



Analyzing the trend of widespread hot days in the coasts of the Persian Gulf

Hossein Asakereh¹ | Mansureh Taheri²

1. Hossein Asakereh: Professor, Climatology, Faculty of Human Sciences, University of Zanjan

Email: asakereh1@yahoo.com

2. Mansureh Taheri: Ph.D Student of Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili

University Email: mansure.taheri95@yahoo.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received 20 March 2023 Received in revised form 20 April 2023 Accepted 6 May 2023 Published online 10 June 2023 (Times New Roman 9) Keywords: <i>extreme temperature</i> <i>Persian Gulf coastline</i> Trend	In the field of climatology, the occurrence of extreme temperatures is a noteworthy climatic feature related to atmospheric temperature. This study delves into the investigation of the trend of hot days characterized by extreme temperatures in the coastal plains of the Persian Gulf (CPPG) using two databases: station data and a gridded database. The station dataset encompasses the average daily mean of maximum temperatures documented in 12 synoptic stations across the CPPG regions (specifically Khuzestan, Bushehr, and Bandar Abbas Provinces) from 1961 to 2018. Extreme temperatures were defined as daily average temperatures surpassing the 75th percentile at each station. Days where at least 50% of the stations experienced extreme temperatures were classified as widespread, resulting in the identification of 554 widespread hot days, with 291 occurring in the warm season and 263 in the cold season. These identified hot days were further categorized into six groups through cluster analysis based on relevant sea-level pressure (SLP) data, allowing for an examination of the trend of hot days within each group. The results demonstrated a positive trend in hot days for all groups except the fourth and sixth groups, signifying a significant increase in hot days associated with extreme temperatures under four distinct atmospheric patterns.
Cite this article: Last Name, Initial., Last Name, Initial., & Last Name, Initial. (2023). Title of paper in lower case letters (except for initial letter of first word, initial of first word after a colon, and proper nouns). <i>Journal of Applied researches in Geographical Sciences</i>, 57 (4), 1-20. DOI: http://doi.org/00000000000000000000	
© The Author(s). Publisher: University of Kharazmi. DOI: http://doi.org/00000000000000000000	

Extended Abstract (700 -1000 words)

Introduction

Extreme temperatures represent a crucial aspect of climatic conditions, characterized by significantly higher or lower values compared to normal temperature ranges. These extreme temperature events have profound impacts on human societies and the environment, with implications extending to economic and natural realms, including accelerated snow melting and direct associations with climate change. Particularly during the summer season, extreme temperatures can elevate the demand for energy, drinking water, and water resources for



industrial and agricultural purposes. As such, within the realm of climate variables, the study of extreme temperatures has garnered considerable attention in climatological discourse ([Cony and Martin, 2010](#)).

Given that temperature fluctuations can induce alterations in the climatic composition of regions, a substantial portion of climatology research has been dedicated to examining temperature trends across various temporal and spatial dimensions ([Masoudiyan, 2004](#)). Existing literature frequently points towards a rise in occurrences of hot days, as evidenced by studies such as those by [Collin et al.](#) (2000), [Croitoru et al.](#) (2016), [Alijani et al.](#) (2013), and [Asakareh et al.](#) (2016).

Methods and Materoal

This study investigates the trend of hot days characterized by extreme temperatures in the CPPG utilizing two key datasets: station data and a gridded database. The station dataset comprises the daily mean of maximum temperatures recorded at 12 synoptic stations across the CPPG regions (specifically Khuzestan, Bushehr, and Bandar Abbas Provinces) from 1961 to 2018. Extreme temperatures were identified as daily average temperatures exceeding the 75th percentile at each station. Days where at least 50% of the stations reported extreme temperatures were classified as widespread, leading to the identification of 554 widespread hot days, with 291 occurring during the warm season and 263 in the cold season.

Subsequently, the identified hot days, analyzed using Euclidean distance and Ward's linkage method, were clustered into six distinct groups through cluster analysis based on relevant sea-level pressure (SLP) data. This approach enabled an in-depth analysis of the trend of hot days within each designated group.

To assess the long-term trend of hot day frequency, linear trends in the time series were estimated using the least squares error method in linear regression. The significance of trends was evaluated through testing the null hypothesis at a 90% confidence level.

Resultss and Discussion

The investigations carried out in this study reveal that a total of 554 hot days were identified in the research area, with 291 occurring during the warm season and 263 in the cold season. The maximum and minimum temperatures recorded on these hot days were 46.9 and 22.8 degrees Celsius, respectively, with average and standard deviation values of approximately 36.6 and 7.4 degrees Celsius, respectively.

Among the six delineated groups, the second group exhibited the lowest frequency with 41 widespread extreme hot days, while the third group recorded the highest number of widespread extreme hot days at 157. Analysis shows that the first group lacked a seasonal pattern compared to the other groups, with hot days occurring in all months except for November (late December). The second group aligns with transient seasons such as spring and autumn, while the third group corresponds to the summer season. The fourth group appears to be associated with a winter-autumn event, the fifth group with winter and transient seasons, and the sixth group reflecting a cold-season pattern.

Evaluation of the trend in hot day frequency revealed an annual change of approximately 0.29 (equivalent to around 3 days per decade), statistically significant across confidence levels. Notably, the increasing trend in hot days within the second group was deemed statistically significant, with an annual change of approximately 0.07, representing an increase of nearly one hot day every 10 years. The third group displayed a significant annual change of about 0.39, indicating a rise of approximately 4 hot days every ten years. In contrast, the fourth group did not exhibit statistically significant changes, with an annual change of 0.3. The fifth group showcased an annual change of approximately 0.29, translating to an increase of about 3 hot days per decade. Conversely, the sixth group displayed a non-significant annual change of 0.7.

Conclusion

Overall, the analysis of hot day trends demonstrates a positive slope in all groups except for the fourth and sixth groups, which did not exhibit significant changes. Therefore, the frequency of hot days in the CPPG region is on the rise, with the first, second, third, and fifth synoptic patterns playing pivotal roles in driving these increments.



Keywords: Extreme temperature, Coastal plains of the Persian Gulf (CPPG), Synoptic analysis , Trend

References

Alijani, B., Roshani, A., Parak, F., & Heydari, R. (2012). Trends in extreme daily temperature using climate change indices in Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(2), 17-28.

[10.22067/GEO.V1I2.18617](https://doi.org/10.22067/GEO.V1I2.18617)

Alexander, L. V., & Arblaster, J. M. (2017). Historical and projected trends in temperature and precipitation extremes in Australia in observations and CMIP5. *Weather and climate extremes*, 15, 34-56. [10.1016/j.wace.2017.02.001](https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.02.001)

Croitoru, A. E., Piticar, A., Ciupertea, A. F., & Roșca, C. F. (2016). Changes in heat waves indices in Romania over the period 1961–2015. *Global and planetary change*, 146, 109-121.

DOI:[10.1016/j.gloplacha.2016.08.016](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.08.016)

- CCSP.2008. Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. [Thomas R. Karl, Gerald A. Meehl, Christopher D. Miller, Susan J. Hassol, Anne M. Waple and William L. Murray (eds.)]. Department of Commerce, NOAA's National Climatic Data Center, Washington, D.C., USA, 164 pp.

Trewin, B. C. (2001). Extreme temperature events in Australia.

- Collins, D. A., Della-Marta, P. M., Plummer, N., & Trewin, B. C. (2000). Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia. *Australian Meteorological Magazine*, 49(4), 277-292.

Cony, M., Martín, L., Hernández, E., & Del Teso, T. (2010). Synoptic patterns that contribute to extremely hot days in Europe. *Atmósfera*, 23(4), 295-306.

Mistry, M. N. (2019). A high-resolution global gridded historical dataset of climate extreme indices. *Data*, 4(1), 41. [10.3390/data4010041](https://doi.org/10.3390/data4010041)

Nandintsetseg, B., Greene, J. S., & Goulden, C. E. (2007). Trends in extreme daily precipitation and temperature near Lake Hövsgöl, Mongolia. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(3), 341-347. <https://doi.org/10.1002/joc.1404>

Zhong, K., Zheng, F., Wu, H., Qin, C., & Xu, X. (2017). Dynamic changes in temperature extremes and their association with atmospheric circulation patterns in the Songhua River Basin, China. *Atmospheric Research*, 190, 77-88. [10.1016/j.atmosres.2017.02.012](https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.02.012)

ناشر: دانشگاه خوارزمی، تهران.

