

## پهنه‌بندی ایران بر پایه دماهای فرین بالا

اشرف اسدی<sup>۱\*</sup> و سید ابوالفضل مسعودیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه پیام نور، ایران  
<sup>۲</sup>استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان، ایران

(دریافت: ۹۲/۸/۲۷، پذیرش نهایی: ۹۳/۱/۱)

### چکیده

هدف از این پژوهش، پهنه‌بندی ایران بر پایه دماهای فرین است. برای این منظور از داده‌های روزانه دمای ۶۶۳ ایستگاه اقلیمی و هم‌مدیدی کشور در بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ بهره‌برداری شده است. با استفاده از روش کریجینگ داده‌ها روی یاخته‌های ۱۵×۱۵ کیلومتر درون‌یابی شدند. به این ترتیب آرایه‌ای به ابعاد ۷۱۸۷ × ۱۵۹۹۲ تشکیل شد. برای شناسایی روزهای فرین گرم از نمایه انحراف بهنجار شده دما (NTD) بهره بردیم. سپس داده‌ها برحسب مقدار این نمایه و گستره حاکمیت گرما (NTD>0) مرتب شد و ۲۶۴ روز اول که شرط  $NTD > 2$  را برآورده می‌کرد درحکم نمونه انتخاب شد. سرانجام یک آرایه به ابعاد ۷۱۸۷ × ۲۶۴ تشکیل شد. تحلیل خوشه‌ای به روش وارد روی این آرایه نشان داد که ایران را می‌توان از نظر گرماهای فرین به پنج ناحیه تقسیم کرد. ناحیه غربی شدیدترین گرماهای فرین را در طول دوره آماری سپری کرده است. این ناحیه بیش و پیش از دیگر نواحی از سامانه‌های ایجادکننده گرماهای فرین متأثر می‌شود. ناحیه جنوب و جنوب شرقی نیز کمترین گرماهای فرین را پشت سر گذاشته‌اند. بیشترین رویدادهای گرم فرین ناحیه غربی در ماه‌های دی و بهمن و در ناحیه جنوب و جنوب شرقی در اردیبهشت و مرداد روی داده است.

واژه‌های کلیدی: گرمای فرین، انحراف بهنجار شده دما، تحلیل خوشه‌ای، پهنه‌بندی

## Regionalization of Iran based on extreme warm temperatures

Asadi, A.<sup>1</sup> and Masoodian, S. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Geography, Payam Noor University, Iran

<sup>2</sup>Professor, Department of Geography, University of Isfahan, Iran

(Received: 18 Nov 2013, Accepted: 23 Sep 2014)

### Summary

Temperature is one of the essential elements of forming a climate and plays a crucial role in the lives of flora, fauna and human activities. The extreme temperature is one of the thermal indexes in meteorological and climatological studies. The extreme temperature is divided into two types: the extreme warm and extreme cold. The extreme warm includes the temperatures much above the normal value and the extreme cold includes temperatures much below the normal value. Studying the extreme warm events due to their social and economical effects and their impact on human's health has prominent importance. In order to regionalize the extreme warm of Iran, we used Sphezari dataset. The Sphezari base has been provided from the average temperature based on daily data from 663 synoptic and climatological stations from 1 January 1961 to 31 December 2004. The pixel of this dataset has been calculated in the form of  $15 \times 15 \text{ km}^2$  and by kriging method. Therefore, the matrix dimensions of day to day temperature of Iran is in the form of  $15992 \times 7187$  Sphezari dataset. In this dataset the rows (915992 days) represent the time and the columns (7187 pixel) represent the place. We have used normalized temperature departure index to identify the events of extreme warm events in this survey. The index has been introduced by Fujibi et al. (2007). To obtain this index, the long term average temperature of calendar days must

first be calculated.

The thermal amounts of 44 years are averaged to calculate the long term mean temperature of the given days. To avoid the existing noise in the daily mean temperature, the nine-day running average was applied three times in order to filter out day-to-day irregularities. After carrying out this phases, temperature departure ( $\Delta T$ ) of each of the 15992 days is investigated in the long term mean of the same day. Thus, it is necessary that the amount of the absolute temperature departure becomes standardized by the averages of  $\Delta T$ . In this way, the amount of temperature departure in different times of a geographical point and different spatials in a particular time can be compared to each other. As an index of day-to-day variability, the variance of  $\Delta T$  in the 31 days centered on each calendar day was calculated as  $\sigma^2$ . Then the moving mean of nine days  $\sigma^2$  in three times will be conducted to diminish the noise. Then normalized temperature departure (NTD) indexed with  $x^*$  symbol was calculated. This index was calculated for 7187 pixels, each pixel for 15992 days. Then, the index of location  $x^*$  was investigated over Iran and the percent area of Iran which had the amount of  $x^* \geq 2$  was determined. In this way, an index of  $15992 \times 2$  was obtained, indicating the greatness highest temperatures of Iran for the period of 1 Jan 1961 to 31 Dec 2004. This matrix was arranged according to the mean of NTD and area amount. The first 264 days was selected as the sample. Whereas the temperature was in over of Iran, at least, 2 standard deviation more than its long term mean ( $x^* \geq 2$ ) and a large area was warmer of Iran. The NTD of 7187 pixels in the selected 264 days was classified using the cluster analysis technique and agglomeration based on the entered method. Results of this research showed that according to the extreme warm events, Iran can be classified into five distinctive regions. The most important characteristics of the extreme warm events in Iran are as follow: Most of the extreme warm events of Iran have occurred in winter and autumn days. The maximum warm events of Iran has occurred in west and southwest of Iran, specially, in recent years. NTD is one degree above the other areas. The setting of this region with the maximum rate of the NTD index shows that the systems creating the extreme warm events was entered from west and southwest of Iran; thus there are regions was influenced more and prior to the other regions. The highest spatial standard deviation belongs to these regions. It means that these regions have little spatial similarity from the viewpoint of the NTD index. It means that the extreme warm events creating systems donot attack this region equally. Some regions are influenced more and some less than others by these systems.

Maximum temporal standard deviation belongs to northern and western regions. This means that events of the extreme warm events happen in these regions in some months. Therefore the systems creating the extreme warm events in these regions are activated in part of the year. The least temporal standard deviation belongs to the northeastern region and the least spatial standard deviation belongs to south and southeast regions.

**Keyword:** Extreme warm events, Normalized temperature departure, Cluster analysis, Regionalization

#### ۱ مقدمه

معمول خود بسیار بالاتر یا پایین تر رود دمای فرین نامیده می شود. دمای فرین به دو دسته گرماهای فرین و سرماهای فرین تقسیم می شود. گرماهای فرین شامل دماهای بسیار بالاتر از حد معمول و سرماهای فرین دماهای بسیار کمتر از

دما یکی از عامل های اصلی شکل گیری اقلیم است و نقشی اساسی در زندگی گیاهی و جانوری و فعالیت های انسانی ایفا می کند. دمای فرین یکی از شاخص های دمایی مورد بررسی در هواشناسی و اقلیم شناسی است. هرگاه دما از حد

گذشته روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی یا منطقه‌بندی‌های اقلیمی متفاوتی عرضه شده است. دست‌کم دو رویکرد متفاوت طبقه‌بندی اقلیمی وجود دارد. یکی طبقه‌بندی‌های سنتی مانند طبقه‌بندی اقلیمی کوپن (۱۹۲۳) و تورنت وایت (۱۹۳۱) که در آن نخست نوع اقلیم با توجه به معیارها و آستانه‌های از پیش گزیده شده مشخص می‌شود و سپس برای هر منطقه که داده‌ها به قدر کافی در دسترس باشد، طبقه‌بندی صورت می‌گیرد. دیگری رویکرد طبقه‌بندی نوین است که برخلاف رویکرد اول معیار طبقه‌بندی و آستانه‌ها از پیش مشخص نیست بلکه بسته به هدف طبقه‌بندی معیارها و آستانه‌ها به یاری روش‌های گوناگون داده‌آمایی مشخص می‌شود. روش‌های نوین طبقه‌بندی دانش اقلیم‌شناسی را به دانشی کاربردی تبدیل کرده است. به یاری این روش‌ها پژوهش‌های کاربردی زیادی در زمینه‌های گوناگون صورت گرفته است. برای مثال می‌توان به طبقه‌بندی‌های صورت گرفته در جهان اشاره کرد. در شبه قاره هند گادگیل و جوشی (۱۹۸۳)، غرب افریقا آنیاداک (۱۹۸۷)، چین رونبرگ و وانگ (۱۹۸۷) و ایالات متحد استیتر (۱۹۶۵)، فاول (۱۹۹۲) و طبقه‌بندی دشت‌های شمالی ایالات متحد آمریکا بانکرز و همکاران (۱۹۹۶).

