

Comparison the Impact rate of thermal islands of the occurrence of heat waves In Kermanshah and Ilam cities

Roghayeh Maleki Meresht¹, Behrooz Sobhani^{2*}, Masood Moradi³

1- Ph.D in Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Professor of Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3- Ph.D in Climatology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Received: 07 April 2022

Accepted: 07 November 2022

Extended Abstract

Introduction

In urban regions, thermal islands are exacerbated by the heat waves (HW_s) effect, and it has the potential to negatively influence the health and welfare of urban residents. Scientists predict that heat waves will intensify and become more persistent in the coming years due to climate change. As a result, the likelihood of these two phenomena occurring simultaneously will increase in the coming years, even in small, non-industrial cities. Therefore, the purpose of this study is to compare the impact rate of thermal islands from the occurrence of heat waves in Kermanshah and Ilam cities from 2003 to 2018 and It is tried to determine under the conditions of heat waves, Which of the studied cities and at what time of the day the intensity of urban heat islands has increased?

Methodology

In order to identify and extract heat waves, the maximum daily temperature data of Kermanshah and Ilam stations, from 2003 to 2018, by using Fumiaki Index and MATLAB software, days whit temperature above +2 standard deviation or above the mean Normalized Thermal Deviation (NTD) that lasted at least two days, were identified as the day with HWs and calculated by equation 1:

$$\overline{T(i,j)} = \sum_{n=2003}^{2018} T(i,j,n) \div N \quad (1)$$

Where $T(i, j, n)$ temperature of day i th from month j th in year n th, $\overline{T(i,j)}$ the average temperature of day i from month j . To eliminate the noise in the mean, a 9-day moving average filter was performed on these data three times and calculated by equation 2:

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

Where $\Delta T = (i, j, n)$ absolute deviation of temperature from the long-term average on day j th of the month i th, in year n th compared to the long-term average temperature of the same day. In order to the values of temperature deviation of different times and places to be comparable at a certain time and place, it is necessary to standardize these absolute values of temperature deviation by means of temperature diffraction. Like day-to-day changes, diffuse $T\Delta$ at 31 days for each day is calculated by equation 3, then the 9-day moving average was performed three times

* . Corresponding Author (Email: sobhani@uma.ac)

Copyright © 2023 Journal of Geography. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages provided the original work is properly cited.

$$\overline{\sigma^2(i,j)} = \sum_{n=2003}^{2018} \sum_{j=-16}^{j+16} [\Delta T(i, j', n) - \overline{\Delta T(i, j', n)}]^2 \div 31N \quad (3)$$

The value $\overline{T(i,j)}$ is the average temperature deviation in 31 days that is calculated by equation 4:

$$\overline{\Delta T^*(i,j)} = \sum_{n=2003}^{2018} \sum_{j=-16}^{j+16} T(i, j', n) \div 31N \quad (4)$$

Finally, Normalized Thermal Deviation (NTD) is calculated by the following equation:

$$x(i, j, n) = \Delta T(i, j, n) \div \overline{\sigma(i,j)} \quad (5)$$

Where $\overline{\sigma(i,j)} = \sqrt{\overline{\sigma^2(i,j)}}$. Then in MATLAB software, days with temperatures +2 above average (NTD) and lasting at least two days, were selected as the day with the HW (Equation 6).

$$(6) \quad \text{NTD}(i), \text{NTD}(i+1), \dots, \text{NTD}(i+p-1) \geq 2, \text{NTD}(i-1), \text{NTD}(i+p) \leq 2$$

Then the thermal island was calculated in Kermanshah and Ilam cities using Equation 7:

$$\text{SUHI} = \text{MLSTurban} - \text{FLSTRural} \quad (7)$$

Where SUHI, is the surface heat island, MLSTurban is the average surface temperature in the urban area and FLSTRural is the surface temperature with the highest frequency of occurrence in the rural area.

Results and Discussion

The purpose of this study was Comparison the Impact rate of thermal islands from the occurrence of heat waves in Kermanshah and Ilam cities. Which has had an increasing trend in Kermanshah and no trend in Ilam. Also, the highest monthly frequency of heat waves in both cities was in March. Also the maximum duration of this risk was 4 days and short-term in Kermanshah and 6 days and long-term in Ilam. The results also showed that in both the heat wave and no heat wave condition, most of the day the cold island and at night sometimes the heat island (although weak) is formed in the Kermanshah and Ilam city centers, but in the heat wave conditions, especially in daytime and in Kermanshah city, the intensity of thermal islands was higher than normal. Studies also showed that the persistence of heat waves did not play a significant role in the intensification of thermal islands because the impact of thermal islands from the occurrence of two-day and four-day heat waves was almost the same. In the studied cities, in both Heat wave and no heat wave condition, a cold island has been formed in the city center, but in each heat wave, the intensity of the cold island has been more than a normal day for at least one day. In Ilam, even at night, mostly the cold islands have been created in the city center, although its intensity has been less compared to the daily cold islands. However, the most intense heat island in Kermanshah was in normal conditions, which was 3.5 degrees Celsius, but in Ilam, the most intense heat island occurred in heat wave conditions, which was 1.6 degrees Celsius. According to the explanations provided, the occurrence of heat waves did not have an effect on the intensification of thermal islands, especially during the day. In heat wave condition, in both cities the percentage of relative humidity was lower than normal, but the maximum wind speed in both cities was sometimes higher than normal days. to some extent indicates the open development horizons of the progress of the study area.

Conclusion

According to the results, thermal islands in both cities, especially in the daytime, even in the absence of heat waves in the center of the cities under study and have been affected by the occurrence of heat waves. Therefore, because according to scientists, climate change will increase climate risks such as heat waves, and the current small and non-industrial cities will experience more heat waves in the coming years, and will certainly grow and develop. Therefore, in order to prevent the negative consequences of the interaction of heat waves and heat islands in the future, further research is necessary. Also, in order to reduce the intensity of thermal islands and reduce the surface temperature in the center of these cities in the coming years, solutions such as: covering surfaces and buildings with materials with high heat capacity, protection of green spaces and creating green roofs, especially in urban centers, paying attention to the direction of the wind in the constructions so that there is a possibility of wind canalization and heat discharge between the buildings. Adjusting the density of buildings and their decentralized construction in the center of these cities seems necessary.

Keywords: MATLAB, MODIS - Aqua, Fumiaki.

مقایسه میزان تأثیرپذیری جزایر حرارتی از وقوع امواج گرمایی در شهرهای کرمانشاه و ایلام*

رقیه ملکی مرشت - دکترای آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
بهروز سبحانی^۱ - استاد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
مسعود مرادی - دکترای آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۸

چکیده

در مناطق شهری، جزیره حرارتی تحت تأثیر امواج گرمایی تشدید می‌گردد و ممکن است بر سلامت و رفاه ساکنان شهری تأثیر منفی بگذارد. به منظور مقایسه میزان تأثیرپذیری جزایر حرارتی از وقوع امواج گرمایی در شهرهای کرمانشاه و ایلام، داده‌های حداکثر دمای شهرهای مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ بررسی شد و روزهایی توأم با موج گرمایی در محیط نرم افزار متلب و با شاخص فومیکی تعیین شدند. جهت برآورد میزان تأثیرپذیری جزایر حرارتی از وقوع امواج گرمایی طی دوره مورد مطالعه، امواج گرم در ماه‌های گرم سال انتخاب و جزایر حرارتی برای آن روزها و یک روز بدون موج گرمایی با کمترین دمای حداکثر قبل از هر موج گرمایی در روز هنگام و شب هنگام مودیس - آکوا برای هر دو شهر محاسبه شد. طبق نتایج، حداکثر تداوم موج گرمایی در کرمانشاه ۴ روزه و کوتاه مدت ولی در ایلام ۶ روزه و بلند مدت بوده است. بیشترین فراوانی موج گرما در هر دو شهر در سال ۲۰۱۰ و در ماه مارس بوده. براساس یافته‌های پژوهش، در روز هنگام در هر دو شرایط وجود و عدم موج گرمایی جزیره سرمایگی در مراکز هر دو شهر وجود داشته که با وقوع موج گرما اغلب شدت جزیره سرمایگی بیشتر شده است. در شب هنگام، اگرچه در هر دو شرایط وجود و عدم موج گرمایی اغلب در مراکز هر دو شهر جزیره سرمایگی هرچند ضعیف ایجاد شده، ولی میزان تأثیرپذیری جزایر گرمایی از وقوع امواج گرمایی در کرمانشاه حداکثر ۲/۸ درجه سلسیوس و در ایلام اغلب کمتر از ۱ درجه سلسیوس بوده است.

واژگان کلیدی: متلب، مودیس - آکوا، فومیکی.

* این مقاله مستخرج از رساله دکترای خانم ملکی به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه محقق اردبیلی می باشد.

مقدمه

امواج گرمایی^۱ به نوسان‌های مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دماهای حداکثر روزانه گفته می‌شود که طی روزها (گاه هفته-ها و ماه‌های متوالی) در فضا‌های جغرافیایی خاصی تداوم می‌یابد (قویدل رحیمی، ۱۳۹۰: ۸۰). موج گرمایی، مدت زمانی طولانی از آب و هوای گرم نسبت به شرایط مورد انتظار در یک منطقه در دوره زمانی معینی از سال است که سبب مرگ و میر، بیماری و بروز مشکلاتی در حمل و نقل، کشاورزی، افزایش نیاز به تولید و مصرف انرژی می‌شود. کشور ایران همچون اکثر نقاط جهان، طی دهه‌های اخیر امواج گرمایی شدیدی را تجربه کرده است (بهاروندی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۹). امواج گرمایی، از مهم‌ترین مخاطرات آب و هوایی می‌باشد که هر ساله پیامدهای مخربی را در طبیعت به‌جای می‌گذارد و کاهش این پیامدها در گرو شناسایی سامانه‌های هواشناسی ایجاد کننده و پیش‌بینی زمان و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و کشف راه‌هایی جهت کاهش آثار منفی این مخاطره می‌باشد. شهرها در اغلب موارد شرایط اقلیمی خاصی را تجربه می‌کنند که به آن اقلیم شهری گفته می‌شود، اقلیم شهری به‌واسطه تفاوتی که در پارامترهای اقلیمی شهر با نواحی کم تراکم‌تر اطرافش دارد، مشخص می‌شود. دمای سطح زمین یکی از پارامترهای کلیدی برای مطالعه آب و هوای شهری محسوب می‌شود (Khandelwal et al, 2017: 1). شرایط اتمسفری راکد حاصل از امواج گرمایی، آلاینده‌ها را در مناطق شهری محبوس می‌سازد و با اضافه شدن تنش شدید آلاینده سمی، به تنش خطرناک هوای گرم موجود، یک مشکل زیست محیطی در ابعاد وسیع به وجود می‌آورد. همچنین در شب یا در زمستان، وجود هوای سرد در بالا باعث می‌شود که لایه هوای گرم‌تر زیرین آن به همراه لایه گرد و غبار ثابت بماند (Almusaed, 2011: 1).

