نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال نوزدهم، شماره ۵۲، بهار ۹۸

تحلیل نوسانات زمانی امواج‌گرمایی منطقه‌ی شمال‌غرب ایران و ارتباط آنها با گازهای گلخانه‌ای و ناهنجاری‌های دمایی کره‌ی زمین

دریافت مقاله: ۹۶/۱۱/۶ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۲/۱۷
صفحات: ۵۶-۳۵

داریوش حاتمی زرنه: : دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: dhatami68@yahoo.com
زهرا حجازی زاده: استاد گروه اقلیم شناسی دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران[۱].
Email: hedjazizadeh@yahoo.com
محمدحسین ناصرزاده: استادیار گروه اقلیم شناسی دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: nasserzadeh2100@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی تغییرات رخ‌داده در فراوانی و شدت امواج‌گرمایی و همچنین ارتباط آنها با ناهنجاری های دمایی اقیانوس‌هاوخشکی‌ها و نیز گازهای‌گلخانه‌ای در منطقه‌ی شمال‌غرب ایران است. ابتدا داده‌های دمای بیشینه‌ی دومتری سطح‌زمین در بازه‌ی زمانی ۱۸۵۱ تا ۲۰۱۴ به مدت ۱۶۴ سال از وب‌سایت ناسا اخذ گردید سپس نقشه‌ی امواج‌گرمایی ترسیم و استخراج شد. سپس به تحلیل‌وبررسی فراوانی‌وقوع و شدت امواج‌گرمایی و نیز تغییرات در روند نوسانات‌سالانه، بین‌دهه‌ای، پنجاه‌ساله‌ای و بین‌صده‌ای آن‌ها پرداخته شد. جهت نیل به اهداف پژوهش از روش‌های همبستگی پیرسون و اسپیرمن، رگرسیون‌خطی و پلی‌نومیال و نیز آزمون‌ناپارامتری من-کندال استفاده شد. بر اساس نتایج بدست آمده فراوانی وقوع امواج‌گرمایی در بازه‌ی‌زمانی مدنظر روندی افزایشی ومعنادار داشته و بیشترین فراوانی رخدادامواج در دهه‌های‌اخیر بوده است. همچنین شدت امواج‌گرمایی با افزایش نسبتا معنی‌دار همراه بوده و شدیدترین‌امواج‌گرما در دهه‌ی‌آخر قرن ۲۰ و اوایل قرن ۲۱ تا دوره‌ی حاضر بوقوع پیوسته است. نتایج مقادیرهمبستگی نیز حاکی‌ازآن بود که شدت و فراوانی‌رخداد امواج‌گرم با مقادیر ناهنجاری‌دمایی اقیانوس‌وخشکی همبستگی مثبت و معنی‌دار دارند. در بررسی ارتباط فراوانی‌وقوع و شدت امواج‌گرم با داده‌های ۴ گاز گلخانه‌ای اصلی شامل: (CO_2 , CH_4, N_2O , SF_6)، مشخص شد که جز یک مورد ارتباط معنادار گاز دی‌اکسیدکربن با رخداد شدیدترین امواج‌گرمایی در ماه ژوئن، هیچ ارتباط معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. نتایج آزمون من -کندال بیانگر روند افزایشی و معنی‌دار در شدت و فراوانی وقوع امواج‌گرمایی منطقه‌ی شمال‌غرب ایران است.

کلید واژگان: فراوانی وقوع‌وشدت امواج‌گرم، گازهای‌گلخانه‌ای، گرمایش‌جهانی، شمال‌غرب ایران.

---

۱. **نویسنده مسئول:** تهران، خیابان مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه اقلیم شناسی.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

مقدمه

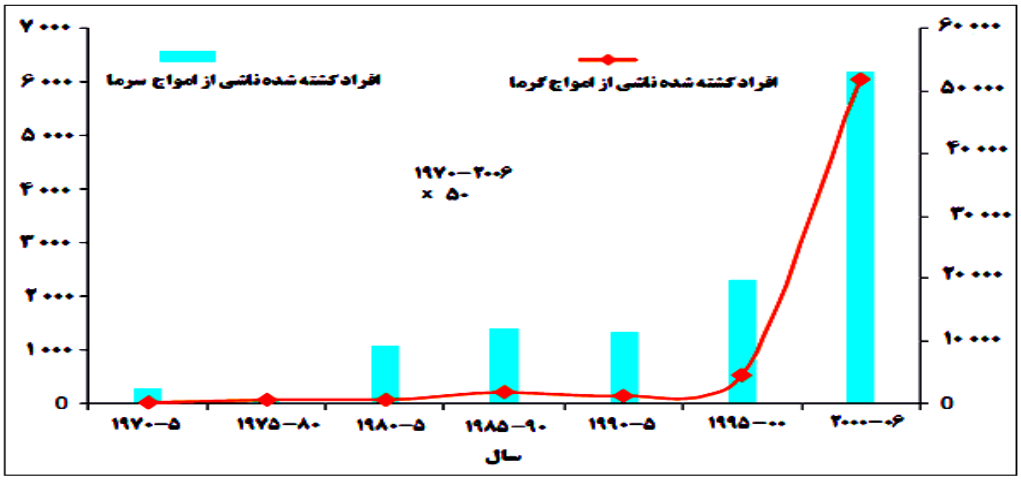
یافته‌های پژوهشگران علوم‌جوی نشان می‌دهد که تغییرات شدید رفتار سنجه‌های جوی به‌ویژه طی قرن بیستم و بیست‌ویکم بیانگر نشانه‌هایی از رخداد تغییر اقلیم است. علاوه بر تغییرات در میانگین، مقادیر فرین نیز دست‌خوش تغییرات شده اند(دارند، ۱۳۹۳: ۱). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بین تغییرات دمای کره‌ی‌زمین و دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن ارتباط مستقیمی وجود دارد (IPCC, 2001: ۱۰۰۹). یکی از نشانه‌های تغییراقلیم و گرمایش‌جهانی افزایش بسامد رخداد پدیده‌های فرین‌اقلیمی چون امواج‌گرمایی‌وسرمایی است. (دارند،۱۳۹۳: ۱۶۷). لذا روزهای‌گرم یکی از جلوه‌های فرین‌دمایی و یک ناهنجاری دمایی محسوب می‌شوند(عساکره و همکاران،۱۳۹۲: ۳۵). موج‌گرما که در منابع مختلف از افزایش فراوانی وقوع آن در سال‌های اخیر به عنوان یکی از تظاهرات ناشی از تغییراقلیم در قالب فرین‌های آب‌وهوایی یاد شده است می‌تواند افزایش مرگ افراد در قالب فرین‌های آب‌وهوایی را در پی داشته باشد. مثلا در سال ۲۰۰۳ در پاریس و سایر نقاط فرانسه یازده‌هزار نفر و در انگلیس دو هزار نفربه دلیل موج‌گرما و بروز عوارض‌قلبی جان خود را از دست داده‌اند(قویدل‌رحیمی،۱۳۹۰: ۸۵).

در سال‌های اخیر همگام با تندشدن آهنگ افزایش دمای سیاره‌ی‌زمین، بر شدت، دوام و گسترش مکانی امواج‌گرمایی به‌ویژه در منطقه‌ی غرب‌آسیا افزوده شده است. امواج‌گرمایی می‌تواند اثرات زیانباری بر روی شرایط اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی، زیست‌محیطی، حوزه‌ی سلامت انسان و حتی سازه‌ها و تاسیسات داشته باشد(مک فارلن و والر،۱۹۷۶: ۴۳۴ ; مارک‌پامادر و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۴۸۳; کانفالونیری و همکاران،۲۰۰۷ : ۳۹۳ ; لشکری و همکاران،۱۳۸۹: ۱۵۱; قویدل رحیمی، ۱۳۹۳: ۲۸۹). لذا می‌توان ادعا کرد که مخاطره‌ی موج‌گرما یکی از مخاطرات اقلیمی محسوب می‌شود که نتایج زیان‌بار آن از جنبه‌های مختلف قابل بررسی و تلفات جانی آن از خسارت‌های اقتصادی‌اش بسیار با اهمیت‌تر است. از نظر آماری امواج‌گرمایی به نوسانات مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دمای حداکثر روزانه اطلاق می‌شوند که در طی روزهای متوالی- که ممکن است هفته‌ها و حتی به ندرت ماه‌ها تداوم یابد- در فضاهای جغرافیایی خاصی استمرار زمانی دارند. با توجه به تعاریف موجود، دو بعد فضایی و زمانی در وقوع یا عدم وقوع موج گرما اهمیت یافته‌اند و بیشتر جنبه‌ی نسبی دارند. این بدین معنی است که دمای بالای ۲۷ درجه‌ی سانتیگراد در انگلستان آستانه‌ی موج‌گرمایی محسوب می‌شود، اما در ایران این آستانه بسی بیشتر است و اینکه هر دمای بالای آستانه به صورت منفرد و یک روزه موج گرما نیست؛ بلکه موج‌گرما باید دو روز یا بیشتر استمرار زمانی داشته باشد(قویدل رحیمی،۱۳۹۳: ۲۸۹). در کشورهای مختلف آستانه‌های متفاوتی برای موج‌گرما توسط پژوهشگران معرفی شده است. برای نمونه در کشور چین در هر روز از سال هنگامی که دمای بیشینه بالای ۳۵ درجه سانتیگراد باشد موج‌گرما رخ داده است. در حالیکه در انگلستان آستانه‌های دمای کمینه و بیشینه از یک منطقه به منطقه‌ی دیگر متفاوت است و شرط رخداد آن این است که بیش از دو روز (یک شب نیز در ضمن آن روی دهد) دوام داشته باشد(دارند،۱۳۹۳:۱۶۷).

بر اساس مطالعات دانشمندان، امروزه دماهای شدید، یعنی هم امواج‌گرمایی و هم دوره‌های سرد، پنجاه برابر بیشتر از سی‌سال پیش موجب کشتار مردم می‌شوند. در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ تعداد ۵۲۰۰۰ نفر بر اثر

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

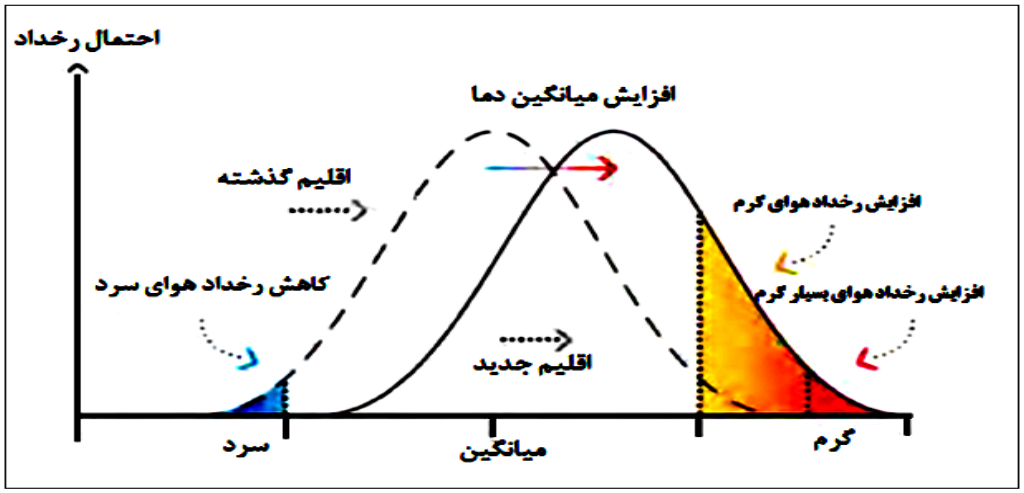
امواج‌گرمایی کشته شدند در حالی که در تمام طول دهه‌ی ۱۹۷۰ حدود ۸۰۰ نفر قربانی امواج‌گرمایی شدند شکل(۱). اگرچه خسارات و هزینه‌های انسانی امواج سرمایی به شدتِ امواج‌گرمایی نیست اما خسارات امواج-سرمایی هم در ۳۵ سال گذشته بیش از ۲۰ برابر شده، بگونه‌ای که از حدود ۳۰۰ کشته در دهه‌ی ۱۹۷۰ به حدود ۷۰۰۰ کشته در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ رسیده است (کارواخال،۲۰۰۷: ۱۴).