براون و کاتاز (۱۹۹۳) به تحلیل منطقه‌ای دماهای فرین ایالات متحد آمریکا پرداختند. بررسی آنها روشن ساخت که می‌توان به لحاظ دماهای فرین سرد و گرم منطقه را طبقه‌بندی کرد و آن را درحکم نمایه‌ای از تغییر اقلیم در نظر گرفت. یوو و همکاران (۲۰۰۹) تغییرات دما و بارش‌های فرین حوضه یانگ‌تسه در سده بیست و یکم را بررسی کردند. آنها از ۷ شاخص دما و بارش فرین استفاده کردند و منطقه مورد بررسی را به زیرنواحی گوناگون بخش کردند. دایکسایت و چن (۲۰۱۰) دماهای فرین مناطق کشاورزی جنوب استرالیا (ویکتوریا) را پهنه‌بندی کردند. آنها نشان دادند که در سال ۲۰۰۳، حدود ۵۸ درصد منطقه مورد بررسی در معرض خطر دماهای فرین بالا و

حد معمول است. بررسی گرماهای فرین به علت اثرات اقتصادی و اجتماعی و نقش آن در سلامتی انسان‌ها دارای اهمیت بسیار است. وقوع گرماهای فرین روی سلامتی انسان‌ها، به‌ویژه سلامتی کودکان و کهنسالان، افزایش سکنه‌های قلبی، سکنه‌های مغزی، ذات‌الریه، خطر از دست دادن آب بدن و ازدیاد تقاضای انرژی برق و افزایش تقاضای آب برای فعالیت‌های کشاورزی، بهداشتی، شرب و مصارف خانگی تأثیر بسزایی دارد (نورته و همکاران، ۲۰۰۶ و شانگین و همکاران، ۲۰۰۶). البته تأثیر گرماهای فرین بر سلامتی انسان‌ها و افزایش تقاضای انرژی برق و آب در تابستان‌های مناطق گرم زمین دیده می‌شود و ذکر این نکته لازم است که گرماهای فرین در کشور ما و به‌ویژه در سال‌های اخیر همان‌گونه که این پژوهش نشان خواهد داد، بیشتر در فصول سرد سال روی می‌دهد و اثرات اقتصادی و طبیعی آن از جمله ذوب زودهنگام برف اهمیت بیشتری دارد.

بررسی دمای ایران نشان داده است که گذشته از وجود چرخه در دمای کشور (عساکره، ۱۳۸۰) روند افزایشی دما در برخی مناطق دیده می‌شود (شیرغلامی و قهرمان، ۱۳۸۴؛ مسعودیان، ۱۳۸۴). گذشته از تغییر ویژگی‌های زمانی، ویژگی‌های مکانی دما نیز دستخوش تغییر شده است. برای نمونه براتی و موسوی (۱۳۸۴) جابه‌جایی مکانی امواج گرم فصل زمستان ایران به سوی البرز و آذربایجان را گزارش کرده‌اند. با توجه به اینکه با هر درجه افزایش دما ارتفاع برف‌مرز حدود ۱۶۰ متر افزایش می‌یابد (مسعودیان، ۱۳۸۲) جابه‌جایی امواج گرم به سوی مناطق کوهستانی پیامدهای آب‌شناختی زیانباری برای کشور خواهد داشت.

فعالیت‌های انسان و محیط زیست به شدت از فرین‌های اقلیمی و هوا تأثیر می‌پذیرند. آسیب‌پذیری جامعه نسبت به اثرات رخداد فرین‌های اقلیمی، انگیزه شناسایی و بررسی آنها را بیشتر می‌کند. تحقیقات فراوانی روی دماهای فرین به روش‌های گوناگون در جهان صورت گرفته است. در

حدود ۷۳ درصد منطقه تحت تأثیر دماهای فرین پایین بوده است. در حالی که در سال ۲۰۰۴، حدود ۴۶ درصد منطقه در معرض خطر دماهای فرین بالا و حدود ۳۹ درصد منطقه تحت تأثیر دماهای فرین پایین بوده است.

یو و همکاران (۲۰۱۰) گرمایش اقلیم مناطق شرق و مرکزی فلات تبت را در ارتباط با تغییرات گردش‌های جوی بررسی کردند. آنها نخست به کمک روش تحلیل مؤلفه‌های مبنا (PCA) منطقه مورد بررسی را به لحاظ تغییرات دما به ۴ زیرناحیه تقسیم کردند. سپس برای هر کدام از نواحی تحلیل روند فصلی و ماهانه دما را عملی ساختند. دیفنباوگ و همکاران (۲۰۰۶) تغییرات رخداد دما و بارش فرین را در ارتباط با تغییرات محور چرخش زمین در غرب امریکای شمالی بررسی کردند. آنها هر کدام از مناطق متفاوت اقلیمی غرب امریکای شمالی را به‌طور جداگانه بررسی کردند. جین هو و همکاران (۲۰۰۸) ویژگی‌های رخداد دماهای فرین شمال غرب چین را طی ۴۵ سال گذشته در ارتباط با گرمایش منطقه‌ای مورد بررسی قرار دادند. به علت اینکه منطقه شمال غرب چین منطقه وسیع و دارای عوارض و ناهمواری پیچیده‌ای است، بنابراین تنوع اقلیمی فراوانی برای شناسایی ویژگی‌های رخداد دماهای فرین منطقه شمال غرب چین می‌تواند به کمک تابع‌های متعامد تجربی دوران یافته به پنج زیرناحیه رخداد فرین سرد و گرم تقسیم شود. آنها هر کدام از زیرناحیه‌ها را به لحاظ ویژگی‌های دماهای فرین سرد و گرم مورد بررسی قرار دادند.

وشیمایر و پالم (۲۰۰۵)، استات و همکاران (۲۰۰۴)، مهلی و تبالدی (۲۰۰۴) و هات و همکاران (۲۰۰۰) نیز به بررسی امواج گرم و گرماهای فرین در سطح اروپا و جهان پرداخته‌اند.