دمای بالاتر شهرها نسبت به دمای نواحی روستایی جزیره‌ای از هوای گرم ایجاد می‌کند که به آن جزیره حرارتی شهری (UHI) گفته می‌شود که در شب‌های آرام و صاف بر روی شهر گسترش می‌یابد (عزیزی، ۱۳۸۳: ۴۳۴). موج‌های گرمایی و جزایر حرارتی شهری به دلیل اهمیت خطرهای انسانی و محیطی ناشی از وقوعشان مورد توجه محققان در سراسر جهان واقع گردیده و طی سال‌های اخیر با استفاده از شاخص‌ها و مدل‌های مختلف اغلب در خارج از کشور به بررسی رابطه این دو پدیده، پرداخته شده است که به مواردی از آن‌ها اشاره می‌گردد: فنج و همکاران^۲ (۲۰۱۴) به شبیه‌سازی جزیره حرارتی در شرایط سینوپتیکی هوای گرم در شهر هنگ‌کونگ در چین پرداختند. آنان در پژوهش خود از مدل ترکیبی WRF/UCM استفاده کردند. نتایج به دست آمده نشان داده است که جزیره حرارتی عمدتاً حاصل از ذخیره، گرمایی زیاد در صنایع شهری در طول روز و انتشار این گرما در شب است. وهی^۳ (۲۰۱۴) جهت مطالعه امواج گرمایی سال ۲۰۱۱ گریتر هیستون، به بررسی تأثیر کاربری زمین بر دمای هوا پرداخته‌اند. طبق یافته‌های آنان، فاصله تا خط ساحلی و مناطق خیلی توسعه یافته، تأثیر بسیاری بر میانگین دمای روزانه داشته و آب‌های آزاد نیز اثر بیشتری بر حداقل دمای روزانه دارند. دی رایدر و همکاران^۴ (۲۰۱۵) تغییرات فضایی دمای هوا و شدت شبانه جزیره حرارتی شهر برنو، در جمهوری چک را بررسی نمودند. براساس یافته‌های آنان، شاخص‌های پوشش گیاهی طبیعی (NDVI) و تراکم ساختمان‌ها، مهم‌ترین عوامل توجیه کننده افزایش ۵ درجه‌ای شدت جزایر حرارتی اوایل شب در تابستان بوده‌اند که از مرکز شهر به سمت حومه، از شدت آن کاسته شده است. دابراوالنی و کراهو^۵ (۲۰۱۵) به بررسی تأثیر سناریوی توسعه شهری بر جزیره گرمایی در شهر پاریس (فرانسه) پرداختند. طبق نتایج در

1. Heat Waves
2. Feng & et al
3. Weather Research and Forecasting Model/ Unresolved complex mixture
4. Weihe
5. De Ridder & et al
6. Dobrovolny & Krahula

شهرهای متراکم، با تمرکز ساکنان در مناطقی که بیشتر تحت تأثیر جزیره حرارتی هستند، آسیب‌پذیری کل جمعیت تشدید می‌شود. حسینی (۲۰۱۶) جزیره گرمایی شهر تهران را بررسی کردند و نتایج حاصل نشان داده است که این شهر طی روز جزیره سرمایی و در شب جزیره گرمایی داشته است. کم‌ترین میزان جزیره سرمایی ۴- درجه کلون در ماه مارس و بیشترین مقدار جزیره گرمایی ۳/۹ درجه کلون در ماه می بوده است.

زهو و همکاران^۱ (۲۰۱۶) به ارزیابی فصلی بودن جزیره حرارتی سطحی شهر لندن پرداختند. آنان با روش ترکیبی مشاهدات ماهواره‌ای به مدل‌سازی آب‌وهوای لایه مرزی شهر با استفاده از مدل اقلیم شهر^۲ پرداختند. نتایج بررسی‌های آنان نشان داده است که تغییرات دمای سطح زمین، می‌تواند عمدتاً با تغییرات فصلی تابش دریافتی خورشید در ارتباط باشد. دی رایدن و همکاران^۳ (۲۰۱۶)، تشدید جزیره حرارتی شهری در طول رخ داد امواج گرمایی در تابستان ۲۰۰۲ در پاریس را بررسی نمودند. نتایج حاصل نشان داده است که با هر درجه سلسیوس افزایش دما در روز، شدت جزیره حرارتی ۰/۰۸ درجه سلسیوس در شبانه روز افزایش می‌یابد. همچنین نتایج تأیید کرده‌اند که شدت جزیره حرارتی شهری، در طول رخ داد امواج گرمایی افزایش می‌یابد. قبادی و همکاران^۴ (۲۰۱۷) به پژوهش در مورد تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی در شهر کرج پرداختند. یافته‌های آنان نشان داده است که در روزهای حاکمیت امواج گرمایی، جزیره گرمایی شهری^۵ در منطقه مورد مطالعه تشدید شده و درجه حرارت شهری در مقایسه با دمای مناطق روستایی، حدود ۱ درجه سلسیوس در روز و ۲/۵ درجه سلسیوس در شب گرم‌تر است. لی و همکاران^۶ (۲۰۱۷) در پژوهشی با تحلیل مقایسه‌ای، به بررسی امواج گرمایی و جزایر حرارتی در چند شهر پرداخته‌اند. طبق یافته‌های آنان، در شهرهایی با وسعت یکسان، رابطه متفاوتی بین امواج گرمایی و جزایر حرارتی وجود داشته است. در شهرهای بزرگ در مقایسه با شهرهای کوچک، جزیره حرارتی هم‌زمان با رخ داد امواج گرمایی تقویت شده است. پاراوانتیس و همکاران^۷ (۲۰۱۷) آثار دمای بالا، امواج گرمایی و جزیره حرارتی شهری را در مرگ و میر روزانه قلب و عروقی و تنفسی افراد بالای ۶۵ سال طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ در یونان و آتن بررسی نموده و همبستگی بالایی بین مرگ و میر روزانه قلبی و عروقی و تنفسی افراد بالای ۶۵ سال و دماهای بالا یافته‌اند که بیشترین میزان مرگ و میر در اثر امواج گرمایی گزارش شده است. فوندا و سانتاموریس^۸ (۲۰۱۷) رابطه امواج گرمایی و جزایر حرارتی شهری در تابستان بسیار گرم ۲۰۱۲ در آتن را مطالعه نمودند. طبق نتایج، در روز حادثه، همبستگی قوی بین جزیره حرارتی شهری و امواج گرمایی وجود داشته است. ای-آئل و همکاران^۹ (۲۰۱۷) به تحلیل آثار امواج گرمایی و سرمایی بر بخش تولید انرژی پرداختند. بررسی‌های آنان نشان داد که رخداد امواج سرمایی و گرمایی می‌تواند منجر به افزایش مصرف انرژی شود. باسارا^{۱۰} (۲۰۱۸) تأثیرپذیری جزیره حرارتی شهری از رخداد موج گرمایی شدید در شهر اوکلاهما را بررسی نمودند. طبق نتایج آنان، طی حاکمیت امواج گرمایی، یک جزیره حرارتی در مرکز شهر ایجاد شده است.

1. Zhou & et al
2. Urban climate model
- 3 De Ridder et al
4. Ghobadi et al
5. Urban Heat Island
6. Li Bai et al
7. Paravantis et al
8. Founda & Santamouris
9. A-Añel
- 10 Basara

فوندا و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی امواج گرمایی جنوب آمریکا پرداختند و دریافتند که در دهه‌های اخیر سهم روزهای بسیار گرم دو برابر شده است. مولودی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شمالی خلیج فارس پرداخته‌اند. نتایج حاصل نشان داده‌اند که امواج گرمایی کوتاه مدت، رخداد بیشتری دارند و نیز فراوانی امواج گرمایی طی سال‌های اخیر افزایش یافته است. الماسی و همکاران (۱۳۹۵) رفتار و تغییرات بسامد رخ داد امواج گرمایی شهر اهواز پرداختند. طبق یافته‌های آنان، در این شهر امواج کوتاه مدت فراوانی رخ داد بیشتری داشته است. امیدوار و همکاران (۱۳۹۵) به روش آماری، احتمال وقوع امواج گرمایی استان کرمانشاه را تحلیل نمودند. بر اساس نتایج پژوهش آنان، در استان کرمانشاه بیشترین فراوانی امواج گرمایی در تیر ماه و مرداد ماه بوده و روند افزایشی داشته است. احمدی و همکاران، (۱۳۹۶) فرین‌های گرم ایران مبتنی بر برون‌داد مدل میان‌مقیاس منطقه‌ای (REGCM4) را بررسی نمودند. یافته‌های آنان نشان داده است که، در دهه‌های آینده، بیشینه‌گرماهای فرین در نیمه غربی و نوار ارتفاعی (کوهستان و کوهپایه) رخ خواهد داد به‌طوریکه فرین‌های دمایی در مناطق یاد شده بیشتر از نواحی داخلی و سواحل جنوبی کشور خواهند بود. کاشکی و همکاران (۱۳۹۸) به واکاوی آماری امواج گرمایی زابل پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل آنان نشان داد که در منطقه مورد مطالعه آنان موج‌های گرمایی کم دوام رخداد بیشتری داشته و امواج گرمایی با تداوم بالا، کمتر رخ داده است. در مجموع امواج گرمایی روند افزایشی داشته است. منصوری و همکاران (۱۳۹۸) اثر تغییرات کاربری و کاهش فضای سبز شهری بر تشدید جزیره گرمایی و آلودگی منطقه یک شهر تهران را با استفاده از داده‌های لندست ۸ بررسی نمودند. یافته‌های آنان نشان داده است که رشد ساخت و سازها سبب افزایش دمای حداقل و ریزگردها در فصول سرد سال در منطقه مورد مطالعه شده است. حاجی فتحعلی و همکاران (۱۴۰۰) رابطه گرمای هوا، میانگین گرمای تابشی و آلودگی در کاهش جزایر حرارتی شهرها را از طریق شبیه‌سازی با نرم افزار Envi بررسی نمودند. یافته‌های آنان نشان داده است که استفاده از مصالح روشن با آلودگی بالا موجب کاهش مصرف انرژی در داخل ساختمان شده و سبب می‌گردد، سرمایه‌های ساختمان‌ها در تابستان کمتر شده و بالتبع مصرف انرژی کاهش یابد.

