



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و هشتم، تابستان ۱۴۰۰

صص ۱۲۸-۱۱۱

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoh.2021.69683.1040>

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی کلانشهر تبریز

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۸ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۳/۲۱

چکیده

امواج گرمایی از فرین‌های آب و هوایی آسیب‌زا بر انسان و محیط‌زیست است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی کلانشهر تبریز طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۲۰ بود. بدین منظور داده‌های حداکثر دمای ایستگاه سینوپتیک تبریز از سازمان هواشناسی اخذ و روزهای توأم با موج گرمایی با کمک شاخص فومیاکی و در محیط نرم‌افزار متلب تعیین شدند. جهت بررسی تأثیر امواج گرمایی بر تشدید جزایر حرارتی، امواج گرمایی در ماه‌های گرم و سرد 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 به کمک داده‌های دمای سطح زمین سنجنده مودیس آکوا محاسبه شد. طبق نتایج، طی دوره مورد مطالعه حداکثر تداوم امواج گرمایی ۴ روزه و لذا کوتاه‌مدت بوده است. بیشترین فراوانی سالانه و ماهانه امواج گرمایی به ترتیب در سال ۲۰۱۰ و در ماه‌های آوریل، ژوئن و دسامبر بوده و روند امواج گرمایی در دوره مورد مطالعه کاهش جزئی غیرمعنادار داشته است. براساس نتایج، هم در ماه‌های گرم و هم در ماه‌های سرد اغلب در هر دو شرایط وجود و عدم موج گرمایی، در روز جزیره سرمایی و در شب جزیره گرمایی در مرکز شهر وجود داشته که با وقوع موج گرما در مقایسه با روزهای عادی بر شدت جزیره سرمایی روزانه و جزیره گرمایی شبانه افزوده شده است که این وضعیت در ماه‌های گرم محسوس‌تر از ماه‌های سرد بود. همچنین طبق یافته‌ها، تداوم امواج گرمایی نقش چندانی در تشدید جزایر حرارتی نداشته است.

کلیدواژه‌ها: شاخص فومیاکی، امواج گرمایی، جزایر حرارتی، کلانشهر تبریز.

۱- مقدمه

امواج گرمایی از مهم‌ترین بلایای آب و هوایی است که هر ساله پیامدهای زیست‌محیطی مخربی را در طبیعت به‌جای می‌گذارد. کاهش پیامدهای ناشی از امواج گرمایی آینده، در گرو شناسایی ساز و کار امواج گرما، سامانه‌های هواشناسی ایجاد کننده گرماس (کواتس و کاپ^۱، ۲۰۰۵؛ هوشیار و همکاران، ۱۳۹۷). شهرها در اغلب موارد شرایط اقلیمی خاصی را تجربه می‌کنند که به آن اقلیم شهری گفته می‌شود، اقلیم شهری به‌واسطه تفاوتی که در متغیرهای اقلیمی شهر (دمای هوا، رطوبت، سرعت و جهت باد، مقدار بارش) با نواحی کم تراکم‌تر اطرافش وجود دارد، مشخص می‌شود. دمای سطح زمین یکی از پارامترهای کلیدی و عامل مهمی برای مطالعه آب و هوای شهری محسوب می‌شود (خاندوال^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). شرایط اتمسفری راکد حاصل از امواج گرمایی، آلاینده‌ها را در مناطق شهری گیر می‌اندازد و با اضافه شدن تنش شدید آلاینده سمی به تنش خطرناک هوای گرم موجود، یک مشکل بهداشتی را در ابعاد نامعلوم 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 (الموسائد^۳، ۲۰۱۱). امواج گرمایی می‌تواند در مقیاس محلی روی دهند و سبب مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی - اقتصادی شود. این مخاطره اقلیمی، به دلیل آتش‌سوزی جنگل‌ها و مرگ و میر انسان‌ها، خسارات اقتصادی بالایی به بار می‌آورد (بالدی^۴، ۲۰۰۴؛ صلاحی و قدرتی، ۱۳۹۷).

امواج گرمایی و جزایر حرارتی شهری طی سال‌های اخیر و به‌ویژه با مطرح شدن بحث تغییر اقلیم، مورد توجه اقلیم‌شناسان و برنامه‌ریزان شهری قرار گرفته است. پژوهش‌های انجام شده در داخل و بیشتر در خارج از کشور، جهت بررسی رابطه امواج گرمایی و جزایر حرارتی، با روش‌های مختلف صورت گرفته است که در این بخش به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌گردد (فنگ^۵ و همکاران، 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^۶ 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^۷، ۲۰۱۵). جهت مطالعه امواج گرمایی سال ۲۰۱۱ گریتر هیستون، به بررسی تأثیر کاربری زمین بر دمای هوا پرداخته‌اند. طبق نتایج به دست آمده از پژوهش 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

1 kovats & kopp

2 Khandelwal et al

3 Almusaed

4 Baldi

5 Feng et al

6 Weather Research and Forecasting Model/ Unresolved complex mixture

7 Weihe

(دی رایدرا^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). تغییرات فضایی دمای هوا و شدت شبانه جزیره حرارتی شهر برنو، در جمهوری چک را بررسی نمودند. طبق نتایج حاصل، 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 کراهووا^۲، ۲۰۱۵). به بررسی تأثیر سناریوی توسعه شهری بر جزیره گرمایی و استرس گرمایی در شهر پاریس (فرانسه) پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده، در شهرهای متراکم، با تمرکز ساکنان در مناطقی که بیشتر تحت تأثیر جزیره حرارتی هستند، آسیب‌پذیری کل جمعیت تشدید می‌شود (حسینی^۳، 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^۴ و همکاران، 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 (UrbClim^۵) پرداختند. نتایج بررسی‌های آنان نشان داده است که مدل اقلیم شهری می‌تواند به‌طور رضایت بخشی، دمای سطح زمین (LST^۶) شهری و روستای و دمای هوای ۲ متری سطح زمین را به‌طور رضایت بخشی بازسازی نماید. همچنین نتایج به دست آمده نشان داده است که تغییرات دمای سطح زمین، می‌تواند عمدتاً با تغییرات فصلی تابش دریافتی خورشید در ارتباط باشد. (دی رایدرا^۷ و همکاران، ۲۰۱۶) تشدید جزیره حرارتی شهری در طول رخ داد امواج گرمایی در تابستان ۲۰۰۲ در پاریس را بررسی نمودند. پژوهش آنان در مرحله اول، براساس دمای مشاهده شده از یک منطقه شهری و روستایی انجام شد و نتایج حاصل نشان داده است که با هر درجه سلسیوس افزایش دما در روز، شدت جزیره حرارتی ۰/۰۸ درجه سلسیوس در شبانه‌روز افزایش می‌یابد. (قبادی^۸ و همکاران، ۲۰۱۷) به پژوهش در مورد تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی در شهر کرج پرداختند. نتایج حاصل از بررسی‌های آنان نشان داده است که در روزهای حاکمیت امواج گرمایی، جزیره گرمایی شهری (UHI) در منطقه مورد مطالعه تشدید شده و درجه حرارت شهری در مقایسه با دمای مناطق روستایی، هم در روز و هم در شب گرم‌تر شده است. (بای^۹ و همکاران، ۲۰۱۷) در پژوهشی با تحلیل مقایسه‌ای، به بررسی امواج گرمایی و جزایر حرارتی در چند شهر پرداخته‌اند. طبق نتایج حاصل از پژوهش آنان، در شهرهایی با وسعت