مقدمه

از دیدگاه بسیاری از پژوهشگران تغییر اقلیم یک پدیده طبیعی است که در توالی‌های زمانی بلند مدت به وقوع می‌پیوندد. علاوه بر این تاثیر فعالیت‌های بشری باعث تشدید اثرات پدیده تغییر اقلیم، شدت روند تغییرات و تغییر بازه زمانی توالی تغییرات اقلیمی می‌گردد ([اکبری و همکاران، ۱۴۰۰](#)). در حال حاضر از مهمترین چالش‌های زیست محیطی در سطح جهان گرمایش جهانی و تغییر اقلیم است. که از مهمترین جلوه‌های تغییر اقلیم، افزایش دمای جهانی همچنین افزایش پدیده‌های فرین اقلیمی می‌باشد ([پناهی و درجانی، ۱۳۹۹](#)). دما یکی از عناصر مهم اقلیمی و دماهای فرین یکی از حالات مهم دما هستند. دمای فرین به مقادیر بسیار بیشتر یا بسیار کم‌تر از مقادیر نرمال دما گفته می‌شود. می‌توان اذعان داشت که فرین-های آب و هوایی و به‌ویژه فرین‌های دمایی اثرات قابل توجهی بر جوامع انسانی، محیط زیست، عرصه‌های زیستی و غیر زیستی به دنبال داشته است. در پژوهش‌های پیشین [الماسی و همکاران \(۱۴۰۲\)](#) در بررسی ریسک مرگ و میر ناشی از تنش گرمایی در کلانشهرهای ایران نشان دادند که افزایش مرگ و میر بستگی به سطوح تنش گرمایی دارد و در حدود ۳۵ درجه سلسیوس و بالاتر، یعنی ورود به محدوده رده تنش گرمایی متوسط شاخص UTCI، افزایش مرگ و میر مشهود است. فرین‌های آب و هوایی حتی می‌تواند اثرات سوء اقتصادی و طبیعی نظیر ذوب زود هنگام برف و نیز مشکلات زیست‌محیطی - انسانی بسیاری به‌همراه داشته باشند. دماهای فرین به انعکاس پدیده گرمایش جهانی و به‌سبب ارتباط مستقیم با پدیده تغییر اقلیم، مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند ([کانی و مارتین^۱، ۲۰۱۰](#)). اثرات اقتصادی تغییرات و وردایی فرین‌های آب و هوایی و حوادث اقلیمی شدید، به عنوان یکی از جدی‌ترین مسائل بشر در برابر تغییرات آب و هوایی می‌باشد ([2008](#)، [CCSP^۲](#)). با توجه به اینکه تغییرات دما می‌تواند دگرگونی در ساختار آب و هوایی هر محل را به‌همراه یا در پی داشته باشد، بخش بزرگی از پژوهش‌های اقلیم‌شناسی به بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی اختصاص داده شده است ([مسعودیان، ۱۳۸۳](#)). وقوع فرین‌های دمایی در فصل تابستان می‌تواند منجر به افزایش تقاضا برای مصرف انرژی یا افزایش تقاضا برای آب جهت مصارف شرب، صنعتی و کشاورزی شود، مسئله‌ای که در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب شایان تأمل و توجه است. علاوه بر این نمایه‌های حدی اقلیمی نه تنها نقش مهمی در تجزیه و تحلیل وقایع اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی دارند بلکه به مدل‌سازی اقلیمی و تصمیم‌گیران در ارزیابی اثرات بخش‌های مختلف نیز کمک می‌کند ([میستری^۳، ۲۰۱۹](#)).

روند گرمای فرین به‌دلیل نقش و اهمیت آن به‌لحاظ طبیعی و انسانی، منشاء پژوهش‌های زیادی در ایران و جهان شده است. برخی از این پژوهش‌ها به عنوان نمونه در زیر آمده است:

[کولین^۴ و همکاران \(۲۰۰۰\)](#)، در بررسی گرمای فرین استرالیا، به این نتیجه دست یافتند که رخدادهای دمای فرین گرم با افزایش همراه بوده است. یافته‌های [ناندینتسیتیگ^۵ و همکاران \(۲۰۰۷\)](#) نشان داد که روزها و شب‌های گرم در نزدیکی دریاچه «هوگول^۶» در حال افزایش و روزها و شب‌های سرد رو به کاهش است. بررسی‌های [کریتورو^۷ و همکاران \(۲۰۱۶\)](#)، براین واقعیت دلالت دارد که غرب و مناطق مرکزی رومانی در معرض افزایش امواج گرما قرار دارد. [ژونگ و همکاران^۸ \(۲۰۱۷\)](#) با بررسی دگرگونی‌های دینامیکی فرین‌های دمایی بیشینه و ارتباط آن را با گردش‌های جنوب حوضه

^۱ Cony and Martin

^۲ Climate Change Science Program

^۳ Mistry

^۴ Collin

^۵ Nandintsetseg

^۶ Haugol

^۷ Croitoru

^۸ Zhong et al.

رودخانه سونقو^۱ چین با داده‌های حداکثر و حداقل دمای روزانه جمع آوری شده برای دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۴ میلادی ۶۰ ایستگاه هواشناسی به این نتیجه رسیدند که بین شاخص فرین گرم و شاخص‌های نیمکره شمالی همبستگی مثبت و برای شاخص سرد همبستگی معکوس وجود دارد.

[الکساندر و اربلاستر^۲ \(۲۰۱۸\)](#) در بررسی تحلیل روند فرین‌های دما و بارش در کشور استرالیا با استفاده از مدل CMIP5 دوره مطالعاتی ۲۰۱۰-۱۹۱۱ را به عنوان دوره پایه و سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ را به عنوان دوره آتی مورد بررسی قرار دادند که یافته‌ها نشان دهنده شمار روزهای همراه با فرین‌های سرد تا سال ۲۱۰۰ به صورت روند کاهشی می‌باشد. همچنین در همین بازه زمانی روزهای همراه با فرین‌های گرم افزایش قابل ملاحظه‌ای را به دنبال دارد. [کرزانی و همکاران \(۲۰۲۲\)](#)، تغییرات زمانی دماهای کشنده بالای ۵۰ درجه سانتی گراد در نیمکره شمالی را طی یک دوره ۷۳ ساله از ۱۹۴۸ تا ۲۰۲۰ با فراوانی فصلی، سالانه، دهه‌ای و صد ساله دماهای کشنده بالای ۵۰ درجه سانتی گراد (TU50c) در نیمکره شمالی (NH) مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتیجه این مطالعه نشان داد بیشترین وقوع دماهای شدید TU50c در قرن بیستم بین سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۸۸ اتفاق افتاده است. از نظر فضایی نیز، منطقه‌ای با بیشترین فراوانی و قوی ترین TU50c در آفریقا، متعلق به سودان، غرب آسیا (بین عراق، جنوب غربی ایران، کویت و عربستان سعودی) و هند در شبه قاره هند بوده است. [اسمعیل نژاد و همکاران \(۱۳۹۲\)](#) در پژوهش خود، نشان دادند که روند تعداد موج‌های گرمایی ایران طی دهه‌های اخیر رو به افزایش بوده است و نه تنها تعداد موج‌های گرمایی افزایش یافته، بلکه ماندگاری آن‌ها نیز روند مثبتی را نشان می‌دهد. [علیجانی و فرج‌زاده \(۱۳۹۲\)](#) نیز با بررسی ایستگاه‌های کشور به این واقعیت پی بردند که در اکثر ایستگاه‌های منتخب در شمال ایران کاهش فراوانی نمایه‌های سرد فرین و افزایش فراوانی نمایه‌های گرم فرین رخ داده است. [صراف و همکاران \(۱۳۹۴\)](#)، در بررسی حوضه دریاچه ارومیه به این نتیجه دست یافتند که کمینه، بیشینه و میانگین دما هم در مقیاس سالانه و هم در مقیاس فصلی روند افزایشی را تجربه کرده است. واکاوی آماری تغییرات فراوانی و دمای روزهای گرم در ایران توسط [عساکره و شادمان \(۱۳۹۵\)](#) نشان داد که روزهای گرم فراگیر در آینده، در پهنه‌های گسترده-تری از کشور رخ خواهد داد. روند فراوانی روزهای گرم و روند میانگین دمای این روزها در گستره‌ای نزدیک به نیمی از مساحت کشور افزایشی بوده است. همچنین رخدادهای دمایی روزهای گرم کشور، دارای چرخه ۳ تا ۴ ساله بودند. [بازگیر و همکاران \(۱۳۹۶\)](#)، به منظور بررسی روند تغییرپذیری فرین‌های دمایی در استان خراسان رضوی طی دهه‌های اخیر از داده‌های روزانه دمای کمینه و بیشینه ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی استان خراسان رضوی در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۵ استفاده کردند. یافته‌های ایشان نشان داد که در اغلب ایستگاه‌ها روند فراوانی نمایه‌های فرین بالا، افزایشی و نمایه‌های فرین پایین کاهشی بوده است. همچنین از میان ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه، ایستگاه مشهد بیشترین شمار نمایه‌های معنی دار را داشته است. [احمدی و همکاران \(۱۳۹۶\)](#)، به بررسی دورنمای فرین‌های گرم ایران مبتنی بر برونداد مدل میان مقیاس منطقه‌ای پرداختند. آنها با استفاده از مدل منطقه‌ای RegCm4^۳ و نمایه انحراف بهنجار شده دما (NTD^۴) به این نتیجه دست یافتند که گرماهای فرین در نیمه غربی و نوار ارتفاعی (کوهستان و کوهپایه) رخ خواهد داد؛ به طوری که فرین‌های دمایی در مناطق یاد شده بیشتر از نواحی داخلی و سواحل جنوبی کشور خواهند بود. کمینه رخداد فرین گرم ایران مربوط به ناحیه دشت کویر و پس از آن جنوب شرق کشور می‌باشد. پژوهش [کریمی و همکاران \(۱۳۹۷\)](#) در واکاوی وردایی و پیش بینی دماهای فرین سواحل جنوبی دریای خزر نشان داد دمای کمینه و بیشینه در سال‌های آتی دارای روند افزایشی است. همچنین نرخ افزایش دما بین ۰/۱ تا ۱/۷ درجه سلسیوس متفاوت خواهد بود. [قوبدل رحیمی و همکاران \(۱۳۹۸\)](#) مقادیر فرین در امواج گرمایی نیمه جنوبی ایران را با استفاده از ۱۶ ایستگاه سینوپتیکی و داده‌های

^۱ Songhua

^۲ Alexander and Arblaster

^۳ Regional Climate Model

^۴ Normalized Temperature Deviation

جوی بررسی کردند. تحلیل سینوپتیک این امواج در نیمه گرم سال نشان داد که در حال افزایش می‌باشند. همچنین از عوامل اصلی تاثیر گذار بر رخداد امواج گرمایی در این منطقه در سطح زمین وضعیت کم‌فشار و در سطوح فوقانی جو پرارتفاع می‌باشد. علاوه بر این وزش توده‌های هوایی بسیار گرم از اطراف به این منطقه نیز تاثیر به سزایی در رخداد این فرین‌های اقلیمی داشته است.