بررسی پیشینه‌های پژوهشی نشان داد که رخ داد موج گرمایی و تشکیل جزایر حرارتی شهری اغلب در پژوهش‌های خارجی در ارتباط باهم بررسی شده‌اند ولی در پژوهش‌های داخلی این دو مخاطره به صورت مجزا مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. لذا بررسی رابطه این دو پدیده در شهرهای مختلف ایران حتی شهرهای غیر صنعتی مانند ایلام و کرمانشاه، جهت کاهش پیامدهای منفی ناشی از افزایش دما طی سال‌های آتی، ضروری به نظر می‌رسد. چراکه افزایش مداوم دمای شهرها تحت عنوان جزیره حرارتی شهری و رخ داد ناگهانی امواج گرمایی به عنوان یکی از مخاطرات مهم اقلیمی، از جمله نگرانی‌های مهم سیاست‌گذاران مدیریت شهری می‌باشد و رخ داد هم زمان این دو پدیده و تأثیر متقابل آن‌ها بر یک‌دیگر، می‌تواند سبب تشدید گرمای مراکز شهری شده و در نتیجه خسارات زیست محیطی فراوانی را به دنبال داشته باشد. طبق پیش‌بینی پژوهش‌گران، امواج گرمایی طی سال‌های آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم، فراوانی و تداوم بیشتری خواهد یافت. لذا احتمال وقوع هم زمان این دو پدیده در آینده حتی در شهرهای کوچک و غیر صنعتی نیز افزایش خواهد یافت. با توجه به اهمیت مسأله، هدف از پژوهش حاضر، مقایسه میزان تأثیرپذیری جزایر حرارتی از وقوع امواج گرمایی در شهرهای کرمانشاه و ایلام طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۳ می‌باشد و سعی بر این است تا مشخص گردد تحت شرایط حاکمیت امواج گرمایی، در کدام یک از شهرهای مورد مطالعه و در چه زمانی از شبانه روز شدت جزایر حرارتی شهری افزایش یافته است؟

روش پژوهش

شناسایی و استخراج امواج گرمایی طی دوره مورد مطالعه

جهت شناسایی و استخراج امواج گرمایی، داده‌های حداکثر دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک کرمانشاه و ایلام، طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸، از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و با کمک شاخص به‌هنگار شده دما فومیایی^۱ و از طریق برنامه نویسی در محیط نرم افزار متلب، روزهایی که دمای آن بالاتر از ۲+ انحراف معیار یا بالاتر از میانگین (NTD) بود و دست کم دو روز تداوم داشت، به‌عنوان روز توأم با موج گرمایی انتخاب گردید (اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۹) به منظور محاسبه این نمایه، نخست میانگین بلند مدت دما برای هر یک از روزهای سال محاسبه شد تا انحراف دمای هر روز خاص نسبت به میانگین بلند مدت مبنای داوری درباره گرمی آن روز قرار گیرد (مسعودیان و دارند ۱۳۹۰؛ اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۴). میانگین بلند مدت دماهای هر روز با رابطه (۱) به‌دست آمد:

$$\overline{T(i,j)} = \sum_{n=2003}^{2018} T(i,j,n) \div N \quad (1)$$

در رابطه فوق $T(i,j,n)$ دمای روز i ام از ماه j ام در سال n ام $\overline{T(i,j)}$ میانگین بلند مدت دمای روز i ام، از ماه j ام می‌باشد. برای از بین بردن نوفه‌های (نویز) موجود در میانگین بلند مدت، فیلتر میانگین متحرک ۹ روزه، سه بار بر روی این داده‌ها انجام شد. در نتیجه آثار عوامل زودگذر محلی که موجب نوسان دما گردیده‌اند، حذف و اثرات سامانه‌های همدید که تغییرات کلان دما را تعیین می‌کنند، تقویت می‌شود (اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۴). سپس با استفاده از رابطه (۲)، انحراف دمای هر یک از روزهای مورد بررسی، نسبت به میانگین بلند مدت محاسبه شد.

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

در این رابطه $\Delta T = (i,j,n)$ انحراف مطلق دما از میانگین بلند مدت در روز j ام از ماه i ام، در سال n ام نسبت به میانگین بلند مدت دمای همان روز تقویمی است. برای آن که مقادیر انحراف دمای زمان‌های مختلف در یک نقطه جغرافیایی و مکان‌های مختلف در یک زمان معین با یکدیگر قابل مقایسه باشند، لازم است این مقادیر مطلق انحراف دما به کمک پراش دما، استانداردسازی شوند. همانند تغییرات روز به روز، پراش ΔT در ۳۱ روز برای هر روز تقویمی طبق رابطه (۳) به دست آمد. سپس میانگین متحرک ۹ روزه سه بار انجام شد:

$$\overline{\sigma^2(i,j)} = \sum_{n=2003}^{2018} \sum_{j=j-16}^{j+16} [\Delta T(i,j',n) - \overline{\Delta T(i,j',n)}]^2 \div 31N \quad (3)$$

مقدار $\overline{\Delta T(i,j)}$ میانگین انحراف دما روی کرنل ۳۱ روزه است که از رابطه (۴) به دست آمد:

$$\overline{\Delta T^* (i,j)} = \sum_{n=2003}^{2018} \sum_{j=j-16}^{j+16} T(i,j',n) \div 31N \quad (4)$$

در نهایت نمایه فومیایی یا انحراف دمای نرمال شده (NTD) طبق رابطه (۵) محاسبه گردید:

$$x(i,j,n) = \Delta T(i,j,n) \div \overline{\sigma(i,j)} \quad (5)$$

که $\overline{\sigma(i,j)} = \sqrt{\overline{\sigma^2(i,j)}}$ می‌باشد. لذا تعریف موج گرم در پژوهش حاضر، این‌گونه بیان می‌شود که: هرگاه ضریب NTD برای P روز متوالی ۲ انحراف معیار بالاتر از میانگین باشد، یک موج گرمایی P روزه داریم: به عبارتی اگر (i) NTD معرف دمای به‌هنگار شده روز i ام باشد، (رابطه ۶) آنگاه یک موج گرمایی P روزه داریم (اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۴).

$$NTD(i), NTD(i+1), \dots, NTD(i+p-1) \geq 2, NTD(i-1), NTD(i+p) \leq 2 \quad (6)$$

محاسبه جزیره حرارتی سطحی شهرها استفاده از داده‌های مودیس - آکوا^۶

1. Fumiaki
2. Matlab
3. Normalized Thermal Deviation
4. Noise
5. SUHI
6. MODIS-Aqua

به منظور بررسی شدت جزیره حرارتی در شهرهای مورد مطالعه در روزهای توأم با موج گرمایی (بدون ابر) داده‌های دمای رویه زمین سنجنده مودیس^۱- آکوا (MYD11A1) روز هنگام ساعت ۱۵:۲۴-۱۳:۳۸، شب هنگام ۰۳:۵۳-۰۲:۳۱، از وبسایت ناسا^۲(<http://modis.gsfc.nasa.gov>)، با تفکیک مکانی اسمی ۱×۱ کیلومتر و تفکیک واقعی ۹۲۶/۸۸۲۹ متر (مسعودیان و ترکی، ۱۳۹۸: ۷۸) در سیستم تصویری سینوسی به صورت روزانه، طی دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۱۸-۲۰۰۳) دریافت شد. در شبکه‌بندی سینوسی، ایران روی ۶ تصویر سنجنده مودیس قرار می‌گیرد و با موزاییک کردن این تصاویر و کاشی‌ها در کنار یکدیگر، پوشش کل ایران به دست می‌آید. این کاشی‌ها شامل: h21v05, h21v06, h22v05, h22v06, h23v05, h23v06 است که ایران را پوشش می‌دهند (فاطمی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۴). برای دو شهر ایلام و کرمانشاه، کاشی‌های h21v05, h22v05 دریافت گردیدند. جهت تعیین محدوده شهری از میانگین دمای تمام یاخته‌های داخل شهر استفاده شد و منطقه روستایی به فاصله ۵ کیلومتر در اطراف آن در نظر گرفته شد. سپس توزیع فراوانی دمای رویه زمین در این گستره روستایی از کمترین تا بیشترین مقدار ثبت شده محاسبه شد. در ادامه، دمایی که بیشترین فراوانی را در منطقه روستایی داشت به عنوان نماینده منطقه روستایی انتخاب شد و سپس جزایر گرمایی در روزهای مورد نظر در نرم افزار MATLAB محاسبه گردید. در نهایت شدت جزایر گرمایی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی مقایسه شد.

MODIS یا اسپکترو رادیومتر تصویربرداری با قدرت تفکیک مکانی متوسط، ابزاری است که بر روی ماهواره آکوا (EOS PM) راه اندازی شده در ماه مه ۲۰۰۲، نصب شده است. MODIS داده‌ها را در ۳۶ باند طیفی با عبور از بالای خط استوا در حوالی ۱۳:۳۰ و ۰۱:۳۰ بر ماهواره آکوا جمع آوری می‌کند. اعتبار سنجی در سطح ۳ برای تمام محصولات بازتابندگی سطح مودیس انجام شده است. MOD11_A2 و MYD11_A2، دمای سطح زمین (LST) و توان تشعشعی ۸ روزه در سطح ۳، تشکیل شده از محصول LST روزانه ۱ کیلومتر مودیس (MOD11A1 و MYD11A1) می‌باشد و بر روی یک شبکه سینوسی ۱ کیلومتر به عنوان مقدار متوسط (LSTs) در آسمان صاف در طول ۸ روز در طول روز و شب (۱۳:۳۰ و ۰۱:۳۰ برای مودیس آکوا) ذخیره شده است. در پژوهش حاضر، برداشت‌های مودیس- آکوا به این دلیل انتخاب شدند که نسبت به مودیس- ترا به ساعات میانه روز و میانه شب (مقادیر فرین روزانه) نزدیک‌تر بودند. جهت راستی آزمایشی نتایج داده‌های ماهواره‌ای، وضعیت باد و رطوبت نسبی در روزهای مورد مطالعه، از سایت سازمان هواشناسی اخذ و واکاوی گردید.