1 De Ridder et al

2 Dobrovolny & Krahula

3 Hosseini

4 Zhou et al

5 urban climate model

6 land surface temperature

7 De Ridder et al

8 Ghobadi et al

9 Bai et al

یکسان، رابطه متفاوتی بین امواج گرمایی و جزایر حرارتی وجود داشته است. در شهرهای نیویورک، ایالت واشنگتن و بالتیمور در مقایسه با شهرهای کوچک، جزیره حرارتی هم‌زمان با رخ داد امواج گرمایی تقویت شده است. (پاراوانتیس^۱، ۲۰۱۷) آثار دمای بالا، امواج گرمایی و جزیره حرارتی شهری را در مرگ و میر روزانه قلبی - عروقی و تنفسی افراد بالای ۶۵ سال طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ در یونان و آتن بررسی نموده و یافته‌های پژوهش آنان نشان داده است که همبستگی بالایی در مرگ و میر روزانه قلبی و عروقی و تنفسی افراد بالای ۶۵ سال و دماهای بالا وجود دارد. در دمای متوسط مرگ و میر کم‌تر است ولی در دماهای بالا و بسیار بالا این مرگ‌ومیرها به میزان ۲۰ تا ۳۵ درصد افزایش یافته و بیشترین میزان مرگ و میر، در اثر امواج گرمایی گزارش شده است. (فوندا و سانتاموریس^۲، ۲۰۱۷) مشارکت امواج گرمایی و جزایر حرارتی شهری در تابستان بسیار گرم ۲۰۱۲ در آتن را مطالعه نمودند. طبق نتایج به دست آمده، در روز حادثه، همبستگی قوی بین جزیره حرارتی شهری و امواج گرمایی وجود داشته است که این امر می‌تواند موجب افزایش چشم‌گیر خطر گرما در شهرها و آسیب‌پذیری جمعیت شهری گردد. (آ-آنیل^۳، ۲۰۱۷) به تحلیل آثار امواج گرمایی و سرمایایی بر بخش تولید انرژی پرداختند. بررسی‌های آنان نشان داد که رخداد امواج سرمایایی و گرمایی می‌تواند منجر به افزایش نیاز به تولید انرژی مصرفی شود. (باسارا^۴، ۲۰۱۸) تأثیرپذیری جزیره حرارتی شهری، طی رخداد موج گرمایی شدید در شهر اوکلاهما را بررسی نموده و نتایج تجزیه و تحلیل آن‌ها نشان داده است که طی حاکمیت امواج گرمایی، یک جزیره حرارتی در مرکز شهر ایجاد شده است. (روحینی^۵، ۲۰۱۹) به بررسی امواج گرمایی هند با استفاده از مدل CMIP5 پرداختند. نتایج پژوهش آنان افزایش امواج گرمایی را طی دهه‌های آتی تأیید کرده است. (فرون^۶ و همکاران، ۲۰۱۹) به بررسی امواج گرمایی جنوب آمریکا پرداختند. آنان از ۵ مدل (CMIP5) تحت دو سناریوی RCP 4.5 و 8.5 استفاده نموده و دریافتند که در دهه‌های اخیر سهم روزهای بسیار گرم حداقل در دسامبر - ژانویه - فوریه دو برابر شده است. مولودی و همکاران (۱۳۹۵) با کمک شاخص فومیاکی و با استفاده از مدل CMIP5 به بررسی اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شمالی خلیج فارس پرداخته‌اند. نتایج حاصل، نشان داده‌اند که امواج گرمایی کوتاه‌مدت، رخ داد بیشتری دارند و فراوانی آن طی سال‌های اخیر افزایش یافته است. 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 پرتداوم کمتر رخ داده است.

1 Paravantis

2 Founda & Santamouris

3 A-Añel

4 Basara

5 Rohini

6 Feron et al

بررسی پیشینه‌های انجام شده 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 جداگانه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. لذا بررسی رابطه این دو پدیده خصوصاً در کلانشهرهای ایران، جهت کاهش آثار منفی ناشی از افزایش دما بر اقتصاد کشور و محیط‌زیست و مدیریت بحران، ضروری به نظر می‌رسد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی در کلانشهر تبریز طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۲۰ می‌باشد. 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 در شهرهای بزرگ و صنعتی می‌باشد و رخ داد هم‌زمان این دو پدیده و تأثیر متقابل آن‌ها بر یکدیگر، می‌تواند سبب تشدید گرمای مراکز شهری شده و در نتیجه خسارات زیست‌محیطی فراوانی را به دنبال داشته باشد. طبق پیش‌بینی پژوهش‌گران، امواج گرمایی طی سال‌های آتی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، بیشتر و پرتداوم‌تر خواهد شد. لذا پی بردن به زمان وقوع و چگونگی رابطه این مخاطره اقلیمی با جزایر حرارتی شهری، می‌تواند آگاهی‌ها، توصیه‌ها و راه‌کارهای لازم به کشاورزان، باغداران و مسئولان ستاد حوادث غیرمترقبه این شهر در خصوص احتمال افزایش ناگهانی دمای هوا در اثر وقوع هم‌زمان این دو مخاطره به منظور مدیریت بحران ارائه دهد.