شکل (۱). تعداد افراد کشته شده بر اثر امواج گرمایی و سرمایی از ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۶ (کارواخال به نقل از CRED-EM-DAT –۲۰۰۷: ۱۵).

بر اساس گزارش‌های هیئت‌بین‌الدول تغییراقلیم مشاهده‌ی فرکانس بالای امواج‌گرمایی به احتمال زیاد به دلیل تاثیر انسان بر سیستم آب‌وهوایی است(IPCC, 2007). با این اوصاف انتظار می‌رود که در آینده شدت امواج-گرمایی، فراوانی و مدتِ دوام آن افزایش یابد و رخدادهایی نظیر امواج‌گرمایی سال ۲۰۰۳ در اروپا، بسیار عادی جلوه کنند (دارند،۱۶۷:۱۳۹۳ به نقل از استات و همکاران،۶۱۰:۲۰۰۴-۶۱۴ ؛ مهیل و همکاران ۲۰۰۷: ۷۴۹-۸۴۴ ؛ ; میهل و همکاران، 2005 : 1770 ; بنیستون و دیاز ۷۳:۲۰۰۴-۸۱). بر پایه‌ی شکل(۲) تغییر اقلیم و افزایش دما منجر به کاهش رخداد سرماهای فرین و افزایش رخداد گرماهای فرین می‌شود (دارند، ۱۳۹۳ : ۱۶۷). یافته‌های اغلب پژوهش‌ها تأییدی بر این موضوع است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]



شکل(۲). تغییر در احتمال رخدادهای فرین. (ماخذ:دارند، ۱۳۹۳ : ۱۶۷)

سابقه‌ی مطالعات مرتبط با امواج گرمایی به بیش از یکی دو دهه نمی‌رسد. پژوهش‌های بسیار زیادی اخیراً بر روی امواج‌گرمایی در سراسر مناطق جهان انجام شده است. نتایج اکثر بررسی‌ها بیانگر آن است که افزایش گازهای گلخانه‌ای نقش مستقیمی بر طولانی شدن و شدت امواج گرما دارد(فریچ‌وهمکاران،۲۰۰۲: ۱۹۳). (دومانکوز و همکاران،۲۰۰۳: ۹۸۷) تغییرات رخدادهای دمایی حداکثر در جنوب و مرکز اروپا را طی قرن ۲۰ مطالعه کرده و ارتباط آن را با الگوهای گردشی بزرگ‌مقیاس مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آن‌ها بیانگر وجود نوساناتِ بلندمدتِ زیادی در فراوانی رخدادهای حدی گرم و سرد تابستانه و زمستانه در طول قرن ۲۰ دارد. (فئوندا و همکاران،۲۰۰۴: ۲۷) به بررسی میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت طی سال‌های ۱۸۹۷ تا ۲۰۰۱ پرداختند. بررسی آن‌ها نشان از افزایش دما در آتن، مخصوصا افزایش چشمگیر دما در زمستان، طی بازه‌ی زمانی مورد مطالعه دارد. از طرفی طی ۱۰۵ سال همواره بر رخداد رویدادهای گرم افزوده شده و از رخداد رویدادهای سرد کاسته شده است. رخدادِ طولانی امواج‌گرمایی با شدت و تداوم زیادِ در قرن ۲۱ عنوان پژوهش (جرالد و همکاران،۲۰۰۴: ۹۹۴) می‌باشد. نتایج آنها حاکی از افزایشِ شدت، افزایشِ فرکانس و افزایش تداوم امواج‌گرمایی در نیمه‌ی دوم قرن ۲۱ ام در این مناطق است. بر اساس مطالعه (کاساتسکی، ۲۰۰۵: ۱۴۸) تحت عنوان امواج گرمایی سال ۲۰۰۳ در اروپا، تعداد ۲۵۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ مرگِ انسانی، آمار تلفات موج‌گرما در کل اروپا در پنج سال قبل بوده که بیشتر از آمار کل تلفات قرن گذشته در کل اروپا و در اثر امواج‌گرمایی بوده است. خطرات تغییر آب‌وهوایی در فرانسه: موج گرمای فرانسه در سال ۲۰۰۳ عنوان مقاله‌ی مارک (پامادر و-همکاران،۲۰۰۵: ۱۴۸۳) بود. آن‌ها در مطالعه‌ی خود به بررسی امواج‌گرمایی با دیدگاه تغییراقلیم و خطرات آن برای محیط بشر پرداختند. به نظر محققین امواج‌گرمایی منتج از عوامل طبیعی و انسانی است که این مخاطره محیطی باعث آسیب‌پذیری اقتصادی و اجتماعی بسیاری می‌شود. ایشان عقیده دارند که سهم اثرات‌انسانی بر تغییر اقلیم بیشتر از عوامل دیگر است. طبق مطالعات آنها، از ۴ تا ۱۸ آگوست ۲۰۰۳ تعداد ۱۴۹۴۷ مورد مرگ ومیر در فرانسه ناشی از تغییراقلیم رخداده که عاملِ اکثریت مرگ‌ومیرها، درجه‌حرارت و امواج‌گرمایی بوده است

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

آنها همچنین نتیجه گرفتند که امواج‌گرمایی در فرانسه منجر به ضرر و زیان فراوان در بخش کشاورزی و جنگلداری شده و نیز خشکسالی و آتش‌سوزی از عواقب این مخاطره طبیعی در آنجا بوده است. مطابق بررسی آنان، تابستان ۲۰۰۳ داغ‌ترین روز در تاریخ اروپا از سال ۱۵۰۰ میلادی بوده که این امر ناشی از تغییرات آب وهوایی انسانی است. در کشور هلند (جی‌گارسن و همکاران،۲۰۰۵: ۶۵) به بررسی اثرات موج‌گرمای تابستان ۲۰۰۳ بر مرگ ومیر در کشور هلند پرداخته و نتیجه گرفتند که بین ۱۴۰۰ تا ۲۲۰۰ مرگ ومیر در تابستان سال ۲۰۰۳ مرتبط با موج‌گرمای مورد نظرشان بوده است. اثر اقیانوس‌اطلسِ‌استوایی در امواج‌گرماییِ‌اروپا عنوان تحقیق (کریستوف‌کاسو و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۱۸) می‌باشد. به عقیده‌ی ایشان، با توجه به تداوم ناهنجاری‌های آب‌وهوایی اقیانوس‌اطلس‌حارّه‌ای، می‌توان گفت اقیانوس‌اطلس‌حارّه‌ای و جنب‌حارّه‌ای در آب‌وهوای اروپا و بویژه رخداد امواج‌گرمایی آن موثر هستند. (کاترین‌هایو و همکاران،۲۰۱۰: ۶۵) در پژوهش خود به بررسی رخداد تغییراقلیم، امواج‌گرمایی و رخداد مرگ‌ومیر در شیکاگو پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در قرن پیش‌رو تغییرات اقلیمی منجر به افزایش در میزان میانگین درجه‌حرارت و نیز افزایش دماهای فرین‌گرم خواهد شد، بگونه‌ای که فراوانی، شدت و تداوم امواج‌گرمایی شدیدتر خواهد شد. افزایش فرکانس، شدت و تداومِ امواج گرما و دوره‌های گرمِ جهانی ثبت شده، عنوان مطالعه‌ی (پرکینس و همکاران،۲۰۱۲: ۵۹) می‌باشد. نامبردگان نتیجه گرفتند که امواج‌گرمایی در سطح جهانی هم به لحاظ بسامد، هم به لحاظ شدت و هم به لحاظ تداوم در حال افزایش هستند. (بارنت و همکاران،۲۰۱۲: 218) به بررسی تاثیر امواج‌گرمایی و سرمایی روی بیماری‌های قلبی و عروقی در ایالات متحده پرداختند نتایج آن‌ها حکایت از کاهش تعداد مرگ‌ومیرها و عدم وجود ارتباط بین امواج سرما و مرگ و میر دارد اما بر خلاف امواج‌سرما تعداد مرگ ومیرها در امواج‌گرمایی بخصوص دماهای بالا افزایش پیداکرده است. توسعه‌ی شاخص‌آسیب‌پذیری موج‌گرما برای لندن،عنوان پژوهش (تانجاولف‌و-همکاران،۲۰۱۳: ۵۹) در بریتانیا بود. بنابر نظر ایشان رخداد امواج‌گرمایی در شهر بزرگ لندن که در آن تراکم جمعیت بسیاری وجود دارد و نیز وقوع جزیره‌ی‌گرمایی‌شهر در آنجا، می‌تواند اثرات بهداشتی منفی نگران-کننده‌ای داشته باشد. (لاباجو و همکاران،۲۰۱۴: ۲۷۳) در کشور اسپانیا به بررسی و تکامل امواج‌سرمایی و گرمایی در فلات مرکزی اسپانیا از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ میلادی پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان از کاهش تعداد امواج سرمایی و افزایش امواج‌گرمایی در فلات مرکزی اسپانیا دارد. (داشخو و همکاران،۲۰۱۴:) روند بلند مدت دماهای فرین روزانه در مغولستان را مورد مطالعه قرار دادند وبه این نتیجه رسیدند که فرین‌های دماییِ حداکثر در تابستان افزایش و فرین‌های دماییِ حداقل در زمستان کاهش داشته است. (میروسلاو آنکاشویچ و توشج،۲۰۱۴: ۱۰۰۷) به تحلیل امواج‌گرمایی و سرمایی صربستان پرداختند. بررسی آن‌ها نشان داد سال ۲۰۱۲ خنک‌ترین سال در صربستان، طولانی‌ترین امواج‌گرمایی در طول تابستان و شدیدترین خشکسالی از ابتدای سال مطالعاتی تا انتهای آن بوده است. به عبارتی هر سه تای این ناهنجاری‌های بزرگ آب‌وهوایی در یک سال مشاهده شده است. در تحقیقی دیگر در این زمینه، اندازه‌گیری فرکانس فزاینده و روبه رشد امواج‌گرما و سرما در دهه‌های اخیر: مطالعه‌ی موردی آمریکای‌جنوبی عنوان پژوهش (گویدو سچرینی و همکاران،۲۰۱۶: ۸۲۱) می‌باشد. آن‌ها معتقدند که افزایش فزاینده‌ی وقوع امواج‌گرما و کاهش امواج‌سرد در دهه‌های اخیر ممکن است به مسائل انسانی مرتبط باشد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

مطالعات حاکی از آن بود که مطالعه‌ی امواج‌گرمایی از دیدگاه تغییرات در فراوانی، تغییرات در شدت و تداوم این مخاطره‌ی اقلیمی و نیز ارتباط فراوانی و نوسانات امواج گرما با گازهای‌گلخانه‌ای و ناهنجاری‌های دمایی اقیانوس‌هاوخشکی در ایران تاکنون مورد توجه قرار نگرفته یا آنچنان که باید، موردتوجه قرار نگرفته است. در همین زمینه، (یزدان‌پناه و همکاران،۱۳۹۰: ۱۷۳۰۰) در مطالعه‌ی خود به برآورد احتمال وقوع امواج‌گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره‌ی‌مارکُف پرداختند. آنها با تحلیلِ‌روند حداکثردمایی در استان کرمان نشان دادند که بیشترین موج‌گرمایی رخ داده در ماه‌های آوریل و می بوده است که این تغییرات، روندی افزایشی در طول دوره آماری داشته اند، بخصوص در سال ۲۰۰۰ میلادی به حداکثر اوج خود رسیده و پس از آن دوباره طبق روند قبلی در حال افزایش بوده است. (اسماعیل‌نژاد،۱۳۹۱) در پایان‌نامه‌ی خود به شناسایی امواج‌گرمایی ایران و ارتباط آن با الگوهای‌همدید پرداخته است. نتایج پژوهش وی نشان داد که موج-های‌گرمایی کوتاه رخداد بیشتری داشته‌اند و امواج‌گرمایی پرتداوم کمتر رخ داده‌اند. به‌علاوه بسامد رخداد آنها طی سال‌های اخیر بیشتر شده است. (علیجانی و همکاران،۱۳۹۱: ۱۷) به بررسی روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص‌های تغییراقلیم در ایران پرداختند. نتایج محققین بیانگر افزایش دمای‌هوا در ایستگاه-های مورد مطالعه است. (دارند،۱۳۹۳: ۱۶۷) در مقاله خود شناسایی و تحلیل زمان- مکانی امواج‌گرمایی ایران زمین را مد نظر قرار داده و به این نتیجه رسیده که بسامد رخداد امواج‌گرمایی در ایران زمین رو به افزایش است. علاوه بر افزایش بسامد، ماندگاری و شدت امواج‌گرمایی نیز افزایش یافته است. از لحاظ پراکنش مکانی، نوع و نرخ روند بر روی مناطق مختلف هم‌اندازه و یکسان نیست.

