نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۹، زمستان ۹۹

شناسایی امواج گرمایی و تحلیل تغییرات زمانی- مکانی آنها در ایران

دریافت مقاله: ۹۶/۶/۳۰ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۸/۳۰

صفحات: ۵۸-۳۹

نسیبه بهاروندی: دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ، ایران.
Email:nasib.araban@yahoo.com
فیروز مجرد: دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه،، ایران[1].
Email:f_mojarrad@yahoo.com
جعفر معصوم‌پور : دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه،، ایران.
Email:J_masompour27@yahoo.com

چکیده

موج گرما، مدت زمانی طولانی از آب‌وهوای گرم نسبت به شرایط مورد انتظار در یک منطقه در دورهٔ زمانی معینی از سال است. امواج گرمایی سبب مرگ‌ومیر، بیماری و بروز مشکلات گوناگون در زمینه‌های مختلف حمل‌ونقل، کشاورزی، تولید و انرژی می‌شوند. کشور ایران در دهه‌های گذشته امواج گرمایی شدیدی را تجربه کرده است. بررسی تغییرات الگوهای فضایی و زمانی این امواج برای درک علل رخداد و مواجهه با آنها بسیار مهم است. در مطالعهٔ حاضر، با استفاده از «شاخص روزانهٔ بزرگی موج گرما» (HWMId)، که هر دوی شدت و طول موج گرما را لحاظ می‌کند، امواج گرمایی ایران بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ از لحاظ توزیع زمانی و مکانی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. بدین‌منظور با استفاده از داده‌های دمای حداکثر روزانهٔ ۴۴ ایستگاه سینوپتیک کشور و بر پایهٔ آستانهٔ صدک ۹۰ام، از بین داده‌های موجود، امواج گرمایی بزرگتر یا مساوی سه روز برای هر ایستگاه شناسایی شدند. پس از اعمال شاخص HWMId بر روی روزهای هر موج گرما، بزرگی هر موج محاسبه گردید. سپس میانگین تعداد و بزرگی تمام امواج و نیز شدیدترین آنها در مقیاس‌های سالانه و فصلی محاسبه و نقشه‌ها و نمودارهای مربوطه رسم گردید. نتایج تحقیق نشان داد بیشترین تعداد امواج گرمایی، در غرب رشته‌کوه زاگرس و سپس دشت کویر رخ می‌دهد. در حالیکه بیشینهٔ بزرگی امواج، متعلق به مناطق جنوب‌شرقی و مرکزی کشور است. فصل پاییز و سپس فصل زمستان، سهم بالایی از شدیدترین امواج گرمایی را طی دورهٔ مورد مطالعه دارند. در حالیکه امواج گرمایی بهار و تابستان به نسبت ضعیف‌تر و از لحاظ وسعت، محدودتر هستند. در فصل پاییز همهٔ ایران به‌جز نوار کم‌عرضی از شمال کشور و سواحل دریای عمان و خلیج فارس، در فصل زمستان نواحی جنوب‌شرق، در فصل تابستان سواحل دریای عمان به‌سمت نواحی داخلی ایران، و در فصل بهار مناطق مرکزی و ارتفاعات غربی، تحت تأثیر امواج گرمایی قرار می‌گیرند. شدیدترین امواج گرمایی طی دورهٔ مورد مطالعه، در زمستان‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ رخ داده است. تعداد و بزرگی امواج گرمایی در کشور به‌شکل معنی‌داری در حال افزایش است. بیشترین افزایش تعداد متعلق به تابستان و افزایش بزرگی متعلق به زمستان است.

کلید واژگان: امواج گرمایی، ایران، تحلیل زمانی- مکانی، شاخص HWMId

---

۱. **نویسنده مسئول:** کرمانشاه، باغ ابریشم، دانشگاه رازی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا، همراه: ۰۹۱۸۳۳۹۸۶۷۶

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

مقدمه

گرچه تعریف جامع و روشنی از موج گرما در سطح جهان وجود ندارد (مک‌مایکل[1] و همکاران، ۲۰۰۳: ۸۸) و به خصوص در ایران، به خاطر تنوع در ساختار توپوگرافیک، مانند وجود پستی و بلندی‌های متنوع و همچنین گسترش در ۱۵ درجهٔ عرض جغرافیایی و دوری و نزدیکی به دریا، در ایستگاه‌های هواشناسی در یک زمان واحد دماهای متفاوتی ثبت می‌شود که شناسایی امواج گرمایی را با مشکل مواجه می سازد (اسماعیل‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۱)، اما شاید بتوان موج گرما را به عنوان نوسان‌های مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دماهای حداکثر روزانه در نظر گرفت که در طی روزها (گاه هفته‌ها و ماه‌های متوالی) در فضاهای جغرافیایی خاصی استمرار زمانی دارند (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۷۸). امواج گرمایی از جمله خطرناک‌ترین تهدیدات آب‌وهوایی مرتبط با گرم‌شدن کرهٔ زمین هستند که بر روی جامعه، اقتصاد و محیط زیست تأثیر می‌گذارند (کگنهوف[2] و همکاران، ۲۰۱۵: ۳۰۹). تأثیرات امواج گرمایی می‌تواند باعث خطرات انسانی، مانند افزایش نرخ بیماری و مرگ‌ومیر (گیرگیس[3] و همکاران، ۲۰۱۴: ۳؛ مک‌مایکل و همکاران، ۲۰۰۳: ۸۹)، افزایش تقاضا برای مصرف برق و آب (هاتوانی-کواکس[4]، ۲۰۱۶: ۳۱۷)، بالارفتن استرس بر منابع کشاورزی از جمله تولید گندم و وارد آمدن خسارات قابل توجه به آنها در برخی از کشورها (ورفورد و اَجِر[5]، ۲۰۱۰: ۲۷۸؛ فاروق[6] و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۹۱)، ذوب[7] بی‌سابقهٔ زمستانی یخچال‌های طبیعی (کولوچی[8] و همکاران، ۲۰۱۷: ۶) و فشار بر زیرساخت‌ها از جمله بهداشت عمومی، منابع انرژی و آب به خصوص در شهرها شود. گرمایش همچنین می‌تواند یکی از عوامل کاهش بارش‌های جامد نسبت به مایع و نیز شتاب‌دهی به فرایند ذوب ذخایر برف در مناطق کوهستانی باشد. به نظر می‌رسد که روند افزایش دما، با محدودتر شدن انباره‌های آبی همراه باشد. با توجه به این واقعیت که بارش ایران در مجموع متمرکز بوده و در سراسر سال توزیع نشده است، کاهش وسعت انباره‌های آبی به معنای تشدید کم‌آبی در ماه‌های گرم و بدون بارش خواهد بود (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۵۶۸). طبق گزارش هیأت بین‌دول تغییر اقلیم[9] (۲۰۱۳: ۳)، تقریباً مشخص است که تروپوسفر زمین از اواسط قرن بیستم به این طرف گرم‌تر شده و تغییرات بسیاری در وقایع حدی جوی از حدود سال ۱۹۵۰ رخ داده است. به احتمال بسیار زیاد، در مقیاس جهانی، تعداد روزها و شب‌های سرد کاهش و تعداد روزها و شب‌های گرم افزایش یافته است. همچنین احتمالاً تعداد امواج گرما در بخش‌های وسیعی از اروپا، آسیا و استرالیا افزایش یافته است. شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد فعالیت‌های انسانی در حال تأثیرگذاری بر روی آب‌وهوای حال حاضر است و این وضعیت در آینده نیز ادامه خواهد یافت. احتمالاً اثرات این تغییرات به شکل تغییر در شدت، تداوم و فراوانی امواج گرما و وقایع حدی آب‌وهوایی به وضوح خود را نشان خواهد داد