برخی از پژوهش‌های طبقه‌بندی صورت گرفته در ایران نیز در اینجا ذکر می‌شود. طبقه‌بندی اقلیمی ایران (حیدری و علیجانی ۱۳۷۸ و مسعودیان ۱۳۸۲) نشان داده است که

دما از عوامل مهم تمایز اقلیمی نقاط گوناگون ایران است. خلیلی (۱۳۷۸) نخست به بررسی گرمایش و سرمایش ایران پرداخته و چند سال بعد (خلیلی، ۱۳۸۳) برپایه همین دو ویژگی به طبقه‌بندی ایران دست زده است. مسعودیان (۱۳۸۲) نواحی اقلیمی ایران را به روش‌های نوین و رویکرد یاخته‌ای شناسایی کرد. وی نشان داد که اقلیم ایران ساخته شش عامل اقلیمی و دما یکی از آنها است. وی به کمک روش تحلیل خوشه‌ای ایران را در پانزده ناحیه اقلیمی طبقه‌بندی کرد. از سوی دیگر مسعودیان و همکاران (۱۳۸۷) نواحی دمایی ایران را مشخص کردند و روشن ساختند که در مجموع، ایران از لحاظ دمایی به دو بخش سرد کوهستانی و گرم کم‌ارتفاع تقسیم می‌شود. تنوع دمایی در بخش سرد کوهستانی زیادتر است، چون در این بخش دما عمدتاً متأثر از ارتفاع است. به همین علت، این بخش خود به چهار ناحیه کوچک‌تر تقسیم می‌شود. چون در ناحیه گرم و کم‌ارتفاع دما عمدتاً متأثر از سامانه‌های کلان‌مقیاس جوی است، این بخش تنوع کمتری دارد و به دو ناحیه تقسیم می‌شود. به این ترتیب، در ایران شش ناحیه دمایی شناسایی شده است. اگر ایران به شش ناحیه دمایی متمایز بخش شده باشد، معنایش این است که در بخش‌های گوناگون کشور سازوکارهای گوناگونی در شکل‌گیری دما نقش دارند.

منتظری و مسعودیان (۱۳۹۲) در پژوهش خود با عنوان دمای روزهنگام ایران زمان آغاز و پایان بخش گرم و سرد سال در پهنه ایران زمین را براساس داده‌های شبکه‌ای دمای بیشینه و تفکیک  $15 \times 15$  کیلومتر در بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹ بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که میانگین دمای روزهنگام ایران  $25/2$  درجه سلسیوس است و دوره گرم ایران از ۲۸ فروردین تا ۳ آبان و دوره سرد از ۴ آبان تا ۲۷ فروردین سال بعد رخ می‌دهد.

در اینجا می‌کوشیم تا با معرفی نمایه‌ای برای شناسایی گرماهای فرین، نخست به شناسایی گرم‌ترین روزهای ایران

برابر با ۱۵۹۹۲ روز است. پس برای محاسبه میانگین بلند مدت دمای هر کدام از روزهای موردنظر از مقادیر دمای مربوط به ۴۴ سال میانگین گرفته می‌شود. پس از محاسبه میانگین بلند مدت برای از بین بردن نوفه‌های موجود در میانگین دمای روزانه، میانگین متحرک ۹ روزه، سه بار روی این داده‌ها اعمال می‌شود. بعد از طی شدن این مراحل، انحراف دمای هریک از ۱۵۹۹۲ روز مورد بررسی از میانگین بلند مدت همان روز به کمک رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\Delta T_*(i, j, n) = T_*(i, j, n) - \overline{T_*(i, j)}. \quad (2)$$

مقدار  $\Delta T_*$  نماینده انحراف مطلق دمای هر روز هر محل (یاخته) نسبت به میانگین بلند مدت دمای همان روز در همان محل است و برحسب زمان و مکان متفاوت خواهد بود. از آنجا که روی هر نقطه جغرافیایی معین دامنه تغییرات دما در هریک از روزهای سال ممکن است بسیار متفاوت باشد، بنابراین مقادیر مطلق انحراف دما از میانگین بلند مدت هر روز ( $\Delta T_*$ ) نمی‌تواند مبنای مقایسه دماهای فرین زمان‌های متفاوت باشد. همین استدلال در مورد تشخیص اهمیت مقادیر مطلق انحراف دما از میانگین بلند مدت که در نقاط جغرافیایی گوناگون محاسبه شده‌اند نیز صادق است. مثلاً +۵ درجه انحراف دما برای نقاطی که در عرض‌های جنوبی قرار دارند و تغییرات دمایی آنها اساساً ناچیز است بسیار مهم‌تر از همین مقدار انحراف دما برای نقاطی است که در سرزمین‌های خشک ایران قرار گرفته‌اند و دامنه تغییرات دمای آنها بسیار بزرگ است. برای نمونه چنان که شکل ۲ هم نشان می‌دهد مثلاً ۵ درجه انحراف دما در بندرعباس تغییر دمایی عمده‌ای به شمار می‌آید در صورتی که همین مقدار انحراف برای ایستگاهی مانند مشهد پدیده‌ای معمول است. در نتیجه مقایسه کردن انحراف‌های مطلق دمای نقاط جغرافیایی متفاوت نمی‌تواند معرف واقعی گرماهای فرین باشد.

بپردازیم و سپس با روش‌های پهنه‌بندی، نواحی دمایی فرین گرم ایران را مشخص کنیم.

## ۲ داده‌ها و روش‌شناسی

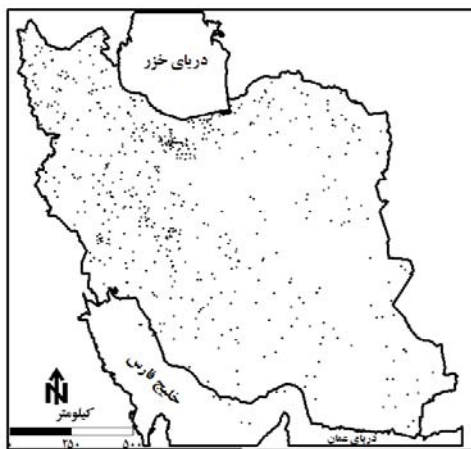
برای پهنه‌بندی گرماهای فرین ایران، در این پژوهش از پایگاه داده اسفزاری بهره برده‌ایم (پایگاه داده اسفزاری یک پایگاه داده اقلیمی ملی است که داده‌های دمای متوسط، دمای شبانه، دمای روزانه، بارش روزانه و یخبندان را در مقیاس روزانه و تفکیک مکانی  $15 \times 15$  کیلومتر در خود جای داده است. این پایگاه داده در دانشگاه اصفهان از سوی مسعودیان در سال ۱۳۸۹ تهیه شده است. حکیم ابوحاتم اسفزاری اخترشناس و ریاضی‌دان ایرانی است که حدود سال‌های ۴۳۷-۵۰۶ قمری به علت نگارش کتاب آثار علوی به زبان فارسی که بخش‌هایی از آن درباره هواشناسی است، شهرت دارد. پایگاه داده اسفزاری بر پایه داده‌های میانگین دمای روزانه ۶۶۳ ایستگاه همدیدی و اقلیمی کشور از ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ تهیه شده است (شکل ۱). یاخته‌های این پایگاه داده  $15 \times 15$  کیلومتر و به روش کریجینگ محاسبه شده است. بنابراین ابعاد آرایه دمای روزانه ایران در پایگاه داده اسفزاری  $7187 \times 15992$  است. در این پایگاه سطرها (۱۵۹۹۲ روز) نماینده زمان و ستون‌ها (۷۱۸۷ یاخته) نماینده مکان هستند.

در این پژوهش برای شناسایی رخداد گرماهای فرین از نمایه انحراف بهنجار شده دما بهره بردیم. این نمایه را فوجیه و همکاران (۲۰۰۷) معرفی کرده‌اند. برای دستیابی به این نمایه نخست باید میانگین بلند مدت دما برای هریک از روزهای تقویمی سال محاسبه شود. میانگین بلند مدت دمای روزانه دوره مورد بررسی به کمک رابطه (۱) به دست می‌آید.