در حالی که مطالعات متعددی با تمرکز بر سامانه‌های همدید مرتبط، به بررسی دماهای فراگیر در سطح کل کشور پرداخته‌اند، هیچ مطالعه آماری مستقیمی بر روی روند روزهای گرم‌فراگیر در سواحل خلیج فارس انجام نشده است. از آنجایی که سواحل خلیج فارس به عنوان یکی از پرجمعیت‌ترین و صنعتی‌ترین مناطق ایران، نقشی حیاتی در اقتصاد و معیشت کشور ایفا می‌کند، وقوع دماهای فرین گرم در این منطقه می‌تواند پیامدهای منفی متعددی از جمله تنش آبی، تنش‌های سلامتی، کاهش راندمان تولیدی و اختلال در فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی به همراه داشته باشد. فقدان دانش کافی در مورد روند و الگوهای روزهای گرم‌فراگیر در این منطقه، برنامه‌ریزی و مدیریت مؤثر برای مقابله با این پدیده و کاهش اثرات سوء آن را دشوار می‌کند. این خلاء پژوهشی، درک عمیق از الگوها و روندهای گرمای شدید در این منطقه حساس و استراتژیک را محدود می‌کند.

داده ها و روش شناسی

موقعیت منطقه مورد مطالعه

عموماً کشور ایران از نظر آب و هوایی به شش ناحیه (خزری، کوهستانی، کوهپایه‌ای، جنوب، مرکزی تقسیم شده است که ناحیه‌ی جنوب شامل سواحل دریای عمان و خلیج فارس و جلگه خوزستان می‌باشد (وئوقی، ۱۳۸۴). منطقه مورد بررسی که در شکل ۱ ارائه شده است شامل سواحل شمالی خلیج فارس و همچنین بخش‌های جلگه‌ای استان‌های خوزستان، بوشهر و بندرعباس است. این سرزمین‌های ساحلی سرزمین‌های نسبتاً همواری هستند که در عرض پایین جغرافیایی قرار گرفته‌اند. عرض جغرافیایی پایین، سرزمین کم ارتفاع و هموار و همسایگی با آب‌های گرم مهم‌ترین ویژگی جغرافیایی این ناحیه است که پیامدهای آب و هوایی شگرفی دارد. این بخش از ایران اقلیمی بسیار مرطوب و بسیار گرم و عمدتاً بدون یخبندان دارد. به دلیل حاکمیت پرفشار جنب حاره که مانع صعود و تشکیل ابر است، از بارش اندکی برخوردار است. همچنین در زمان حاکمیت کم‌فشار گرمایی گنگ، به دلیل ضخامت کم آن، معمولاً ابر تشکیل نمی‌شود و بارش رخ نمی‌دهد. همچنین باعث آب و هوای گرم در سواحل جنوبی می‌شود (علیچانی، ۱۳۸۹).

روش انجام پژوهش

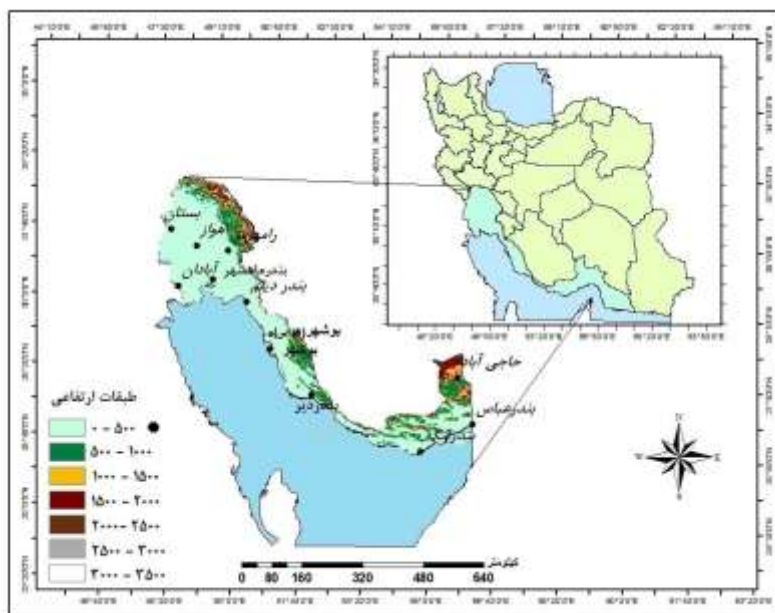
پژوهش حاضر، به منظور بررسی روند روزهای گرم فراگیر از داده‌های میانگین بیشینه دمای روزانه از سال ۱۹۶۱ تا انتهای سال ۲۰۱۸ مربوط به ۱۲ ایستگاه همدید سواحل خلیج فارس (استان‌های خوزستان، بوشهر و بندرعباس) استفاده شده است. برای اجرای فرایند پژوهش: ویژگی‌های عمومی دما، توزیع زمانی و تغییرات بلند مدت و نوسانی روزهای گرم فراگیر سواحل خلیج فارس مورد توجه قرار گرفته است.

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد. علاوه بر این توزیع مکانی ۱۲ ایستگاه مورد استفاده در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول (۱). مشخصات ایستگاه‌های منتخب منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول دوره آماری	ارتفاع نسبت به سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
آبادان	۱۹۵۶ - ۲۰۱۸	۶/۶	۴۸/۱۵	۳۰/۲۲
اهواز	۱۹۵۶ - ۲۰۱۸	۲۲/۵	۴۸/۴	۳۱/۲
بندر ماهشهر	۱۹۸۷ - ۲۰۱۸	۶/۲	۴۹/۹	۳۰/۳۳
بستان	۱۹۸۷ - ۲۰۱۸	۷/۸	۴۸	۳۱/۴۳
رامهرمز	۱۹۸۷ - ۲۰۱۸	۱۵۰/۵	۴۹/۳۶	۳۱/۱۶
بندر دیلم	۲۰۰۱ - ۲۰۱۸	۳/۹	۵۰/۱	۳۰/۳
بندر دیر	۱۹۹۲ - ۲۰۱۸	۴	۵۱/۵۶	۲۷/۵
بوشهر هوایی	۱۹۶۱ - ۲۰۱۸	۹	۵۰/۵	۲۸/۵۹
بوشهر ساحلی	۱۹۸۶ - ۲۰۱۸	۸/۴	۵۰/۸	۲۸/۹
بندر عباس	۱۹۵۶ - ۲۰۱۸	۹/۸	۵۶/۲۲	۲۷/۱۳
بندر لنگه	۱۹۶۶ - ۲۰۱۸	۲۲/۷	۵۴/۵	۲۶/۳۲
حاجی آباد	۲۰۰۰ - ۲۰۱۸	۹۳۱/۲	۵۵/۵۵	۲۸/۱۹

در بررسی داده‌ها سعی شد از بین تمامی ایستگاه‌های همدیدی سواحل تنها داده‌های ۱۲ ایستگاه (جدول ۱) جلگه‌ای و عمدتاً ساحلی مورد استفاده قرار گیرد. در این میان ایستگاه‌های آبادان، اهواز، بوشهر هوایی، بندرعباس و بندر لنگه از طول دوره آماری بیشتری برخوردار می‌باشد.



شکل (۱). منطقه‌ی مورد مطالعه و طبقات ارتفاعی آن

منبع: نگارنده

یکی از روش‌های تعریف فرین‌های اقلیمی و ازجمله فرین‌های دمایی، استفاده از معیار چندک‌هاست. در حقیقت چندک‌ها مقداری از مشاهدات هستند که دامنه تغییرات را به فاصله‌های چندکی مورد نیاز تقسیم می‌کنند، به‌طوری که فراوانی‌ها در هریک از این فواصل، درصد معینی از فراوانی کل را تشکیل دهد. چندک‌ها شامل چارک‌ها، دهک‌ها و صدک-

ها می‌شوند. صدک‌ها دامنه تغییرات را به صد قسمت مساوی تقسیم می‌کند. برای محاسبه صدک‌ها با استفاده از فراوانی تجمعی محل صدک a با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید (رنجبران، ۱۳۸۸):

$$cp_a = \frac{aN}{100}$$

رابطه (۱).