1 - McMichael
2 - Keggenhoff
3 - Guirguis
4 - Hatvani-Kovacs
5 - Wreford & Adger
6 - Farooq
7 - Ablation (کاهش تودهٔ یک یخچال به واسطهٔ ذوب یا تبخیر برف و یخ)
8 - Colucci
9 - Intergovernmental Panel on Climate Change

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

(خارین[1] و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۴۱۹؛ پرکینز[2] و همکاران ۲۰۱۲: ۱). می‌توان گفت که اولین گام برای کنترل یا دست‌کم کاهش آسیب ناشی از این پدیدهٔ اتمسفری، تعریف، تشخیص و شناسایی ویژگی‌های آن با روش‌های علمی است (عباس‌نیا و همکاران، ۲۰۱۶: ۲۵).

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در مناطق مختلف جهان در بارهٔ امواج گرمایی صورت گرفته است. پونگراش[3] و همکاران (۲۰۱۳: ۱۱۵) در تجزیه و تحلیل تغییرات پیش‌بینی‌شده در بروز موج گرما در مجارستان، کووان[4] و همکاران (۲۰۱۴: ۵۸۵۱) در استرالیا، روسو[5] و همکاران (۲۰۱۶: ۱) در آفریقا با استفاده از شاخص روزانهٔ بزرگی موج گرما[6] (HWMId)، چکرینی[7] و همکاران (۲۰۱۷: ۱۱۵) در آفریقا طی دورهٔ ۲۰۱۵-۱۹۸۱ با استفاده از شاخص روزانهٔ بزرگی موج گرما (HWMId) یان[8] و همکاران (۲۰۱۷: ۳۷۹) در بررسی زمانی-مکانی امواج گرما در چین، و گوئریه‌رو[9] و همکاران (۲۰۱۸: ۱) در بررسی امواج گرمایی در اروپا، همگی به این نتیجه رسیدند که دماهای بیشینه در دهه‌های اخیر افزایش پیدا کرده و امواج گرمایی، شدیدتر، طولانی‌تر و بیشتر شده‌اند و نیز، امواج گرمایی شدیدتری در آینده اتفاق خواهد افتاد.

بنیستون و دیاز[10] (۲۰۰۴: ۷۳) در بررسی موج گرم تابستان سال ۲۰۰۳ بازل سوئیس، بر اساس مشاهدات و شبیه‌سازی‌های مدل‌های آب‌وهوایی به این نتیجه رسیدند که تابستان‌ها در اروپا به‌تدریج به اندازهٔ رخداد موج گرمایی سال ۲۰۰۳ گرم‌تر خواهد شد؛ به طوری‌که در اواخر قرن ۲۱ به احتمال زیاد به یک هنجار تبدیل خواهد شد. روسو و همکاران (۲۰۱۴: ۱۲۵۰۰) در مطالعهٔ بزرگی امواج گرمای شدید در شرایط آب‌وهوایی کنونی و طرح‌ریزی آنها برای یک جهانِ در حالِ گرم‌شدن، شاخص جدیدی را به نام شاخص شدت موج گرما[11] (HWMI) معرفی کردند که می‌تواند کار مقایسه را در مکان‌ها و زمان‌های مختلف انجام دهد. این شاخص بر پایهٔ تجزیه و تحلیل دماهای حداکثر روزانه به منظور طبقه‌بندی شدیدترین امواج گرما که در سراسر جهان طی سه دورهٔ ۱۹۸۰-۱۹۹۰، ۱۹۹۱-۲۰۰۱، ۲۰۰۲-۲۰۱۲ رخ داده، طرح‌ریزی شده است. نتایج نشان داد که درصد مساحت جهانی تحت تأثیر امواج گرما در دهه‌های اخیر افزایش یافته است. همچنین مدل‌ها، افزایش احتمال وقوع امواج گرمایی شدید و بسیار شدید را در سال‌های آینده به‌خصوص در اواخر قرن حاضر نشان می‌دهند. روسو و همکاران (۲۰۱۵: ۱) در مطالعهٔ امواج گرمایی اروپا و وقوع آن‌ها در دهه‌های آینده، با در نظر گرفتن شاخص روزانهٔ بزرگی موج گرمای اصلاح شده (HWMId)، ده موج گرمایی برتر رخ‌دادهٔ اروپا را در دورهٔ ۲۰۱۴-۱۹۵۰ رتبه‌بندی کردند و نشان دادند که موج گرمایی سال ۱۹۷۲ در فنلاند، وسعت مکانی و بزرگی

1 - Kharin
2 - Perkins
3 - Pongracz
4 - Cowan
5 - Russo
6 - Heat Wave Magnitude Index daily
7 - Ceccherini
8 - Yan
9 - Guerreiro
10 - Beniston & Diaz
11 - Heat Wave Magnitude Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