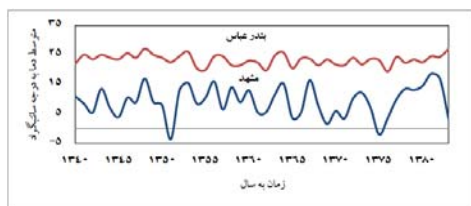
$$\overline{T_*(i, j)} = \sum_{n=1340}^{1383} T_*(i, j, n) / N \quad (1)$$

که در آن،  $i$  روز،  $j$  ماه و  $n$  سال است. چنان که گفته شد، دوره مورد بررسی از ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ و

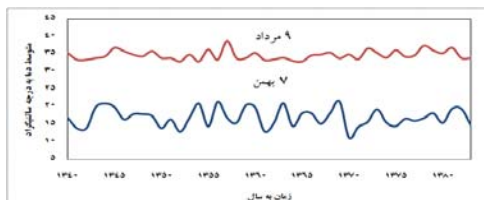
به این ترتیب یک آرایه  $2 \times 15992$  به دست آمد که بزرگی و گستره گرماهای ایران برای هریک از روزهای بازه  $1340/1/1$  تا  $1383/10/11$  را نشان می‌دهد. این آرایه برحسب مقادیر میانگین و گستره مرتب شد و از بین ارقام این آرایه  $264$  روز نخست که دمای ایران دست کم  $2$  انحراف معیار از میانگین بلندمدت خود بیشتر بود ( $x_* \geq 2$ ) و گستره وسیعی از ایران را گرما فراگرفته بود، در حکم نمونه برگزیده شد.



شکل ۱. ایستگاه‌های همدید و اقلیمی.



شکل ۲. متوسط دمای ایستگاه‌های مشهد و بندرعباس در روز اول فروردین در طی سال‌های  $1340-1383$ .



شکل ۳. متوسط دمای ایستگاه بندرعباس در سردترین و گرم‌ترین روز سال طی سال‌های  $1340-1383$ .

شکل ۳ نیز همین واقعیت را اما در مورد انحراف دمای  $2$  زمان متفاوت در یک مکان ثابت نشان می‌دهد. مثلاً در بندرعباس که اصولاً تغییرات دما چندان زیاد نیست میزان انحراف دما در دوره سرد سال در قیاس با دوره گرم سال افزایش می‌یابد. بنابراین مثلاً  $5$  درجه انحراف دما در دوره گرم سال انحراف دمایی بزرگی به شمار می‌آید، در صورتی که همین مقدار انحراف در دوره سرد سال پدیده‌ای معمول است.

بنابراین، برای آنکه مقادیر انحراف دمای زمان‌های متفاوت در یک نقطه جغرافیایی و مکان‌های گوناگون در یک زمان معین با یکدیگر قابل مقایسه باشند لازم است مقادیر مطلق انحراف دما به کمک پراش دما استانداردسازی شود. پراش  $\Delta T_*$  روی پنجره  $31$  روزه برای هر روز تقویمی به کمک رابطه (۳) به دست می‌آید و میانگین متحرک  $9$  روزه سه بار روی آن اعمال می‌شود تا نوفه‌ها از بین برود.

$$\sigma^2(i, j) = \frac{\sum_{n=1340}^{1383} \sum_{j=j-15}^{j+15} [\Delta T_*(i, j, n) - \overline{\Delta T_*(i, j)}]^2}{31N} \quad (3)$$

$\overline{\Delta T_*(i, j)}$  میانگین انحراف دما روی پنجره  $31$  روزه است و از رابطه (۴) به دست می‌آید.

$$\overline{\Delta T_*(i, j)} = \frac{\sum_{n=1340}^{1383} \sum_{j=j-15}^{j+15} \Delta T_*(i, j, n)}{31N} \quad (4)$$

سرانجام نمایه تفاضل دمای بهنجار شده (NTD) که با نمایه  $x_*$  نموده شده است، به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$x_*(i, j, n) = \Delta T_*(i, j, n) / \overline{\sigma_*(i, j)} \quad (5)$$

که در آن،  $\overline{\sigma_*(i, j)} = \sqrt{\sigma_*^2(i, j)}$  است.

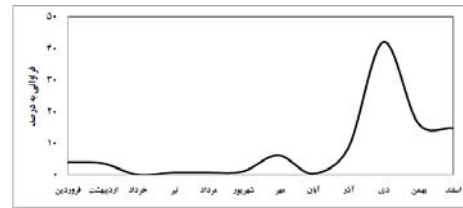
این نمایه برای  $7187$  یاخته و روی هر یاخته برای  $15992$  روز محاسبه شد. سپس برای هریک از  $15992$  روز بررسی شده میانگین مکانی نمایه  $x_*$  روی ایران و درصد مساحتی از ایران که  $x_* \geq 2$  داشته استخراج شد.

یاخته‌های ایران در ۲۶۴ روز برگزیده براساس درجه همانندی انحراف بهنجار شده دما با یکدیگر خوشه شده‌اند (شکل ۵). براساس این تحلیل ۵ ناحیه گرم فرین ایران شناسایی شد (شکل ۶). با مشخص شدن ناحیه گرم فرین هریک از یاخته‌ها نقشه پهنه‌بندی گرماهای فرین ایران رسم شد (شکل ۷).

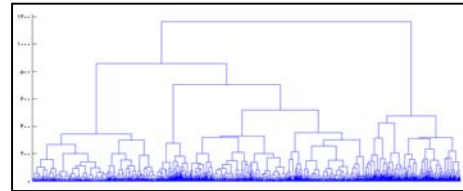
### ۳ یافته‌های پژوهش

همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد بیشتر گرماهای فرین ایران در دی ماه رخ داده است. کمترین رخداد گرماهای فرین ایران به ترتیب متعلق به ماه‌های خرداد، آبان، تیر، مرداد و شهریور است. نتایج این پژوهش نشان داد که ایران را به لحاظ دماهای فرین گرم می‌توان به ۵ ناحیه متمایز دسته‌بندی کرد (شکل ۷). اینک برخی از ویژگی‌های عمومی نواحی دمای فرین گرم ایران را برمی‌شماریم.

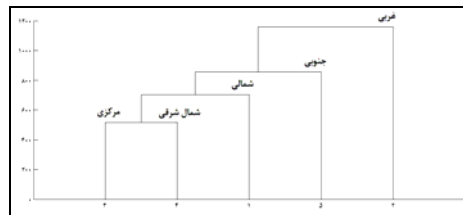
ناحیه شمال و شمال غربی: این ناحیه ۹ درصد از پهنه ایران را در بر می‌گیرد و در شمال و شمال غرب کشور گسترده شده است. میانگین نمایه انحراف بهنجار شده دما در این ناحیه برابر با ۲/۲ است. گرم‌ترین و فراگیرترین گرماهای این ناحیه در بهمن ماه دیده شده و در مرداد ماه شدت گرماهای فرین به حداقل می‌رسد. این ناحیه بیشترین میزان انحراف معیار ماهانه را در بین نواحی به خود اختصاص داده است. این مسئله بدین معنا است که رویداد گرماهای فرین فقط در برخی ماه‌ها روی می‌دهد. بنابراین سامانه‌های ایجادکننده گرماهای فرین در این ناحیه فقط در بخشی از سال فعال می‌شوند. در اینجا روز ۱۳۴۴/۱۱/۶ درحکم نماینده روزی که بیشینه نمایه در این ناحیه قرار گرفته مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به شکل‌های ۹-الف، ۹-ب و ۹-ج که نقشه‌های NTD و میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری و نصف‌النهاری (متر بر ثانیه) و دما (درجه سلسیوس) ترازهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال استقرار پشته



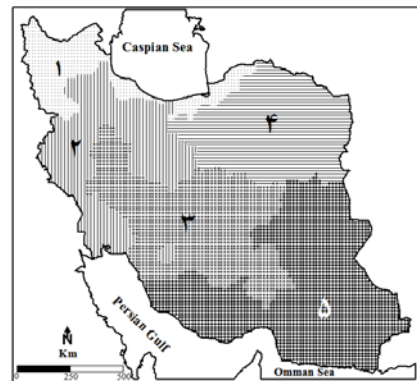
شکل ۴. درصد فراوانی ماهانه ۲۶۴ رخداد گرمای فرین ایران.