در پژوهش حاضر از این نمایه برای تعریف روز گرم استفاده شد. بدین ترتیب آستانه رخداد دمای فرین براساس میانگین مقادیر بیش از صدک ۷۵ ام دما در هر ایستگاه و برای همان روز طراحی شد. صدک ۷۵ دمای هر روز در هر ایستگاه محاسبه و مقادیر بالاتر از این صدک میانگین تعیین گردید. مقادیر بالاتر از این میانگین به عنوان دمای فرین تلقی شد. در مطالعات پیشین نیز از این صدک برای محاسبه احتمال رخداد فرین‌های بالا استفاده کرده‌اند (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۴۰۱؛ احدی و همکاران ۱۴۰۱). همچنین در قیاس با دو صدک ۲۵ و ۵۰ که به ترتیب نماینده پوشش کم و متوسط هستند، صدک ۷۵ نماینده آستانه گسترده توام با پوشش بالا است (عساکره و همکاران، ۱۴۰۱). در نتیجه دمای فرین برای هر روز، دمایی است که بالاتر از دمای میانگین مقادیر بالاتر از صدک ۷۵ در هر ایستگاه و در همان روز باشد. روزهایی که دمای فرین در حداقل ۵۰ درصد از ایستگاه‌ها رخ داده باشد، به عنوان روز توام با دمای فرین فراگیر در نظر گرفته شد. بدین ترتیب ۵۵۴ روز گرم فراگیر در دوره آماری ۱۹۶۱ – ۲۰۱۸ در منطقه مورد مطالعه (سواحل خلیج-فارس) شناسایی شد. برای بررسی ویژگی‌های عمومی دما، میانگین و ضریب تغییرات دمای ایستگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. الگوهای جوی توام با دماهای فرین، براساس تحلیل خوشه‌ای با روش فاصله اقلیدوسی و روش ادغام «وارد» بر روی داده‌های فشار تراز دریا در ۵۵۴ روز دمای فرین فراگیر طبقه‌بندی شد. در نتیجه دارنمای ارائه شده در شکل ۲ حاصل از فرایند تحلیل خوشه‌ای بر داده‌های دمایی فرین است. با مقایسه نقشه‌های روزهای گرم و از طریق آزمون و خطا محل مناسب جهت برش نمودار و انتخاب تعداد گروه‌ها مشخص شد.

در گام بعد تغییرات دراز مدت روزهای گرم فراگیر مربوط به هر گروه به تفکیک با استفاده از تحلیل روند سری زمانی شمار این روزها برآورد و بررسی شد. بدین منظور از روش‌های پرکاربرد رگرسیون (رگرسیون خطی) برای واکاوی روند بهره‌برداری شد. در پژوهش دارند (۱۳۹۲)، در ارزیابی تغییرات نمایه‌های فرین دما به کمک روش رگرسیون خطی مقادیر شیب و نرخ تغییرات بر روی یاخته‌های دارای روند معنادار به دست آمد. همچنین بازگیر و همکاران (۱۳۹۶)، به منظور بررسی روند تغییرپذیری فرین‌های دمایی با استفاده از معادله خط رگرسیون (وایازی) به این نتیجه دست یافتند که در اغلب ایستگاه‌ها روند فراوانی نمایه‌های فرین بالا، افزایشی و نمایه‌های فرین پایین کاهش‌ی بوده است. نتیجه مطالعه در روند تغییر پذیری فرین‌های دما با استفاده از مدل رگرسیون خطی توسط علیجانی و فرج‌زاده (۱۳۹۲)، افزایش دمای هوا در ایستگاه‌ها می‌باشد. در این الگو فرض براین است که سری‌های زمانی مورد نظر دارای روند خطی می‌باشد. هرچند که این فرض در همه موارد صادق نیست، اما تصویری کلی از رفتار سری‌های زمانی را ارائه می‌دهد. الگوی رگرسیون خطی در سری زمانی به صورت زیر می‌باشد (عساکره، ۱۳۸۶):

$$z_T = a + bt + e_T$$

رابطه (۲).

رابطه ۲، یک معادله درجه اول محسوب می‌شود. در این رابطه z_T متغیر اقلیمی، T زمان، a عرض از مبدا، b شیب خط و e_T خطاهای (باقیمانده) برآورد خوانده می‌شود. a و b ضرایب رگرسیون می‌باشند. این روش با هدف تصویر تغییرات تدریجی، خطی راست از میان داده‌ها برازش می‌دهد. مقدار b متوسط تغییر به ازای هر واحد زمان (روند) را نشان می‌دهد. برای محاسبه a و b می‌توان از روش‌های متنوعی بهره گرفت. در پژوهش حاضر برای محاسبه ضرایب رگرسیون از روش «کم‌ترین مربعات خطا» که هدف اصلی آن برازش خطی مستقیم از میان مشاهدات است که مجموع مربع خطا را کمینه می‌کند استفاده شده است. در این روش ضرایب رگرسیون بشرح زیر حاصل می‌شوند (عساکره، ۱۳۸۶):

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})(z_i - \bar{z})}{\sum_{i=1}^N T_i - \bar{T}} \quad \text{رابطه (۳).}$$

$$a = \bar{z} - b\bar{T}$$

در رابطه‌ی بالا، $\bar{z}$ و $\bar{T}$ به ترتیب برابر با میانگین زمان و متغیر اقلیمی است. معنی‌داری b براساس فرض صفر $\beta = 0$:
 (H_0) به شکل زیر آزمون می‌شود: رابطه (۴).

$$t = \frac{b}{SE(b)}$$

در رابطه‌ی ۴ $SE(b)$ برابر با انحراف استاندارد b است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

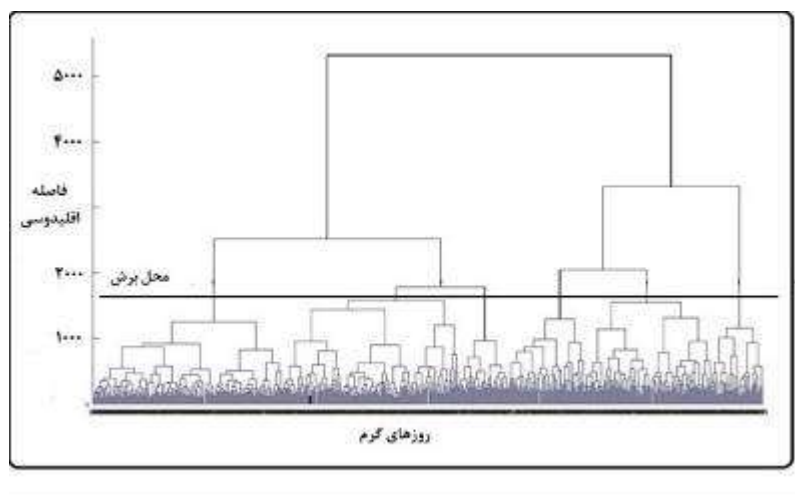
$$SE(b) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (z_i - a - b)^2}{(n-2) \sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2}} = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^N (z_i - a - b)^2}{(n-2) n (n^2 - 1)}}$$

بررسی روند رخدادهای گرمایی به تفکیک شش گروه به‌دست آمده در این پژوهش، علاوه بر رفتار بلند مدت روزهای گرم فراگیر در سواحل خلیج فارس، نقش هریک از الگوهای همدیدی همراه با گرما در روند روزهای گرم و فراوانی رخداد این روزها مطالعه شده است.