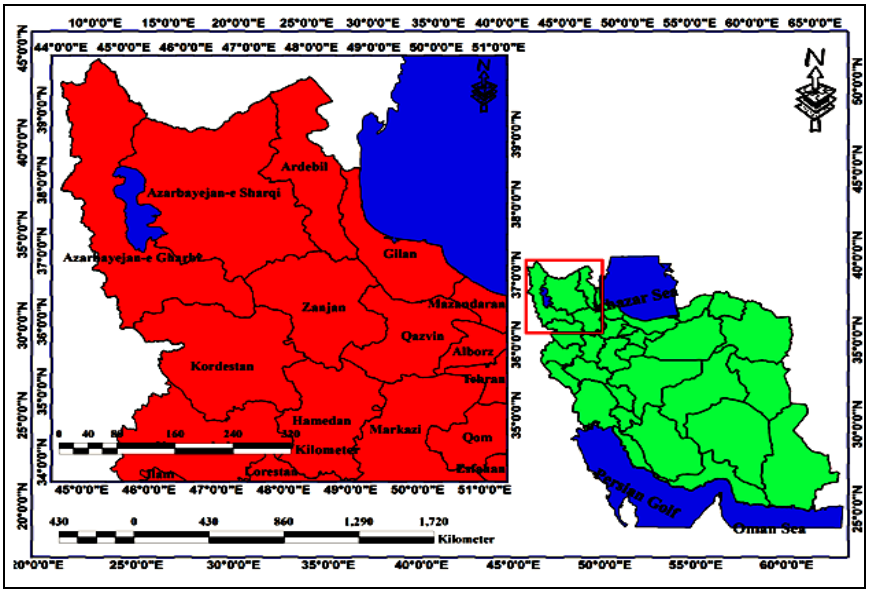
در منطقه‌ی شمال‌غرب ایران رودخانه‌های بسیار مهمی با رژیم برفی وجود دارد که علاوه برتامین کشاورزی منطقه، عمدتا به دریاچه ارومیه سرازیر می‌شوند. رخداد امواج‌گرمایی بیشتر و شدیدتر منجر به تغییرات بسیاری در ذخیره‌ی برفی ارتفاعات و متعاقب آن دبی رودخانه‌ها و در نهایت افزایش میزان تبخیر وتعرق از سطوح آبی بالاخص دریاچه‌ی ارومیه و کاهش بیلان آبی آنها خواهد شد. همچنین بحث تامین انرژی برق در دوره‌ی‌گرم سال و در شرایط رخداد موج‌گرما از مسائل و مشکلاتی است که نیازمند توجه مسئولان ذیربط می-باشد. لذا بررسی پدیده‌های فرین آب‌وهوایی بویژه امواج‌گرمایی به عنوان مظاهر تغییر اقلیم در نواحی با شرایط اقلیمی سرد مانند شمال‌غرب ایران امری لازم و ضروری است. با توجه به تازگی پژوهش‌های تغییراقلیم در ایران، اکثر مطالعات در مورد امواج‌گرمایی، به طور ویژه به یک منطقه از کشور معطوف نمی‌شوند و نتایج عمدتا کلی است. بنابراین با جدید بودن موضوع امواج‌گرمایی و لزوم تحقیق در این زمینه و تاثیرپذیری شمال‌غرب ایران از این مخاطره‌ی اقلیمی، پژوهش حاضر در صدد بررسی وضعیت نوسانات زمانی بسامد و شدت امواج-گرمایی و ارتباط آنها با ناهنجاری‌های دمایی و اقیانوس‌هاوخشکی و نیز گازهای‌گلخانه و ارائه تحلیلی دقیق‌تر از این مخاطره دمایی در این گستره‌ی زمینی از ایران است.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه در حدفاصل بین تا ۳۵ درجه تا ۳۹ درجه و ۷۶ دقیقه‌ی عرض شمالی و ۴۴ تا ۴۹ درجه-ی طول شرقی در گوشه‌ی شمال‌غرب ایران واقع شده است. جهت انجام پژوهش پیش‌رو از داده‌های سطوح فوقانی جوّ(دمای حداکثر دومتری سطح زمین) داده‌های باز تحلیل شده‌ی قرن نوزدهم، بیستم و بیست‌ویکم در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

بازه‌ی‌زمانی ۱۶۴ ساله یعنی از سال ۱۸۵۱ تا سال ۲۰۱۴ میلادی استفاده شد. داده‌های ذکر شده از وب‌سایت NOA به نشانی http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.20thC_ReanV2c.html اخذ گردیده و مورد استفاده قرارگرفت. لازم به ذکر است که داده‌ها تک‌مشاهده‌ای و فقط مربوط به بالاترین یا بیشینه‌ی دمای روزانه بوده، دارای قدرت تفکیک فضایی ۲ درجه‌ی طول‌جغرافیایی در ۲ درجه‌ی عرض‌جغرافیایی هستند که نسبت به داده‌های عادی از قدرت تفکیک زمانی– مکانی خوبی برخوردار هستند. همچنین از داده‌های مربوط به ۴ گاز گلخانه‌ی مهم و انسان‌ساز شامل: (CO2 , CH4, N2O , SF6) از زمان آغاز جمع‌آوری آنها و نیز داده‌های ناهنجاری دمایی اقیانوس‌ها و خشکی‌ها(شاخص گرمایش جهانی) در بازه‌ی زمانی (۱۸۸۰-۲۰۱۴) که از سایت سازمان ناسا اخذ شد استفاده گردید. جهت اعتبارسنجی داده‌های استخراجی تا جایی که از نظر زمانی با ایستگاه های‌زمینی همخوانی داشتند کنترل شده و از صحت داده های بدست آمده اطمینان حاصل شد شکل(۳).



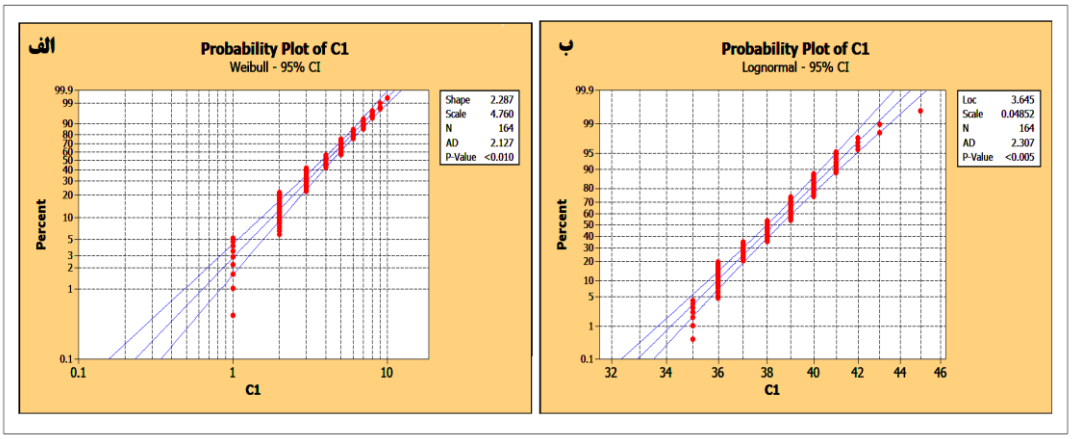
شکل(۳). نقشه منطقه مورد مطالعه شمالغرب ایران

جهت شناسایی امواج‌گرمایی با حداقل دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و استمرار زمانی حداقل ۲ روز طی ۱۶۴ سال گذشته، ابتدا با اسکریپت‌نویسی در محیط نرم‌افزار گردس امواج‌گرمایی به وقوع پیوسته تک‌تک ترسیم و استخراج شد. سپس نوسانات و تغییرات روند فراوانی‌وقوع و نیز شدت امواج‌گرمایی طی سری زمانی ۱۶۴ ساله بررسی شد. همچنین جهت بررسی روندتغییرات و شناسایی معنادار بودن یا نبودن آنها از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و نیز روش‌های آماری تحلیل سری‌های‌زمانی استفاده شد. با استفاده از روش تحلیل همبستگی-پیرسون و اسپیرمن به تحلیل ارتباط بین فراوانی و شدت‌وقوع امواج‌گرمایی با داده‌های مربوط به ناهنجارهای دمایی اقیانوس‌هاوخشکی‌ها و نیز توزیع گازهای‌گلخانه‌ای انسان‌ساز پرداخته شده تا بدین طریق تاثیر افزایش ناهنجارهای دمایی و تمرکز گازهای‌گلخانه‌ای در سال‌های اخیر بر تغییرپذیری امواج‌گرمایی مشخص گردد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

نتایج

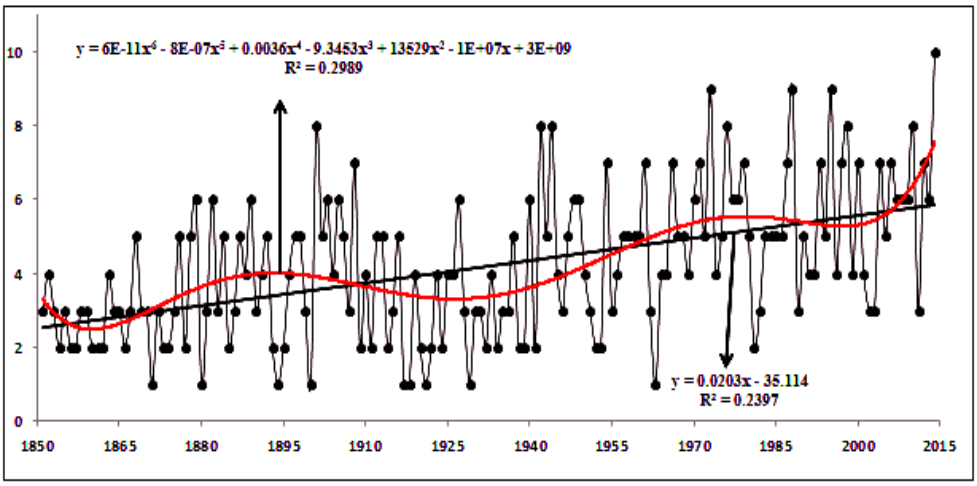
پس از ران کردن اسکریپت تهیه شده برای داده‌های دمای حداکثر دومتری سطح‌زمین، امواج گرمایی با دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و گرم‌تر با شرط استمرار دو روز و بیشتر برای دوره‌ی مورد مطالعه(۱۸۵۱-۲۰۱۴) استخراج گردید. در بررسی‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار MINITAB برای تعیین نوع توزیع احتمال وقوع و شدت امواج‌گرمایی، ۱۴نوع توزیع احتمال مورد آزمون قرار گرفت که از بین توزیع‌های مذکور و با درنظرگرفتن مقادیر اندرسون دارلینگ (AD) و فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد، نشان داد که روند فراوانی رخداد امواج‌گرمایی از قانون توزیع احتمال ویبول در سطح اطمینان ۹۵ درصد و نیز روند سری‌زمانی وقوع شدیدترین موج گرما از قانون توزیع احتمال لاگ‌نرمال در سطح اطمینان ۹۵ درصد پیروی می‌کنند که در شکل(۴) قابل مشاهده است.