شکل ۵. نمودار درختی ۲۶۴ گرمای فرین ایران روی ۷۱۸۷ یاخته.



شکل ۶. نمودار درختی پنج ناحیه دمای فرین گرم ایران.



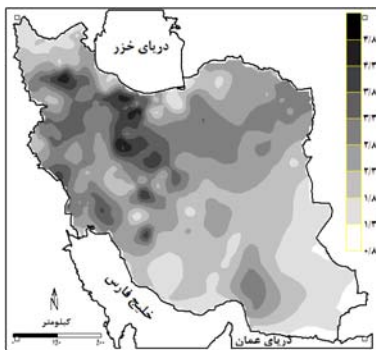
شکل ۷. نواحی دمای فرین گرم ایران.

برای پهنه‌بندی گرماهای فرین ایران روی داده‌های میان‌یابی شده آرایه  $264 \times 7187$  خوشه‌بندی با روش ادغام وارد صورت گرفت تا مرز نواحی به صورت دقیق مشخص شود. براساس این روش دو نقطه را در صورتی متعلق به یک ناحیه می‌دانیم که انحراف بهنجار شده دمای همه روزهای آنها به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک باشد. در واقع

روی شرق ایران به شکل آمگا منجر به پایداری و ماندگاری هوای گرم روی ایران شده است. این هوای گرم با ناوه شرق مدیترانه از روی شبه جزیره عربستان و شمال افریقا به ایران آورده شده است. در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز کم فشاری که هم‌زمان با ناوه میانی روی ترکیه مستقر شده هوای گرم را از جناح جنوبی به سمت شمال ایران دمیده و پرفشار روی مغولستان نیز منجر به استقرار بیشتر هوای گرم روی ایران و ناحیه شمالی و مانع تخلیه هوا به واسطه سامانه کم فشار می‌شود. همان‌گونه که این شکل‌ها نشان می‌دهد بردارهای باد نیز در این ناحیه بیشینه است، پس هوای گرم با سرعت زیاد با جهت جنوب غربی وارد و ماندگار شده است.

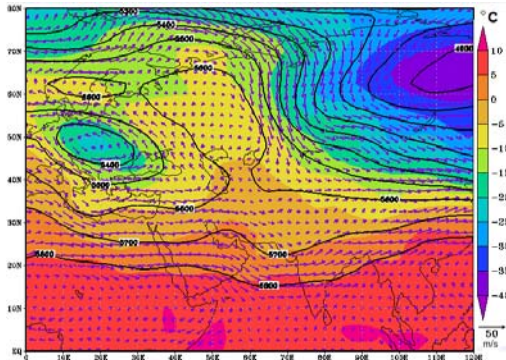
ناحیه غربی: این ناحیه محدوده استان‌های غربی کشور و بخش کوچکی از استان فارس (ارتفاعات سپیدان) را می‌پوشاند که به صورت زبانه‌ای تا بخش‌هایی از دریای خزر کشیده شده است. ۱۷/۲ درصد از پهنه ایران توسط این ناحیه پوشش داده شده است. این پهنه عمدتاً منطبق بر دامنه‌های غربی زاگرس است. میانگین نمایه انحراف بهنجار شده دما در این ناحیه برابر با ۳/۴ است. شدیدترین گرمای فرین در پهنه ایران مربوط به این ناحیه است و به همین علت این ناحیه از دیگر نواحی کاملاً متمایز است. در این ناحیه انحراف بهنجار شده دما حدود یک درجه بالاتر از نواحی دیگر است. شدیدترین و فراگیرترین گرمای فرین این ناحیه در دی و بهمن رخ داده و در تیر به کمینه شدت خود می‌رسد. به‌طور کلی بعد از ناحیه شمالی انحراف

معیار گرمای فرین در ماه‌های متفاوت سال نسبت دیگر نواحی به بیشترین حد رسیده است. در این ناحیه نیز مانند ناحیه شمالی رویداد گرمای فرین فقط در برخی از ماه‌ها روی می‌دهد. بنابراین سامانه‌های ایجادکننده گرمای فرین در این ناحیه نیز فقط در بخشی از سال فعال می‌شوند. قرارگیری این ناحیه با بیشترین میزان نمایه انحراف بهنجار شده دما نشان می‌دهد که سامانه‌های ایجادکننده گرمای فرین از غرب و جنوب غرب کشور وارد می‌شوند و این ناحیه بیش و پیش از دیگر نواحی از آن متأثر می‌شود. شکل‌های ۱۰-الف، ۱۰-ب و ۱۰-ج نقشه‌های NTD و میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری و نصف‌النهاری (متر بر ثانیه) و دما (درجه سلسیوس) ترازهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۳۴۴/۱۰/۲۰ را نشان می‌دهد. شکل ۱۰-الف گویای یک الگوی بندال دوقطبی است که منجر به وزش مداری شاخه جنوبی بادهای غربی شده، و نسبت به شرایط معمول خود در وضعیت جنوبی‌تری قرار گرفته و با خود هوای گرم را به ایران آورده‌اند. بردارهای باد در این ناحیه نیز بیشینه است. نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز قرارگیری یک کم فشار را روی ایران نشان می‌دهد. قرارگیری این هسته کم فشار منجر به تقویت وزش بادهای غربی شده است. کم فشار جنب‌قطبی نیز مانع تخلیه هوای گرم حاره با کم فشار مستقر روی ایران شده و به این شکل وزش گرم غربی تقویت شده است.

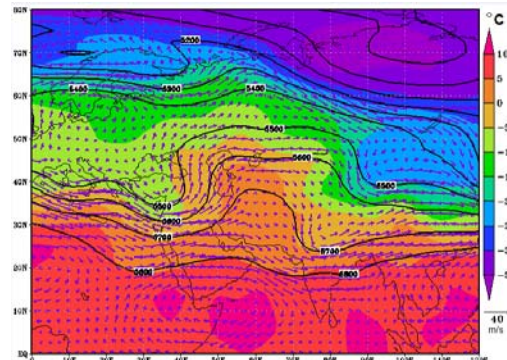


شکل ۸. میانگین انحراف بهنجار شده دما برای پهنه ایران در ۲۶۴ روز مورد بررسی.

