ایران، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۳، زاهدان.
- حجازی‌زاده، زهرا، شیرخانی، علیرضا، (۱۳۸۲)، تحلیل و پیش‌بینی آماری خشکسالی و دوره‌های خشک کوتاه‌مدت در استان خراسان، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۷، تهران.
- حجام، سهراب، یوسفی، نصرت‌الله، (۱۳۸۶)، برآورد احتمالات خشکسالی و ترسالی با استفاده از زنجیره مارکوف و توزیع نرمال، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۹، تهران.
- خورشیددوست، علی محمد، قویدل رحیمی، یوسف، عباس‌زاده، کریم، (۱۳۸۹)، کاربرد الگوهای کلان مقیاس جوی-اقیانوسی در تحلیل نوسانات بارش (مطالعه موردی: ایستگاه اهر)، مجله فضای جغرافیایی، دوره ۱۰، اهر.
- خورشید دوست، علی محمد، قویدل رحیمی، یوسف، صنیعی، راحله، (۱۳۸۸)، پیش‌بینی دماهای فرین اصفهان با استفاده از روش‌های سری زمانی، مجله فضای جغرافیایی، سال نهم، دوره ۹، اهر.
- دارند، محمد، (۱۳۹۳)، شناسایی و تحلیل زمانی-مکانی امواج گرمایی ایران زمین، جغرافیا و توسعه، دوره ۳۵، زاهدان.

- علیجانی، بهلول، محمودی، پیمان، ریگی، چاهی، الهبخش، خسروی، پرویز، (۱۳۸۹)، بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران با استفاده مدل زنجیره مارکوف، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۴۲، تهران.
- علیجانی، بهلول، جعفرپور، زین‌العابدین، قادری، حیدر، (۱۳۸۴)، تحلیل و پیش‌بینی بارش منطقه لارستان با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، دوره ۲، تهران.
- علیجانی، بهلول، ثروتی، محمدرضا، علیزاده، عمران، (۱۳۹۲)، طبقه‌بندی موج گرما در استان گیلان، جغرافیای طبیعی، دوره ۱۹، تهران.
- قویدل‌رحیمی، یوسف، (۱۳۹۰)، شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج ابرگرم تابستان ۱۳۸۹ در ایران، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۲، یزد.
- محمدی، حسین، تقوی، فرحناز، (۱۳۸۴)، روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۷، تهران.
- مسعودیان، ابوالفضل، (۱۳۸۳)، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۲، زاهدان.
- مسعودیان، ابوالفضل، (۱۳۸۷)، اقلیم‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان، اصفهان.
- مظفری، غلامعلی، الفتی، سعید، (۱۳۸۸)، تحلیل مخاطرات باد سام بر کشت ذرت پاییزه و تعیین تقویم مناسب کاشت گیاه در شهرستان سرپل ذهاب، مجله اندیشه جغرافیایی، دوره ۶، زنجان.
- یزدان‌پناه، حجت‌الله، علیزاده، تیمور، (۱۳۹۰)، برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان با کمک زنجیره مارکوف، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۶، اصفهان.
- Marina Baldi, Massimiliano Pasqui, Francesco Cesarone, Giovanna De Chiara (2004), Heat Wave in The Mediterranean Region Analysis and Model Results, institute of biometeorolog-CNR.ROM.ITALY.
- Banta, J. (2007), Extreme weather hits home. New Society publ
- Bullock, J; J. D. Haddow; K. S. Haddow. (2009). Global warming, natural hazards.and emergency management. Taylor & Francis.
- Hegerl, G. C., K. Hasselmann, U. Cubasch, J. F. B. Mitchell, E. Roeckner, R. Voss, and J. (1997), Waskewitz, on Multi-fingerprint Detection and Attribution of Greenhouse Gas and Aerosol Forcedclimatic change, Climate Dynamics, 13, 613-634,.
- Kysely, 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.
- Santer, B. D., K. E. Taylor, T. M. L. Wigley, J. E. Penner, P. D. Jones, and U. Cubasch, , (1995), Towards the Detection and Attribution of an Anthropogenic Effect on Climate, Climate Dynamics, 12, 79-100.
- 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 Iguacu, Brazil, April 24-28, 2006. INPE, p 2009-2010.

## Statistical analysis likelihood of occurrence of heat waves in Kermanshah Province

**Kamal Omidvar\*<sup>1</sup>, Mehdi Mahmoodabadi<sup>2</sup>, Saeid Olfati<sup>3</sup>, Khadije Moradi<sup>4</sup>**

1- Professor of Climatology, University of Yazd, Yazd, Iran

Email: komidvar@yazd.ac.ir

2- PhD student of Climatology, University of Yazd, Yazd, Iran

3- Master of Climatology, University of Yazd, Yazd, Iran, Iran

4- PhD Student of Geomorphology, University of Isfahan, Isfahan

Received: 2015.06.27

Accepted: 2016.07.31

---

### Abstract

Earth's climate during the twentieth century, especially the past two decades, lost his balance and is more inclined to increase the temperature. This can cause hydrological anomalies, and problems in the agricultural sector will evaporate faster. In the present study, the occurrence of heat waves with different continuity in Kermanshah province with use Markov Chain and long-term statistics of daily maximum temperature is the 20-year period (1372-1391) has been performed. Statistical data daily maximum temperature for six synoptic stations in at least 20 years of continuous daily statistics was selected. And with an index on the statistical data of all stations, the maximum temperatures that were higher than the index, as the heat wave were introduced. After extracting the data from each station were divided into two categories: short-wave and long-term. They will then review process using Markov chain  $\rightarrow$  from identifying and duration of heat waves was analysed back. Results obtained showed that the heat wave occurred in Kermanshah province in July and August most of the incremental change in this period has. It is becoming more established, especially in 1380 reached its highest level. Finally, the estimated incidence of 1 to 9 days of heat waves the study was performed in plants.

**Key words:** Heat wave, maximum temperature, Markov chains, Kermanshah Province.