شکل (۴): توزیع احتمال فراوانی وقوع امواج گرم (الف) و شدیدترین موج گرمای(ب) شمال‌غرب ایران

برای تحلیل نوسانات زمانی سالانه‌ی فراوانی وقوع امواج گرمایی شمال‌غرب کشور روندهای بلندمدت خطی و پلی نومیال درجه ۶ نسبت به هم ترسیم گردید. شکل (۵)روند مثبت و افزایشی فراوانی وقوع امواج‌گرمایی در طول دوره‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است نقاط اوج و حضیض تغییرات زمانی وقوع امواج گرمایی در بازه‌ی زمانی ۱۶۴ ساله واضح و مشخص است. در سری زمانی بلند مدت، شیب خطی روندی افزایشی و با ضریب تعیین(R^2) ۰/۲۳ را نشان می‌دهد. نکته حایز اهمیت در این نمودار همخوانی بسیار زیاد جریان خطی و پلی نومیال درجه ۶ رخداد امواج‌گرمایی با ضریب تعیین ۰/۲۹ است که حاکی از افت وخیزهای چنددهه‌ای و در نهایت روند صعودی و افزایشی فراوانی امواج‌گرمایی می‌باشد. بنابراین سری زمانی رخداد امواج در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه افت و خیزهای نسبتا شدید و بسیاری را هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تجربه کرده است که نشانگر وجود روند و نوسان در سری زمانی امواج‌گرمایی است. نکته مهم دیگر آن است که در سال‌های اخیر نسبت به دهه‌های اول بازه‌ی زمانی، فراوانی رخداد امواج‌گرم در شمال‌غرب ایران شیب افزایشی بسیار زیاد و قابل توجهی را تجربه کرده که در نمودارهای (۶ و ۵) قابل مشاهده است.

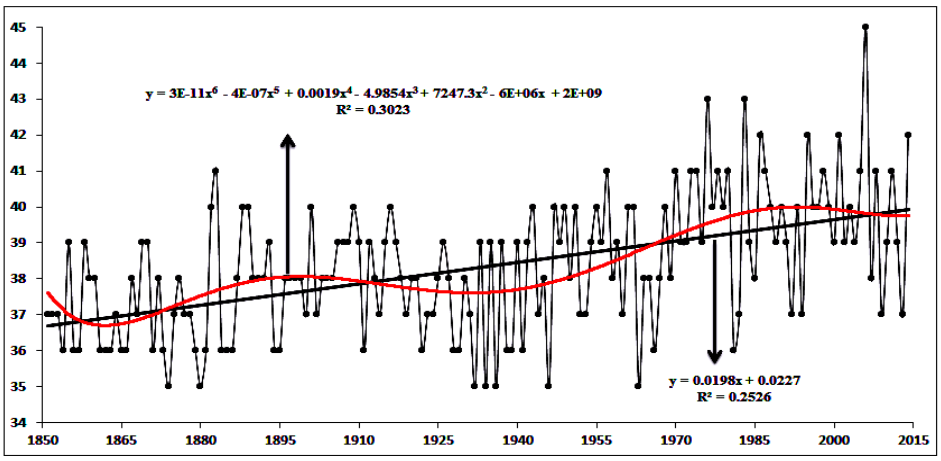
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]



شکل (۵). مدل نوسانات زمانی سالانه‌ی فراوانی وقوع امواج گرمایی و روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ منطقه‌ی شمال-غرب ایران از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۴.

وضعیت تغییرپذیری و روند تغییرات زمانی بلندمدت وقوع شدیدترین موج‌گرمای سالانه در بازه‌ی زمانی مورد نظر در شکل (۶) قابل مشاهده است. در این نمودار روند خطی افزایشی و مثبت رخداد شدیدترین امواج گرمایی منطقه به وضوح قابل مشاهده است. به منظور نمایش توزیع زمانی و نیز ترسیم جزییات تغییرات زمانی شدیدترین امواج گرمایی از سال ۱۸۵۱ تا ۲۰۱۴ روندهای خطی و پلی نومیال درجه ۶ ترسیم شد. با توجه به روندخطی بلندمدت و پلی‌نومیال که تغییرات را در جزییاتی بیشتر در ۶ جمله نشان می‌دهد نتایج حاکی از آن است که رخداد شدیدترین موج گرما به مانند فراوانی رخداد امواج در طول دهه‌های مختلف از نوسانات زیادی در طول ۱۶۴ سال دوره‌ی آماری برخوردار بوده است. شیب خطی سری زمانی تغییرات شدیدترین امواج گرما با ضرایب تعیین ($R^۲$) مقدار ۰/۲۵ را نشان می‌دهد. در روش نیمه‌خطی رگرسون پلی‌نومیال مرتبه‌ی ششم ضریب تعیین($R^۲$) به ۰/۳۰ افزایش یافته است. در نمودار ذیل نیز همخوانی بسیار زیاد جریان خطی و پلی نومیال درجه ۶ رخداد شدیدترین امواج به وضوح قابل مشاهده است. سری مذکور در کوتاه‌مدت افت‌وخیز زیادی را تجربه کرده است اما در بلندمدت روندی افزایشی و باشیب ملایم‌تر را نشان می‌دهد. در واقع سری زمانی شدت وقوع امواج گرمایی شمال‌غرب ایران هم روند و هم نوسان را تجربه کرده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

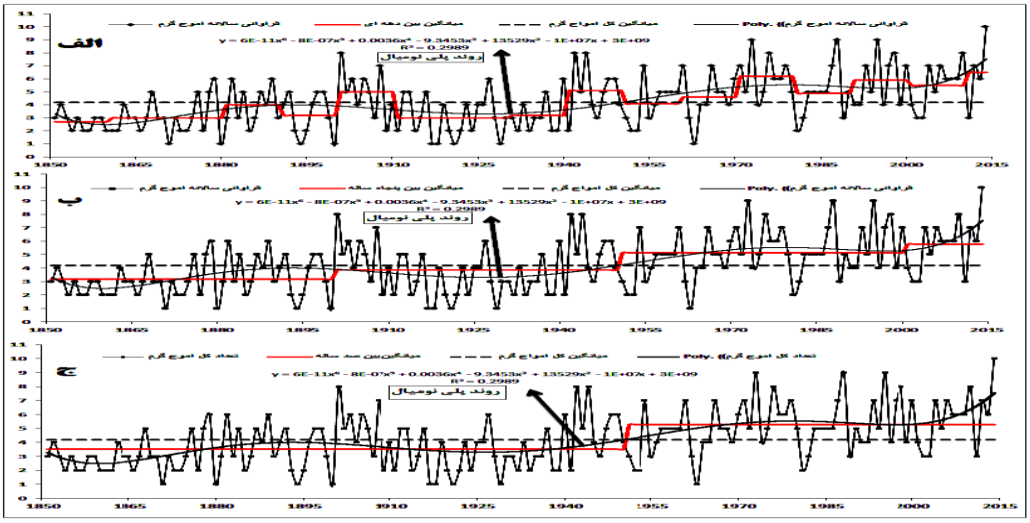


شکل(۶). مدل نوسانات زمانی سالانه‌ی وقوع شدیدترین امواج‌گرمایی و روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ منطقه‌ی شمال‌غرب ایران از سال ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۴.

روند و نوسانات بین دهه‌ای، بین پنجاه ساله، و بین صده‌ای فراوانی وقوع امواج‌گرمایی در بازه‌ی‌زمانی ۱۸۵۱ تا ۲۰۱۴ در شکل (۷) در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است. نتایج نمودار (الف) نشان دهنده‌ی وجود نوسانات زیاد در روند میانگین بین‌دهه‌ای فراوانی امواج‌گرمایی است. به‌گونه‌ای که پنج دهه‌ی اول دارای نوسانات کاهشی و افزایشی بوده (غالبا افزایشی) اما روند کلی صعودی است و به طور متوسط، میانگین فراوانی رخداد موج گرما در این دوره حدود ۳ موج در سال است که این تعداد، زیر میزان میانگین کل قرار دارد. در سال ۱۹۰۰ تا ۱۹۱۰ یک جهش صعودی داشته که تا ۵ موج در سال نیز رسیده است. در سه دهه‌ی بعدی از رخداد امواج کاسته شده، نوسانی سه‌دهه‌ای و کاهشی را تجربه کرده است که میزان آن به کمتر از ۳ موج در سال رسید است. همانطور که شکل ۶ (الف) نشان می‌دهد، روند بین‌دهه‌ای پلی نومیال درجه ۶ فراوانی امواج گرما با شیب نسبتا زیاد و قابل توجه در حال صعوداست به گونه‌ای که مقادیر فراوانی رخداد امواج‌گرم، بالاتر از میانگین کل قرار دارد و به میزان ۵، ۶ و بالاتر از ۶ موج نیز رسیده است. نکته حائز اهمیت این نمودار، یک نقطه‌ی عطف در جریان تغییرات زمانی است که از سال ۱۹۴۰ شروع شده است. این سال محل تلاقی روندهای پلی‌نومیال درجه ۶ و بین دهه‌ای پلکانی است. از این تاریخ تا دوره حاضر فراوانی رخداد موج‌گرما با نوسانات غالبا افزایشی و کاهشی همراه بوده اما در کل میانگین رخداد امواج بالاتر از میانگین کل قرار دارد و دارای روند صعودی شدید و معنادار می‌باشد. از سال ۲۰۱۰ به بعد وقوع امواج‌گرم شدت بیشتری نسبت به دهه‌های قبلی داشته است. به عبارتی دیگر بیشترین میزان رخداد امواج‌گرما در دهه‌ی اول قرن بیست ویکم به بعد می‌باشد. در بررسی روند فراوانی بین ۵۰ ساله‌ی امواج گرم شکل۷ (ب)، بازه‌ی‌زمانی مدنظر تقریبا به ۴ دوره تقسیم می‌شود. در نیم صده‌ی اول فراوانی امواج گرم حدوداً ۳ موج در سال است که این مقدار زیر میانگین کل قرار دارد. این وضعیت برای نیم‌صده‌ی دوم نیز صادق است با این تفاوت که نسبت به ۵۰ سال اول با افزایشی در تعداد وقوع امواج همراه بوده اما همچنان مقادیر امواج‌گرم زیر میانگین و کمتر از ۴ موج می‌باشد. نقطه عطف این نمودار ۱۹۵۰ و با شروع نیم‌صده‌ی سوم یعنی محل تلاقی روند پلی‌نومیال و روند پلکانی بین پنجاه ساله می-

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

باشد که به یکباره فراوانی وقوع امواج صعودی شده، به میزان ۵ موج در سال رسیده و بالاتر از میانگین کل قرار می‌گیرد. از سال ۲۰۰۰ تا دوره کنونی مجددا روند فراوانی وقوع امواج افزایش یافته و مقادیر آن نسبت به ۵۰ سال سوم بیشتر شده و به حدود ۶ موج در سال رسیده است. در حقیقت دو دهه‌ی آغازین قرن بیست ویکم اوج رخداد امواج گرما بوده است. مطابق شکل ۷ (ج) در تحلیل نوسانات زمانی بین صد ساله‌ی فراوانی وقوع امواج‌گرما، بازه‌ی زمانی مدنظر به دو دوره تقسیم می‌شود. دوره اول از ۱۸۵۱ تا ۱۹۵۰ است که میزان امواج حادث شده در سال زیر مقدار میانگین و حدود ۳/۵ موج در سال می‌باشد. نقطه عطف این نمودار نیز سال ۱۹۵۰ و محل تلاقی روند غیرخطی و روند پلکانی بین‌صده‌ای است که با افزایش جهشی همراه بوده است. رخداد امواج گرمایی در صده‌ی دوم یعنی از سال ۱۹۵۰ تا دوره‌ی حاضر افزایش قابل توجهی داشته، بالاتر از میانگین کل قرار گرفته و به بیش از ۵ موج در سال رسیده است. درنهایت نتایج حاصل از تحلیل سه نمودار ذیل نشان می‌دهد شروع اکثر تغییرات صورت گرفته ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان می‌باشد. به این معنا که در کل دوره نوسانات بسیاری در فراوانی وقوع امواج‌گرمایی رخ داده است اما در نهایت روند آنها صعودی و معنی‌دار بوده است.