نتایج و بحث

طبقه‌بندی الگوهای جوی توام با دمای فرین

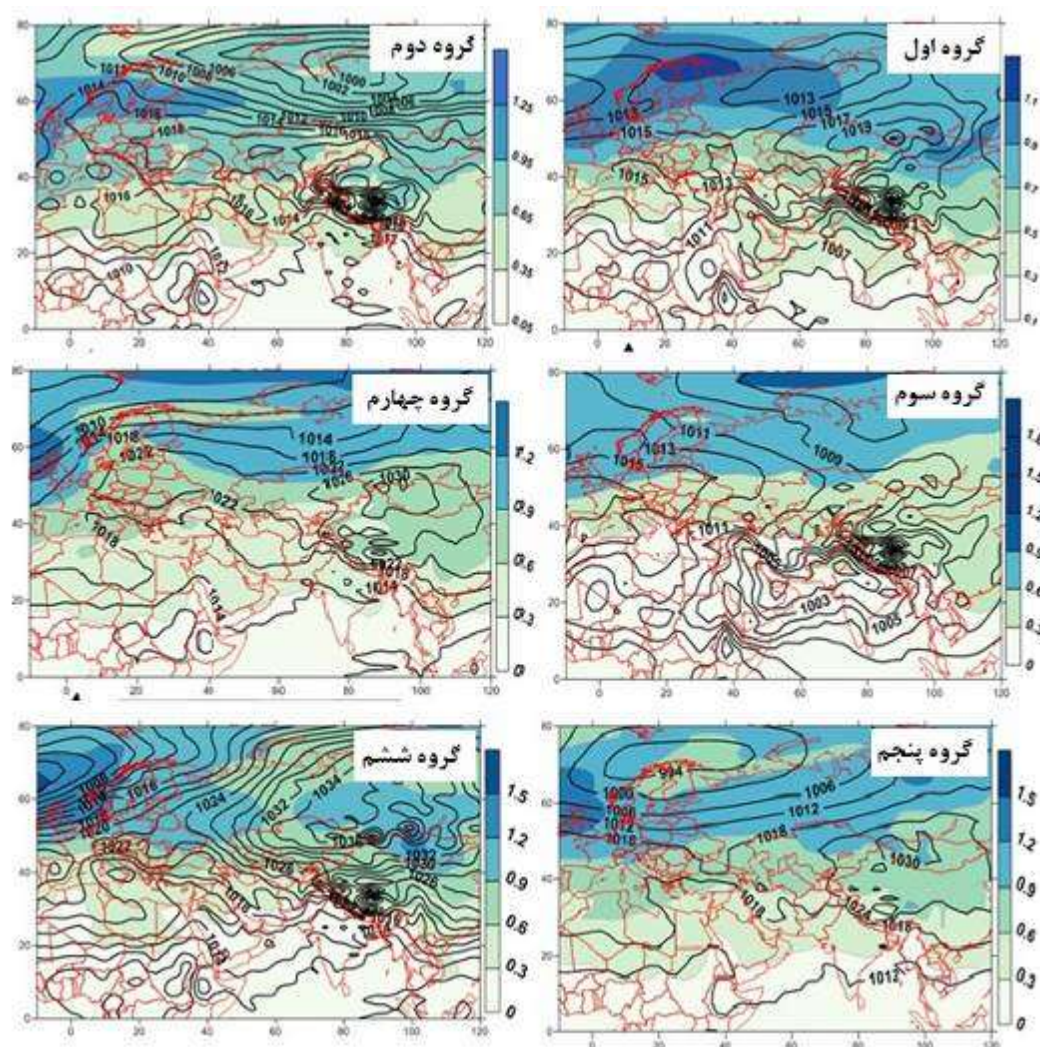
الگوهای جوی توام با دماهای فرین، براساس تحلیل خوشه‌ای با روش فاصله اقلیدوسی و روش ادغام «وارد» بر روی داده‌های فشار تراز دریا در ۵۵۴ روز دمای فرین فراگیر طبقه‌بندی شد. به عنوان نمونه [منتظری \(۱۳۹۰\)](#)، در پژوهش شناسایی فصول دمایی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای سواحل خلیج فارس را به نوعی جزء قلمرو دمایی گرم و بسیار گرم معرفی می‌کند. [فویدل رحیمی و همکاران \(۱۳۹۳\)](#)، در تحلیل آماری و سینوپتیک دماهای ابرگرم منطقه جنوب شرق ایران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای وارد نشان داد که تنها الگوی موثر بر رخداد روزهای ابر گرم جنوب شرق ایران را استقرار کم فشار حرارتی گنگ در سطح زمین و حاکمیت پارتفاع جنب حاره‌ای آזור در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی می‌باشد. در نتیجه دارنمای ارائه شده در شکل ۲ حاصل از فرایند تحلیل خوشه‌ای بر داده‌های دمایی فرین است. با مقایسه نقشه‌های روزهای گرم و از طریق آزمون و خطا محل مناسب جهت برش نمودار و انتخاب تعداد گروه‌ها مشخص شد. به این ترتیب شش گروه شرایط جوی توأم با گرمای فرین فراگیر به دست آمد. بیشترین تعداد روزهای گرم فرین فراگیر مربوط به گروه سوم (۱۵۷ روز) بود. علاوه بر این کم‌ترین تعداد رخداد این روزها در گروه دوم (۴۱ روز) بود.



شکل (۲). دارنمای داده‌های فشار تراز دریا مربوط به روزهای گرم فرین فراگیر +

منبع: نگارنده

شکل ۳ میانگین فشار تراز دریا (هکتوپاسکال) و ضریب تغییرات (درصد) برای گروه اول تا گروه ششم را نشان می‌دهد. باتوجه به این شش الگوی جوی متمایز در روزهای گرم فراگیر بر منطقه حاکم بوده است. سامانه‌های کم‌فشار پاکستان (گنگ) - پرفشار عربستان در الگوهای گروه اول، دوم و سوم حضور داشتند ولی در الگوهای گروه سوم تا ششم این دو سامانه حضور نداشتند. در الگوهای گروه چهارم (سامانه‌های پرفشار آسیایی و اروپایی)، گروه پنجم (پرفشار سیبری، کم‌فشار قطبی) و گروه ششم (پرفشار سیبری، کم‌فشار قطبی و کم‌فشار سودانی) حضور داشتند. میانگین فشار تراز دریا، ضریب تغییرات برآورد شده برای هر گروه نشان داد که همراه با استقرار سامانه‌های کم‌فشار گنگ، عربستان و یا ترکیب این دو سامانه موثر در منطقه‌ی مورد مطالعه، ضریب تغییرات کاهش می‌یابد. کم‌ترین ضریب تغییرپذیری بین صفر تا ۰/۳ درصد می‌باشد که تقریباً از عرض ۲۰ درجه شمالی تا خط استوا را در برمی‌گیرد. ایران و منطقه مورد مطالعه (سواحل خلیج فارس) با ضریب تغییرپذیری بین صفر تا ۰/۳ درصد در نوسان است. بنابراین، این ویژگی‌ها گویای همسانی این گروه‌ها می‌باشد.



شکل (۳). میانگین فشار تراز دریا (هم مقدارها به هکتوپاسکال) و ضریب تغییرات (پس زمینه رنگی به درصد) برای گروه اول

تا گروه ششم

منبع: نگارنده

ویژگی‌های عمومی روزهای گرم فراگیر

جدول ۲ مشخصات عمومی روزهای گرم فراگیر در فصل سرد و فصل گرم را نشان می‌دهد. یکی از حالت‌های دمایی رخداد روزهای گرم است. همچنین روزهای گرم یک ناهنجاری دمایی نامیده می‌شود (عساکره و شادمان، ۱۳۹۵). با توجه به این که فراوانی روزهای گرم فراگیر ۵۵۴ روز بوده است از این تعداد، روزهای گرم فراگیر در فصل گرم بیشتر از روزهای رخ داده در فصل سرد می‌باشد که گرم‌ترین روز از موج گرم به عنوان بزرگی یا شدت موج گرما در نظر گرفته می‌شود. همچنین کمترین میانگین رخداد روزهای گرم، مربوط به فصل سرد است. میانگین روزهای گرم فراگیر در منطقه مورد مطالعه برای هر سال، در طول دوره مورد بررسی حدود ۳۶/۲ درجه سلسیوس می‌باشد. در حقیقت این مقدار در تمامی سال‌ها محتمل است. با توجه به این که میانگین در روزهای فصل گرم (۲۹۱ روز) بیشتر از فصل سرد (۲۶۳ روز) است در واقع احتمال رخداد روزهای گرم در این فصل از سال بیشتر است. همچنین انحراف معیار روزهای گرم فراگیر، فصل گرم و فصل سرد به طور متوسط به مقدار کمی که در جدول ۲ بدان اشاره شده است با میانگین در این منطقه اختلاف دارد که این مقدار، حاکی از تکرار روزهای گرم فراگیر که دمای آنها نزدیک به دمای میانگین در دوره مورد بررسی در فصل گرم و فصل سرد می‌باشد با فواصل کم رخ داده است. علاوه بر این بیشترین دما در فصل گرم طول دوره مورد بررسی در این منطقه رخ داده است. که در همین زمان کم‌ترین دما را روزهای گرم فراگیر در فصل سرد به خود اختصاص داده است.

جدول (۲). برخی آماره‌های پهنه ای روزهای گرم فراگیر

مشخصات	میانگین (سلسیوس)	انحراف معیار (سلسیوس)	بیشینه (سلسیوس)	کمینه (سلسیوس)	فراوانی (روز)
روز گرم فراگیر	۳۶/۲	۷/۴	۴۶/۹	۲۲/۸	۵۵۴
روزهای گرم فراگیر در فصل گرم	۴۲/۲	۳	۴۶/۹	۳۳/۱	۲۹۱
روزهای گرم فراگیر در فصل سرد	۲۹/۶	۴/۵	۳۹/۶	۲۲/۸	۲۶۳

جدول (۳) فراوانی روزهای گرم فراگیر ماهانه را برای شش گروه مورد بررسی ارائه کرده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در گروه اول بیشترین فراوانی روزهای گرم (۳۲ روز) در ماه می (اواسط بهار) و کم‌ترین فراوانی روزهای گرم (۳ روز) در ماه‌های ژانویه، مارس و دسامبر اتفاق افتاده است. ماه نوامبر فاقد روزهای گرم توأم با الگوی نخست می‌باشد. با نگاهی مختصر به این گروه ملاحظه می‌شود که بیشترین فراوانی‌های اتفاق افتاده مربوط به فصل بهار و اواخر تابستان است. با توجه به این که در این گروه فراوانی رخداد روزهای گرم در همه ماه‌های سال (به جز ماه نوامبر) رخ داده است، می‌توان استنباط کرد که این الگو فاقد وابستگی فصلی است. با نگاهی اجمالی به همه گروه‌ها می‌توان متوجه شد که گروه اول در تمام ماه‌ها دارای فراوانی بیشینه می‌باشد. گروه دوم با بیشترین فراوانی (۱۳ مرتبه) در ماه مارس و کم‌ترین فراوانی (۲ مرتبه) در ماه ژانویه مشخص می‌شود. در این گروه تمرکز فراوانی‌ها عمدتاً در ابتدای فصل پاییز و نیز اوایل بهار است. بنابراین الگوی مزبور را می‌توان به فصول حدفاصل منسوب دانست. در گروه سوم بیشترین فراوانی (۴۶ مرتبه) در ماه‌های ژوئن و جولای و کم‌ترین فراوانی (۱ مرتبه) در ماه مارس روی داده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود؛ می‌توان گفت گروه سوم مربوط به الگوی تابستانه می‌باشد. یافته‌های این بخش از تحقیق منطبق بر نظرات آجورلو (۱۳۸۹) می‌باشد که