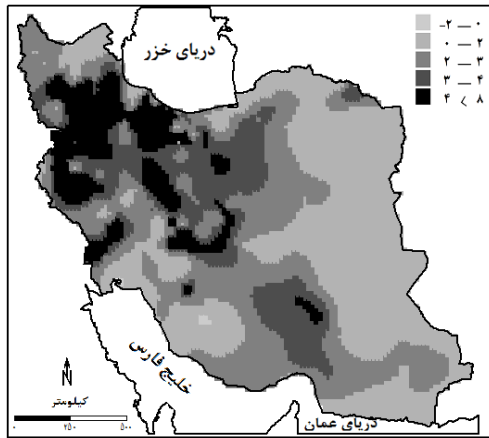




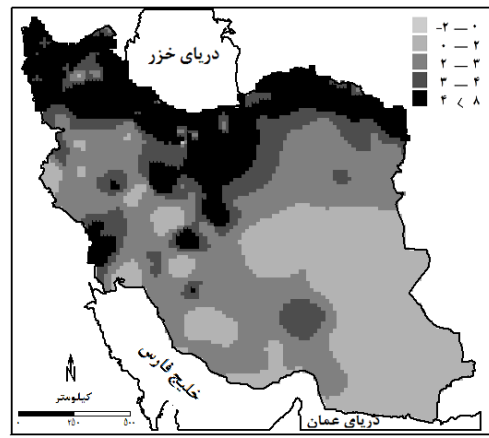
(الف) (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال)



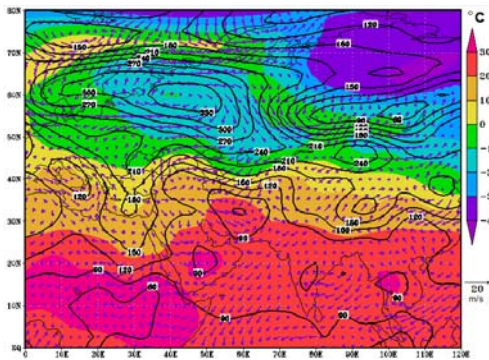
(الف) (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال)



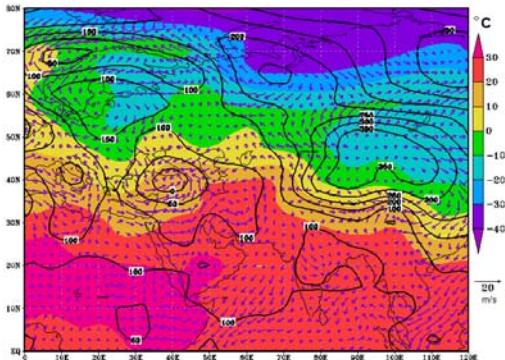
(ب) (نقشه NTD)



(ب) (نقشه NTD)



(ج) (تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال)



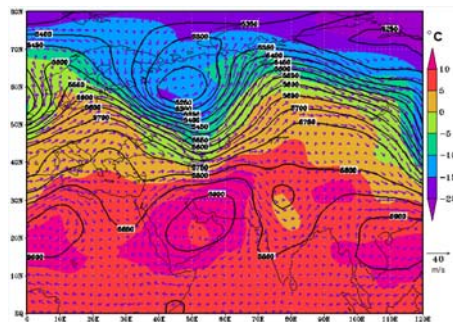
(ج) (تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال)

شکل ۱۰. (الف و ج) نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری و نصف‌النهاری (متربرثانیه) و دما (درجه سلسیوس) ترازهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۳۴۴/۱۰/۲۰.

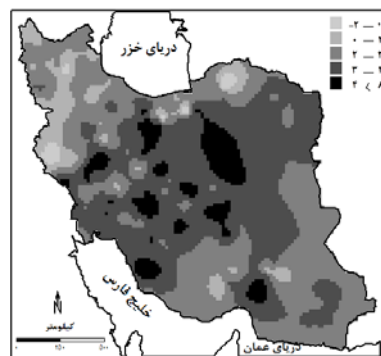
شکل ۹. (الف و ج) نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری و نصف‌النهاری (متربرثانیه) و دما (درجه سلسیوس) ترازهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۳۴۴/۱۱/۶.

برابر با ۲/۵ است. در اسفند ماه شدیدترین و فراگیرترین گرماهای فرین در این ناحیه رخ می‌دهد و در شهریورماه به کمینه خود می‌رسد. فرارگرفتن در شرق ارتفاعات زاگرس و دور شدن از هسته‌های سامانه‌های وزشی ایجادکننده گرمای فرین باعث شده تا شدت گرماهای فرین در این ناحیه نسبت به ناحیه غربی زیاد نباشد. برای بررسی علت رویدادهای گرم فرین این ناحیه روز ۱۵/۷/۱۳۷۶ انتخاب شد. براساس شکل ۱۱-الف یک پُرارتفاع روی خلیج فارس و شبه‌جزیره عربستان سلول خود را بسته و با چرخش ساعت‌گرد خود منجر به تزریق هوای گرم حاره از روی شمال آفریقا و شبه‌جزیره عربستان به جنوب و مرکز ایران شده است. شکل ۱۱-ج گویای این نکته است که کم‌فشار جنب‌قطبی با گسترش به طرف عرض‌های جنوبی باعث هدایت هوای گرم موجود در سامانه پُرارتفاع با جهت غربی و جنوب غربی روی جنوب ایران شده است.

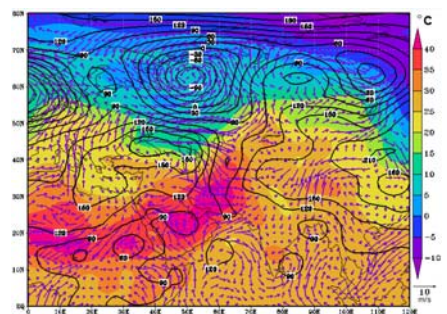
ناحیه شمال شرقی: این ناحیه حدود ۱۹/۵ درصد از ایران را در بر گرفته و شامل مناطق شمال شرق تا بخش‌های مرکزی شمال کشور است. میانگین نمایه انحراف بهنجار شده دما در این ناحیه برابر با ۲/۷ است. شدیدترین و فراگیرترین گرماهای فرین در این ناحیه در ماه بهمن و کمینه آن نیز در مرداد روی داده است. این ناحیه کمترین میزان انحراف معیار ماهانه را در بین نواحی به خود اختصاص داده است. بدین معنا که گرماهای فرین تقریباً در بیش از سه‌چهارم ماه‌های سال روی می‌دهد، بنابراین سامانه‌های ایجادکننده آنها نیز در بیشتر ماه‌های سال فعال هستند. روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۶ (شکل ۱۲) برای بررسی علت رویدادهای این ناحیه برگزیده شد. در این روز در تراز ۱۰۰۰ کم‌فشار جنب‌قطبی زبانه‌ای را به سوی شمال شرق ایران ارسال و در این ناحیه بادهای غربی و جنوب غربی را حاکم کرده است، ۲ پُر فشار که در شرق و غرب این زبانه کم‌فشار قرار گرفته‌اند، مانع تخلیه هوای گرم به واسطه این کم‌فشار شده و هوای گرم را روی این ناحیه ماندگار



(الف) (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال)



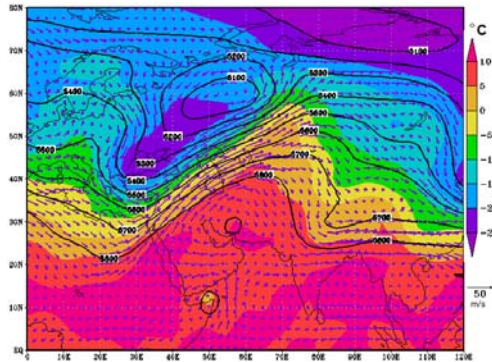
(ب) نقشه (NTD)



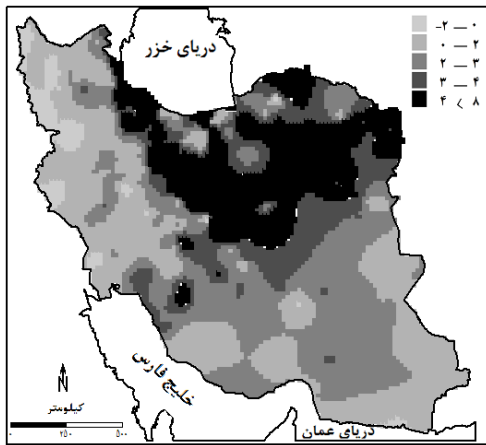
(ج) (تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال)

شکل ۱۱. (الف و ج) نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری و نصف‌النهاری (متر بر ثانیه) و دما (درجه سلسیوس) ترازهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۳۷۶/۷/۱۵.