قابل مقایسه با موج گرمایی سال ۲۰۰۳ اروپا را به عنوان دومین موج گرمایی برتر داشت. شبیه‌سازی‌های مدل-های آب‌وهوایی برای دو دهۀ بعدی (۲۰۴۰-۲۰۲۱) نشان داد که اروپا با افزایش احتمال وقوع امواج گرمایی، که از لحاظ شدت، بزرگی و تداوم، برابر یا بزرگتر از موج گرمایی سال ۲۰۱۰ روسیه خواهد بود، روبروست. زامپیری[1] و همکاران (۲۰۱۶: ۱۳۳۰) در ارزیابی و برآورد جهانی بزرگی امواج گرما و پیامدهای آن بر روی آبدهی رودخانه‌ها در رشته‌کوه‌های آلپ، بزرگی امواج گرما را با در نظر گرفتن تداوم و دامنۀ آنها، با استفاده از شاخص HWMId محاسبه کردند. نتایج مطالعۀ آنان با نتایج دیگر مطالعات انجام‌شده بر روی موج‌های گرمایی در دهه‌های اخیر مطابقت داشت. به‌علاوه، آنان دریافتند که در دهه‌های اخیر، درصد مساحت جهانی تحت پوشش امواج گرما نسبت به اوایل قرن بیستم تقریباً سه برابر شده است. همچنین در پژوهش آنان، تأثیرات امواج گرمایی بر روی مقدار رواناب رودخانه‌ها در آلپ، که به نوبۀ خود کیفیت آب و قابلیت دسترسی به آن را در بخش وسیعی از اروپا در فصل تابستان تحت تأثیر قرار می‌دهد، مطالعه شد. دوسیو[2] (۲۰۱۶: ۱) با استفاده از مدل‌های آب‌وهوایی CORDEX و شاخص HWMId، شبیه‌سازی‌های دما و وقایع حدی مربوطه را در آفریقا انجام داد. نتایج کار وی نشان داد که دما در مناطق مختلف آفریقا در آینده ۳/۵ تا ۶ درجه گرم‌تر خواهد شد و تعداد روزهای گرم افزایش خواهد یافت. به نظر وی به‌کارگیری شاخص HWMId، بررسی رابطۀ بین طول و شدت موج گرما را امکان‌پذیر می‌کند.

در ایران نیز محققان به بررسی امواج گرمایی در مناطق مختلف کشور پرداخته‌اند. براتی و موسوی (۱۳۸۴: ۴۱) در تعیین موج‌های گرم فصل سرد سال ایران از آبان تا اردیبهشت، بیان کردند که هسته‌های گرما عموماً در ایستگاه‌های درونی سرزمین ایران به‌ویژه در محورهای کوهستانی زاگرس و البرز نمایان می‌شوند. یزدان‌پناه و علیزاده (۱۳۹۰: ۱۷۳۰۰) در بررسی وقوع امواج گرمایی با تداوم‌های مختلف در استان کرمان به کمک زنجیرۀ مارکف با آمار بلندمدت ۲۰ سالۀ دمای حداکثر روزانه طی دورۀ ۱۹۸۶-۲۰۰۵ دریافتند که بیشترین امواج گرمایی رخ‌داده، مربوط به ماه‌های آوریل و می بوده است و این تغییرات، روندی افزایشی در طول دورۀ آماری داشته است. قویدل رحیمی (۱۳۹۰: ۸۵) در تحلیل سینوپتیک موج آبرگرم تابستان ۱۳۸۹ ایران نشان داد که منطقۀ بیشینۀ دمای ایران در بازۀ زمانی ۱۳ تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۲، مناطق جنوب‌غرب و غرب ایران به ویژه ایستگاه‌های ماهشهر، دزفول، دهلران و قصرشیرین بوده است. وی کم‌فشار حرارتی عربستان و اثرات ناشی از تسری و فعالیت آن را در سطح زمین، و استیلای پرفشار جنب‌حاره‌ای را در ارتفاع، عوامل رخداد این موج معرفی کرده است. اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲: ۳۹) در شناسایی امواج گرمایی ایران و ویژگی‌های شدت، فراوانی و تداوم آنها در کشور طی دورۀ آماری ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۲ نشان دادند که موج‌های گرمایی کوتاه، رخداد بیشتری داشته ولی در گسترۀ کمتری از ایران اتفاق افتاده‌اند و تعداد امواج گرمایی طولانی‌تر، کمتر رخ داده ولی درصد بیشتری از مساحت ایران را در برگرفته‌اند. موج‌های گرمایی در اواخر زمستان و اوایل پاییز، بیشتر و فراوان‌تر هستند. همچنین امواج گرمایی در دورۀ آماری، روند افزایشی داشته و در سال‌های اخیر، دارای فراوانی بیشتری بوده‌اند. علیجانی (۲۰۱۳: ۱) در شناسایی و طبقه‌بندی امواج گرمایی و توزیع مکانی آن‌ها در استان

1 - Zampieri
2 - Dosio

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

گیلان به این نتیجه رسید که ایستگاه‌های واقع در ارتفاعات پایین‌تر و نزدیک‌تر به سواحل (به‌جز بندر انزلی)، بیشترین امواج گرمایی، و ایستگاه‌های کوهستانی و آن‌هایی که از سواحل دورترند (به‌جز منجیل)، کمترین امواج گرمایی را تجربه می‌کنند. دارند (۱۳۹۳: ۱۶۷) در شناسایی امواج گرمایی و واکاوی زمانی-مکانی آن‌ها در گسترهٔ ایران طی بازهٔ زمانی ۱۹۶۲-۲۰۰۴ نشان داد که بسامد رخداد امواج گرمایی در ایران‌زمین رو به افزایش است. علاوه بر افزایش بسامد، ماندگاری و شدت امواج گرمایی نیز افزایش یافته است و از لحاظ پراکنش مکانی، نوع و نرخ روند در مناطق مختلف، هم‌اندازه و یکسان نیست. همین محقق (۱۳۹۴: ۱) در بررسی تغییر اقلیم ایران به کمک ۲۷ نمایهٔ تغییر اقلیم طی یک دورهٔ ۴۳ ساله (۱۳۴۰-۱۳۸۳) به این نتیجه رسید که امواج گرمایی، طولانی‌تر و برعکس، امواج سرمایی کوتاه‌تر شده‌اند. عباس‌نیا و همکاران (۲۰۱۶: ۲۵) در تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی امواج گرمایی ایران در سه دههٔ اخیر به این نتیجه رسیدند که شدت متوسط امواج گرما در تابستان بین ۳ تا ۴ درجهٔ سلسیوس افزایش یافته است. شدیدترین امواج گرما در فصول بهار و تابستان در سواحل جنوبی ایران رخ می‌دهد و بیشترین فراوانی در کوه‌های زاگرس و ارتفاعات پراکندهٔ شرق ایران قرار دارد. یزدان‌پناه و همکاران (۲۰۱۷: ۴۱۸) در تحلیل امواج گرمایی شدید دریافتند که ایران طی سال‌های اخیر امواج گرمایی بیشتری را با حداکثر تعداد در سال ۲۰۱۰ تجربه کرده است که بیشتر از میانگین بلندمدت آن است. تمام ایستگاه‌های کشور در دورهٔ ۱۹۹۱-۲۰۱۳ از نظر تعداد امواج، روند افزایشی را نشان می‌دهند. همچنین میانگین فصلی طولانی‌ترین امواج با تداوم تقریبی ۱۰ تا ۱۶ روز در جنوب‌شرق ایران رخ می‌دهد. اعتمادیان و دوستان (۱۳۹۶: ۱۷) در تحلیل فضایی امواج گرمایی ایران به این نتیجه رسیدند که بیشترین امواج گرمایی ایران در نیمهٔ غربی رخ می‌دهد و به سمت شرق کاهش می‌یابد؛ به نحوی که از منطقهٔ کوهپایهٔ داخلی ایران به سمت شمال و جنوب کشور و مناطق مرکزی، این پدیدهٔ اقلیمی کاهش دارد. همچنین مجموع فراوانی دهه‌ای امواج گرما در تمام ماه‌ها روند افزایشی داشته است. با این تفاوت که ماه‌های دورهٔ سرد سال روند افزایشی معنادارتری، و دورهٔ گرم سال معناداری کمتری دارند.