معتقد است که سواحل خلیج فارس در عرض جغرافیایی پایین و قرارگیری در منطقه‌ی حاره‌ای باعث شده است تا گرمی هوا، مهمترین پدیده‌ی اقلیمی سواحل خلیج فارس باشد. همچنین اقلیم این منطقه جزء اقلیم بیابانی تا نیمه بیابانی محسوب می‌شود که از ویژگی‌های آن به یک فصل طولانی گرم و مرطوب (از اردیبهشت تا آبان ماه) و یک فصل کوتاه خنک (از آذر تا فروردین) اشاره کرد. بیشینه فراوانی گروه چهارم (۲۱ مرتبه) در ماه دسامبر و کمینه فراوانی (۲ مرتبه) در ماه آوریل رخ داده است. در فصل تابستان هیچ رخداد گرمایی توأم با این الگو رخ نداده است. از آنجا که بیشینه فراوانی-ها در فصل زمستان و پاییز اتفاق افتاده‌اند، می‌توان این گروه را الگوی زمستانه - پاییزه تلقی نمود. در گروه پنجم بیشترین فراوانی (۴۵ مرتبه) روزهای گرم فرین در ماه دسامبر و کمترین فراوانی (۲ مرتبه) در ماه آوریل روی داده است. تقریباً از اواسط فصل بهار تا اواسط فصل تابستان هیچ رخداد گرمایی توأم با الگوهای این گروه روی نداده است. با توجه به این که فراوانی‌های گرمای حاصل از این گروه در فصل سرد و فصل‌های حدفاصل است، می‌توان این الگو را الگوی زمستانی و فصل‌های حدفاصل در نظر گرفت. روزهای گرم توأم با الگوهای جوی گروه ششم بیشترین فراوانی (۱۷ مرتبه) را در ماه نوامبر و کمترین فراوانی (۲ مرتبه) را در ماه مارس تجربه کرده است. در فصل‌های بهار، تابستان و اوایل پاییز هیچ رخداد گرمایی حاصل از این الگوها روی نداده است. با توجه به بیشینه فراوانی‌های این الگو در فصل زمستان و اوسط و اواخر پاییز، می‌توان این الگو را الگوی فصل سرد تلقی نمود. بنابراین با توجه به تعاریف صورت گرفته از هر شش گروه می‌توان دریافت که تقریباً در همه گروه‌ها کمترین فراوانی به صورت تکرار برای یک ماه خاص تکرار شده است. همچنین الگوی گروه چهارم و پنجم دارای روند تقریباً یکسانی می‌باشد. در مجموع از بین شش گروه، گروه سوم با ۱۵۷ روز گرمی فراگیر و در بین کل ماه‌های موجود ماه دسامبر دارای بیشترین فراوانی رخداد گرما (۸۴) می‌باشد. علاوه بر این روزهای گرم فراگیر به نوعی روندی افزایشی را از سمت ماه‌های سرد به گرم به خود اختصاص داده است. این روند افزایشی از ماه ژانویه تا ماه آگوست به صورت تقریباً هماهنگ پیش می‌رود تا این که ماه دسامبر بیشترین مقدار روزهای گرم را در فصل سرد به خود اختصاص می‌دهد. که با توجه به پژوهش [عساکره و شادمان \(۱۳۹۵\)](#)، رخداد روزهای گرم در ماه‌های سرد سال یک رخداد و ویژگی اقلیمی محسوب می‌شود.

جدول (۳). فراوانی ماهانه روزهای گرم فراگیر در طی دوره مورد بررسی (۱۹۸۷-۲۰۱۸)

گروه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جان	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	مجموع
گروه اول	۲	۴	۳	۲۸	۳۲	۱۷	۵	۹	۲۴	۱۸		۳	۱۴۵
گروه دوم	۲		۱۳	۷	۵					۶	۴	۴	۴۱
گروه سوم			۱		۱۲	۴۶	۴۶	۴۱	۱۱				۱۵۷
گروه چهارم	۶	۳	۵	۲						۹	۱۸	۲۱	۶۴
گروه پنجم	۳	۹	۱۲	۲					۴	۱۰	۱۹	۴۵	۱۰۴
گروه ششم	۵	۸	۲								۱۷	۱۱	۴۳
مجموع	۱۸	۲۴	۳۶	۳۹	۴۹	۶۳	۵۱	۵۰	۳۹	۴۳	۵۸	۸۴	۵۵۴

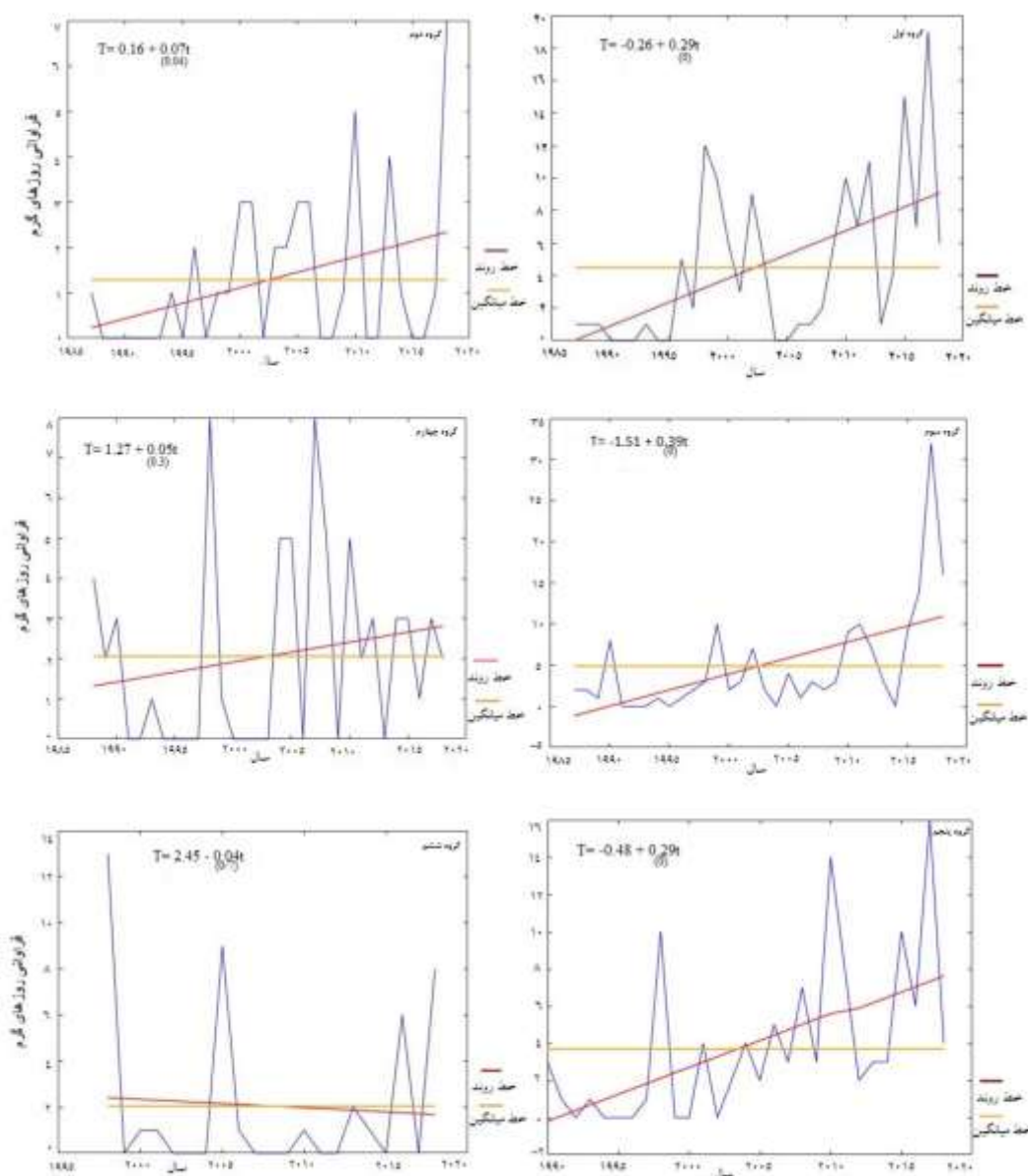
تحلیل روند روزهای گرم فراگیر

شکل (۴) ضمن ارائه میانگین شمار روزهای گرم، روند فراوانی سالانه وقوع روزهای گرم طی دوره آماری مورد بررسی (۱۹۸۸ - ۲۰۱۸) را نشان می‌دهد. سپس به صورت نقشه و به تفکیک گروه اول تا ششم مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین روزهای گرم از نظر زمانی در گروه‌های اول، سوم و پنجم به ترتیب در سال ۲۰۱۷ با فراوانی (۲۰، ۳۲ و ۱۶) روز رخ داده است. همچنین میانگین فراوانی روزهای گرم در این گروه‌ها حدود ۴ روز می‌باشد. گروه‌های دوم، چهارم و ششم به ترتیب زمانی در سال‌های ۲۰۱۸ با فراوانی (۷ روز)، ۱۹۹۸ با فراوانی (۸ و ۱۳) روز رخ داده است که میانگین فراوانی روزهای گرم