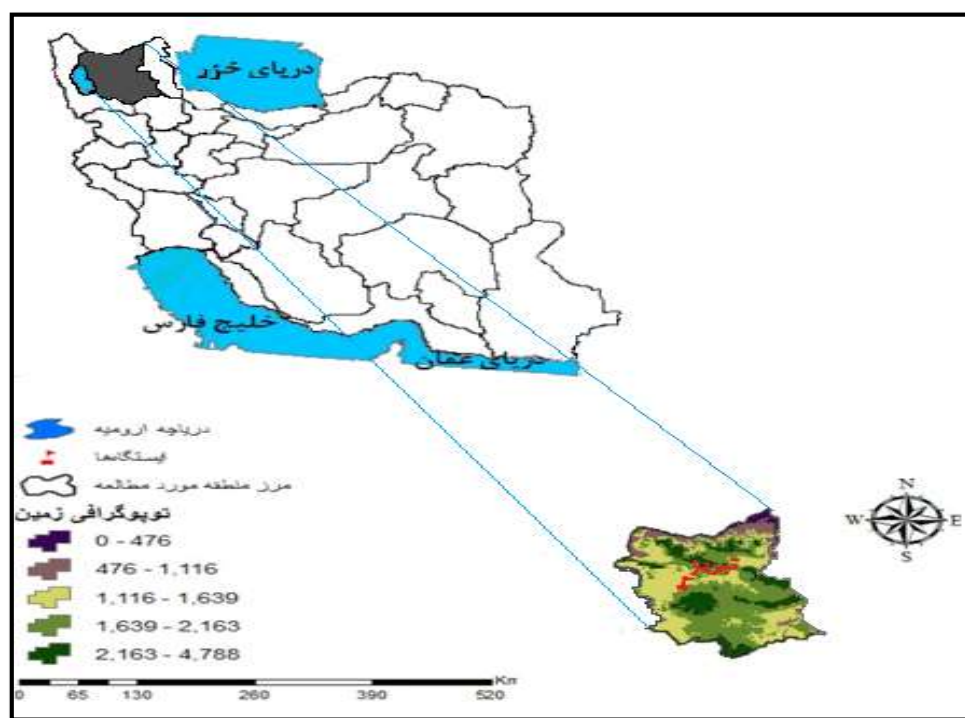
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
تبریز	۴۶/۲	۳۸/۱	۱۳۶۱

(مأخذ: سازمان هواشناسی کشور)



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه

۲-۱- شناسایی و استخراج امواج گرمایی طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸

از نظر آماری امواج گرمایی^۱ به نوسان‌های مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دماهای حداکثر روزانه گفته می‌شود که طی روزها (گاه هفته‌ها و ماه‌های متوالی) در فضاها و جغرافیایی خاصی استمرار زمانی دارند (قویدل رحیمی، ۱۳۹۰). جهت شناسایی و استخراج امواج گرم، داده‌های حداکثر دمای روزانه ایستگاه تبریز مطالعه، طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸، از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و با کمک شاخص به‌هنگار شده دما فومیاکی^۲ و از طریق برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب، روزهایی که دست‌کم دو روز تداوم داشته و دمای آن بالاتر از ۲+ انحراف معیار یا بالاتر از میانگین (NTD) بود، به‌عنوان روز توأم با موج گرمایی شناسایی و انتخاب گردید. به‌منظور محاسبه این نمایه، نخست میانگین بلندمدت دما برای هر یک از روزهای سال محاسبه شد تا انحراف دمای هر روز خاص نسبت به میانگین بلندمدت مبنای داوری درباره گرمی آن روز قرار گیرد. میانگین بلندمدت دماهای هر روز با رابطه ۱ به‌دست می‌آید:

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

1 Heat Waves

2 Fumiaki

(مسعودیان و دارند، ۱۳۹۰؛ اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). در این رابطه $T(i, j, n)$ دمای روز i ام از ماه j ام در سال n ام $\overline{T(i, j)}$ میانگین بلندمدت دمای روز i ام، از ماه j ام می باشد. برای از بین بردن نوفه‌های (نویز) موجود در میانگین، فیلتر میانگین متحرک ۹ روزه سه بار بر روی این داده‌ها انجام شد. به این ترتیب میانگین دمای هر روز بر مبنای دمای همان روز و ۲۹ روز همسایه آن محاسبه شد. به بیان دیگر دمای هر روز نماینده وضع کلی دما در همان روز و دمای دو هفته پیش و دو هفته پس از آن است. در نتیجه آثار عوامل زودگذر محلی که موجب نوسان دما گردیده‌اند، حذف و اثرات سامانه‌های همدید که تغییرات کلان دما را تعیین می کنند، تقویت می شود. سپس به کمک رابطه ۲، انحراف دمای هر یک از روزهای مورد بررسی، نسبت به میانگین بلندمدت محاسبه شد (فوجیی و همکاران^۲، ۲۰۰۷؛ اسماعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

$$\Delta T = (i, j, n) = T(i, j, n) - \overline{T(i, j)} \quad (۲)$$

در اینجا $\Delta T = (i, j, n)$ انحراف مطلق دما از میانگین روز j ام از ماه i ام، در سال n ام نسبت به میانگین 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:

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

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

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

سرانجام نمایه فومیکی یا انحراف دمای نرمال شده (NTD^۳) از رابطه ۵ زیر محاسبه گردید:

$$x(i, j, n) = \Delta T(i, j, n) \div \overline{\sigma(i, j)} \quad (۵)$$

که $\overline{\sigma(i, j)} = \sqrt{\overline{\sigma^2(i, j)}}$ می باشد.

1 Noise

2 Fujibe & et al

3 Normalized Thermal Deviation

امواج گرمایی با استفاده از شاخص‌های مختلفی شناسایی و بررسی می‌گردد. یکی از این شاخص‌ها، شاخص فومیایی است که با کمک این شاخص به هنجار شده دما و از طریق برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب، روزهایی که دست‌کم دو روز تداوم داشته و دمای آن بالاتر از $2+$ انحراف معیار یا بالاتر از میانگین (NTD) باشد، به‌عنوان روز توأم با موج گرمایی شناسایی می‌گردد. در ادامه، پس از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab، روزهایی که ضریب NTD آن‌ها بالاتر از میانگین بود و حداقل ۲ روز تداوم داشت توسط این برنامه، روز توأم با موج گرمایی معرفی گردید. بنابراین تعریف موج گرم در این پژوهش 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 $NTD(i)$ معرف دمای بهنجار شده روز i ام باشد، طبق رابطه ۶:

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

آنگاه یک موج گرمایی P روزه داریم (اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۲- محاسبه جزیره حرارتی سطحی شهر^۱ با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس - آکوا^۲

دمای بالاتر شهرها نسبت به دمای نواحی روستایی جزیره‌ای از هوای گرم ایجاد می‌کند که به آن جزیره حرارتی شهری^۳ (UHI) گفته می‌شود که در شب‌های آرام و صاف بر روی شهر گسترش می‌یابد (عزیزی، ۱۳۸۳). به‌منظور بررسی شدت جزیره حرارتی در کلانشهر تبریز در روزهای توأم با موج گرمایی (بدون ابر) داده‌های دمای رویه زمین سنجنده مودیس - آکوا برای روز هنگام ساعت ۱۵:۲۴-۱۳:۳۸، شب هنگام ساعت ۰۳:۵۳-۰۲:۳۱، از وب‌سایت ناسا^۴ در سیستم تصویری سینوسی دریافت گردید. MODIS یا اسپکترو رادیومتر تصویربرداری با قدرت تفکیک مکانی متوسط، ابزاری است که بر روی ماهواره آکوا (EOS PM) راه‌اندازی 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 جمع‌آوری 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 مادیس (MOD11A1 و MYD11A1) می‌باشد و بر روی یک شبکه سینوسی ۱ کیلومتر به‌عنوان 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 (لازارینی و همکاران، ۲۰۱۳).