رخداد اقلیمی موج گرمایی در ایران مانند دیگر پدیده‌های اقلیمی ذاتاً با تغییرات مکانی و زمانی زیادی به وقوع می‌پیوندد. با بررسی و شناخت دقیق‌تر این پدیده می‌توان به رفتار منطقی آن در زمان‌ها و مکان‌های مختلف پی برد. تناقضات و اختلافات موجود در یافته‌های محققان ایرانی نیاز به این شناخت را بیشتر نمایان می‌کند. هدف از این تحقیق بررسی زمانی و مکانی امواج گرمایی ایران با استفاده از شاخص روزانهٔ بزرگی موج گرما (HWMId) است. تا آنجا که اطلاع در دست است، از این شاخص برای اولین بار در کشور استفاده می‌شود.

روش تحقیق

در سالیان اخیر چندین شاخص اقلیمی برای تعیین تداوم و شدت امواج گرمایی بر اساس دماهای حداقل شبانه و حداکثر روزانه به کار گرفته شده است. با این وجود، وقتی این شاخص‌ها برای مقایسهٔ شدت امواج گرمایی بین مکان‌های مختلف به کار گرفته می‌شوند، مشکلاتی پدید می‌آید. زیرا دماهایی که برای ساکنین اقالیم گرم، طبیعی به حساب می‌آید، ممکن است برای ساکنین مناطق سردتر، موج گرما تلقی شود. این مشکل با ارائهٔ شاخص‌های مبتنی بر صدک‌ها حل شده است (روسو و همکاران، ۲۰۱۵: ۱). لذا معیارهای تعریف موج گرما در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

شاخص‌های مختلف، متفاوت است. برای مثال ویسکف[1] و همکاران (۲۰۰۲: ۸۳۰) در میلواکی ایالت ویسکانسین، از یک معیار محلی برای تعریف روزهای موج گرما استفاده کردند. آنان متوسط دمای ۳ساعتهٔ بیشتر از ۴۰/۶ درجهٔ سلسیوس را در روز، و متوسط دمای ۱۲ساعته (۷ شب تا ۷ صبح) بیشتر از ۲۶/۷ درجهٔ سلسیوس را در شب به عنوان آستانهٔ موج گرما در نظر گرفتند. کگنهوف و همکاران (۲۰۱۵: ۳۰۸) و پرکینز و همکاران (۲۰۱۲: ۱) از «عامل گرمای شدید»[2] (EHF) به عنوان شاخص موج گرما و از صدک‌های ۹۰ام دمای حداکثر روزانه (CTX90P) و ۹۰ام دمای حداقل روزانه (CTN90P) برای تعریف آستانهٔ موج گرما استفاده کردند. تامرازیان[3] و همکاران (۲۰۰۸: ۶۱) در کالیفرنیای جنوبی، موج گرما را موجی با دمای بالاتر از ۹۰ درجهٔ فارنهایت (۳۲/۲ درجهٔ سلسیوس) با دست‌کم سه روز تداوم تعریف کردند. شوف و روبنسون[4] (۲۰۱۶: ۲۸) در شبیه‌سازی دماهای فرین ایالات متحدهٔ آمریکا، نقاط قوت و ضعف شاخص‌های عددی و صدکی تعریف موج گرما را بررسی کردند. در ایران نیز محققانی چون صادقی و همکاران (۱۳۹۴: ۱۷) در استان خراسان رضوی، و دارند (۱۳۹۳: ۱۶۷) در کل ایران، صدک‌ها را به عنوان شاخص تعریف موج گرمایی در نظر گرفتند. همچنین علیجانی و فرجزاده (۱۳۹۴: ۲۲۹) شاخص‌های ۱۶گانهٔ دمای فرین، مجرد و همکاران (۱۳۹۴: ۴۱) دمای ۴۰ درجهٔ سلسیوس، و براتی و موسوی (۱۳۸۴: ۴۱) نمرهٔ Z متغیرها را به عنوان شاخص تعریف موج گرما در نظر گرفتند.