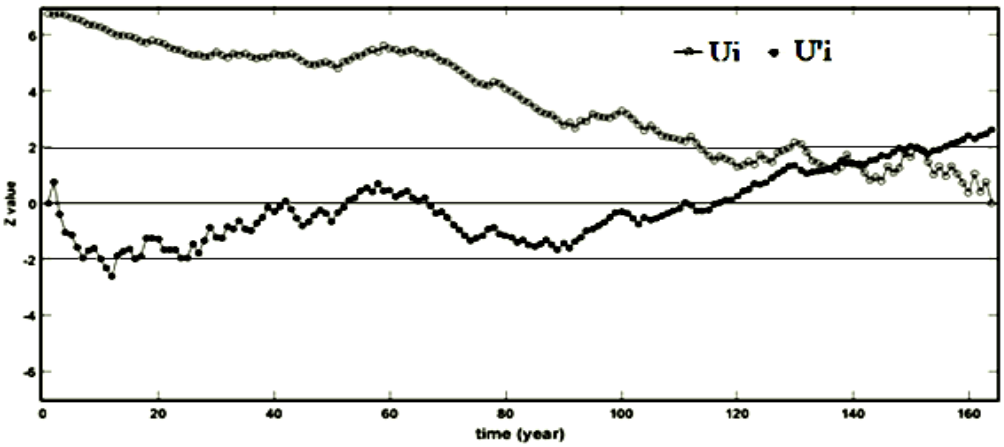


شکل (۷). روند نوسانات زمانی بین دهه ای (الف)، بین ۵۰ ساله (ب)، و بین ۱۰۰ ساله‌ی (ج) و پلکانی فراوانی وقوع امواج گرمایی در منطقه شمال‌غرب ایران در بازه زمانی ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۴.

جهت آگاهی از معنی‌دار بودن روند تغییرات‌زمانی فراوانی رخداد امواج‌گرمایی شمال‌غرب کشور از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده گردید. نمودار مربوط به آزمون مذکور در بازه‌ی زمانی ۱۸۵۱تا ۲۰۱۴ در شکل (۸) نشان داده شده است. با توجه به خط U'i در داده‌های استخراجی و در نمودار مندرج در شکل ذیل تغییرات سری فراوانی وقوع امواج از محدوده‌ی ۱/۹۶ عبور کرده، صعودی و معنادار می‌باشد. خطوط Ui و U'i در مشاهدات ۱۳۴ تا ۱۴۱ یعنی در سال‌های ۱۹۸۸،۱۹۸۷،۱۹۸۶،۱۹۸۵،۱۹۸۴، ۱۹۹۰،۱۹۸۹ و ۱۹۹۱ و نیز در مشاهدات ۱۴۹ و ۱۵۰ یعنی در سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ و همچنین در مشاهدات ۱۵۳ و ۱۵۴ یعنی در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

سالهای ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ در داخل محدوده‌ی بحرانی ۱/۹۶ ± همدیگر را قطع کرده‌اند که این امر بیانگر آن می‌باشد که نقاط عطف بسیاری در مقاطع زمانی مذکور شکل گرفته است. قطع خطوط Ui و U'i در محدوده-ی ۱/۹۶ ± و مسیر مخالف دو خط نشانگر وجود جهش و تغییرات ناگهانی در بلندمدت همراه با نوسان در این سال‌ها بوده که کاملا صعودی و معنادار می‌باشد. به عبارتی این امر بیانگر تغییر در میانگین بلندمدت فراوانی رخداد امواج‌گرمایی شمال‌غرب ایران است. خطوط Ui و U'i بعد از تقاطع، خارج از محدوده‌ی بحرانی قرار گرفته و این نیز نشان می‌دهد که در رخداد امواج گرمایی، "روند" شکل گرفته است. نکته مهم نمودار آن که از سال ۲۰۰۰ تا دوره کنونی وقوع امواج‌گرمایی در منطقه‌ی شمال‌غرب ایران دستخوش یک تغییر ناگهانی مثبت و صعودی شده و شدت بیشتری به خود گرفته است، به گونه ای که U'i از محدوده‌ی۱/۹۶ ± خارج شده و این امر دال بر معنی‌داری روند صعودی و افزایشی رخداد امواج در این منطقه از ایران است. لازم به ذکر است که اثبات وجود روند معنی‌دار در سری‌زمانی فراوانی امواج‌گرمایی شمال‌غرب ایران به تنهایی نمی‌تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییراقلیم در این منطقه باشد بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌کند. این امر به دلیل متعدد بودن عوامل کنترل کننده‌ی سامانه‌ی اقلیم می‌باشد.



شکل(۸). الگوی زمانی روند فراوانی رخداد امواج گرمایی منطقه شمال‌غرب ایران بر اساس توالی آماره های Ui و U'i آزمون من-کندال در بازه‌ی ۱۸۵۱ تا ۲۰۱۴.

ارتباط امواج‌گرمایی با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای

در جدول (۱) مقادیر ماهانه‌ی ضرایب همبستگی پیرسون فراوانی رخداد امواج‌گرمایی و نیز ضرایب همبستگی اسپیرمن شدیدترین موج‌گرم با داده‌های جهانی ناهنجاری‌دمایی خشکی‌هاو اقیانوس‌ها به عنوان شاخص گرمایش‌جهانی درج شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

جدول (۱): مقادیر ضرایب همبستگی ماهانه‌ی فراوانی امواج گرمایی و نیز رخداد شدیدترین موج گرم با داده‌های جهانی ناهنجاری دمایی خشکی‌ها و اقیانوس‌ها از ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۴.

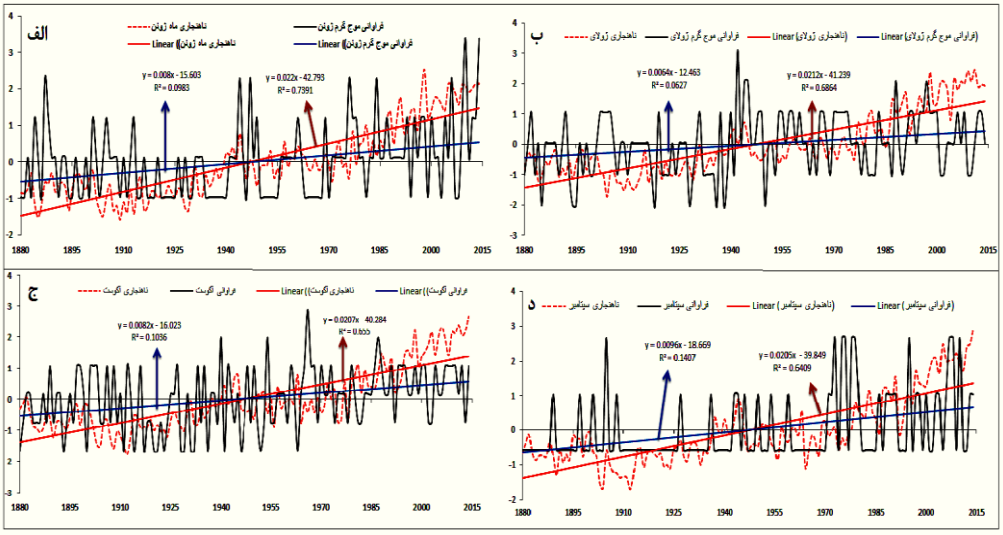
ناهنجاری اقیانوس‌ها و خشکی‌ها/ ماه	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر
فراوانی موج گرم	۰/۳۸۸ **	۱۹۴ *	۰/۲۵۶ **	۰/۳۶۵**
شدیدترین موج گرما	۰/۲۶۴*	۲۸۱**	۰/۳۶۹**	۰/۳۲۳*

(* سطح اطمینان ۹۵ درصد و ** سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد)

نتایج ضرایب همبستگی پیرسون بین فراوانی امواج‌گرم ماهانه با ناهنجاری‌های دمایی که از آن با عنوان شاخص پدیده‌ی گرمایش‌جهانی یاد می‌شود نشان می‌دهد که در تمامی ماه‌های مورد مطالعه ارتباط مثبت و معنادار وجود دارد. این به معنی آن است که با افزایش شاخص‌گرمایش‌جهانی تعداد امواج‌گرمایی در تمامی ماه‌های ژوئن تا سپتامبر در شمال‌غرب ایران نیز افزایش یافته است. در بین ماه‌ها، ابتدا فراوانی رخداد امواج‌گرمایی ماه ژوئن به میزان ۰/۳۸۸ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد، سپس ماههای سپتامبر و آگوست به ترتیب به میزان ۰/۳۶۵ و ۰/۲۵۶ دارای بیشترین میزان ضریب همبستگی مثبت و معناداری در سطح اطمینان ۹۹ درصد می-باشند. کمترین میزان همبستگی با ۰/۱۹۴ درصد و در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد مربوط به ماه ژولای است. به منظور آگاهی بیشتر از تاثیر ناهنجاری‌های دمایی‌کره‌ی‌زمین بر فراوانی ماهانه‌ی وقوع امواج، در شکل ۸ (الف) نمرات استاندارد شده مقادیر یاد شده در مقابل هم قرار داده شده است. همسانی مقادیر ماه ژوئن گواه آن است که افزایش میزان ناهنجاری‌ها با افزایش نسبی روند فراوانی امواج گرمایی همراه بوده است. سری ناهنجاری دمایی در این ماه از شروع دوره‌ی مورد مطالعه تا اول دهه ۱۹۴۰ زیر میانگین کل و از این تاریخ تا اوایل دهه ۱۹۸۰ روند زمانی شاخص حول محور میانگین در نوسان بوده است. نقطه‌ی عطف در سری ناهنجاری دمایی ماه ژوئن آغاز دهه‌ی ۱۹۸۰ می باشد به‌گونه‌ای که از این تاریخ تا پایان دوره، ارقام ناهنجاری-دمایی مقادیر بالای میانگین را تجربه کرده است. این وضعیت افزایش سریع و شتابان مقادیر گرمایش‌جهانی در چند دهه‌ی اخیر را نشان می‌دهد. این افزایش با رشد نسبتا شدیدتر و بی سابقه‌ی فراوانی امواج‌گرم از اواخر دهه‌ی ۷۰ و اوایل دهه‌ی ۸۰ تا سال ۲۰۱۴ همراه بوده است. در ماه ژولای (ب) نیز به مانند ماه ژوئن میزان افزایش شاخص‌گرمایش‌جهانی تا قبل از دهه‌ی ۴۰ زیر مقادیر میانگین بوده و از دوره‌ی ۱۹۴۰ تا ۱۹۸۰ مقادیر متعادلی را تجربه کرده است. از دهه‌ی ۸۰ تا اواخر دوره، میزان ناهنجاری‌ها روندی صعودی و شتابان داشته‌اند اما افزایش فراوانی امواج‌گرم ارقامی به نسبت کم‌تر از ماه ژوئن را تجربه کرده لذا شیب‌خطی دراین ماه افزایشی، اما نسبتا متمایل و ضعیف‌تر بوده است. همسانی نوسانات زمانی فراوانی امواج‌گرما با شاخص‌گرمایش-جهانی در ماه آگوست(شکل ج) حاکی از تاثیر شدیدتر و ملموس‌تر شاخص مذکور بر فراوانی امواج‌گرم است. به‌گونه‌ای که با توجه به ضریب‌تعیین (R^2) محاسبه شده در نمودار سری زمانی، میزان ۱۰ درصد از تغییراتِ مثبت و افزایشی امواج‌گرما به طور مستقیم متاثر از افزایش شاخص ناهنجاری‌های دمایی است. در این ماه مقادیر شاخص گرمایش‌جهانی در دهه‌ی آخر و بویژه از سال ۲۰۱۲ به بعد مقادیر بسیار شدید جهشی و کم سابقه‌ای را تجربه کرده و می‌توان گفت وقوع بیشترین مقادیر امواج‌گرمایی در سال‌های آخر بازه‌ی زمانی به احتمال بسیار قوی متاثر از این پدیده می‌باشد. در ماه سپتامبر (د) این وضعیت با شدت بیشتری ادامه یافته و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