1 SUHI

2 MODIS-Aqua

3 Urban Heat Island

4 Nasa

5 Lazzarini & et al

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 تأیید درستی نتایج تصاویر ماهواره‌ای، وضعیت باد و رطوبت نسبی، در روزهای مورد مطالعه، از سایت سازمان هواشناسی اخذ و واکاوری گردید. معمولاً جهت بررسی جزیره حرارتی سطحی، از تفاوت دمای سطح مناطق شهری با مناطق غیرشهری یا روستایی استفاده می‌شود. با این حال، تمایز میان مناطق شهری و غیرشهری، هنوز متنوع است. 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. برای محاسبه جزیره حرارتی رویه زمین لازم است ابتدا مناطق شهری و روستایی تعیین شود. در پژوهش حاضر برای محدوده شهری از میانگین دمای تمام یاخته‌های داخل شهر استفاده شده است. منطقه روستایی در گستره یک برابر مساحت شهر در اطراف آن انتخاب شده است. سپس توزیع فراوانی دمای رویه زمین در این گستره روستایی از کمترین تا بیشترین مقدار ثبت شده محاسبه شده است. در ادامه دمایی که بیشترین فراوانی را در منطقه روستایی داشته است به عنوان نماینده منطقه روستایی انتخاب شده است. برای این کار از رابطه (۷) استفاده شده است:

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

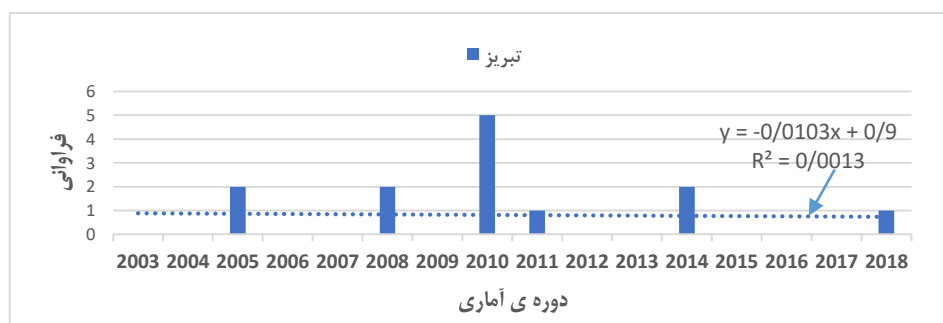
که در آن SUHI جزیره گرمایی رویه زمین، $MLST_{urban}$ میانگین دما در منطقه شهری و $FLST_{rural}$ دمای رویه زمین با بیشترین فراوانی رخداد در منطقه روستایی است. برای مطالعه نقطه‌ای SUHI، از اختلاف دمای دو یاخته معرف داخل و بیرون شهر استفاده شد (مجرد و همکاران، ۱۳۹۷). در مرحله بعد، به منظور بررسی تأثیر رخ داد امواج گرمایی بر جزایر حرارتی شهری، یک روز عادی (بدون موج گرما)، تا فاصله حداکثر دو هفته قبل از وقوع هر موج گرمایی که کم‌ترین دمای حداکثر را داشت انتخاب گردید و بعد از محاسبه جزیره حرارتی در آن روز، تفاوت جزیره حرارتی در دو شرایط متفاوت (وجود و عدم موج گرمایی) در شهر تبریز بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

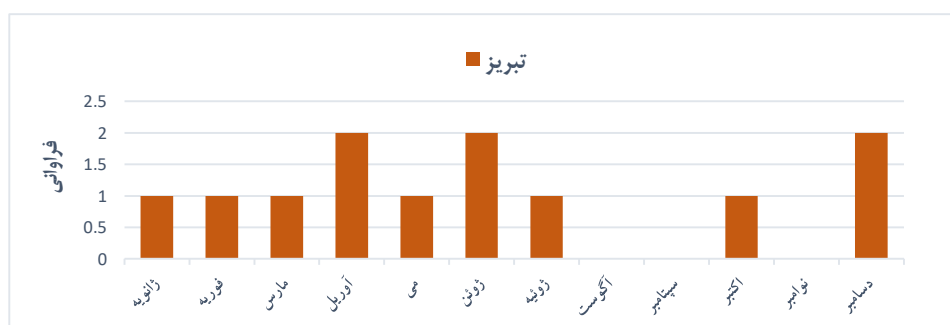
۳-۱- نتایج استخراج امواج گرمایی با اعمال شاخص فومیایی

براساس نتایج حاصل از اعمال شاخص فومیایی، امواج گرمایی ایستگاه تبریز شناسایی و به دو دسته امواج کوتاه و امواج بلند تقسیم شد (امواج گرمایی با تداوم بین ۲ تا ۵ روزه با عنوان امواج گرمایی کوتاه‌مدت و امواج با تداوم ۶ روزه یا بیشتر، امواج گرمایی بلندمدت معرفی گردیدند). طی دوره مورد مطالعه (۲۰۱۸-۲۰۰۳)، بیشترین فراوانی مخاطره موج گرمایی در ایستگاه تبریز، در سال ۲۰۱۰ بوده است (شکل ۲). بررسی روند خطی امواج گرمایی (در شکل ۲) نشان‌گر روند کاهش جزئی و غیرمعدنادار رخ داد امواج گرمایی در تبریز از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ بوده است

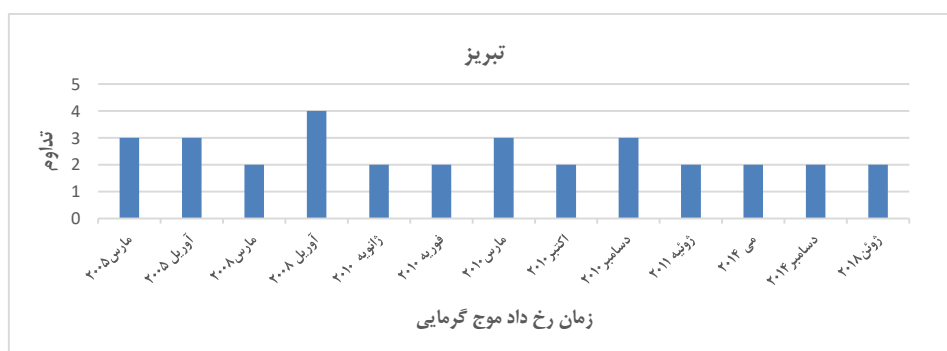
(شکل ۲). بیشترین فراوانی رخ داد این مخاطره در این ایستگاه در ماه‌های آوریل، ژوئن و دسامبر بوده است (شکل ۳). از نظر تداوم، طی ۱۶ سال مورد مطالعه، حداکثر تداوم امواج گرمایی ۴ روز بوده لذا امواج گرمایی در این شهر کوتاه مدت بوده است (شکل ۴).