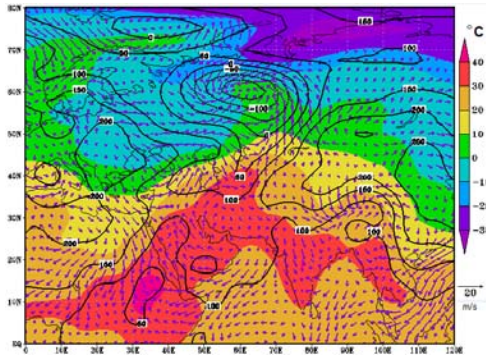
ناحیه مرکزی جنوبی: این ناحیه ۲۳/۴ درصد از پهنه ایران را در بر گرفته و شامل بخش‌هایی از استان‌های مرکزی و گوشه‌هایی از شمال خلیج فارس است و بخشی از آن نیز به صورت زبانه‌ای به درون ناحیه ۲ وارد شده است که این بخش از آن، بر ارتفاعات زاگرس منطبق است. میانگین نمایه انحراف بهنجار شده دما در این ناحیه



(الف) (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال)



(ب) (نقشه NTD)



(ج) (تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال)

شکل ۱۲. (الف و ج) نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری و نصف‌النهاری (متر بر ثانیه) و دما (درجه سلسیوس) ترازهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۳۸۲/۱۲/۱۶.

کرده‌اند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز یک پشته روی ایران مستقر شده که با جهت جنوب غربی و با سرعت زیاد هوای گرم را به این ناحیه سوق داده است. این دو پدیده در هر دو تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال منجر به وزش هم‌سوی بادهای گرم به این ناحیه شده‌اند.

ناحیه جنوب و جنوب شرقی: این ناحیه حدود ۳۰/۹ درصد پهنه ایران را در بر گرفته و میانگین نمایه انحراف بهنجار شده دما در این ناحیه برابر با ۱/۵ است. این ناحیه جنوب، جنوب شرق و بخش‌هایی از شرق کشور فرا گرفته است. بیشینه گرمای فرین این ناحیه در اردیبهشت و مرداد و کمینه آن در آبان ماه است. انحراف معیار گرماهای فرین در ماه‌های متفاوت سال ۰/۴۴ است. برای این ناحیه روز ۱۳۸۲/۹/۲۸ (شکل ۱۳) برگزیده شد. در این روز در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال محور پشته کوچکی روی جنوب شرق ایران مستقر شده و بادهای جهت جنوب غربی به خود گرفته‌اند. در تراز ۱۰۰۰ نیز وزش ساعت‌گرد بادهای گسترش هوای گرم حاره‌ای به جنوب شرق ایران را به واسطه سامانه پراتفاح نشان می‌دهد. پس در این اینجا نیز بادهای ۲ تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال با هم به صورت هم‌سو هوای گرم را به ناحیه وزش می‌دهند.

جدول ۱. ویژگی‌های نواحی دمای فرین گرم ایران.

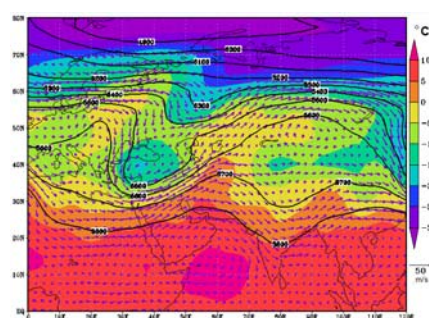
ناحیه	درصد پهنه	میانگین نمایه انحراف بهنجار شده دما °C	میانگین انحراف معیار مکانی در ناحیه °C
شمالی و شمال‌غربی	۹	۲/۲	۱/۶
غربی	۱۷/۲	۳/۴	۱/۷
مرکزی	۲۳/۴	۲/۵	۱/۱
شمال شرقی	۱۹/۵	۲/۷	۱/۱
جنوب و جنوب شرقی	۳۰/۹	۱/۸	۰/۹۵

جدول ۲. میانگین انحراف بهنجار شده دمای (درجه سلسیوس) نواحی فرین گرم ایران در ماه‌های متفاوت سال.

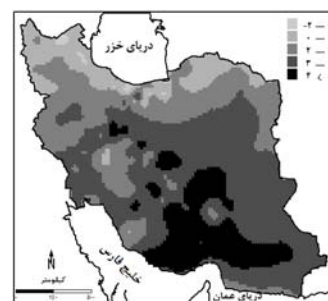
ناحیه	فروردین	اردیبهشت	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	انحراف معیار زمانی
شمالی	۲/۳	۱	۰/۸	۰/۸	۲/۷	۲/۳	۲/۳	۲/۲	۲/۳	۲/۹	۱/۴	۰/۷۶
غربی	۳	۲/۳	۱/۸	۲/۸	۳/۱	۲/۸	۳/۳	۳/۱	۳/۸	۳/۴	۲/۸	۰/۵۴
مرکزی	۲/۴	۲/۶	۲/۶	۲/۴	۱/۸	۱/۲	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۳	۲/۷	۰/۴۴
شمال شرقی	۲/۳	۲/۷	۲/۳	۱/۹	۱/۹	۲/۲	۲/۴	۲/۹	۲/۷	۳/۱	۲/۷	۰/۳۹
جنوبی	۱/۸	۲/۶	۲/۴	۲/۶	۱/۷	۱/۹	۱/۲	۱/۹	۱/۷	۱/۶	۲/۱	۰/۴۴

#### ۴ نتیجه گیری

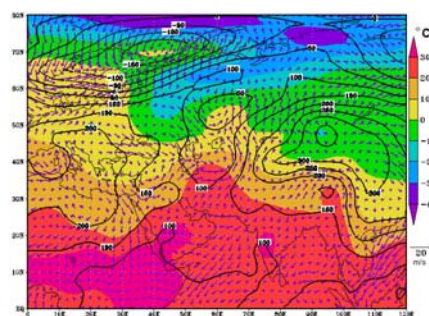
در این پژوهش با استفاده از نمایه انحراف بهنجار شده دما، روزهای همراه با گرمای فرین ایران شناسایی شد. تحلیل خوشه‌ای روی روزهای فرین گرم ایران نشان داد که این سرزمین را می‌توان به پنج ناحیه دمای فرین گرم طبقه‌بندی کرد. بیشتر گرماهای فرین ایران در ماه‌های زمستان و پاییز روی داده است. شدیدترین گرماهای ایران به‌خصوص در سال‌های اخیر در ناحیه غرب و جنوب غرب ایران (ناحیه ۲) رخ داده است. در این ناحیه انحراف بهنجار شده دما حدود یک درجه بیشتر از دیگر نواحی است، قرارگیری این ناحیه با بیشترین میزان نمایه انحراف بهنجار شده دما نشان می‌دهد که سامانه‌های ایجادکننده گرماهای فرین از غرب و جنوب غرب کشور وارد می‌شوند و این ناحیه بیش و پیش از دیگر نواحی از آن متأثر می‌شود. بیشترین انحراف معیار مکانی نیز متعلق به این ناحیه است، بدین معنا که این ناحیه دارای همگنی مکانی کمی از نظر شاخص NTD است، یعنی سامانه‌های ایجادکننده گرماهای فرین این ناحیه را به‌طور یکسان مورد هجوم قرار نمی‌دهند، برخی مناطق بیشتر و برخی نیز کمتر تحت تأثیر این سامانه‌ها قرار می‌گیرند. اما بالاترین انحراف معیار زمانی به ناحیه‌های شمالی و غربی تعلق دارد، این مسئله بدین معنا است که رویداد گرماهای فرین در این نواحی فقط در برخی ماه‌ها روی می‌دهد. بنابراین سامانه‌های ایجادکننده گرماهای



(الف) (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال)



(ب) نقشه (NTD)



(ج) (تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال)

شکل ۱۳. (الف و ج) نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری و نصف‌النهاری (متربرانه) و دما (درجه سلسیوس) ترازهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۳۸۲/۹/۲۸.