مقادیر شاخص گرمایش از دهه‌ی ۸۰ تا پایان دوره شیب نسبتا تندتر و شدیدتر از ماه‌های قبل داشته ، با این تفاوت که در سالهای ۱۹۸۶ و ۱۹۹۲ و در دو مقطع یک ساله، مقادیر پایین‌تر از میانگین را تجربه کرده است. نقطه عطف در روند سری‌زمانی امواج‌گرمایی در ماه سپتامبر از سال ۱۹۷۰ آغاز شده که نشان از میزان بالای رخداد موج‌گرما از این تاریخ تا پایان دوره است. با توجه به ضریب‌تعیین(R^2) ، ۱۴ درصد از تغییرات افزایشی وقوع امواج‌گرمایی شمال‌غرب ایران در ماه سپتامبر به طور مستقیم متاثر از پدیده‌ی‌گرمایش جهانی می‌باشد. همچنین روند شدید و افزایش جهشی شاخص در این ماه از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ بوده است.

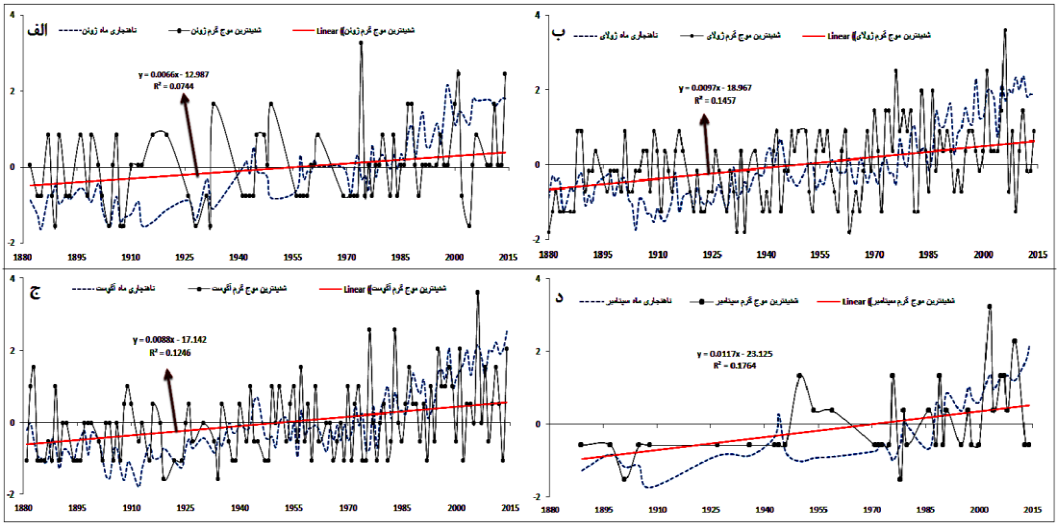


شکل (۹). مودار مقایسه‌ای و استاندار شده‌ی ماهانه‌ی فراوانی وقوع امواج گرمایی با ناهنجاری دمایی اقیانوس و خشکی در منطقه شمال‌غرب ایران، الف(ژوئن)، ب(ژولای)، ج(آگوست)، د(سپتامبر) از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۴.

تحلیل نتایج ضرایب‌همبستگی اسپیرمن شدیدترین موج‌گرم ماهانه با داده‌های مربوط به شاخص گرمایش جهانی(شکل۹) نشانگر ارتباط مثبت و معنی‌دار در ماه‌های آگوست و ژولای هرکدام به ترتیب به میزان ۰/۳۶۹ ، ۰/۲۸۱ و در سطح اطمینان ۹۹درصد و کمترین میزان همبستگی مربوط به ماه‌های ژوئن به میزان ۰/۲۶۴ و نیز سپتامبر به میزان ۰/۳۲۳ در سطح معنی داری ۹۵ می‌باشد. نتایج جدول (۱) گواه آن است که با افزایش ضرایب شاخص‌گرمایش‌جهانی، تاحدودی شدت امواج‌گرمایی نیز در شمال‌غرب ایران بیشتر شده است. در شکل (۱۰) نمودار مقایسه‌ای و استاندارد شده‌ی تاثیر ناهنجاری‌های دمایی بر وقوع شدیدترین امواج‌گرمایی نشان داده شده است. در نمودار مربوط به ماه ژوئن (الف) آشکار است که افزایش مقادیر ناهنجاری‌ها با افزایش نسبی سری‌زمانی وقوع شدیدترین امواج‌گرمایی همراه بوده است. سری زمانی ناهنجاری دمایی در این ماه و در طول دوره مورد نظر روندی افزایش داشته که بیشترین میزان آن در سال‌های آخر دوره می‌باشد. این امر با افزایشی نسبی با شیب نسبتا ملایم در رخداد امواج‌گرمایی شدید همراه بوده است. در ماه ژولای (ب) سری زمانی شاخص افزایش قابل توجهی را تجربه کرده اما شیب خطی و افزایشی وقوع امواج‌گرمایی شدید به مانند ماه ژوئن نسبتا متمایل و ضعیف بوده است. در ماه آگوست (ج) به مانند ماه‌های قبل اثر شاخص‌گرمایش‌جهانی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

بر رخداد شدت امواج افزایشی و مثبت بوده اما شدید و قابل ملاحظه نیست. در شکل (۱۰د) همسانی سری-زمانی مقادیر مذکور در ماه سپتامبر نشان داده شده است. نکته قابل توجه در این نمودار میزان (R^2) یا ضریب تعیین سری‌زمانی شدیدترین موج‌گرما در ماه سپامبر است. با توجه به مقادیر ضریب‌تعیین(R^2)، می-توان گفت ۱۴ درصد از تغییرات افزایشی رخداد شدیدترین امواج‌گرمایی شمال‌غرب ایران متاثر از پدیده‌ی-گرمایش جهانی می‌باشد. همسانی شاخص ناهنجاری‌های دمایی اقیانوس‌ها و خشکی با مقادیر سری زمانی شدیدترین امواج در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل (۱۰). نمودار مقایسه‌ای و استاندارد شده‌ی ماماهانه‌ی رخداد شدیدترین امواج گرم با ناهنجاری دمایی اقیانوس و خشکی در منطقه شمال‌غرب ایران، الف(ژوئن)، ب(ژولای)، ج(آگوست)، د(سپتامبر) در بازه زمانی۱۸۸۰ تا۲۰۱۴.

ارتباط فصلی امواج گرمایی با ناهنجاری‌های دمایی

جدول شماره (۲) مقادیر ضرایب همبستگی پیرسون فراوانی امواج‌گرمایی فصلی(فصل‌گرم) و نیز ضریب همبستگی اسپیرمن شدیدترین امواج‌گرم فصلی با داده‌های جهانی ناهنجاری دمایی خشکی‌ها و اقیانوس‌ها به عنوان شاخص گرمایش جهانی در فصل‌گرم نشان داده شده است.

جدول (۲): مقادیر ضرایب همبستگی فصلی(گرم) فراوانی امواج گرمایی و رخداد شدیدترین موج گرم سالیانه با داده های جهانی ناهنجاری دمایی خشکی‌ها و اقیانوس‌ها از ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۴.

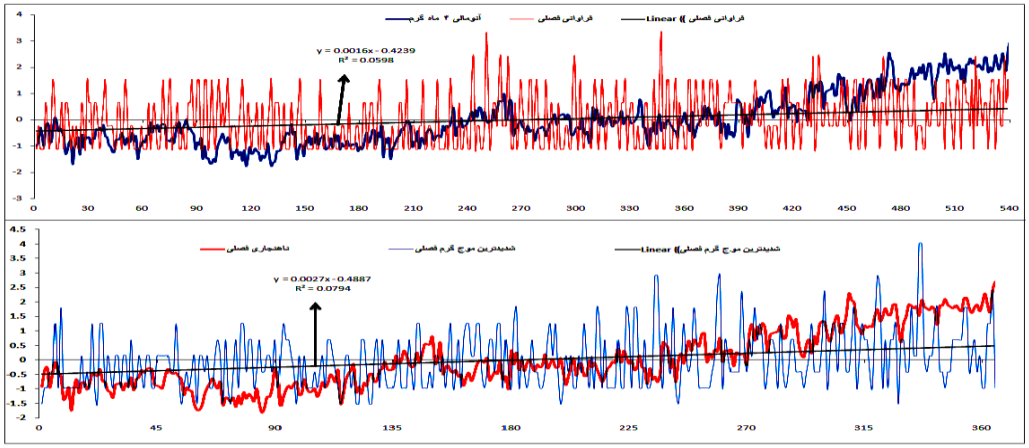
ناهنجاری اقیانوس و خشکی ها/ فراوانی و شدت امواج گرم	ضرایب همبستگی فصلی
فراوانی موج گرم	۰/۲۲۹ **
شدیدترین موج گرم	۰/۲۲۵ **

(* سطح اطمینان ۹۵ درصد و ** سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد)

تحلیل نتایج ضرایب همبستگی بین فراوانی وقوع امواج‌گرمایی فصل‌گرم (الف) و نیز شدیدترین موج گرما (ب) در این فصل با پدیده‌ی گرمایش‌جهانی نشانگر ارتباط مثبت و معنادار بین آنهاست. با افزایش شاخص تعداد و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

شدت امواج گرمایی تابستانه با افزایش و شدت بیشتری همراه بوده است. مطابق جدول فوق ضریب همبستگی فراوانی فصلی رخداد امواج‌گرمایی با ناهنجاری‌های‌دمایی اقیانوس‌وخشکی به میزان ۰/۲۲۹ در سطح اطمینان ۹۹ درصد و نیز میزان ضریب همبستگی شدیدترین موج گرما با شاخص ۰/۲۲۵ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است. شکل (۱۰) همسانی و ارتباط نزدیک بین ناهنجاری‌های دمایی اقیانوس‌هاوخشکی با فراوانی فصلی وقوع امواج گرمایی(الف) و نیز رخداد شدیدترین موج‌گرم فصل گرم(ب) را نشان می‌دهد. لذا در اکثر مقاطع زمانی هماهنگی نسبی در تغییرات گرمایش‌جهانی با فراوانی و شدت وقوع امواج‌گرمایی مشاهده می‌گردد.



شکل(۱۱). نمودار مقایسه‌ای و استاندار شده‌ی فراوانی فصلی وقوع امواج گرم (الف) و شدیدترین موج گرم(ب) با ناهنجاری دمایی اقیانوس و خشکی در منطقه شمال‌غرب ایران از سال ۱۸۸۰ تا سال ۲۰۱۴.