شکل ۲- فراوانی سالانه و روند خطی امواج گرمایی در ایستگاه تبریز (۲۰۰۳-۲۰۱۸)



شکل ۳- فراوانی ماهانه امواج گرمایی در ایستگاه تبریز (۲۰۰۳-۲۰۱۸)



شکل ۴- زمان رخ داد و تداوم امواج گرمایی در ایستگاه تبریز (۲۰۰۳-۲۰۱۸)

۳-۲- نتایج مقایسه شدت جزایر حرارتی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی در ماه‌های گرم و سرد

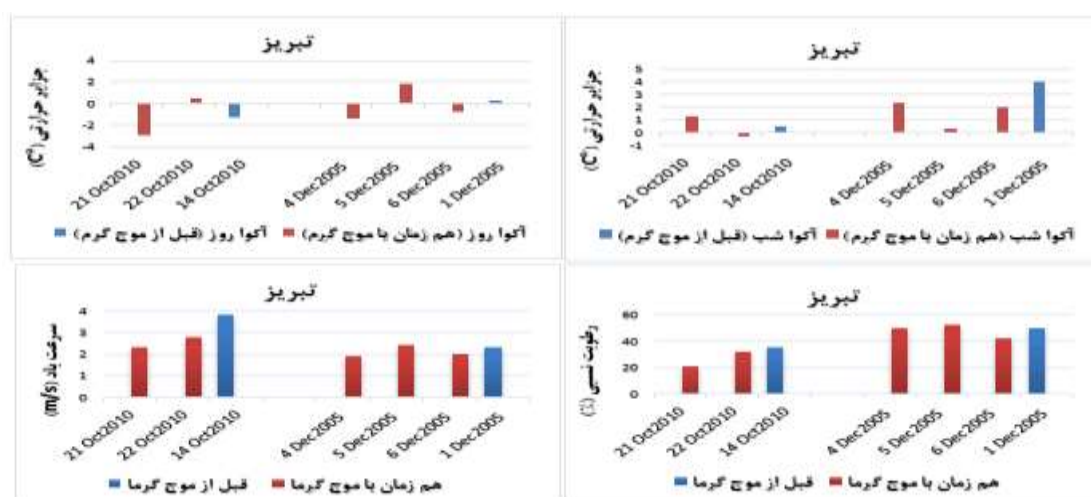
به منظور بررسی میزان تأثیرپذیری شدت جزایر حرارتی از رخ داد امواج گرمایی در کلانشهر تبریز در ماه‌های گرم و سرد سال و مقایسه آن با روزهای بدون موج گرمایی، از داده‌های دمای رویه زمین (LST) در برداشت‌های روز هنگام و شب هنگام سنجنده مودیس- آکوا با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر (در روزهای بدون ابر)، برای شهر تبریز طی دوره آماری ۱۶ ساله (۲۰۰۳-۲۰۱۸) استفاده گردید. مقادیر جزیره حرارتی برای روزهایی که موج گرمایی در این شهر رخ داده و برای یک روز عادی بدون موج گرما با پایین‌ترین دمای حداکثر تا فاصله حداکثر دو هفته قبل از وقوع هر موج گرما برای ماه‌های گرم و سرد سال محاسبه گردید که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. در جداول ذکر شده، ارقام مثبت حاصل از محاسبه اختلاف دمای رویه زمین در مناطق شهری و غیر شهری نشانگر تشکیل جزیره گرمایی شهری و ارقام منفی نمایانگر جزیره سرمایی شهری می‌باشند. به منظور تهیه نقشه جزیره گرمایی کلانشهر تبریز، ابتدا نقطه‌ای در مرکز این شهر به موقعیت $38^{\circ}07'$ عرض شمالی، $46^{\circ}33'$ طول شرقی انتخاب شده و تا شعاع ۲۰ کیلومتری اطراف این نقطه پیکسل‌هایی که خارج از محدوده شهر بوده‌اند برای محدوده غیر شهری تعیین شد. شکل ۵ محدوده کلانشهر تبریز در گوگل ارث است که مختصات آن با داده‌های سنجنده مودیس- آکوا منطبق شده و پیکسل‌ها استخراج گردیده‌اند.



شکل ۵- محدوده کلانشهر تبریز در گوگل ارث

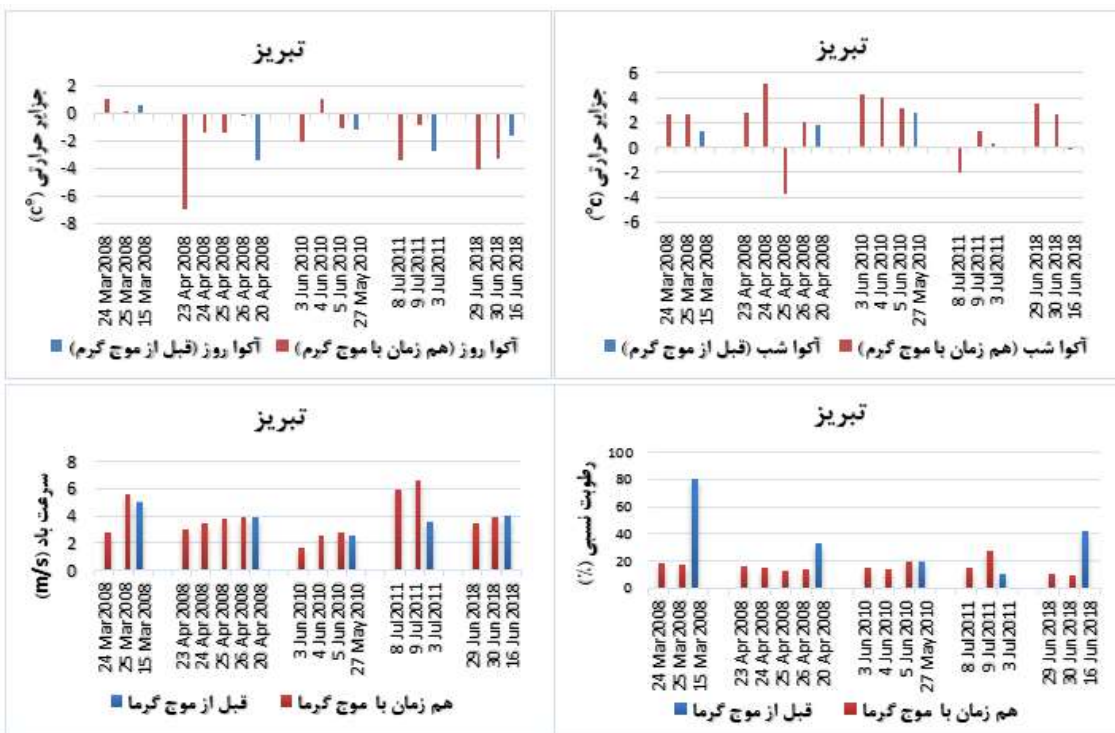
طبق نتایج، چه در شرایط عادی چه هم‌زمان با حاکمیت امواج گرمایی، در ماه‌های گرم و سرد سال، اغلب در روز هنگام، دمای مرکز شهر تبریز از دمای مناطق غیر شهری اطراف آن کمتر ولی در شب هنگام، بیشتر بوده است (جدول ۲ و اشکال ۶ و ۷). بنابراین اغلب در روز، جزیره سرمایی و در شب، جزیره گرمایی در مرکز این شهر تشکیل شده است. همچنین بررسی‌ها نشان دادند که تداوم امواج گرمایی نقش چندانی بر تشدید جزایر حرارتی نداشته چراکه