دمای متوسط سالانه در ایران، م. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹(۱)، ۲۵-۹.

عساکره، ح.، ۱۳۸۰، تجزیه و تحلیل آماری اقلیمی سری‌های زمانی دما در ایران، رساله دکتری، دانشگاه اصفهان.

مسعودیان، س. ا.، ۱۳۸۲، تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران، م. علوم انسانی دانشگاه اصفهان، ۱۵(۲ و ۱)، ۸۷-۹۶.

مسعودیان، س. ا.، ۱۳۸۲، نواحی اقلیمی ایران، م. جغرافیا و توسعه، ۲، ۱۷۱-۱۸۴.

مسعودیان، س. ا.، ۱۳۸۴، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، م. پژوهش‌های جغرافیایی، ۴، ۲۹-۴۵.

مسعودیان، س. ا.، زینالی، ح.، و حاجتی زاده، ر.، ۱۳۸۷، نواحی دمایی ایران، م. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۸۹، ۱۷۱-۱۸۴.

منتظری، م.، مسعودیان، س. ا.، ۱۳۹۲، تقویم دمای روزهنگام ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۳۱، ۱-۱۴.

Anyadyke, R. N. C., 1987, A multivariate classification and regionalization of West African climates, *J. Climatology*, 7, 157-164.

Brown, B. G., and Katz, R.W., 1993, Regional analysis of temperature extreme: spatial analog for climate change?, *J. Climate.*, 8, 108-119.

Bunkers, M. J., Miller, Jr. J. R. and DeGaetano, A. T., 1996, Definition of climate regions in the northern plains using an objective clustermodification technique, *J. Climate*, 9, 30-146.

Diffenbaugh, N. S., Bell, J. L., and Sloan, L. C., 2006, Simulated changes in extreme temperature and precipitation events at 6 ka, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 236, 151-168.

Dixit, P. N. and Chen, D., 2010, Farm-scale zoning of extreme temperatures in Southern, Mallee, Victoria, Australia, *J. Biosystems Engineering*, 105, 198-204.

Norte, F. A., Simonelli, S. C., Seluchi, M. and Viale, M., 2006, Characteristics of three extreme maximum temperature episodes in Mendoza, Argentina, *Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguacu, Brazil, 1877-1882*.

Fovell, R. G., 1992, Problems associated with the inclusion of redundant and irrelevant variables

فرین در این ناحیه فقط در بخشی از سال فعال می‌شوند. کمترین انحراف معیار زمانی متعلق به ناحیه شمال شرقی و کمترین انحراف معیار مکانی متعلق به ناحیه جنوب و جنوب شرقی است. برای بررسی علت ایجاد گرماهای فرین در این نواحی برای هر ناحیه یک روز که در آن شاخص NTD در ناحیه مورد نظر به صورت بیشینه متمرکز شده بود به مثابه نماینده انتخاب شد.

نقشه NTD و میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی (ژئوپتانسیل متر)، باد مداری و نصف‌النهاری (متر بر ثانیه) و دمای (درجه سلسیوس) ترازهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز نمونه رسم شد. با توجه به این شکل‌ها علت بیشتر این رویدادهای گرم فرین قرارگیری نواحی در زیر پشته میانی و گسترش کم‌فشار در تراز پایین بود. وزش هم‌سوی بادها با جهت غرب و جنوب غربی در هر دو تراز هوای گرم حاره را از شمال آفریقا و شبه‌جزیره عربستان روی ایران تزریق می‌کردند.

## مراجع

براتی، غ.، موسوی، س. ش.، ۱۳۸۴، جابه‌جایی مکانی موج‌های زمستانی گرما در ایران، م. جغرافیا و توسعه، ۵، ۴۱-۵۲.

حیدری، ح. و علیجانی، ب.، ۱۳۷۸، طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره، م. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۷، ۵۷-۷۴.

خلیلی، ع.، ۱۳۷۸، تحلیل سه‌بعدی درجه روزهای گرمایش و سرمایش در گستره ایران، م. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۵۵(۵۴)، ۷-۱۹.

خلیلی، ع.، ۱۳۸۳، تدوین یک سامانه جدید پهنه‌بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش - گرمایش محیط و اعمال آن بر گستره ایران، م. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۷۵، ۵-۱۵.

شیرغلامی، ه. و قهرمان، ب.، ۱۳۸۴، بررسی روند تغییرات

- Yanlin, S., 2006, Climatic characteristics of summer high temperature and assessment methods in the large cities of North China, *J. Geographical Sciences*, **16**, 13-22.
- Steiner, D., 1965, A multivariate statistical approach to climate regionalization and classification, *Tijdsch. K. Ned. J. Aardrijkskundig Genootschap*, **82**, 329-347.
- Stott, P., Stone, D. and Allen, M., 2004, Human contribution to the European heat wave of 2003, *J. Nature*, **432**, 610-614.
- Thorntwaite, C. W., 1931, The climates of North America, according to a new classification, *J. Geogr. Rev.*, **21**, 633-655.
- Weisheimer, A. and Palmer, T. N., 2005, Changing frequency of occurrence of extreme seasonal temperatures under global warming, *J. Geophys. Res. Lett.*, **32**, 1-5.
- Xu, Ying, Chonghai, X., Xuejie, G. and Yong, L., 2009, Projected changes in temperature and precipitation extremes over the Yangtze River Basin of China in the 21<sup>st</sup> century, *J. Quaternary International*, **208**, 44-52.
- You, Q., Kang, S., Pepin, N., Flugel, W. A., Sanchez-lorenzo, A., Yan, Y. and Zhang, Y., 2010, Climate warming and associated changes in atmospheric circulation in the eastern and central Tibetan Plateau from a homogenized dataset, *Global and Planetary Change*, **72**, 11-24.
- in cluster analysis, *Proc. 17<sup>th</sup> Climate Diagnostics Workshop*, Norman, OK, Natl. Oceanic Atmos. Admin, 380-383.
- Fujibe, F., Yamazaki, N., Kobayashi, K. and Nakamigawa, H., 2007, long-term changes of temperature extremes and day-to-day variability in Japan, *J. Papers in Meteorology and Geophysics*, **58**, 63-72.
- Gadgil, S. and Joshi, N. V., 1983, Climatic clusters of the Indian region, *J. Climatol*, **3**, 47-63.
- Huth, R., Kysely, J. and Pokorná, L., 2000, A GCM simulation of heat waves, dry spells, and their relationship to circulation, *J. Climatic Change*, **46**, 29-60.
- Jinhu, Y., Chuanyou, R. and Zhihong, J., 2008, Characteristics of extreme temperature event and its response to regional warming in northwest China in past 45 years, *Chin. Geogra. Sci.*, **18**(1), 1070-1076.
- Koppen, W., 1923, *Die Klimate der Erde. Grundriß der Klimakunde*, - de Gruyter Berlin u. Leipzig, **369**.
- Meehl, G. A., Tebaldi, C., 2004, More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21<sup>st</sup> century, *Science*, **305**, 994-997.
- Ronberg, B. and Wang, W. C., 1987, Climate patterns derived from Chinese proxy precipitation records: An evaluation of the station networks and statistical techniques, *J. Climatol*, **7**, 391-416.
- Shangyin, Z., Dekuan, Z., Shourong, W. and