معمولاً جهت بررسی جزیره حرارتی سطحی (SUHI)، از تفاوت دمای سطح مناطق شهری با مناطق غیرشهری یا روستایی استفاده می‌شود. علاوه بر شاخص (SUHI) که تفاوت دمای سطح مناطق شهری با غیرشهری را اندازه‌گیری می‌کند، بسته به کاربری غالب اطراف شهر، شاخص‌های دیگری از جمله تفاوت دمای سطح مناطق شهری- کشاورزی، شهری- آب نیز استفاده شده است. در پژوهش حاضر، جزیره حرارتی با استفاده از رابطه (۷) محاسبه گردید:

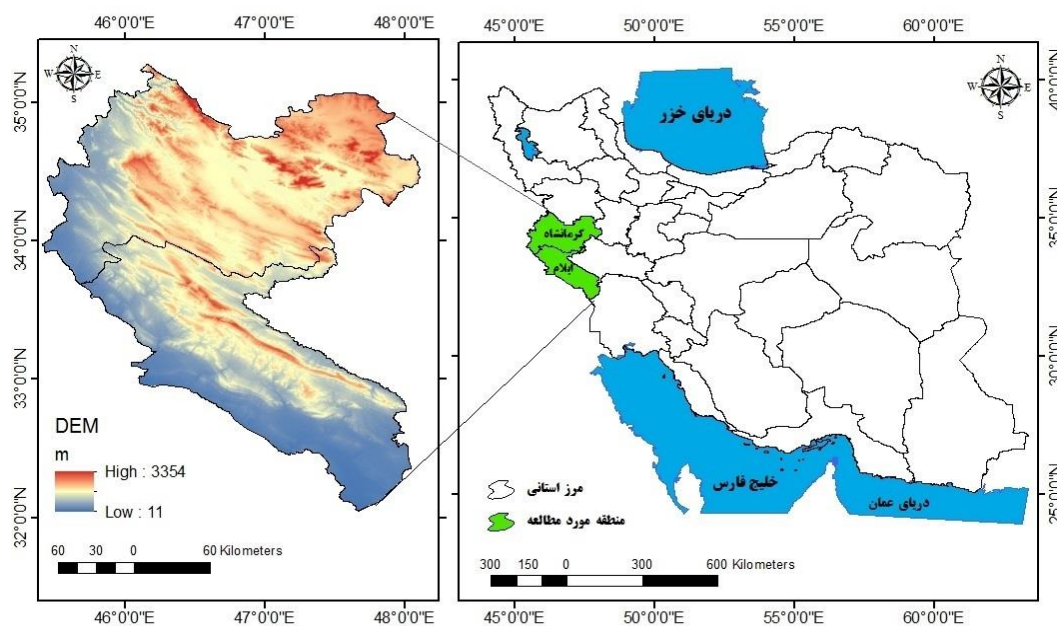
$$SUHI = MLST_{urban} - FLST_{rural} \quad (7)$$

که در رابطه فوق SUHI جزیره گرمایی رویه زمین، $MLST_{urban}$ میانگین دمای رویه زمین در منطقه شهری و $FLST_{rural}$ دمای رویه زمین با بیشترین فراوانی رخداد در منطقه روستایی است. جهت مطالعه نقطه‌ای SUHI، از اختلاف دمای دو یاخته، معرف داخل و بیرون شهر استفاده شد (مجرد و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۹۴). در مرحله بعد، به منظور بررسی تأثیر وقوع امواج گرمایی بر جزایر حرارتی شهری، یک روز عادی (بدون موج گرما) که کمترین دمای حداکثر را داشت، طی یک تا دو

هفته قبل از وقوع هر موج گرمایی انتخاب گردید و بعد از محاسبه جزیره حرارتی در آن روز، تفاوت جزیره حرارتی در دو شرایط متفاوت (وجود و عدم موج گرمایی) در شهرهای مورد مطالعه بررسی شد.

محدوده مورد مطالعه

شهر ایلام از نظر موقعیت جغرافیایی در ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و در جنوب غرب ایران قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۳ متر است. شهر ایلام، مرکز استان ایلام است که در حصاری از کوه‌ها و ارتفاعات جنگلی استقرار یافته و آب و هوایی کوهستانی دارد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۰۷). جنگل‌های پیرامون این شهر از شاخص‌ترین عوامل اکولوژیکی منطقه هستند. براساس برآورد جنگل داری استان، مساحت جنگل‌های این استان حدود ۵۰۰۰۰۰ هکتار است. همچنین پارک‌ها و بوستان‌هایی در غرب شهر ایلام واقع شده‌اند که نقش قابل توجهی در اکولوژی این شهر دارند (ناصری، ۱۳۹۳؛ آزادخانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۴). شهر کرمانشاه، با موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی مهم‌ترین شهر در منطقه مرکزی غرب ایران و مرکز استان کرمانشاه است. ارتفاع این شهر از سطح دریا حدود ۱۳۲۲ متر و مساحت آن تقریباً حدود ۹۶ کیلومتر مربع است. این شهر بعد از انقلاب، توسعه فیزیکی چشم‌گیری داشته است. در جریان این توسعه فیزیکی بیش از ۱۰ هزار هکتار از زمین‌های زراعی و باغی با تغییر کاربری به زیر ساخت رفته و تخریب شده است (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۴: ۵). براساس آمار، جمعیت شهر کرمانشاه از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ (دوره ۶۰ ساله) حدود ۷ برابر شده است. شهر کرمانشاه حدود نیمی از جمعیت استان کرمانشاه را که بالغ بر ۱۹۵۲۴۳۴ نفر است در خود جای داده است و به عنوان یکی از شهرهای پرجمعیت ایران طی سال‌های اخیر رشد قابل توجهی یافته است (مجرد و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۸۱). در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و در شکل (۲) و (۳) شهرهای مورد مطالعه و حومه آن‌ها، تا فاصله ۵ کیلومتری از مرکز هر یک از شهر (شامل مرکز شهر و مناطق غیر شهری اطراف آن‌ها) را به منظور بررسی جزیره حرارتی ارائه شده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

منبع: (ترسیم نگارندگان)



شکل ۲. شهر ایلام و حومه آن تا فاصله ۵ کیلومتری از مرکز شهر در گوگل ارث
منبع: (ترسیم نگارندگان)

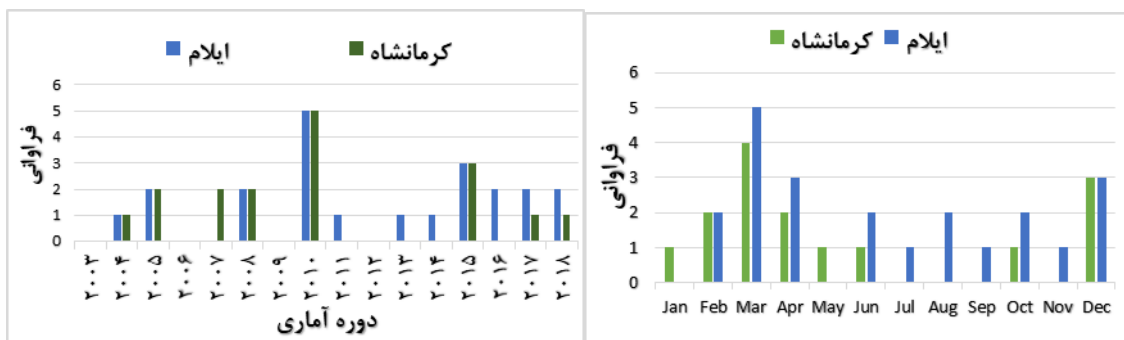


شکل ۳. شهر کرمانشاه و حومه آن تا فاصله ۵ کیلومتری از مرکز شهر در گوگل ارث
منبع: (ترسیم نگارندگان)

بحث و یافته‌ها

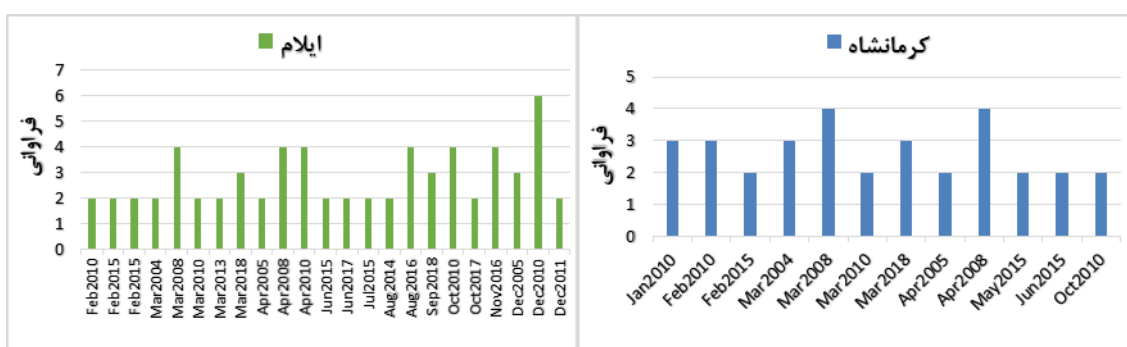
نتایج استخراج امواج گرمایی با اعمال شاخص فومیایی

در این بخش، امواج گرمایی شهرهای کرمانشاه و ایلام براساس شاخص فومیایی، شناسایی و به دو دسته امواج کوتاه مدت (با تداوم ۲ تا ۵ روزه) و امواج بلند مدت (با تداوم ۶ روزه یا بیشتر) تقسیم شد. براساس نتایج، طی دوره مورد مطالعه (۲۰۱۸-۲۰۰۳)، بیشترین فراوانی سالانه مخاطره موج گرمایی در هر دو شهر کرمانشاه و ایلام، در سال ۲۰۱۰ (شکل ۴) و بیشترین فراوانی ماهانه وقوع موج گرما در هر دو شهر در ماه مارس بوده است (شکل ۵). از نظر تداوم، طی ۱۶ سال مورد مطالعه، حداکثر تداوم این مخاطره در کرمانشاه ۴ روزه و کوتاه مدت و در ایلام ۶ روزه و بلند مدت بوده است (اشکال ۶).