جزایر حرارتی تحت تأثیر امواج گرمایی دو روزه و چهار روزه، تقریباً یکسان بوده است. طبق جدول (۲) و شکل (۶) در ماه‌های سرد، درصد رطوبت نسبی و حداکثر سرعت باد در روزهای رخ داد امواج گرمایی کمتر از شرایط قبل از موج گرمایی بوده است. بررسی جزایر حرارتی در این شهر نشان داد که در روز هنگام در هر دو شرایط (وجود و عدم موج گرمایی) جزیره سرمایی در مرکز شهر تشکیل شده است که در شرایط حاکمیت موج گرمایی بر شدت جزیره سرمایی نسبت به روز عادی افزوده شده است. در شب هنگام چه در شرایط عادی و چه در شرایط رخ داد امواج گرمایی، جزیره گرمایی در مرکز شهر تبریز ایجاد شده که شدت جزایر گرمایی شبانه اغلب در زمان حاکمیت موج گرمایی دست کم در یک روز، بیشتر از شرایط عادی بوده است. به نظر می‌رسد رخ داد امواج گرمایی در ماه‌های سرد اغلب سبب تشدید جزایر گرمایی شبانه و جزیره سرمایی روزانه شده است. بررسی وضعیت جزایر حرارتی در ماه‌های گرم سال (جدول ۲ شکل ۷). نشان داد که به‌استثنای دو موج گرمایی ژوئن ۲۰۱۰ و مارس ۲۰۰۸ که جزیره گرمایی در روز هنگام تجربه شده در بقیه موارد در هر دو شرایط وجود و عدم موج گرمایی، در مرکز شهر جزیره سرمایی ایجاد شده است که شدت جزایر سرمایی در زمان حاکمیت امواج گرمایی اغلب بیشتر از شرایط بدون موج گرمایی بوده است. در شب هنگام اغلب جزیره گرمایی در مرکز شهر وجود داشته که شدت آن بیشتر از وضعیت عادی بوده است. شکل ۸ نقشه‌های جزیره گرمایی کلانشهر تبریز، به ترتیب در ۲۴ آوریل ۲۰۰۸ (الف) و ۴ ژوئن ۲۰۱۰ (ب) به‌عنوان نماینده‌ای از سایر روزهای توأم با موج گرمایی می‌باشند که جزیره گرمایی شدت قابل توجه داشته و نشان می‌دهد که حاکمیت موج گرمایی و تشکیل جزیره حرارتی به‌طور هم‌زمان، سبب بالا رفتن دمای رویه زمین در بخش مرکزی این شهر در روزهای مذکور شده است.



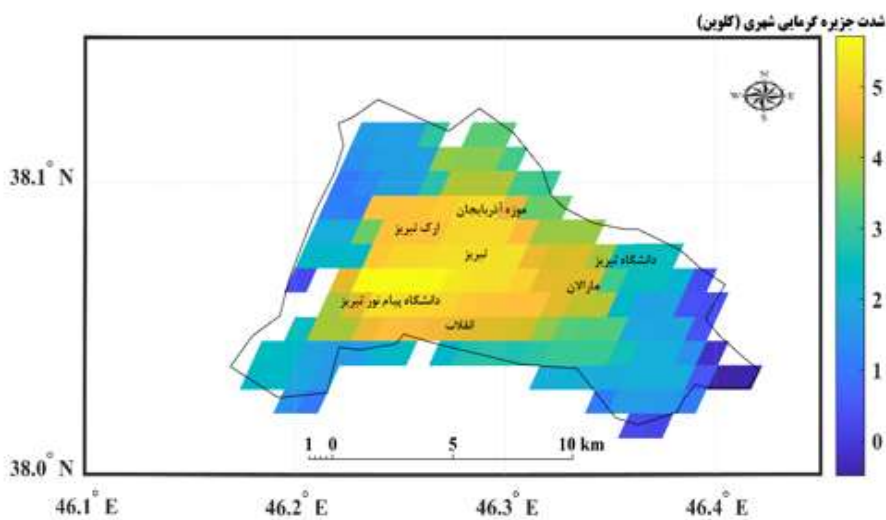
الف) ماه‌های سرد

شکل ۶- مقایسه جزایر حرارتی، باد و رطوبت نسبی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی ماه‌های سرد (۲۰۱۸-۲۰۰۳)

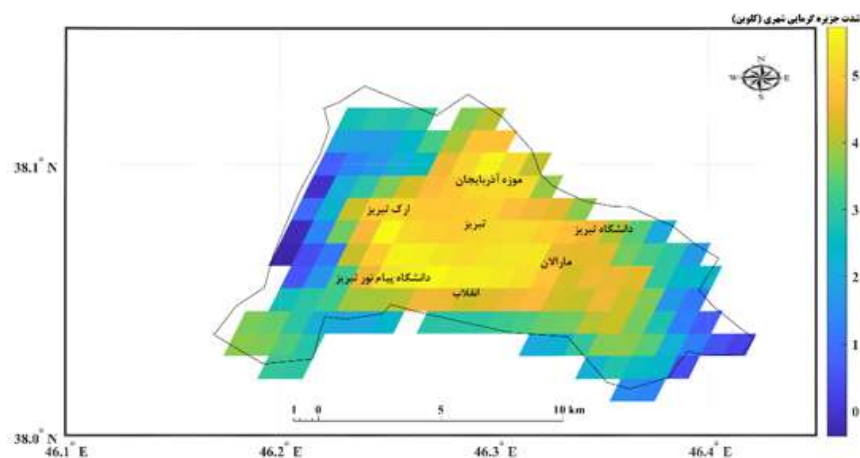


(ب) ماه‌های گرم

شکل ۷- مقایسه جزایر حرارتی، باد و رطوبت نسبی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی ماه‌های گرم (۲۰۰۳-۲۰۱۸)