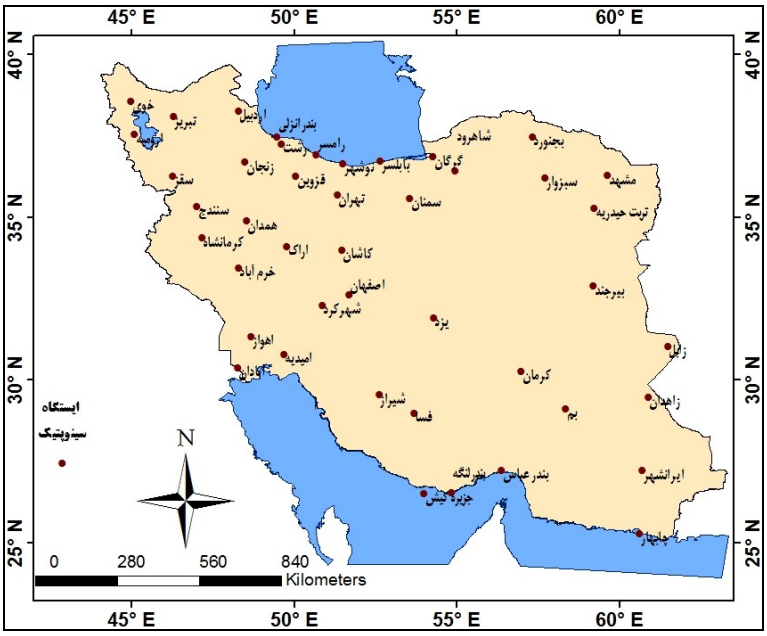
در این تحقیق برای شناسایی امواج گرمایی، از «شاخص روزانهٔ بزرگی موج گرما» (HWMId)، ارائه‌شده توسط محققانی از کمیسیون اروپا، انستیتوی ملی حفاظت و تحقیقات محیطی ایتالیا[5] (ISPRA)، مرکز بین‌المللی آب‌وهوا و تحقیقات زیست‌محیطی نروژ و انستیتو علوم جوی و آب‌وهوایی زوریخ سوئیس (ETH) استفاده شده است. شاخص مذکور ابتدا توسط روسو و همکاران (۲۰۱۴: ۱۲۵۰۰) با نام HWMI معرفی شد. سپس توسط همین محقق و همکارانش (۲۰۱۵: ۱) اصلاح و با نام HWMId ارائه گردید. این شاخص بر پایهٔ تجزیه و تحلیل دماهای حداکثر روزانه، به منظور طبقه‌بندی امواج گرمایی قوی استوار است و نابهنجاری‌های مربوط به تداوم و دما را برای وقایع گرمایی شدید، هر کدام به‌صورت یک عدد مجزا ارائه می‌کند و می‌تواند امواج گرمایی را در مکان‌ها و زمان‌های مختلف، با طول و بزرگی متفاوت، با هم مقایسه کند. لذا در این شاخص، هر دوی شدت و طول موج گرما در نظر گرفته شده است و با استفاده از آن می‌توان نقشه‌ها و نمودارهایی را تهیه کرد که در آنها یک عدد، نشان‌دهنده هر دوی شدت و طول موج گرماست و از این طریق می‌توان به روند و پراکنش مکانی و زمانی امواج گرمایی شدید پی برد و شناخت بیشتری نسبت به آنها پیدا کرد.

بر این اساس، داده‌های دمای حداکثر روزانهٔ ۴۴ ایستگاه سینوپتیک ایران (شکل ۱) در یک دورهٔ ۳۱ ساله (۱۹۸۵تا ۲۰۱۵) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. پس از آن، به وسیله نرم‌افزار SPSS امواج گرمایی (بزرگتر مساوی سه روز متوالی که دماهای حداکثر بیشتر از صدک ۹۰ام داشتند) فیلتر شده و شاخص

1 - Weisskopf
2 - Excess Heat Factor
3 - Tamrazian
4 - Schoof & Robeson
5 - The Italian National Institute for Environmental Protection and Research (*ISPRA* – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

HWMId برای هر کدام از روزهای امواج گرمایی محاسبه شد. استخراج امواج در هر فصل، بر اساس آستانهٔ صدکی جداگانهٔ آن فصل در هر ایستگاه، انجام شده است. مقادیر سالانهٔ هر ایستگاه نیز از مقادیر فصلی به دست آمده است. بدین‌ترتیب که جمع تعداد امواج فصول، مشخص‌کنندهٔ تعداد امواج سالانه، و میانگین بزرگی تمام امواج فصول، مشخص‌کنندهٔ میانگین بزرگی امواج سالانهٔ هر ایستگاه است. بزرگی هر موج گرمایی، مجموع ارقام بزرگی تمام روزهای آن موج است. همچنین بزرگ‌ترین موج هر سال به عنوان موج شاخص آن سال و بزرگ‌ترین موج هر فصل به عنوان موج شاخص آن فصل در نظر گرفته شد. سپس، نقشه‌های میانگین بزرگی امواج گرمایی سالانه و فصلی، هم برای تمامی امواج گرمایی و هم برای شدیدترین آنها، و نیز نقشه‌های میانگین تعداد امواج گرمایی کشور با این شاخص با نرم‌افزار ArcGIS به روش توابع پایه شعاعی[1] و تابع کرنل Spline-TENSION تهیه گردید. در این روش میان‌یابی، که از جمله روش‌های قطعی[2] میانیابی است، هموارسازی صورت نمی‌گیرد و میان‌یابی بر اساس ارقام واقعی انجام می‌شود. برای بررسی رابطهٔ بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون و برای بررسی روند تغییرات شدت و تعداد امواج گرمایی از معادلات رگرسیون خطی استفاده شده است.



شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

همانطور که گفته شد، موج گرمایی موجی است بزرگتر- مساوی سه روز متوالی با حداکثر دمای بالاتر از آستانهٔ روزانه در دورهٔ مرجع. آستانه، عبارتست از صدک ۹۰ام دماهای حداکثر روزانه که بر یک بازهٔ ۳۱ روزه متمرکز

1 - Radial Basis Functions
2 - Deterministic Methods

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

است. بنابراین آستانه برای هر روز مشخص d، عبارتست از صدک ۹۰ام سری دادهٔ A_d، که به صورت رابطهٔ (۱) تعریف می‌شود (روسو و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۲۵۰۱).

رابطهٔ (۱).

$$A_d = \bigcup_{y=1985}^{2015} \bigcup_{i=d-15}^{d+15} T_{y,i}$$

که در آن U بیانگر اجتماع سری‌ها و $T_{y,i}$ دمای حداکثر روزانهٔ روز i در سال y است.

حداقل تعداد روزهای گرم متوالی که به عنوان موج گرما در نظر گرفته می‌شود، ممکن است در مناطق مختلف متفاوت باشد. به عنوان مثال پرکینز و الکساندر (۲۰۱۲: ۴۵۰۰) در استرالیا موج گرما را به عنوان رخدادی با حداقل تداوم ۳ روز بالای آستانه، و فیشر و شار (۲۰۱۰: ۳۹۸) در اروپا موج گرما را به عنوان رخدادی با حداقل تداوم ۶ روز بالای آستانه تعریف کردند. به طور طبیعی، اگر موج گرما به‌صورت تداوم حداقل ۶ روزه تعریف شود، موج گرمای ۳ روزه کنار گذاشته می‌شود؛ در حالی که در نظر گرفتن تداوم حداقل سه‌روزه، باعث کنارگذاشتن امواج گرمایی طولانی‌تر نمی‌شود. محاسبهٔ HWMId برای یک سال خاص، یک فرایند چندمرحله‌ای است که در زیر توضیح داده می‌شود.