در این گروه‌ها به ترتیب حدود یک و دو روز بوده است. در گروه‌های اول، دوم، سوم و پنجم در سال‌های نخست عمدتاً فراوانی روزهای گرم پایین‌تر از میانگین و در سال‌های پایانی عمدتاً بالاتر از میانگین قرار دارد. علاوه بر این در این سال‌ها با یک روند افزایشی رو به رو بوده است. ولی گروه‌های چهارم و ششم از این هماهنگی برخوردار نیستند حتی با یک روند کاهشی در سال‌های پایانی رو به رو می‌باشند.

در مطالعات پیشین [علیجانی و فرج‌زاده \(۱۳۹۲\)](#) نشان دادند که روند شاخص‌های دمای فرین حاکی از کاهش فراوانی شاخص‌های سرد فرین و افزایش فراوانی شاخص‌های گرم فرین است و روند معنی داری را در شاخص‌های سرد فرین نشان می‌دهد. همچنین [عساکره و شادمان \(۱۳۹۵\)](#) نیز نشان دادند که رخداد روزهای گرم در برخی نواحی سواحل شمالی خلیج فارس دارای روندی افزایشی بوده است. همان‌گونه که در شکل ۴ می‌توان مشاهده کرد، ضمن افت و خیزهای سال به سال، خط روند فراوانی روزهای گرم، حاکی از افزایش و بعضاً با کاهش شمار روزهای گرم توأم با الگوی گروه اول تا ششم می‌باشد.

با توجه به مدل رگرسیون خطی برازنده (ارائه شده در شکل‌ها) بر فراوانی سالانه وقوع روزهای گرم در گروه اول و پنجم، دوم، سوم به ترتیب، شیب خط (b) حدود ۰/۲۹، ۰/۰۴ و ۰/۳۹ همچنین آماره پی (p-value) در این چهار گروه برابر با صفر می‌باشد. بنابراین در هر سطح اعتماد دلخواه روند معنی‌دار بر مشاهدات حاکم است. علاوه بر این، گروه چهارم و ششم با آماره پی (p-value) به ترتیب ۰/۳ و ۰/۷ وجود روند معنی داری را بر مشاهدات نشان نمی‌دهد. گروه‌های اول و پنجم، همچنین گروه دوم و سوم به ترتیب سه روز، یک روز و چهار روز در هر ۱۰ سال تقریباً بر فراوانی گرم‌ماهای فراگیر همراه با شرایط جوی در این گروه‌ها افزوده شده است. در گروه‌های چهارم و ششم با توجه به این که روند معناداری بر مشاهدات حاکم نبوده است، رخداد روزهای گرم در این گروه مشاهده نشده است.



شکل (۴). فراوانی سالانه روزهای گرم فراگیر و روند آن‌ها برای گروه اول تا گروه ششم

منبع: نگارنده

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، با استفاده از داده‌های بیشینه دمای ۱۲ ایستگاه، در محدوده‌ی سواحل خلیج فارس دماهای فرین فراگیر با استفاده از صدک ۷۵ام مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌های انجام شده در این پژوهش نشان می‌دهد، تمامی روزهای گرم فراگیر در محدوده مورد مطالعه ۵۵۴ روز می‌باشد که از این روزها، ۲۹۱ روز در فصل گرم و ۲۶۳ روز در فصل سرد سال روی داده است. مقدار بیشینه‌ی دما در تمامی روزهای فراگیر (۵۵۴ روز)، ۴۶/۹ درجه سلسیوس و کمینه‌ی دما ۲۲/۸ درجه سلسیوس می‌باشد. همچنین مقدار میانگین و انحراف معیار به ترتیب حدود ۳۶/۶ و ۷/۴ درجه سلسیوس می‌باشد.

با انجام تحلیل خوشه‌ای روزهای گرم، در یک تقسیم‌بندی، شش گروه به‌دست آمده است که در آن، کم‌ترین روزها مربوط به گروه دوم با ۴۱ روز و بیشترین آن مربوط به روز گروه سوم با ۱۵۷ روز بوده است. تحلیل فراوانی روزهای گرم فراگیر نشان می‌دهد که در حالت کلی گروه اول نسبت به گروه‌های دیگر فاقد وابستگی فصلی می‌باشد، (در تمام ماه‌ها به جز ماه نوامبر (اواخر آذر)، رخداد آن محتمل و دارای فراوانی بیشینه می‌باشد). تجسم گردش پادساعتگرد (غرب به شرق) در این گروه کم‌فشار تراز دریا، این شرایط را به ذهن می‌آورد که هوای گرم عرض‌های زیرین (مثل افریقا و شبه جزیره عربستان) به داخل ایران و بویژه سواحل خلیج فارس هدایت می‌شود. در گروه دوم بیشترین فراوانی (۱۳ مرتبه) در ماه مارس و کم‌ترین فراوانی (۲ مرتبه) در ماه ژانویه رخ داده است و تمرکز فراوانی‌ها عمدتاً در ابتدای فصل پاییز و نیز اوایل بهار می‌باشد. بنابراین الگوی مزبور را می‌توان به فصول گذار منسوب دانست. گروه سوم بیشترین فراوانی (۴۶ مرتبه) در ماه‌های جون و جولای و کم‌ترین فراوانی (۱ مرتبه) در ماه مارس، مربوط به الگوی تابستانه می‌باشد. گروه چهارم با بیشینه فراوانی (۲۱ مرتبه) در ماه دسامبر و کمینه فراوانی (۲ مرتبه) در ماه آوریل رخ داده است. در این الگو، فصل تابستان هیچ رخداد گرمایی رخ نداده است. با توجه به این که بیشینه فراوانی‌ها در فصل زمستان و پاییز اتفاق افتاده‌اند، این گروه را می‌توان به نوعی الگوی زمستانه - پاییزه تلقی نمود. گروه پنجم بیشترین فراوانی (۴۵ مرتبه) روزهای گرم فرین در ماه دسامبر و کم‌ترین فراوانی (۲ مرتبه) در ماه آوریل روی داده است. تقریباً از اواسط فصل بهار تا اواسط فصل تابستان هیچ رخداد گرمایی توأم با الگوهای این گروه روی نداده است و فراوانی‌های گرمای حاصل از این گروه در فصل سرد و فصل‌های حد-فاصل است، می‌توان این الگو را الگوی زمستانی و فصل‌های حدفاصل در نظر گرفت. گروه ششم بیشترین فراوانی رخداد (۱۷ مرتبه) را در ماه نوامبر و کم‌ترین فراوانی (۲ مرتبه) را در ماه مارس تجربه کرده است و در فصل‌های بهار، تابستان و اوایل پاییز هیچ رخداد گرمایی حاصل از این الگوها روی نداده است همچنین با توجه به بیشینه فراوانی‌های این الگو در فصل زمستان و اواسط و اواخر پاییز، می‌توان این الگو را الگوی فصل سرد تلقی نمود. علاوه بر این از بین شش گروه، گروه سوم با ۱۵۷ روز گرمای فراگیر و در بین کل ماه‌های موجود ماه دسامبر دارای بیشترین فراوانی رخداد گرما (۸۵) می‌باشد.

در بررسی روند رخداد روزهای گرم، در حالت کلی شیب خط در تمامی گروه‌ها به استثنا گروه چهارم و ششم مثبت بود. در مورد گروه‌های چهارم و ششم آماره‌ی پی به‌ترتیب حدود ۰/۳ و ۰/۷ بود، در نتیجه شرایط معناداری برای روند مشاهدات در این دو گروه وجود نداشت. از این رو در مجموع فراوانی روزهای گرم فراگیر در سواحل خلیج فارس در حال افزایش بود و الگوهای همدیدی اول، دوم، سوم و پنجم در این افزایش نقش موثری داشتند. روندهای افزایشی در فراوانی رخداد گرما در کشور پیش‌تر نیز به‌وسیله برخی پژوهشگران محقق شده است (اسدی، ۱۳۹۱؛ اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲؛ قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۸). افزایش رخداد گرمای فرین در جنوب شرقی کشور نیز به‌وسیله قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۴) مطرح شده است. اما در پژوهشی دیگر (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶) کمینه رخداد فرین گرم ایران را مرتبط به ناحیه دشت کویر و پس از آن جنوب شرق کشور می‌دانند. همچنین در مقایسه با یافته‌های این پژوهش گرماهای فرین در نوار سواحل خلیج فارس رخ نداده است و بیشینه فرین‌های دمایی در نیمه غربی و نوار ارتفاعی (کوهستان و کوهپایه) می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به این که روزهای گرم و موج‌های گرمایی در دسته مخاطرات اقلیمی و محیطی جای داشته و آثار مخرب آن‌ها بر انسان و محیط بارها مشاهده شده است؛ توجه به افزایش فراوانی روزهای گرم در کشور به‌ویژه در برخی نواحی همچون سواحل خلیج فارس که خود با مشکلاتی در زمینه منابع آب شیرین و یا تامین انرژی لازم برای منابع سرمایه‌ی مواجه هستند؛ امری درخور و بایسته است.