الف) شدت جزیره گرمایی ۲۴ آوریل ۲۰۰۸



ب) شدت جزیره گرمایی ۴ ژوئن ۲۰۱۰

شکل ۸- پراکنش مکانی شدت جزیره گرمایی شهر تبریز در ۲۴ آوریل ۲۰۰۸ و ۴ ژوئن ۲۰۱۰

جدول ۲- جزیره حرارتی محاسبه شده در ماه‌های سرد و گرم در شرایط وجود (HW) و عدم موج گرمایی (NHW)

جزیره حرارتی سطحی شهر (SUHI)(°C)		رطوبت نسبی (%)	سرعت باد m/s	جهت باد	حداکثر دما (°C)	پارامترهای مورد بررسی	
شب	روز					شرایط وجود و عدم موج گرمایی	
مودیس آکوا							
۰۲:۳۱-۰۳:۵۳	۱۳:۳۸-۱۵:۲۴						
ماه‌های سرد سال							
۱/۳	-۲/۹	۲۱	۲/۳	NE	۲۸/۴	۲۱ اکتبر ۲۰۱۰	HW
-۰/۳	۰/۵	۳۲	۲/۸	N	۲۶/۸	۲۲ اکتبر ۲۰۱۰	HW
۰/۵	-۱/۳	۳۵	۳/۸	W	۲۳/۴	۱۴ اکتبر ۲۰۱۰	NHW
۲/۳	-۱/۴	۵۰	۱/۹	W	۱۷/۲	۴ دسامبر ۲۰۰۵	HW
۰/۳	۱/۸	۵۲	۲/۴	W	۱۷/۴	۵ دسامبر ۲۰۰۵	HW
۲	-۰/۸	۴۲	۲	NE	۱۶/۶	۶ دسامبر ۲۰۰۵	HW
۴	۰/۳	۵۰	۲/۳	W	۱۳/۴	۱ دسامبر ۲۰۰۵	NHW
ماه‌های گرم سال							
۲/۷	۱/۱	۱۸	۲/۸	NW	۲۵/۴	۲۴ مارس ۲۰۰۸	HW
۲/۶	۰/۲	۱۷	۵/۶	SW	۲۵/۶	۲۵ مارس ۲۰۰۸	HW
۱/۳	۰/۶	۸۰	۵	N	۹/۴	۱۵ مارس ۲۰۰۸	NHW
۲/۸	-۶/۹	۱۶	۳	NW	۲۸	۲۳ آوریل ۲۰۰۸	HW
۵/۱	-۱/۴	۱۵	۳/۵	W	۲۸/۸	۲۴ آوریل ۲۰۰۸	HW
-۳/۸	-۱/۴	۱۳	۳/۸	SW	۲۹/۶	۲۵ آوریل ۲۰۰۸	HW

جزیره حرارتی سطحی شهر (SUHI)(°C)		رطوبت نسبی (%)	سرعت باد m/s	جهت باد	حداکثر دما (°C)	پارامترهای مورد بررسی	
شب ۰۲:۳۱-۰۳:۵۳	روز ۱۳:۳۸-۱۵:۲۴					شرایط وجود و عدم موج گرمایی	
۲	-۰/۲	۱۴	۳/۹	SW	۳۰/۴	۲۶ آوریل ۲۰۰۸	
۱/۸	-۳/۴	۳۳	۳/۹	N	۱۹/۶	۲۰ آوریل ۲۰۰۸	NHW
۴/۲	-۲/۱	۱۵	۱/۶	E	۳۴	۳ ژوئن ۲۰۱۰	HW
۴	۱/۱	۱۴	۲/۵	SW	۳۴/۶	۴ ژوئن ۲۰۱۰	
۳/۲	-۱	۱۹	۲/۸	W	۳۵/۶	۵ ژوئن ۲۰۱۰	
۲/۸	-۱/۲	۲۰	۲/۶	SW	۲۶/۶	۲۷ می ۲۰۱۰	NHW
-۲	-۳/۴	۱۵	۵/۹	E	۴۱	۸ ژوئیه ۲۰۱۱	HW
۱/۳	-۰/۸	۲۷	۶/۶	W	۳۹/۸	۹ ژوئیه ۲۰۱۱	
۰/۳	-۲/۷	۱۰	۳/۶	W	۳۳/۲	۳ ژوئیه ۲۰۱۱	NHW
۳/۵	-۴/۱	۱۱	۳/۵	E	۳۷/۶	۲۹ ژوئن ۲۰۱۸	HW
۲/۷	-۳/۳	۹	۳/۹	SW	۳۸/۴	۳۰ ژوئن ۲۰۱۸	
-۰/۱	-۱/۶	۴۲	۴	W	۲۹/۶	۱۶ ژوئن ۲۰۱۸	NHW

۴- جمع بندی

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر امواج گرمایی بر تشدید جزایر حرارتی در کلانشهر تبریز بود. طبق نتایج حاصل، رخ داد امواج گرمایی از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ در تبریز روند کاهشی غیر معنادار داشته است. بیشترین فراوانی رخ داد این مخاطره در سال ۲۰۱۰ و در ماه‌های آوریل، ژوئن و دسامبر بوده، بنابراین هم در ماه‌های گرم و هم در ماه‌های سرد سال موج گرمایی در این شهر فراوانی بالایی داشته است. طی دوره مورد مطالعه، حداکثر تداوم امواج گرمایی در این شهر ۴ روزه و لذا کوتاه‌مدت بوده است. مقایسه شدت جزیره حرارتی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی در ماه‌های گرم و سرد سال نشان داد که رخ داد امواج گرمایی در تشدید جزایر حرارتی هم در ماه‌های گرم و هم در ماه‌های سرد بی‌تأثیر نبوده که البته تأثیر آن در ماه‌های گرم سال محسوس‌تر بوده و اغلب شدت جزیره گرمایی روز هنگام در هر شرایط حاکمیت امواج گرمایی نسبت به شرایط عادی در ماه‌های گرم و سرد سال افزایش یافته است. سرعت باد و رطوبت نسبی در مقایسه با شرایط عادی کمتر شده است. همچنین در روزهای مورد مطالعه، در مرکز شهر اغلب در زمان حاکمیت امواج گرمایی در شب هنگام جزیره گرمایی شدیدتر از وضعیت عادی بوده، که این شرایط در ماه‌های گرم محسوس‌تر از ماه‌های سرد سال بوده است.