ارتباط نوسانات امواج گرم با گازهای گلخانه‌ای

جدول (۳) مقادیر ضریب همبستگی پیرسون ماهانه‌ی فراوانی امواج‌گرمایی و نیز همبستگی اسپیرمن شدیدترین موج‌گرما با داده‌های جهانی مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای شامل: (CO2 , CH4, N2O , SF6) را نشان می‌دهد.

جدول(۳): مقادیر ضرایب همبستگی فراوانی ماهانه‌ی امواج گرمایی و شدیدترین موج گرم با دادهای جهانی گازهای گلخانه ای شامل: (CO2 , CH4, N2O , SF6) از ۱۸۵۰تا ۲۰۱۴.

گاز دی اکسید کربن (CO2)/ ماه	*ژوئن*	*ژولای*	*آگوست*	*سپتامبر*
فراوانی وقوع موج گرم	۰/۲۲۱	۰/۰۲۱	۰/۲۱۶	-۰/۰۶۶
شدیدترین موج گرما	۰/۳۳۶*	-۰/۰۹۱	۰/۲۵۸	۰/۳۴۳
گاز متان (CH4)/ ماه	*ژوئن*	*ژولای*	*آگوست*	*سپتامبر*
فراوانی وقوع موج گرم	۰/۱۷۸	-۰/۰۴۶	۰/۰۱۷	۰/۲۶۵
شدیدترین موج گرما	۰/۱۶۲	۰/۰۸۸	۰/۰۲۸	۰/۲۴۸
گاز اکسید نیترات(N2O)/ ماه	*ژوئن*	*ژولای*	*آگوست*	*سپتامبر*

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

فراوانی وقوع موج گرم	۰/۴۳۵	-۰/۰۶۹	۰/۰۵۲	۰/۱۷۵
شدیدترین موج گرما	۰/۱۳۶	-۰/۰۷۴	-۰/۰۱۷	-۰/۰۳۱
گاز هگزاکلروفلوروکربن(SF6)/ ماه	*ژوئن*	*ژولای*	*آگوست*	*سپتامبر*
فراوانی وقوع موج گرم	۰/۴۴۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۵۶	۰/۱۵۵
شدیدترین موج گرما	۰/۱۳۶	-۰/۰۷۴	-۰/۰۱۷	-۰/۰۳۱

(* سطح اطمینان ۹۵ درصد و ** سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد)

در تحقیق حاضر از آنجایی که بازه‌ی زمانی جمع‌آوری و ثبت داده‌های گازهای‌گلخانه‌ای طولانی نبوده و نیز دوره‌ی اندازه‌گیری آنها متفاوت می‌باشد، لذا در بررسی‌های آماری و نیز تحلیل مقادیر همبستگی از ابتدای سالی که داده‌ها در دسترس هستند به این امر پرداخته شده است. بنابراین: گاز CO2 از سال ۱۹۷۱، گاز CH4 از سال ۱۹۸۴، و نیز گازهای N2O و SF6 از سال ۱۹۹۸ تا پایان بازه‌ی زمانی مدنظر(سال۲۰۱۴) مورد بررسی و تحلیل آماری قرار گرفته‌اند. همچنین به مانند مطالب فوق در بررسی ضرایب همبستگی فراوانی وقوع امواج(داده‌های پیوسته) با گازهای‌گلخانه‌ای از ضریب‌همبستگی پیرسون و در برآورد مقادیر همبستگی شدیدترین رخداد موج‌گرما(داده‌های گسسته) با گازهای‌گلخانه‌ای از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شده است. همانطور که در جدول (۳) آشکار است هیچکدام از گازهای‌گلخانه‌ای انسان‌ساز، با فراوانی رخداد امواج-گرمایی منطقه‌ی مورد مطالعه رابطه‌ی قابل توجه و معناداری ندارند. این گازها با شدیدترین امواج‌گرمایی در ماه‌های ژولای، آگوست و سپتامبر ارتباط معنی‌داری نداشتند اما در ماه ژوئن دارای همبستگی ۰/۳۳۶ بوده که در سطح اطمینان ۹۵ درصد مثبت و معنادار می‌باشد. به عبارتی گازهای مورد مطالعه در تحقیق حاضر ارتباط معناداری را با فراوانی و شدت امواج‌گرمایی نداشته‌اند. لذا تا اندازه‌ی زیادی می‌توان اظهار کرد که مطابق مطالعات اندیشمندان گذشته، افزایش گازهای گلخانه‌ای ساخته بشر با "دما" دارای ارتباط مثبت و معنی‌دار هستند اما این افزایش با فراوانی وقوع امواج و نیز شدت امواج‌گرمایی ارتباط معناداری ندارند.

ارتباط نوسانات فصلی امواج گرمایی با گازهای گلخانه‌ای

مقادیر ضرایب همبستگی پیرسون فراوانی فصلی رخداد امواج‌گرمایی و نیز همبستگی اسپیرمن شدیدترین موج‌گرما با داده‌های جهانی گازهای‌گلخانه‌ای شامل: (CO2 , CH4, N2O , SF6) در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول(۴) : مقادیر ضرایب همبستگی فصلی فراوانی امواج گرمایی و نیز رخداد شدیدترین موج گرم با دادهای جهانی گازهای گلخانه ای شامل: (CO2 , CH4, N2O , SF6).

فراوانی و شدت فصل گرم/ گازهای گلخانه‌ای	CO2	CH4	N2O	SF6
فراوانی فصلی وقوع موج گرما	۰/۰۶۱	-۰/۰۰۴	۰/۱۴۶	۰/۱۵۲
شدیدترین فصلی موج گرما	۰/۱۴۰	-۰/۰۰۴	-۰/۰۴۹	-۰/۰۳۳

(* سطح اطمینان ۹۵ درصد و ** سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

مطابق جدول(۴) بررسی فصلی(فصل گرم) ضرایب همبستگی فراوانی و شدت وقوع امواج گرمایی نشان از عدم ارتباط مثبت و معنی‌دار با داده‌های گازهای (**CO2 , CH4, N2O , SF6** در فصل‌تابستان(ژوئن تا سپتامبر) می‌باشد. این بدان معناست که افزایش یا کاهش گازهای انسان‌ساز به منزله افزایش یا کاهش فراوانی و شدت امواج‌گرمایی در فصل‌گرم در منطقه‌ی شمال‌غرب ایران نیست. نکته قابل توجه اینکه گازهای CO2 و CH4 که مهمترین گازهای‌گلخانه‌ای انسان‌ساز می‌باشند، هیچگونه ارتباط قابل‌توجه و معنی‌داری با فراوانی وقوع امواج-گرمایی نداشتند. بنابراین افزایش و کاهش مقادیر گازهای‌گلخانه‌ای منجر به شدت و ضعف وقوع امواج‌گرما نشده است. بنابراین در مقابل دیدگاه‌ها و نظرات بسیاری از اقلیم‌شناسان که معتقدند روند فزاینده‌ی گازهای-گلخانه‌ای در دهه‌های اخیر منجر به تغییرات وناهنجاری‌های گسترده‌ای در اقلیم‌کره‌ی‌زمین شده می‌توان اینگونه اظهار کرد که این امر همیشه و در همه جا مصداق قطعی ندارد. لذا نمی‌توان با اطلاعات محدود از داده‌های گازهای‌گلخانه‌ای که عمر جمع‌آوری برخی از آنها به سه دهه هم نمی‌رسد به طور قطعی و صددرصد گفت که این تغییرات گسترده‌ی اقلیمی و بویژه های فرین‌های آب‌وهوایی ناشی از افزایش گازهای انسان‌ساز است. بنابراین شاید بتوان اینگونه اظهار کرد که افزایش گازهایی همچون دی‌اکسیدکربن(co2) و متان(ch4) در مقیاس میکرواقلیم و یا حتی منطقه‌ای و در سطح مادرشهرها منجر به افزایش دما شده و یا اندکی منجر به گرم شدن آب و هوا می‌شوند اما نمی‌توان حکم قطعی داد که گازهای گلخانه‌ای منتشره از فعالیت‌های بشر منجر به تغییرات اقلیم کره‌ی‌زمین شده است.

نتیجه گیری

افزایش فراوانی و فزونی شدت امواج‌گرمایی یکی از نشانه‌های گرمایش‌جهانی محسوب می‌شود که این مساله در کشور ما نیز صادق است. در این پژوهش به بررسی نوسانات و تغییرات ماهانه و فصلی رخداده در فراوانی‌وقوع و نیز شدت امواج‌گرمایی در منطقه‌ی شمال‌غرب ایران دردوره‌ی گرم سال (ژوئن تا سپتامبر) در بازه‌ی زمانی ۱۸۵۱ تا ۲۰۱۴ و تاثیرپذیری نوسانات از ناهنجاری‌های دمایی اقیانوس‌ها و خشکی‌ها و گازهای‌گلخانه‌ای انسان‌ساز پرداخته شد. نتایج نشان داد که روند فراوانی رخداد امواج‌گرمایی از قانون توزیع احتمال ویبول و روند سری زمانی وقوع شدیدترین موج‌گرما از قانون توزیع احتمال لاگ‌نرمال تبعیت می‌کند که این نشانه‌ای از غیرخطی بودن و پیچیدگی در احتمال فراوانی‌وقوع و شدت امواج‌گرمایی دارد. نتایج تحلیل‌های حاصل شده بیان‌گر آن بود که فراوانی‌وقوع امواج‌گرمایی روندی صعودی داشته و بیشترین مقدار رخداد امواج در دهه‌های اخیر بوده است. بررسی تغییرات شدت امواج‌گرما نیز بیانگر روند صعودی و رشد فزاینده و معنی‌دار رخداد امواج شدید خیلی‌گرم در منطقه‌ی مورد مطالعه بوده که این نیز در دهه‌های اخیر شدت بیشتری را تجربه کرده است. نتایج آزمون من -کندال نشان داد که روند افزایشی و معنی‌دار در فراوانی وقوع امواج گرم و نیز شدت-وقوع آنها به وضوح اتفاق افتاده است که مجموع نتایج فوق‌الذکر با نتایج مطالعات (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۹۰:۱۷۳۰۰- علیجانی و همکاران،۱۳۹۱: ۱۷- اسماعیل نژاد،۱۳۹۱ و دارند،۱۳۹۳: ۱۶۷) مطابقت می‌نماید. بررسی مقادیر ضرایب همبستگی از داده‌های مستخرج نیز بیانگر ارتباط مثبت و معنی‌داری فراوانی و شدت وقوع امواج‌گرمایی با مقادیر ناهنجاری‌های‌دمایی اقیانوس‌وخشکی، هم در مقیاس ماهانه و هم در مقیاس