شکل ۴. فراوانی سالانه امواج گرمایی در ایستگاه‌های کرمانشاه و ایلام (۲۰۱۸-۲۰۰۳)
منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)

شکل ۵. فراوانی ماهانه امواج گرمایی در ایستگاه‌های کرمانشاه و ایلام (۲۰۱۸-۲۰۰۳)
منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)



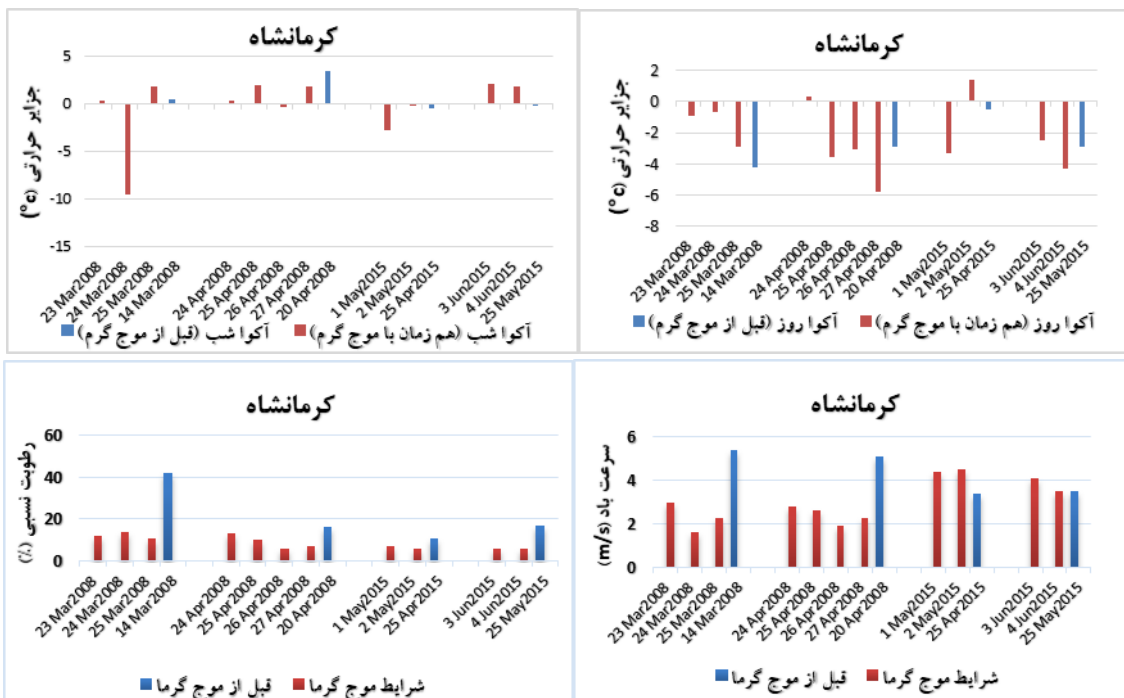
شکل ۶. زمان وقوع و تداوم امواج گرمایی در ایستگاه کرمانشاه (۲۰۱۸-۲۰۰۳)
منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)

نتایج مقایسه جزایر حرارتی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی در شهرهای مورد مطالعه

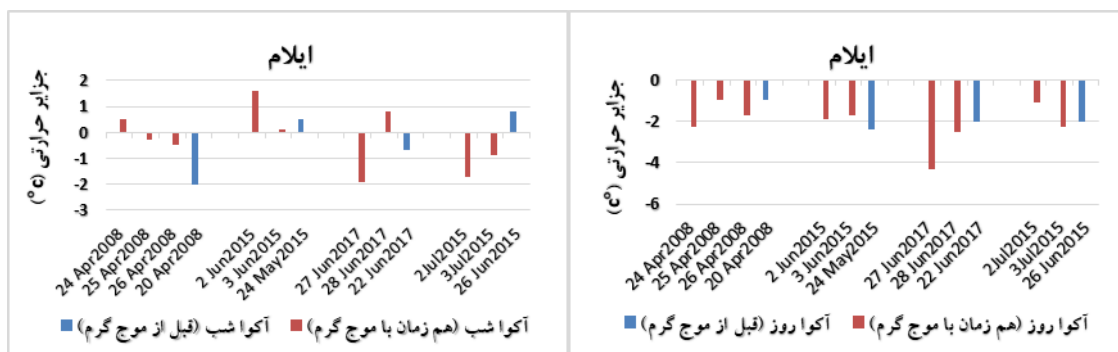
مقادیر حاصل از محاسبه جزیره حرارتی برای روزهایی توأم با موج گرمایی و یک روز عادی بدون موج گرمایی برای ماه‌های گرم سال در جدول ۱ ارائه شده است. طبق جدول مذکور، در مواردی که میزان اختلاف دمای رویه زمین در مناطق شهری و غیر شهری مثبت است، جزیره گرمایی شهری (UHI) و شرایطی که منفی است، جزیره سرمایی شهری (UCI) رخ داده است. طبق نتایج حاصل از بررسی سرعت باد و رطوبت نسبی در شهرهای مورد مطالعه (جدول ۱) و اشکال (۷ و ۸)) در هر دو شرایط وجود و عدم موج گرمایی، اغلب در روز هنگام دمای رویه زمین در مرکز شهر از دمای مناطق غیر شهری اطراف آن کمتر ولی در شب هنگام، بیشتر بوده است. بنابراین در روز اغلب جزیره سرمایی و در شب گاهی جزیره گرمایی (هر چند ضعیف) در مراکز شهرهای کرمانشاه و ایلام تشکیل شده است.

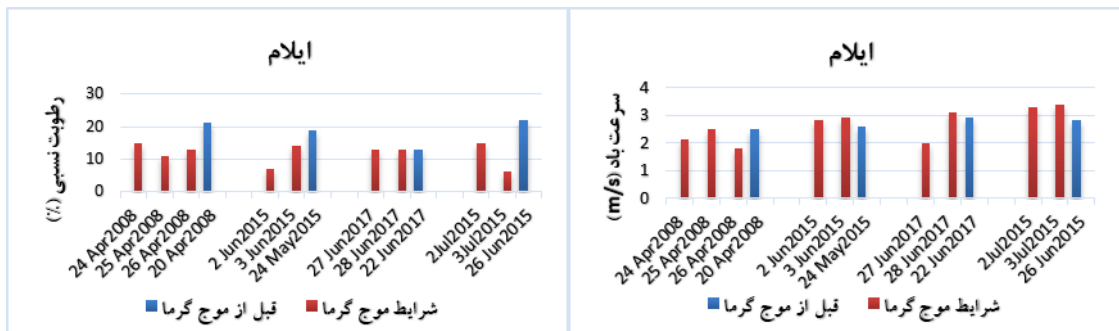
طبق (جدول ۱) و شکل (۷ و ۸) اگرچه در روز هنگام در هر دو شرایط (وجود و عدم موج گرمایی) جزیره سرمایی در مرکز شهرهای مورد مطالعه تشکیل شده است ولی در هر موج گرمایی دست کم در یک روز شدت جزیره سرمایی بیشتر از روزهای عادی بوده است. در شب هنگام چه در شرایط عادی و چه در شرایط وقوع امواج گرمایی، در کرمانشاه اغلب جزیره گرمایی ضعیفی در مرکز شهر ایجاد شده که شدت جزایر گرمایی شبانه گاهی در زمان حاکمیت موج گرمایی بیشتر از شرایط

عادی بوده است ولی در ایلام حتی در شب هنگام هم اغلب جزیره‌ سرمایی در مرکز شهر ایجاد شده که البته شدت آن در مقایسه با جزایر سرمایی روزانه کمتر بوده است. همچنین سرعت باد و میزان رطوبت نسبی هوا نیز در روزهای توأم با موج گرمایی کاهش یافته که این وضعیت در کرمانشاه به ویژه در پارامتر رطوبت نسبی، محسوس‌تر بوده است. همچنین بررسی‌ها نشان دادند که تداوم امواج گرمایی نقش چندانی بر تشدید جزایر حرارتی نداشته چراکه تأثیرپذیری جزایر حرارتی از وقوع امواج گرمایی با تداوم مختلف، تقریباً یکسان بوده است. بنابر توضیحات ارائه شده، به نظر می‌رسد وقوع امواج گرمایی بر تشدید جزایر حرارتی بی‌تأثیر نبوده است.



شکل ۷. مقایسه جزایر حرارتی، باد و رطوبت نسبی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی در شهر کرمانشاه (۲۰۰۳-۲۰۱۸) منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)





شکل ۸. مقایسه جزایر حرارتی، باد و رطوبت نسبی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی در شهر ایلام (۲۰۰۳-۲۰۱۸) منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)