منابع

- آجورلو، محمد. (۱۳۸۹). *جغرافیای نظامی کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس*. تهران: مرکز تالیف کتاب‌های درسی سپاه.
- احدی، لیلا؛ عساکره، حسین؛ خسروی، یونس. (۱۴۰۱). *شبیه‌سازی فرین‌های دمایی زنجان براساس سناریوهای اقلیمی و*

- شگرد شبکه عصبی مصنوعی. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. سال دهم شماره ۲.
- اسدی، اشرف. «بررسی همبند گرماهای فرین / ایران»، پایان نامه دکتری رشته جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم شناسی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان. ۱۳۹۱.
- اسمعیل نژاد، مرتضی؛ خسروی، محمود؛ علیجانی، بهلول؛ مسعودیان، سیدابوالفضل. (۱۳۹۲). شناسایی امواج گرمایی ایران. جغرافیا و توسعه. ۵۴-۳۹.۳۳.
- احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ ابراهیمی، رضا. (۱۳۹۶). دورنمای فرین‌های گرم ایران مبتنی بر برون‌داد مدل میان‌مقیاس منطقه‌ای (REGCM4). فصلنامه علمی - پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران. ۱۵. ۵۲.
- اکبری، مهری؛ اسدالهی، عنایت. (۱۴۰۰). گرمایش جهانی و تغییرات ضخامت جو طی دوره سرد سال در ایران. فصلنامه علمی دانشگاه گلستان. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۲(۸): ۹۸-۸۳.
- الماسی، فائقه؛ منوچهر، فرج‌زده؛ یوسف، قویدل رحیمی. (۱۴۰۲). ارزیابی ریسک مرگ و میر ناشی از تنش گرمایی در کلانشهرهای ایران. مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۸.
- بازگیر، سعید؛ بستانچی، حسام الدین؛ کردبچه، زهرا؛ شمس، فاطمه. (۱۳۹۶). روند تغییرات فرین‌های دمای استان خراسان رضوی. اولین کنگره بین‌المللی آب، خاک و علوم محیطی. دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- پناهی، حسین و نجمه اسمعیل درجانی. ۱۳۹۹. بررسی اثر گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی (مطالعه موردی: استان‌های ایران طی دوره ۱۳۹۰ - ۱۳۸۰). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۱): ۸۸-۷۹.
- جهانبخش‌اصل، سعید؛ ساری‌صراف، بهروز؛ عساکره، حسین؛ شیرمحمدی، سهیلا. (۱۴۰۱). شناسایی رخداد‌های بارش فرین در غرب / ایران (۲۰۱۶ - ۱۹۶۵). نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی. ۲۶ (۷۹): ۱۲۵-۱۱۵.
- رنجبران، هادی. (۱۳۸۸). آمار و احتمال و کاربرد آن در اقتصاد. انتشارات اثبات.
- دارند، محمد. (۱۳۹۲). ارزیابی تغییرات نمایه‌های فرین دما بر روی پهنه استان کردستان طی نیم سده اخیر. مجله مخاطرات محیطی. سال دوم. شماره سوم.
- ساری صراف، بهروز؛ جلالی عنصرودی، طاهره؛ سرافروزه، فاطمه. (۱۳۹۴). اثرات گرمایش جهانی بر اقلیم شهرهای واقع در حوضه دریاچه ارومیه. فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری. سال ششم. ۲. ۱۲.
- علیجانی، بهلول. (۱۳۸۹). آب و هوای ایران. تهران: دانشگاه پیام نور.
- علیجانی، بهلول؛ فرج‌زاده، حسن. (۱۳۹۲). تحلیل روند شاخص‌های دمای فرین در شمال ایران. نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی. ۱۹ (۵۲). ۲۲۹-۲۵۶.
- عساکره، حسین؛ دارند، محمد؛ زندکریمی، سوما. (۱۴۰۱). بررسی رابطه تغییر تراز فشار و رادایست با چرخند‌های توام با بارش‌های فراگیر ایران. فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۸، شماره ۱. ۷۵-۹۲.
- عساکره، حسین؛ شادمان، حسن. (۱۳۹۵). واکاوی آماری تغییرات فراوانی و دمای روزهای گرم در ایران زمین. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر). ۲۵ (۱۰۰). ۱۵۶-۱۴۷.
- عساکره، حسین. (۱۳۸۶). کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای تبریز. تحقیقات جغرافیایی. ۸۷. ۲۵ - ۳.

- قویدل رحیمی، یوسف؛ رضایی، محمد. (۱۳۹۳). تحلیل آماری و سینوپتیک دماهای ابرگرم منطقه جنوب شرق ایران. شماره ۱۵ دوره ۴.

- قویدل رحیمی، یوسف؛ فرج زاده، منوچهر؛ قهرمانی، بشیر. (۱۳۹۸). کاربرد روش تحلیل مقادیر فرین در اقلیم شناسی مخاطره امواج گرمایی نیمه جنوبی ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره ۲.

- قویدل رحیمی، یوسف؛ رضایی، محمد؛ فرج زاده اصل، منوچهر. (۱۳۹۴). کاربرد مدل انحراف نرمال شده دما در شناسایی و تحلیل سینوپتیک مخاطره دماهای فرین بیشینه منطقه جنوب شرق ایران. برنامه ریزی و آمایش فضا. ۱۹ (۴).

- کریمی، مصطفی؛ ستوده، فاطمه؛ رفعتی، سمیه. (۱۳۹۷). تحلیل روند تغییرات و پیش بینی پارامترهای حدی دمای سواحل جنوبی دریای خزر. نشریه تحقیقات کاربردی جغرافیایی، ۴۸، ۷۹-۹۳.

- ووثوقی، م. ۱۳۸۴. تاریخ خلیج فارس و ممالک همجوار. چاپ اول. انتشارات سمت

- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۸۳). بررسی روند دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته. جغرافیا و توسعه. ۳۸. ۴۵-۲۹.

- منتظری، مجید. (۱۳۹۰). شناسایی فصول دمایی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای. تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۶، ۱۰۱، ۱۹۸-۱۷۳.

-Alijani, B., Roshani, A., Parak, F., & Heydari, R. (2012). Trends in extreme daily temperature using climate change indices in Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1(2), 17-28. [10.22067/GEO.V1I2.18617](https://doi.org/10.22067/GEO.V1I2.18617)

-Alexander, L. V., & Arblaster, J. M. (2017). Historical and projected trends in temperature and precipitation extremes in Australia in observations and CMIP5. *Weather and climate extremes*, 15, 34-56. [10.1016/j.wace.2017.02.001](https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.02.001)

-Croitoru, A. E., Piticar, A., Ciupertea, A. F., & Roșca, C. F. (2016). Changes in heat waves indices in Romania over the period 1961–2015. *Global and planetary change*, 146, 109-121. DOI:10.1016/j.gloplacha.2016.08.016

- CCSP.2008. Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. [Thomas R. Karl, Gerald A. Meehl, Christopher D. Miller, Susan J. Hassol, Anne M. Waple and William L. Murray (eds.)]. Department of Commerce, NOAA's National Climatic Data Center, Washington, D.C., USA, 164 pp.

- Trewin, B. C. (2001). Extreme temperature events in Australia.

- Collins, D. A., Della-Marta, P. M., Plummer, N., & Trewin, B. C. (2000). Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia. *Australian Meteorological Magazine*, 49(4), 277-292.

- Cony, M., Martín, L., Hernández, E., & Del Teso, T. (2010). Synoptic patterns that contribute to extremely hot days in Europe. *Atmósfera*, 23(4), 295-306.

-Karzani, M., Ghavidel, Y., & Farajzadeh, M. (2022). Temporal changes in lethal temperatures above 50 C in the northern hemisphere. *Pure and Applied Geophysics*, 179(9), 3377-3390.

- Mistry, M. N. (2019). A high-resolution global gridded historical dataset of climate extreme indices. *Data*, 4(1), 41. [10.3390/data4010041](https://doi.org/10.3390/data4010041)

-
- Nandintsetseg, B., Greene, J. S., & Goulden, C. E. (2007). Trends in extreme daily precipitation and temperature near Lake Hövsgöl, Mongolia. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(3), 341-347. <https://doi.org/10.1002/joc.1404>
 - Zhong, K., Zheng, F., Wu, H., Qin, C., & Xu, X. (2017). Dynamic changes in temperature extremes and their association with atmospheric circulation patterns in the Songhua River Basin, China. *Atmospheric Research*, 190, 77-88. [10.1016/j.atmosres.2017.02.012](https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.02.012)