آستانهٔ روزانه: با توجه به توضیحات فوق، یک آستانهٔ روزانه برای دورهٔ مرجع (۱۹۸۵-۲۰۱۵) محاسبه می‌شود.

انتخاب موج گرما: برای هر سال خاص، همهٔ امواج گرمایی متشکل از حداقل سه روز متوالی با دمای حداکثر بالاتر از آستانهٔ روزانه انتخاب می‌شود (روسو و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۲۵۰۳).

بزرگی شاخص HWMId با استفاده از مجموع بزرگی روزهای متوالی تشکیل‌دهندهٔ یک موج گرمایی محاسبه می‌شود. مقدار بزرگی در هر روز، با رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود (روسو و همکاران، ۲۰۱۵: ۲).

رابطهٔ (۲).

$$M_d(T_d) = \begin{cases} \dfrac{T_d - T_{30y25p}}{T_{30y75p} - T_{30y25p}} & \text{if} \quad T_d > T_{30y25p} \\ 0 & \text{if} \quad T_d \leq T_{30y25p} \end{cases}$$

که در آن T_d دمای حداکثر روزانه در روز d موج گرمایی، و T_{30y25p} و T_{30y75p} به‌ترتیب صدک‌های ۲۵ام و ۷۵ام سری‌های زمانی ۳۱ سالهٔ دمای حداکثر سالانه در دورهٔ مرجع (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵) هستند. طبق تعریف، مقدار شیب $M_d(T_d)$ در هر مکان خاص، بر اساس مقادیر T_{30y25p} و T_{30y75p} مشخص می‌شود که مقدار آن در مکان‌های با آب‌وهواهای مختلف متفاوت است.

نتایج

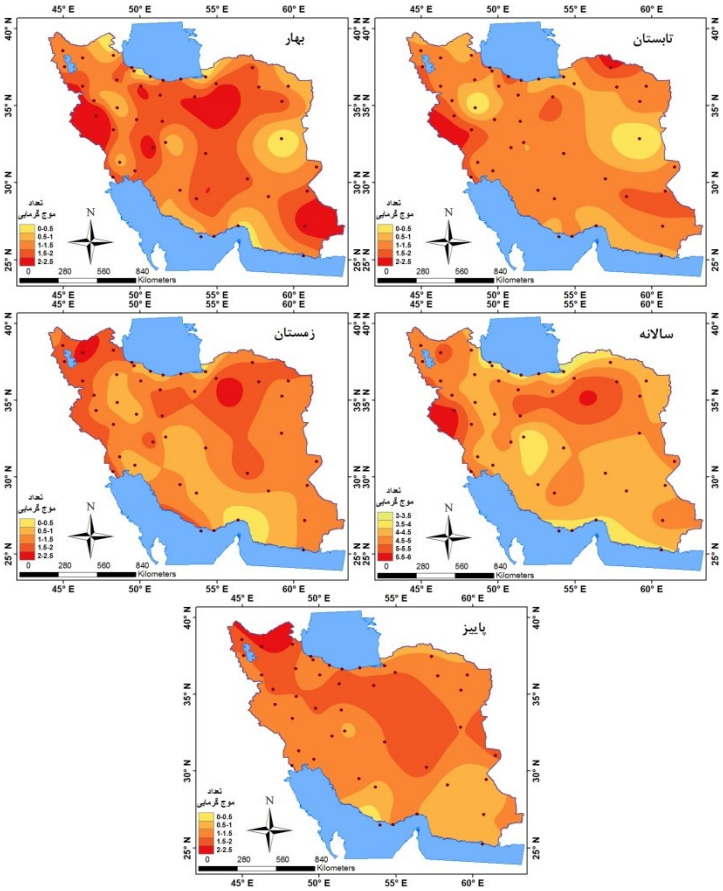
توزیع جغرافیایی تعداد و بزرگی امواج گرمایی ایران

نقشه‌های میانگین سالانه و فصلی «تعداد» امواج گرمایی ایران، شکل(۲) نشان می‌دهد که بیشترین تعداد سالانهٔ امواج گرمایی در غرب رشته‌کوه‌های زاگرس در حوالی استان کرمانشاه و سپس دشت کویر به سمت مناطق داخلی ایران و تا حدی شمال‌غرب کشور رخ می‌دهد. کرانه‌های دریای خزر و همچنین سواحل خلیج

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

فارس و دریای عمان در حوالی تنگهٔ هرمز کمترین تعداد امواج را دارند. این نحوهٔ توزیع، با تلقی ذهنی اغلب ما از توزیع امواج گرما در ایران مغایرت نسبی ظاهری دارد که البته به نحوهٔ تعریف شاخص مورد بررسی در این تحقیق که مبنای صدکی دارد، و نه به توزیع عادی دما در کشور بر پایهٔ عوامل محلی و بیرونی، باز می‌گردد. میانگین سالانهٔ تعداد امواج گرمایی در ایستگاه‌ها از حداقل ۳/۷ واقعه در ایستگاه گرگان تا حداکثر ۵/۴ واقعه در ایستگاه کرمانشاه متغیر است.

الگوهای فصلی نیز تا حد زیادی از الگوی سالانه تبعیت می‌کنند. جز اینکه در فصل بهار، استان سیستان و بلوچستان نیز امواج بیشتری را شاهد است و همچنین، منطقهٔ با فراوانی زیاد، به سمت داخل ایران پیشروی بیشتری می‌کند. در فصل زمستان نیز، شمال‌غرب ایران از نظر تعداد امواج، همردهٔ مناطق گرم قرار می‌گیرد. در مجموع، پراکندگی تعداد امواج گرمایی در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان از الگوی واحدی پیروی می‌کند و از ارتفاعات شمالی به سمت قسمت‌هایی از نواحی داخلی ایران کشیده می‌شود. نواحی بیشینه در این سه فصل سال بر هم منطبق هستند. منطقهٔ شمال‌غرب در پاییز و زمستان، ایستگاه‌های خرم‌آباد و کرمانشاه در بهار و تابستان، و ایستگاه بجنورد در تابستان، مناطق بیشینهٔ تعداد امواج گرمایی به شمار می‌آیند. همچنین، بیشینهٔ تعداد امواج گرمایی جنوب شرق ایران مربوط به فصول بهار و تابستان است.