جدول ۱. جزیره حرارتی محاسبه شده در ماه‌های گرم در شرایط وجود و عدم موج گرمایی (۲۰۰۳-۲۰۱۸)

| جزیره حرارتی سطحی شهر (SUHI)(°C) | | رطوبت نسبی (%) | سرعت باد m/s | جهت باد | شدت باد (°C) | پارامترهای مورد بررسی | وجود و عدم موج گرمایی |
|----------------------------------|-------------------------|----------------|--------------|---------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| مادیس آکوا | روز هنگام (۱۳:۲۴-۱۵:۳۸) | | | | | | |
| کرماتشاه | | | | | | | |
| ۰/۳ | -۰/۹ | ۱۲ | ۳ | W | ۲۷ | ۲۳ مارس ۲۰۰۸ | HW |
| -۹/۶ | -۰/۷ | ۱۴ | ۱/۶ | E | ۲۷/۵ | ۲۴ مارس ۲۰۰۸ | |
| ۱/۹ | -۲/۹ | ۱۱ | ۲/۳ | W | ۲۷/۸ | ۲۵ مارس ۲۰۰۸ | |
| ۰/۵ | -۴/۲ | ۴۲ | ۵/۴ | W | ۱۵/۲ | ۱۴ مارس ۲۰۰۸ | NHW ^T |
| ۰/۳ | -۰/۳ | ۱۳ | ۲/۸ | SE | ۳۱/۴ | ۲۴ آوریل ۲۰۰۸ | HW |
| ۲ | -۳/۶ | ۱۰ | ۲/۶ | S | ۳۲/۱ | ۲۵ آوریل ۲۰۰۸ | |
| -۰/۳ | -۳/۱ | ۶ | ۱/۹ | SW | ۳۳/۷ | ۲۶ آوریل ۲۰۰۸ | |
| ۱/۸ | -۵/۸ | ۷ | ۲/۳ | SW | ۳۳/۳ | ۲۷ آوریل ۲۰۰۸ | NHW |
| ۳/۵ | -۲/۹ | ۱۶ | ۵/۱ | W | ۲۵ | ۲۰ آوریل ۲۰۰۸ | |
| -۲/۸ | -۳/۳ | ۷ | ۴/۴ | W | ۳۳/۵ | ۱ می ۲۰۱۵ | |
| -۰/۲ | ۱/۴ | ۶ | ۴/۵ | W | ۳۰/۹ | ۲ می ۲۰۱۵ | HW |
| -۰/۵ | -۰/۵ | ۱۱ | ۳/۴ | W | ۱۸/۷ | ۲۵ آوریل ۲۰۱۵ | NHW |
| ۲/۱ | -۲/۵ | ۶ | ۴/۱ | W | ۲۹/۶ | ۳ ژوئن ۲۰۱۵ | HW |
| ۱/۸ | -۴/۳ | ۶ | ۳/۵ | W | ۳۰/۲ | ۴ ژوئن ۲۰۱۵ | |
| -۰/۲ | -۲/۹ | ۱۷ | ۳/۵ | W | ۲۹/۸ | ۲۵ می ۲۰۱۵ | NHW |

| جزیره حرارتی سطحی شهر (SUHI)(°C) | | رطوبت نسبی (%) | سرعت باد m/s | جهت باد | شدت باد (°C) | پارامترهای مورد بررسی | وجود و عدم موج گرمایی |
|----------------------------------|-------------------------|----------------|--------------|---------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| مادیس آکوا | روز هنگام (۱۳:۲۴-۱۵:۳۸) | | | | | | |
| ایلام | | | | | | | |
| ۰/۵ | -۲/۳ | ۱۵ | ۲/۱ | S | ۳۲/۲ | ۲۴ آوریل ۲۰۰۸ | HW |
| -۰/۳ | -۱ | ۱۱ | ۲/۵ | SW | ۳۰/۸ | ۲۵ آوریل ۲۰۰۸ | |
| -۰/۵ | -۱/۷ | ۱۳ | ۱/۸ | W | ۳۲ | ۲۶ آوریل ۲۰۰۸ | |
| -۲ | -۱ | ۲۱ | ۲/۵ | SE | ۲۳/۴ | ۲۰ آوریل ۲۰۰۸ | NHW |
| ۱/۶ | -۱/۹ | ۷ | ۲/۸ | S | ۳۷/۷ | ۲ ژوئن ۲۰۱۵ | HW |
| ۰/۱ | -۱/۷ | ۱۴ | ۲/۹ | W | ۳۷/۲ | ۳ ژوئن ۲۰۱۵ | |
| ۰/۵ | -۲/۴ | ۱۹ | ۲/۶ | W | ۲۹/۶ | ۲۴ می ۲۰۱۵ | NHW |
| -۱/۹ | -۴/۳ | ۱۳ | ۲ | NW | ۴۰/۳ | ۲۷ ژوئن ۲۰۱۷ | HW |
| ۰/۸ | -۲/۵ | ۱۳ | ۳/۱ | S | ۴۰/۹ | ۲۸ ژوئن ۲۰۱۷ | |

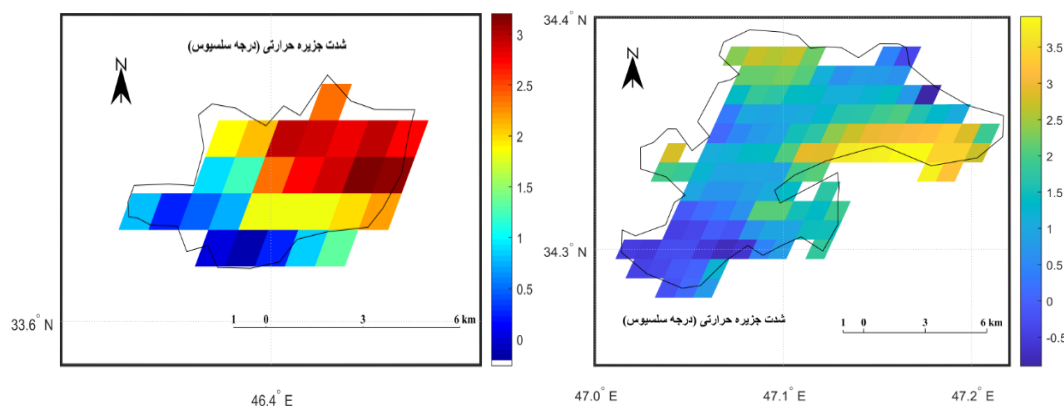
1. Heat wave
2. No Heat wave

| | | | | | | | |
|-----|--------------|------|----|-----|----|------|------|
| NHW | ۲۲ ژوئن ۲۰۱۷ | ۳۱/۲ | NW | ۲/۹ | ۱۳ | -۲ | -۰/۷ |
| HW | ۲ ژوئیه ۲۰۱۵ | ۴۱/۲ | W | ۳/۳ | ۱۵ | -۱/۱ | -۱/۷ |
| NHW | ۲۶ ژوئن ۲۰۱۵ | ۲۹/۹ | W | ۲/۸ | ۲۲ | -۲ | ۰/۸ |

منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)

نتایج بررسی شدت جزایر حرارتی و مقایسه آن در شهرهای مورد مطالعه

به منظور مقایسه ویژگی جزیره حرارتی در دو شهر ایلام و کرمانشاه، نقشه شدت جزایر حرارتی برای هر یک از شهرهای مورد مطالعه، در یک روز منتخب توأم با موج گرمایی (برای شهر ایلام در روز دوم ژوئن ۲۰۱۵ و برای کرمانشاه دوم می ۲۰۱۵) ترسیم گردید که در اشکال ۹ و ۱۰ ارائه شده است. طبق شکل‌های مذکور، مناطق شهری در هر دو شهر، گرم‌تر از مناطق غیرشهری اطراف آن بوده است. در کرمانشاه هم اختلاف دمای مرکز و حومه بالاتر بوده و هم در مقایسه با ایلام، ۰/۵ درجه سلسیوس دمای بیشتری تجربه شده است. در مجموع، در هر دو شهر، شدت جزیره حرارتی از غرب به شرق افزایش یافته است و اگرچه روز منتخب در شهر ایلام (دوم ژوئن ۲۰۱۵) جزء روزهای گرم تابستان بوده و دمای حداکثر آن ۶/۸ درجه سلسیوس بالاتر از دمای حداکثر روز منتخب کرمانشاه (دوم می ۲۰۱۵) بوده ولی شدت جزیره حرارتی در شهر کرمانشاه محسوس‌تر بوده است. این شرایط متفاوت شهر کرمانشاه را می‌تواند به دلیل تغییر کاربری اراضی زراعی حومه شهر کرمانشاه و افزایش ساخت و سازها و سطوح نفوذناپذیر و غیر طبیعی طی سال‌های اخیر باشد که سبب تغییر در توازن انرژی و افزایش دما در شهر کرمانشاه در مقایسه با شهر ایلام شده که دارای جنگل‌ها، پارک‌ها و بوستان‌هایی در غرب شهر می‌باشد (ناصری، ۱۳۹۳: ۴۲؛ آزادخانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۴) که نقش قابل توجهی در اکولوژی شهر ایلام دارد و مجموع عوامل ذکر شده منجر به تشکیل جزیره گرمایی محسوس‌تر در کرمانشاه شده است.



شکل ۱۰. نقشه شدت جزیره حرارتی شهر کرمانشاه (دوم می ۲۰۱۵)
منبع: (ترسیم: نگارندگان)

شکل ۹. نقشه شدت جزیره حرارتی شهر ایلام (دوم ژوئن ۲۰۱۵)
منبع: (ترسیم: نگارندگان)

نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر، مقایسه میزان تأثیرپذیری جزایر حرارتی از وقوع امواج گرمایی در شهرهای ایلام و کرمانشاه بود. یافته‌ها نشان دادند که طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۳ حداکثر تداوم امواج گرمایی طی ۱۶ سال مورد مطالعه، در کرمانشاه ۴ روزه و کوتاه مدت و در ایلام ۶ روزه و بلند مدت بوده است. بیشترین فراوانی سالانه و ماهانه مخاطره موج گرمایی در هر دو شهر، در سال ۲۰۱۰ و در ماه مارس و اواخر فصل سرما بوده که می‌تواند سبب جوانه زنی و گل دهی گیاهان شده و با ورود موج سرما و وقوع سرمای دیر رس بهاره سبب سرمازدگی و تحمیل خسارات کلان در بخش کشاورزی و باغداری گردد. به نظر می‌رسد با وقوع موج گرمایی، در روز حومه شهر به دلیل داشتن آسمانی صاف و بدون آلودگی، با حداقل پوشش گیاهی و نبود منابع آب سطحی و داشتن زمین‌های لخت با ظرفیت گرمایی پایین، نسبت به مرکز شهر سریع‌تر تحت تأثیر امواج گرمایی قرار گرفته و در نتیجه با گرم‌تر شدن رویه زمین در اطراف شهر نسبت به مرکز آن، جزیره گرمایی در مرکز شهر تشکیل یافته ولی در شب هنگام به ویژه شهر ایلام احتمالاً به دلیل توسعه کمتر ساخت و سازهای متراکم شهری و کارخانجات نسبت به شهر کرمانشاه که دارای سطوح مصنوعی و تراکم ساخت و سازهای شهری بیشتری است، گرمای کمتری در مرکز شهر محبوس شده و بنابراین جزیره گرمایی قابل توجهی در این شهر تشکیل نشده است و حتی گاهی در شب هنگام نیز جزیره گرمایی تجربه شده است. البته شدت جزیره گرمایی شبانه در شهر کرمانشاه نیز در مقایسه با شهرهای بزرگ و صنعتی در هر دو شرایط وجود و عدم موج گرمایی ضعیف‌تر بوده است این امر ممکن است به این دلیل باشد که این شهر نیز هنوز به اندازه شهرهای بزرگ و صنعتی، دارای آسمان خراش‌های متراکم و کارخانجات فراوان نیست. با توجه به یافته‌های پژوهش، با وقوع موج گرما، به دلیل رابطه معکوسی که بین دما و رطوبت نسبی وجود دارد، میزان رطوبت نسبی مراکز شهری در شرایط موج گرمایی، اغلب در مقایسه با روزهایی عادی کاهش یافته است که شرایط مذکور در کرمانشاه محسوس‌تر از ایلام بوده است و احتمال می‌رود طی سال‌های آتی نیز جزایر حرارتی در این شهر، خصوصاً در روز هنگام اغلب به صورت جزیره گرمایی نمود پیدا کند. یافته‌های پژوهش حاضر از این لحاظ که وقوع امواج گرمایی سبب تشدید جزایر حرارتی شهری می‌شود با یافته‌های الی بودن (۲۰۱۳)، وهئی (۲۰۱۴)، بوزید و رامورتی (۲۰۱۷)، جفری و همکاران (۲۰۱۸)، دی رایدر و همکاران (۲۰۱۵)، حسینی (۲۰۱۶)، لی و همکاران (۲۰۱۸) که اغلب پوشش گیاهی و تراکم ساختمان‌های شهری و وسعت شهرها را در تشدید جزایر حرارتی و ایجاد جزیره گرمایی در روز و جزیره گرمایی در شب مؤثر دانسته‌اند هم راستا بود. ولی با یافته‌های قبادی و همکاران (۲۰۱۷) که ایجاد و تشدید جزایر گرمایی را هم در روز و هم در شب نتیجه‌گیری کرده‌اند همخوانی نداشت. از آنجا که جزایر حرارتی در هر دو شهر به ویژه در روز هنگام حتی در صورت عدم موج گرمایی در مرکز شهرهای مورد مطالعه وجود داشته و با وقوع موج گرمایی تحت تأثیر قرار گرفته و با توجه به اینکه طبق پیش‌بینی دانشمندان، مخاطرات اقلیمی همچون موج گرما تحت تأثیر تغییر اقلیم، افزایش خواهد یافت و شهرهای ایلام و کرمانشاه اگرچه اکنون کلانشهر محسوب نمی‌شوند اما طی سال‌های آتی امواج گرمایی بیشتری تجربه خواهند کرد و قطعاً ساخت و ساز و سطوح مصنوعی در این شهرها افزایش خواهد یافت، لذا جهت پیشگیری از پیامدهای منفی ناشی از اندرکنش امواج گرمایی و جزایر حرارتی در آینده، انجام پژوهش‌های بیشتر، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین جهت کاستن از شدت جزایر حرارتی و دمای رویه زمین در مرکز این شهرها چند راهکار پیشنهاد می‌گردد که عبارتند از: پوشاندن سطوح و ساختمان‌ها به وسیله مصالحی با ظرفیت گرمایی بالا، استفاده از درختان و درختچه‌ها در اطراف ساختمان‌ها، حفاظت از فضاهای سبز و ایجاد بام سبز، توجه به جهت باد در ساخت و سازها، تعدیل تراکم ساختمان‌ها و احداث غیر متمرکز آن‌ها در مرکز شهرها و کاهش شدت آن در شرایط وقوع موج گرمایی.

تقدیر و تشکر

با سپاس از همکاری سازمان هواشناسی کشور و اساتید محترم راهنما و مشاور.

منابع

- ۱) احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی و ابراهیمی، رضا (۱۳۹۶) دورنمای فرین های گرم ایران مبتنی بر برون داد مدل میان مقیاس منطقه-ای (REGCM4)، جغرافیا (فصلنامه علمی- پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، دوره ۱۵، شماره ۵۲، صص ۸۰-۶۷
<https://www.sid.ir/paper/150327/fa>
- ۲) اسمعیل نژاد، مرتضی؛ خسروی، محمود؛ علیجانی، بهلول و مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۲). شناسایی امواج گرمایی ایران، جغرافیا و توسعه، دوره ۱۱، شماره ۳۳، صص ۵۴-۳۹.
https://gdij.usb.ac.ir/article_1321.html
- ۳) اکبری، الهه؛ بهرامی، شهرام؛ دوران، عاطفه و ابراهیمی، مجید (۱۳۹۶). بررسی تأثیر برخی پارامترهای جغرافیایی بر دمای سطح زمین با استفاده از روش سبال و درخت تصمیم گیری در مخروط آتشفشان تفتان. فصلنامه علمی و پژوهشی فضای جغرافیایی، دوره ۱۷، شماره ۵۷، صص ۱۲۶-۱۲۷
<http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/105>
- ۴) امیدوار، کمال؛ محمود آبادی، مهدی؛ الفتی، سعید و مرادی، خدیجه (۱۳۹۵). بررسی احتمال وقوع امواج گرمایی در ایستگاههای منتخب استان کرمانشاه، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۵، شماره ۱۰، ۲۰-۱.
https://jneh.usb.ac.ir/article_2877.html
- ۵) آزادخانی، پاکزاد؛ اعظمی، هادی و چهره، معصومه (۱۳۹۷). کاربرد شاخصهای آسایش حرارتی در طراحی مسکن پایدار (مطالعه موردی شهر ایلام)، فصلنامه مطالعات عمران شهری، دوره ۲، شماره ۷، صص ۳۴-۴.
<https://elmnet.ir/article/2108056-10127>
- ۶) بهاروندی، نسیم؛ مجرد، فیروز و معصوم پور، جعفر (۱۳۹۷). شناسایی امواج گرمایی و تحلیل تغییرات زمانی مکانی آنها در ایران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۵۹، صص ۵۸-۳۹.
https://jgs.khu.ac.ir/browse.php?a_id=3146&sid=1&slc_lang=fa&ftxt=0
- ۷) حاجی فتحعلی، مهسا؛ فیضی، محسن، دهقان، عاطفه (۱۴۰۰). رابطه گرمای هوا، میانگین گرمای تابشی و آبیود، در کاهش جزایر حرارتی شهرها، فصلنامه جغرافیا، دوره ۱۹، شماره ۷۱، صص ۱۹۰-۱۷۳.
<http://dor.net/dor/20.1001.1.27833739.1400.19.71.9.6>
- ۸) رحیمی، داریوش؛ میر هاشمی، حمید و علیزاده، تیمور (۱۳۹۶). تحلیل ساختار امواج گرمایی در غرب و شمال غرب ایران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۸، شماره ۳، صص ۸۰-۶۹.
https://gep.ui.ac.ir/article_22307.html
- ۹) صالحی، بهروز؛ قنبران، عبدالحمید و فردوسیان، سیما (۱۳۹۶). بررسی وضع موجود و تدوین ضوابط طراحی همساز با اقلیم در ساختمانهای مسکونی شهر ایلام، فصلنامه علمی- ترویجی فرهنگ ایلام، دوره ۱۸، شماره ۵۶، صص ۱۱۷-۱۱۰.
http://www.farhangeilam.ir/article_61107.html
- ۱۰) عزیز، قاسم. (۱۳۸۳). تغییر اقلیم. تهران: نشر قومس، چاپ اول، صص ۴۳۴.
- ۱۱) فاطمی نیا، فخری سادات؛ سبحانی، بهروز و مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۷). واکاوی نمایه گستره برگ در ایران با استفاده از داده های ماهواره-ای سنجنده مودیس، دوره ۱۸، شماره ۴۸، صص ۵۷-۴۱.
https://jgs.khu.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-3570-1&slc_lang=fa&sid=1
- ۱۲) قاسمی فر، الهام و ناصرپور، سمیه (۱۳۹۶). تحلیل سینوپتیکی امواج گرما و سرما در سواحل جنوبی دریای خزر، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۶، شماره ۱۰۳، صص ۱۴۶-۱۳۷.
http://www.sepehr.org/article_28899.html
- ۱۳) کاشکی، عبدالرضا؛ کرمی، مختار؛ باعقیده، محمد و علیمرادی، محمد رضا (۱۳۹۸). واکاوی آماری امواج گرمایی زابل، دگرگونیها و مخاطرات آب و هوایی، دوره ۱، شماره ۳، صص ۵۵-۴۰.
http://cccd.znu.ac.ir/article_36081.html
- ۱۴) الماسی، فائقه؛ طاووسی، تقی و حسین آبادی، نسرين (۱۳۹۵). واکاوی رفتار و تغییرات بسامد رخداد امواج گرمایی شهر اهواز، مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۶، شماره ۱۹، صص ۱۵۰-۱۳۷.
http://gps.gu.ac.ir/article_32850.html
- ۱۵) مجرد، فیروز؛ ناصریه؛ مهتاب و هاشمی؛ سیروس (۱۳۹۷). بررسی تغییرات دوره‌ای و فصلی جزیره گرمایی شهر کرمانشاه در شب و روز با استفاده از تصاویر ماهواره ای، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۴، شماره ۲، صص ۴۹۴-۴۷۹.
https://journal.ut.ac.ir/article_65886.html
- ۱۶) مسعودیان، سید ابوالفضل و ترکی، مسلم (۱۳۹۸). واکاوی تغییرات زمانی و مکانی جزیره گرمایی کلانشهر اهواز با کمک از داده‌های مودیس، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۳۰، شماره ۱، صص ۹۲-۷۵.
https://gep.ui.ac.ir/article_24004.html