طبق نتایج، 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 سرمایی در مرکز شهر تشکیل یافته و در شب هنگام نیز حومه شهر به دلیل ظرفیت گرمایی پایین، گرمای جذب شده در طول روز را سریع‌تر، از دست داده و لذا نسبت به مرکز شهر سردتر شده و در نتیجه در مرکز شهر به دلیل دمای بالاتر، جزیره گرمایی تشکیل شده است. همچنین با وقوع موج گرما، به دلیل رابطه معکوسی که بین دما و رطوبت نسبی وجود دارد، میزان رطوبت نسبی مراکز شهری اغلب در مقایسه با روزهایی عادی کاهش یافته است. در مجموع می‌توان گفت که رخ داد امواج گرمایی در تشدید جزایر حرارتی در کلانشهر تبریز به‌ویژه در ماه‌های گرم سال تأثیر محسوسی داشته است و با توجه پیش‌بینی دانشمندان در خصوص وقوع تغییر اقلیم و گرمایش زمین، احتمال می‌رود طی دهه‌های آتی در این شهر، خصوصاً در شب هنگام ماه‌های گرم سال، جزایر گرمایی شبانه و جزایر سرمایی روزانه شدت بیشتری پیدا کند. یافته‌های پژوهش حاضر از این لحاظ که رخ داد امواج گرمایی سبب تشدید جزایر حرارتی شهری می‌شود با یافته‌های الی بودن (۲۰۱۳)، قبادی و همکاران (۲۰۱۷)، بوزید و رامورتی (۲۰۱۷)، جفری و همکاران (۲۰۱۸)، لی و همکاران (۲۰۱۸) هم راستا بود. طبق نتایج حاصل، جزایر حرارتی شهری حتی در صورت عدم موج گرمایی در مرکز این شهر وجود داشته و با رخ داد موج گرمایی تحت تأثیر قرار گرفته است. بنابراین جهت کاستن شدت جزایر حرارتی در مرکز این شهر راهکارهایی از جمله: پوشاندن سطوح و ساختمان‌ها با مصالحی با ظرفیت گرمایی بالا، استفاده از درختان و درختچه‌ها در اطراف ساختمان‌ها، افزودن فضاهای سبز و ایجاد بام سبز در مرکز شهر، توجه به جهت باد در ساخت‌وسازها و احداث غیر متمرکز آن‌ها در مرکز شهر به منظور کانالیزه شدن باد و تخلیه حرارتی بین ساختمان‌ها، مناسب به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

با سپاس از سازمان هواشناسی کشور و با تشکر از زحمات اساتید محترم راهنما و مشاور. پژوهش حاضر مستخرج از رساله دکتری است.

کتابنامه

- اسمعیل نژاد، مرتضی؛ خسروی، محمود؛ علیجانی، بهلول؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ۱۳۹۲. شناسایی امواج گرمایی ایران. *جغرافیا و توسعه*. شماره ۳. صص ۵۴ - ۳۹.
- رحیمی، داریوش؛ میر هاشمی، حمید؛ علیزاده، تیمور؛ ۱۳۹۶. تحلیل ساختار امواج گرمایی در غرب و شمال غرب ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. شماره ۳. صص ۸۰ - ۶۹.
- سازمان هواشناسی کشور <http://www.irimo.ir>.
- صلحی، برومند؛ قدرتی، زینب؛ ۱۳۹۷. پیش‌بینی و تحلیل امواج گرمایی شهر زنجان با استفاده از ریزگردان LARS-WG و شاخص بالدی. فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۴۰. صص ۴۸-۳۵.

- عزیزی، قاسم؛ ۱۳۸۳. *تغییر اقلیم*. تهران: نشر قومس. چاپ اول. ص ۴۳۴.
- قاسمی فر، الهام؛ ناصرپور، سمیه؛ ۱۳۹۶. تحلیل سینوپتیکی امواج گرما و سرما در سواحل جنوبی دریای خزر. *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*. شماره ۱۰۳. صص ۱۴۶-۱۳۷.
- کاشکی، عبدالرضا؛ کرمی، مختار؛ با عقیده، محمد؛ علیمرادی، محمدرضا؛ ۱۳۹۸. واکاوی آماری امواج گرمایی زابل، دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی. شماره ۱. صص ۵۵-۴۰.
- مجرد، فیروز؛ معصوم‌پور، جعفر؛ رستمی، طیه؛ ۱۳۹۷. بررسی تغییرات دوره‌های و فصلی جزیره گرمایی شهر کرمانشاه در شب و روز با استفاده از تصاویر ماهواره‌های. *فیزیک زمین و فضا*. شماره ۲. صص ۴۹۴-۴۷۹.
- مولودی، گللاه؛ خورانی، اسدالله؛ مرادی، عباس؛ ۱۳۹۴. اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شمالی خلیج فارس. *نشریه تحلیلی فضایی مخاطرات محیطی*. شماره ۱. صص ۱۴-۱.
- هوشیار، محمود؛ سبحانی، بهروز؛ حسینی، سید اسعد؛ ۱۳۹۷. چشم انداز تغییرات دماهای حداکثر ارومیه با استفاده از ریزگردانی آماری خروجی مدل CanESM2، *نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی*. شماره ۶۳، ۳۲۵-۳۰۵.

- A. Añel J, Fernández-González M, Labandeira X, López-Otero X, de la Torre L., 2017. Impact of Cold Waves and Heat Waves on the Energy Production Sector. *Atmosphere* 10: 1-13.
- Almusaed A., 2011. The Urban Heat Island Phenomenon upon Urban Components. *Biophilic and Bioclimatic Architecture* 21: 139-150.
- Bai L, Gangqiang D, Shaohua G, Peng B, Buda S, Dahe Q, Ramamurthy P, Bou-Zeid E., 2017. Heatwaves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities. *Journal of geophysical research Atmospheres an AGU JOURNAL* 122: 168-178.
- 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* 7: 1-10.
- 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* 1: 1-11.
- 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* 23: 8-16.
- 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* 138: 364-377.
- 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* 9: 1-15.
- Founda D, Santamouris M., 2017. Synergies between Urban Heat Island and Heat Waves in Athens (Greece), during an extremely hot summer (2012), *Scientific Reports* 7: 1-16.
- 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* 85: 63-70.
- 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* 10: 1-16.

- 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* 23: 94-104.
- 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* 21): 1-8.
- 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* 130: 136-152.
- Lemonsu A, Vigié 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* 14: 586–605.
- Paravantis J, Santamouris M, Constantinou C, Efthymiou C, Kontoulis N., 2017 Mortality Associated with High Ambient Temperatures Heatwaves, and the Urban Heat Island in Athens, Greece, *Sustainability* 606: 2-22.
- Ramamurthy P, Bou-Zeid E., 2017. Heatwaves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 1: 168-178.
- Rohini, P.; Pajeevan, m., and Mukhopahay, P., 2019. Future projections of heat waves over India from CMIP5 models, *Climate Dynamics*, (53), 975–988.
- 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* 123: 399-414.
- 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* 135: 81–87.
- Wilks D.S. 2006. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Second Edition, Academic Press is an imprint of Elsevier, *Cornell University, USA* 648.
- 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* 55: 493-505.