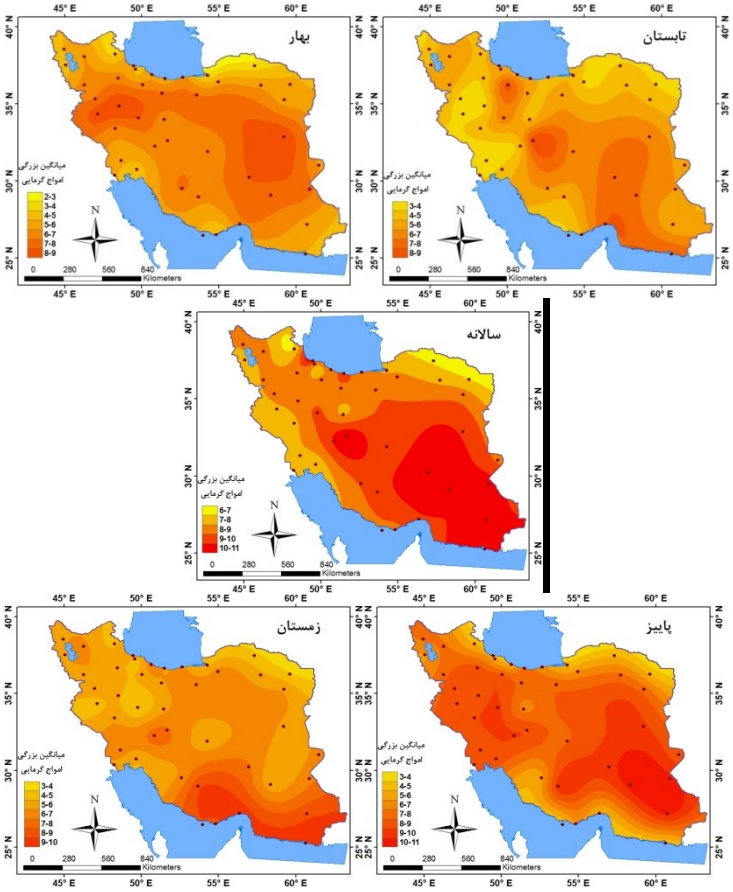
شکل (۲) میانگین سالانه و فصلی «تعداد» امواج گرمایی ایران (۱۹۸۵-۲۰۱۵)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

برای دستیابی به الگوی غالب سالانهٔ «شدت» امواج گرمایی ایران، از مقادیر شاخص محاسبه‌شده برای امواج هر ایستگاه در هر سال و فصل در دورهٔ آماری میانگین گرفته شد و بدین‌ترتیب نقشه‌های میانگین سالانه و فصلی بزرگی «تمام» امواج گرمایی بر پایهٔ شاخص HWMId رسم گردید (شکل ۳). در مقیاس سالانه، میانگین بزرگی امواج از مناطق جنوب‌شرقی و مرکزی ایران به طرف ارتفاعات شمال‌غرب و به‌خصوص شمال‌شرق، و همچنین نوار غربی کشور کاهش پیدا می‌کند. میانگین سالانهٔ شاخص HWMId برای ایران بین ۶ تا ۱۱ است. در مقیاس فصلی، همانند تعداد امواج شکل ۲، الگوها تشابه زیادی با الگوی سالانه نشان می‌دهد شکل (۳). بیشترین میانگین شدت یا بزرگی امواج، مربوط به فصل پاییز است. در این فصل، شدت امواج به طرف منطقهٔ غرب کشور و زاگرس مرکزی بیشتر می‌شود. ارزش شاخص بزرگی موج گرما در فصول بهار و تابستان در حدود ۲ تا ۹ و در فصول پاییز و زمستان در حدود ۳ تا ۱۱ است که نشان‌دهندهٔ اهمیت بیشتر امواج گرما در دورهٔ سرد سال است.

مقایسهٔ اشکال(۲ و ۳) عدم تطابق نواحی بیشینهٔ فراوانی موج گرما و بزرگی موج گرما را نشان می‌دهد. نواحی با بیشینهٔ فراوانی امواج گرمایی، عمدتاً منطبق بر ارتفاعات و دامنه‌های آفتابگیر است. این نواحی بیشترین جذب انرژی خورشیدی را دارند. همچنین بیشینهٔ فراوانی غرب کوه‌های زاگرس که بیشتر در بهار و تابستان اتفاق می‌افتد، به علت نفوذ و گسترش کم‌فشار عربستان و استیلای پرفشار آزور و به دنبال آن افزایش ضخامت جو در این مناطق است (قویدل رحیمی، ۱۳۹۰: ۹۸). شدت و بزرگی امواج گرمایی ایران در فصول مختلف، تحت تأثیر عوامل مختلفی است. در فصول گرم سال، نفوذ کم‌فشار حرارتی گنگ از یک سو و استیلای پرفشار آزور از سوی دیگر و در پی آن ضخامت زیاد جو در نواحی جنوب شرقی ایران (قویدل رحیمی، ۱۳۹۳: ۴۹)، و وجود رطوبت زیاد و تسلط پرفشار جنب‌حاره‌ای در نواحی ساحلی (درگاهیان و رضایی، ۱۳۹۳: ۵۳) باعث تشدید امواج گرمایی می‌شود. در فصول سرد سال، علاوه بر مناطق تحت نفوذ پرفشار جنب‌حاره‌ای آزور در عرض‌های پایین، ممکن است عوامل دیگری باعث شود که در فصل پاییز امواج گرمایی به سمت عرض‌های بالاتر کشیده شود. در حالی که این عواملِ تشدیدکنندهٔ امواج گرمایی، ممکن است در نواحی با بیشینهٔ فراوانی امواج، ضعیف عمل کنند و یا اینکه اصلاً وجود نداشته باشند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