- (۱۷) منصور، سحر، خالدی، شهریار، برنا، رضا و اسدیان، فریده (۱۳۹۸). اثر تغییرات کاربری و کاهش فضای سبز شهری بر تشدید جزیره گرمایی و آلودگی شهر تهران (مطالعه موردی: منطقه یک)، جغرافیا (فصلنامه علمی- پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، دوره ۱۷، شماره ۶۳، صص ۱۲۹-۱۱۴. <https://www.sid.ir/paper/375129/fa>
- (۱۸) مولودی، گلاره؛ خورانی، اسدالله و مرادی، عباس (۱۳۹۴). اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شمالی خلیج فارس، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۳، شماره ۱، صص ۱۴-۱. https://jsaeh.khu.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-3-37&slc_lang=fa&sid=1
- (۱۹) مولودی، گلاره؛ خورانی، اسدالله؛ مرادی، عباس (۱۳۹۴). اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شمالی خلیج فارس، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۳، شماره ۱، صص ۱۴-۱. https://jsaeh.khu.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-3-37&slc_lang=fa&sid=1
- (۲۰) هاشمی دره بادامی، سیروس؛ خزایی، علی و علوی پناه، سید کاظم (۱۳۹۷). بررسی‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، دوره ۷، شماره ۲۵، صص ۱۸-۱. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=314823>
- (۲۱) هاشمی دره بادامی، سیروس؛ خزایی، علی و علوی پناه، سید کاظم (۱۳۹۷). بررسی‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، دوره ۷، شماره ۲۵، صص ۱۸-۱. https://journals.ui.ac.ir/article_20133.html
- 22) Ahmadi, M., Dadashi Roudbari, A.A. & Ebrahimi, R. (2016). Prospects of Iran's warm climates based on the output of regional mesoscale model (REGCM4), *Geography (Quarterly Scientific-Research and International Journal of the Geographical Society of Iran)*, Vol. 15, No. 52, pp. 67- 80. [Persian]
- 23) Akbari, E., Bahrami, Sh., Doran, A. & Ebrahimi, M. (2017). Investigation of the effect of some geographical parameters on the surface temperature of the earth using Sabal method and decision tree in Taftan volcano cone. *Journal of Geographical Space*, Vol. 17, No. 57, PP.105-126. [Persian]
- 24) Almasi, F., Tavousi, T. & Hosseinabadi, N. (2015). Analysis of Behavior and Frequency Changes in the Occurrence of Heat Waves in Ahvaz, *Journal of Spatial Planning*, Vol. 6 NO. 19, PP. 137-150. [Persian]
- 25) Almusaed, A. (2011). The Urban Heat Island Phenomenon upon Urban Components. *Biophilic and Bioclimatic Architecture*, No. 21, PP. 139-150.
- 26) Añel, J., Fernández-González, M., Labandeira, X., López-Otero, X. & dela Torre, L. (2017). Impact of Cold Waves and Heat Waves on the Energy Production Sector. *Atmosphere*, No. 10, PP. 1-13.
- 27) Azadkhani, P., Azami, H. & Chehreh, M. (2019). Application of Thermal Comfort Indices in Sustainable Housing Design (Case Study of Ilam City), *Quarterly Journal of Urban Development Studies*, Vol. 2, No. 7, PP. 24-4. [Persian]
- 28) Azizi, Q. (2004). *Climate change*. Tehran: Qoms Publishing, first edition, P. 434. [Persian]
- 29) Baharvandi, N., Mojarad, F. & Masoompour, J. (2019). Identification of heat waves and analysis of their spatio-temporal changes in Iran, *Applied Research in Geographical Sciences*, Vol. 20, No. 59, PP. 39-58. [Persian]
- 30) Bai, L., Gangqiang, D., Shaohua, G., Peng, B., Buda, S., Dahe, Q., Ramamurthy, P. & BouZeid, E. (2017). Heatwaves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities. *Journal of geophysical research Atmospheres an AGU JOURNAL*, No. 122, PP. 168-178.
- 31) Basara, J., Basara, H., Bradley, I. & Kenneth, C. (2018). The Impact of the Urban Heat Island during an Intense Heat Wave in Oklahoma City. *Advances in Meteorology*, No. 7, PP.1-10.
- 32) De Ridder, K., Maiheu B, Lauwaet D, Daglis I A, Keramitsoglou I, Kourtidis K, Manunta P, Paganini, M. (2016). Urban Heat Island Intensification during Hot Spells-The Case of Paris during the Summer of 2003. *Urbanscience*, NO. 1, PP.1-11.
- 33) Dobrovolny, P. & Krahula, L. (2015). The spatial variability of air temperature and nocturnal urban heat island intensity in the city of Brno, Czech Republic, *Moravian Geographical Reports*, No. 23, PP. 8-16.
- 34) Feng, C., Xuchao, Y. & Weiping, Z. (2014). WRF simulations of urban heat island under hot-

- weather synoptic conditions: The case study of Hangzhou City, China. *Atmospheric Research*, No. 138, PP. 364–377.
- 35) Feron- Sarah, R., Cordero, R., Alessdro- Damiani, P., Llanillo, J., Jorquera, J., sepulveda, E., Asencio, V., Laroze, D., Labbe, F., Carrasco, J. torres G. (2019). observations and projections of Heat Waves in south Americas. *Scientific reportst*, No. 9, PP. 1-15.
- 36) Founda D, Santamouris M. 2017. Synergies between Urban Heat Island and Heat Waves in Athens (Greece), during an extremely hot summer. (2012). *Scientific Reports*. No. 7, PP.1-16.
- 37) Fujibe, F., Yamazaki, N., Kobayashi, K. & Nakamigawa, H. (2007). long-term changes of temperature extremes and day-to-day variability in Japan, *papers in Meterology and Geophysics*, IPCC, No.85, PP. 63-70.
- 38) Ghasemifar, E. & Naserpour, S. (2018). Synoptic analysis of heat and cold waves on the southern shores of the Caspian Sea, *Journal of Geographical Information (Sepehr)*, Vol. 26, No. 103, PP. 137-146. [Persian].
- 39) Ghobadi, A., Khosravi, M. & Tavousi, T. (2017). Surveying of Heat waves Impact on the Urban Heat Islands: Case study, the Karaj City in Iran. *Urban Climate*, No. 10, PP. 1-16.
- 40) Haji Fathali, M., Faizi, M. & Dehghan, A. (2022), the relationship between air heat, average radiant heat and albedo, in the reduction of heat islands in cities, *Geography Quarterly*, Vol 19, No. 71, pp. 173-190. [Persian]
- 41) Hashemi Darreh Badami, S., Khazaei, A., Alavi Panah, S K., (2018). Reflective studies on reducing the effect of urban heat island using satellite images (Case study of Kermanshah), *urban and regional studies and research*, Vol. 7, No. 25, pp. 1-18. [Persian]
- 42) Hosseini A. (2016). Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/Land Cover in Tehran, *Sustainable Cities and Society*, No. 23, PP. 94-104.
- 43) <https://search.earthdata.nasa.gov/>.
- 44) Ismail Nejad, M., Khosravi, M., Alijani, B. & Masoudian, S.A. (2013). Identification of Iranian heat waves, *Geography and Development*, Vol. 11. No. 33, PP. 39 – 54. [Persian]
- 45) Kashki, A R., Karami, Baaghdeh, M., Moradi, Ali Mohammad, R. (2019). Statistical analysis of Zabul heat waves, changes and climate hazards, Vol, 1. No. 3. PP. 40-55 [Persian]
- 46) Khandelwal, S., Goyal, R., Kaul, N. & Mathew, A. (2017). Assessment of land surface temperature variation due to change in elevation of area surrounding Jaipur, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. No. 21, PP. 1-8.
- 47) Lazzarini, M., Marpu, PR. & Ghedira, H. (2013). Temperature-land cover interactions: the inversion of urban heat island phenomenon in desert city areas. *Remote Sensing of Environment*, No. 130, PP. 136-152.
- 48) Lemonsu, A., Viguié, V., Daniel, M & Masson, V. (2015). Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). *Urban Climate*, No. 14, PP. 586–605.
- 49) Mansouri, S., Khaledi, S., Borna, R & Asadian, F (2018). The effect of land use changes and reduction of urban green space on the aggravation of heat island and pollution of Tehran city (case study: region one), *Geography (Quarterly Scientific-Research and International Journal of the Geographical Society of Iran)*, No. 63, pp. 114-129 [Persian]
- 50) Masoudian, S A., Turkish, M (2018). Analyzing the temporal and spatial changes of the heat island of Ahvaz metropolis with the help of MODIS data, *Geography and Environmental Planning*, No. 1, pp. 75-92.
- 51) Mojarrad, F., Naseriyeh, M. & Hashemi, S. (2018). Investigation of periodic and seasonal changes of the heat island of Kermanshah day and night using satellite images, *Earth and space physics*, Vol. 44, No. 2, PP. 479-494 [Persian]
- 52) Moloudi, G., Khorani, A. & Moradi, A. (2015). The effect of climate change on the heat waves of the northern shores of the Persian Gulf, *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, Vol. 3, No. PP. 1-14 [Persian]
- 53) Omidvar, K., Mahmoud Abadi, M., Olfati, Saeed. & Moradi, Kh. (2016). Investigation of the possibility of heat waves in selected stations of Kermanshah province, *Journal of Natural Hazards*, Vol. 5, No. 10, PP. 1-20. [Persian]
- 54) Paravantis, J., Santamouris, M., Constantinos, C., Efthymiou, C. & Kontoulis N. (2017)

- Mortality Associated with High Ambient Temperatures Heatwaves, and the Urban Heat Island in Athens, Greece, *Sustainability*, No. 606, PP. 2-22.
- 55) Rahimi, D., Mir Hashemi, H. & Alizadeh, T. (2017). Analysis of heat wave structure in western and northwestern Iran, *Geography and Environmental Planning*, Vol. 28, No. 3, PP. 69-80. [Persian]
- 56) Ramamurthy P. & Bou-Zeid E. (2017). Heatwaves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, No. 1, PP. 168-178.
- 57) Salehi, B., Ghanbaran, AH. & Ferdowsian, S. (2017). Investigating the current situation and compiling criteria for climate-Compatible design in residential buildings in Ilam city, *Ilam Culture Scientific-Extension Quarterly*, Vol. 18, No, 56, PP. 117-110. [Persian]
- 58) Solomon, S., Qin, D., Manning, Ch., Marquis, M., Muhire, M., K.B.I. & Ahmed, F. (2016). Spatiotemporal trends in mean temperatures and aridityindex over Rwanda. *Theoretical and Applied Climatology*, No. 123, PP. 399-414.
- 59) Weihe, Z., Shuang, Ji., Tsun-Hsuan, Ch., Hou, Y. & Zhang, K. (2014). The 2011 heat wave in Greater Houston: Effects of land use on temperature. *Environmental Research*, No. 135, PP. 81-87.
- 60) Wilks, D.S. (2006). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Second Edition, Academic Press is an imprint of Elsevier, Cornell University, USA, PP. 648.
- 61) Zhou, B., Lauwaet, D., Hooyberghs, H., De Ridder, Kropp, K.D. & Rybski, J. (2016). Assessing Seasonality in the Surface Urban Heat Island of London, *Journal Of Applied Meteorology and Climatology*, No. 55, PP. 493-505.