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

فصلی(فصل گرم) می‌باشد. همچنین به تحلیل و آشکارسازی ارتباط فراوانی وقوع و شدت رخداد امواج گرما با داده‌های ۴ گاز گلخانه‌ای مهم انسان‌ساز که شامل: (CO2 , CH4, N2O , SF6)، می‌باشند پرداخته شد. در مقیاس ماهانه و فصلی بین فراوانی وقوع امواج‌گرم با گازهای مورد مطالعه ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد. بررسی ارتباط داده‌ههای شدت امواج‌گرمایی با گازهای‌گلخانه‌ای حاکی از آن بود که به غیر از ارتباط مثبت و معنی‌دار گاز دی‌اکسیدکربن با شدت امواج‌گرما در ماه ژوئن در سطح اطمینان ۹۵ درصد، در هیچ‌یک از ماه-های دیگر و با گازهای مد نظر در این پژوهش ارتباط مثبت و معنی‌داری مشاهده نشد. در مقیاس فصلی نیز اوضاع به همین منوال بوده است و نتایج عدم ارتباط فصلی رخداد امواج گرمایی شدید با گازهای ناشی از فعالیت‌های بشر را بیان می‌کند. در نتیجه می‌توان گفت که روند سری زمانی فراوانی وقوع و نیز شدت امواج-گرمایی در طول دوره‌ی مورد مطالعه و در تمامی ماه‌ها و همچنین در طول فصل‌گرما صعودی و افزایشی بوده است که این امر با افزایش شاخص‌گرمایش جهانی ارتباط مستقیم و معنادار دارد اما با گازهای‌گلخانه ای ارتباط مثبت و معنی‌داری دیده نمی‌شود. در مجموع میتوان گفت افزایش دما و رخداد بیشتر و شدیدتر امواج‌گرمایی یکی از نامطلوب‌ترین اثرات افزایش ناهنجاری‌های دمایی و مقوله‌ی تغییر اقلیم است. امواج‌گرمایی در مناطق با آب‌وهوای نسبتا سردتر کشور بالاخص شمال‌غرب‌ایران، اثرات بسیار شدید زیست‌محیطی، اقتصادی- اجتماعی، آب‌شناختی و غیره از خود به جای خواهد گذاشت. به عنوان نمونه می‌توان به کاهش ذخایر برفی در مناطق کوهستانی که عمده منبع تغذیه منابع آبی هستند اشاره کرد. همچنین آتش سوزی طبیعی جنگل‌ها و مراتع به خاطر گرما و خشکی ناشی از موج گرما، وقوع و شیوع بیماری‌هایی ناشی از گرمازدگی و مسمومیت غذایی و نیز فساد تولیدات دامی ولبنی از جمله مسائلی است که رخداد امواج‌گرمایی می‌تواند در کشور ما بالاخص منطقه‌ی مورد مطالعه بوجود بیاورد. همچنین مساله بسیار مهم بحران تامین انرژی در جریان روزهای توام با امواج-گرمایی طولانی و شدیدتر به ویژه تامین انرژی برق نیز بسیار مهم است، زیرا بین میزان مصرف انرژی برق و در نتیجه افت فشار شبکه‌های انتقال انرژی الکتریسیته و میزان گرمی هوا هماهنگی و رابطه زیادی وجود دارد. لذا ضروری است که مدیران و برنامه‌ریزان کشوری بویژه در بخش‌های انرژی، محیط‌زیست، کشاورزی، ذخایر برفی و بویژه بحث خشکی و کم آبی دریاچه‌ی ارومیه، مخاطره‌ی موج‌گرما که در سال‌های‌اخیر یکی از بحران‌های فصل‌گرم محسوب می‌شود را به عنوان مساله‌ای مهم و درخور توجه قلمداد کنند. از نتایج فوق می‌توان چنین اظهار کرد که افزایش گازهای‌گلخانه‌ای با فزونی فراوانی و شدت رخداد امواج‌گرمایی، ارتباط مستقیم و معناداری ندارد و شاید بتوان گفت که در ۱۶۴ سال دوره‌ی آماری، افزایش بسامد و شدت امواج‌گرما تا حدودی تاییدکننده‌ی گرمایش‌جهانی در شمال‌غرب کشور می‌باشند. اما این گرمایش ممکن است بدلیل افزایش گازهای‌گازهای‌گلخانه‌ای نبوده و ناشی علل طبیعی یا علت‌های دیگری باشد که نیازمند مطالعات و بررسی‌های بیشتری در این زمینه است. از سوی دیگر با عنایت به ادبیات مربوط به تغییرات اقلیمی و نظریات متفاوتی که درباره‌ی تغییر اقلیم نواحی مختلف دنیا مطرح شده است، نمی‌توان با قاطعیت تمام ابراز کرد که روند روبه‌رشد و افزایشی امواج‌گرمایی شمال‌غرب ایران ناشی از رخداد تغییر اقلیم در این منطقه است. هرچند اثر نوسانات اقلیمی بر پارامترهایی همچون دما، بارش و امواج گرمایی و سرمایی در ایران بررسی و تایید شده است اما این نکته که روند گرمایش‌جهانی و به تبع آن تغییر اقلیم تا چه حد و با چه شدتی نواحی مختلف کشور را تحت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

تاثیر قرار می‌دهد و روند آتی آن چگونه خواهد بود از نکاتی است که نیاز به تحقیقات گسترده و عمیق‌تری دارد.

منابع

دارند، محمد. (۱۳۹۳)، **شناسایی و تحلیل زمانی - مکانی امواج گرمایی ایران زمین**، جغرافیا و توسعه، **۱۲(۳۵)**: ۱۶۷-۱۸۰.

دارند، محمد. (۱۳۹۳)، **واکاوی تغییرات مقادیر حدی بارش و دما در ارومیه به عنوان نشانه هایی از تغییر اقلیم**، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، **۲۱(۲)**: ۱-۳۰.

عساکره، حسین؛ مسعودیان، سیدابولفضل، شادمان، حسن. (۱۳۹۲). **تحلیل همدید پویشی فراگیرترین روز گرم ایران طی سال ۱۳۴۰ تا سال ۱۳۸۶**، جغرافیا و مخاطرات محیطی، **۷**: ۳۵-۵۲.

قویدل‌رحیمی، یوسف. (۱۳۹۰)، **شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج آبّر گرم تابستان ۱۳۸۹ ایران**، مجله‌ی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، **۱(۳)**: ۸۵-۱۰۰.

قویدل رحیمی، یوسف. (۱۳۹۳)، **تحلیلی از مخاطره اقلیمی موج ابر گرم سال ۱۳۸۹ خوزستان**، جغرافیا و برنامه ریزی، **۱۹(۵۱)**: ۲۸۹-۳۰۹.

قویدل رحیمی، یوسف؛ رضایی، محمد. (۱۳۹۳)، **تحلیل آماری و سینوپتیک دماهای ابرگرم منطقه جنوب شرق ایران**، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، **۴(۱۵)**: ۳۵-۵۲.

لشکری، حسن؛ کیخسروی، قاسم(۱۳۸۹) **تحلیل سینوپتیکی موج سرمای ۸-۱۵ دیماه ۱۳۸۵ در ایران**، فصلنامه مدرس علوم انسانی، **۱۴(۱)**: ۱۵۱-۱۷۷.

یزدان پناه، حجت الله؛ علیزاده، تیمور. (۱۳۹۰)، **برآورد احتمال وقوع اموج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره مارکف**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، **۲۶(۳)**:۱۷۳۰۰-۱۷۳۲۲.

اسماعیل‌نژاد، مرتضی. (۱۳۹۱)، **شناسایی امواج گرمایی ایران و ارتباط آن با الگوهای همدید**، رساله‌ی دکتری تخصصی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده‌ی جغرافیا، سیستان وبلوچستان، ۱۳۹۱.

علیجانی، بهلول؛ روشنی، احمد؛ پرک، فاطمه؛ حیدریف روح‌الله. (۱۳۹۱)، **روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخصهای تغییر اقلیم در ایران**، مجله‌ی جغرافیا و مخاطرات محیطی، **۱(۲)**: ۱۷-۲۸.

IPCC (2001); **Climate Change 2001**, Scientific basis,Cambridge University Press, Cambridge,UK.

Confalonieri, U, Menne, B, Akhtar, R, Ebi, K.L, Hauengue, M, Kovats, R.S, Revich, B and Woodward, A (2007**). Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, M.L. Parry, O. F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds.,Cambridge University Press, Cambridge, UK.391-431.

Macfarlane, A; R, E, Waller, (1976), "**Short-term increases in mortality during heat waves**", Nature, **264**: 434-436.

Marc Poumad`ere, Claire Mays, Sophie Le Mer, and Russell Blong(2005). **The 2003 HeatWave in France: Dangerous Climate Change Here and Now, Risk Analysis**, **25(6),** 1483-1494.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]

[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

EM-DAT: (2007).**The OFDA/CRED International Disaster Database**, Université catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Accessed April 2007.

Liliana Carvajal(2007). **Impacts of Climate Change on Human Development,** Human Development Report Office OCCASIONAL PAPER **2007/2008.**

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007**. Climate change: impacts, adaptation and vulnerability, summary for policy makers and technical summary for working group II report**. Geneva: IPCC.

Meehl, G.A, Washington, W.M, Collins, W.D, Arblaster, J.M, Hu, A, Buja, L.E, Strand, W.G and Teng, H (2005). **How much more global warming and sea level raise**? Science. 307.

Meehl, G.A, Stocker, T.F, Collins, W. D, Friedlingstein, P, Gaye, A.T, Gregory, J.M, Kitoh, A, Knutti, R, Murphy, J.M, Noda, A, Raper, S.C.B, Watterson, I.G, Weaver A.J. and Zhao, Z.C (2007**). Global climate projections. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z and others (eds) Climate change2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Inter –governmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge.

Stott, P., D. Stone, and M. Allen, (2004) .**Human contribution to the European heat wave of 2003,** Nature, **432**, 610–614.

Beniston, M and Diaz, H.F (2004**). The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland**. Global Planet Change. 44.

Frich, P, Alexander L.V, Della- Marta, P.M, Gleason, B, Haylock, M, Klein Tank, A.M and Peterson, T (2002**). Observed coherent changes in climate extremes during the second half of the 20th century**. Clim. Res. **19**, 193-212.

Founda, D., Papadopoulos, K. H., Petrakis, M., Giannakopoulos, C., & Good, P. (2004). **Analysis of mean, maximum, and minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events, and cold events**. Global and Planetary change, **44(1),** 27-38.

Domonkos, P., Kysely, J., Piotrowicz, K., Petrovic, P., & Likso, T. (2003). **Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation**. International Journal of Climatology, **23(9),** 987-1010.

Kosatsky T. 2005. **The 2003 European heat waves**. Euro Surveill, **10**:148–149.

Gerald A. Meehl, Claudia Tebaldi (2004). **More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century**, Science Translational Medicine 305 (5686), 994-997. [doi: 10.1126/science.1098704].

J Garson, C Harsens, J de Beer. (2005). **THE EFFECT OF THE SUMMER 2003 HEAT WAVE ON MORTALITY IN THE NETHERLANDS, E U R O S U R V E I L L A N C E V O L**. 1 0 I s s u e s 7 - 9 J u l - S e p t 2 0 0 5.

Katharine Hayhoe, Scott Sheridan, Laurence Kalkstein, Scott Greene (2010). **Climate change, heat waves, and mortality projections for Chicago,** Journal of Great Lakes Research, **36,** 65–73.

Christophe Cassou, Laurent Terray(2005). **Tropical Atlantic Influence on European Heat Waves**, Journal of Climate, **18**, 2805-2811.

Barnett, A. G., Hajat, S., Gasparrini, A., & Rocklöv, J. (2012). **Cold and heat waves in the United States**. Environmental research, **112**, 218-224.

32- S. E. Perkins, L. V. Alexander, J. R. Nairn (2012). **Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwaves and warm spells**, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 39, L20714, doi: 10.1029/2012GL053361, 2012.

Tanja Wolf, Glenn McGregor (2013). **The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom**, WeatherandClimateExtremes, 1 **(2013**)59–68.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]
[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]

Labajo, Á. L., Egido, M., Martín, Q., Labajo, J., & Labajo, J. L. (2014). **Definition and temporal evolution of the heat and cold waves over the Spanish Central Plateau from** 1961 to 2010. Atmósfera, **27(3),** 273-286.

Dashkhuu, D., Kim, J. P, Chun, J. A., & Lee, W. S. (2014**). Long-term trends in daily temperature extremes over Mongolia**. Weather and Climate Extremes.

Miroslava Unkašević, Ivana Tošić (2014).**Seasonal analysis of cold and heat waves in Serbia during the period 1949–2012**, Theor Appl Climatol, DOI 10.1007/s00704-014-1154-7.

Guido Ceccherini, Simone Russo, Iban Ameztoy, Claudia Patricia Romero, and Cesar Carmona-Moreno (2016). Magnitude and frequency of heat and cold waves in recent decades: the case of South America, Natural Hazards and Earth System Science., **16**, 821–831.

www.cpc.noaa.gov

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-05-04]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.10.6]

[DOI: 10.29252/jgs.19.52.35]