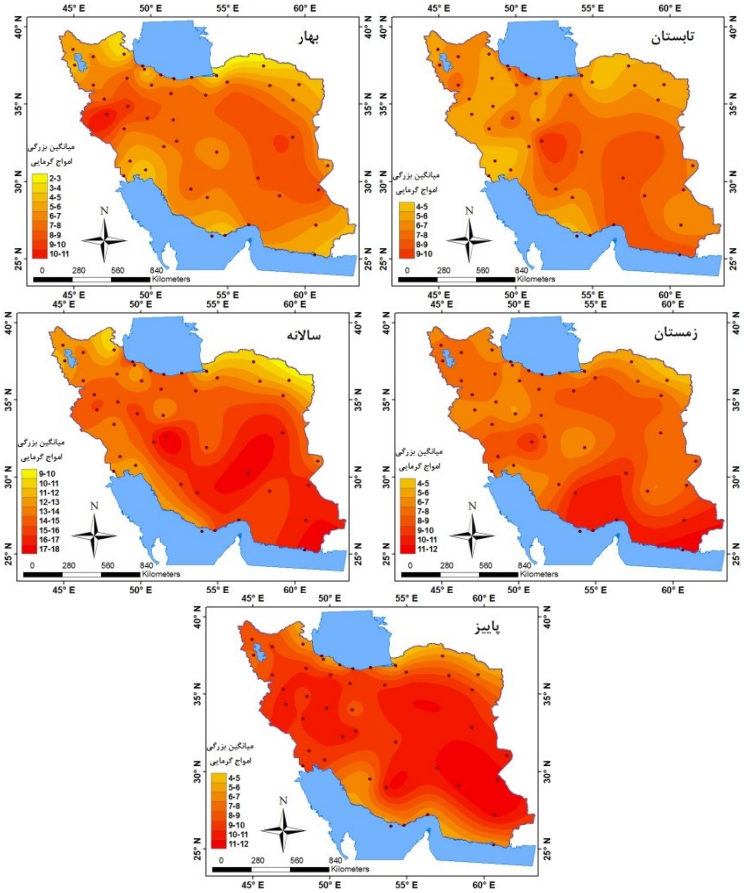


شکل (۳) میانگین سالانه و فصلی بزرگی «تمام» امواج گرمایی ایران بر پایهٔ شاخص HWMId (۱۹۸۵- ۲۰۱۵)

یکی از ویژگی‌های بارز شاخص HWMId، شناسایی و استخراج «شدیدترین» امواج گرمایی است که از میانگین بزرگی بزرگترین موج‌های هر فصل یا سال در دورهٔ آماری به دست می‌آید شکل (۴). در اینجا نیز همانند شکل (۳)، بیشینهٔ بزرگی، در جنوب شرق کشور قرار دارد. اما به دلیل ماهیت حدی این امواج، پهنه-های جغرافیایی مربوطه در نقشه‌ها یکدست نیستند و بریده‌بریده به نظر می‌رسند. در بین فصول، حداکثر وسعت مکانی شدیدترین امواج گرمایی، مربوط به فصل پاییز است؛ به‌طوری‌که این امواج همهٔ ایران را به جز نوار نسبتاً باریکی از شمال کشور و همچنین نواری در امتداد سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان در برمی‌گیرد. در فصول دیگر، گسترهٔ امواج گرمای شدید محدودتر شده است؛ به طوری که در زمستان، فقط قسمت‌هایی از جنوب و جنوب‌شرق ایران در محدودهٔ تنگهٔ هرمز و سواحل شرقی خلیج فارس بزرگترین امواج را تجربه می-کنند و به سمت شمال و غرب به تدریج از شدت آنها کاسته می‌شود. در فصول بهار و تابستان، امواج گرمایی شدید ضعیف‌تر شده و شدیدترین آنها محدودهٔ کمتری از ایران را در بر می‌گیرد؛ چنانکه در فصل بهار فقط محدوده‌های کرمانشاه، همدان، بیرجند و قسمت کوچکی از اطراف زاهدان را پوشش می‌دهد. در فصل تابستان، امواج باز هم محدودتر می‌شود و فقط سواحل دریای عمان به سمت نواحی داخلی ایران، امواج گرمایی نسبتاً

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

شدیدی را تجربه می‌کنند. بطور طبیعی، ارقام شدت شاخص نیز نسبت به نقشه‌های شکل (۳) بیشتر است. محدودهٔ این ارقام برای سال بین ۹ تا ۱۸، برای فصول بهار و تابستان بین ۲ تا ۱۱ و برای فصول پاییز و زمستان بین ۴ تا ۱۲ است. شکل (۴).



شکل (۴) میانگین سالانه و فصلی بزرگی «شدیدترین» امواج گرمایی ایران بر پایهٔ شاخص HWMId (۱۹۸۵- ۲۰۱۵)

برای تحلیل بهتر توزیع فصلی امواج گرمایی در ایستگاه‌ها، سهم هر ایستگاه از امواج شدید در طی چهار فصل محاسبه و نتایج در جدول (۱) ذکر شد. در ایستگاه‌های ساحلی دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان (مانند بندر انزلی، بابلسر، نوشهر، گرگان، رشت، رامسر، بندرعباس، بندرلنگه، جزیرهٔ کیش، چابهار و اهواز) سهم زمستان از امواج گرمایی شدید نسبت به فصول دیگر بیشتر است. این نتیجه، گویای تأثیر دمای دریا بر روی امواج گرمایی سواحل است. «در بیشتر اوقات سال (از آخر آگوست تا آوریل) میانگین دمای هوا بر روی دریا بیشتر از ساحل است و تنها در نیمهٔ دوم بهار و تابستان است که این حالت معکوس می‌شود. در ماه‌های زمستان، در بخش عمیق جنوب دریای خزر دمای هوا نسبتاً بالاست که با دمای بالای آب در این ناحیه تطابق دارد. ظرفیت گرمایی ویژهٔ بالای آب سبب می‌شود که در این ناحیه توده‌های هوایی از شمال گرمای اضافی را دریافت کنند» (پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی). بنابراین با بالارفتن دما، گرمایش دریای خزر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

بیشتر می‌شود و از اینرو بر روی امواج گرمایی و تشدید آنها تأثیرگذار است. در پهنه‌های آبی جنوب کشور نیز، گرمایش هوا باعث تأثیراتی مشابه آنچه که در سواحل خزر اتفاق می‌افتد، می‌شود. ایستگاه‌های سبزوار، شیراز، کاشان، کرمانشاه و یزد، امواج گرمایی شدید را بیشتر در فصل بهار تجربه می‌کنند. در ایستگاه اصفهان سهم تابستان، و در سایر ایستگاه‌ها سهم پاییز از امواج گرمایی شدید بیشتر است. در تابستان، ایستگاه‌های اهواز، زاهدان، زنجان، سنندج، شاهرود و کاشان کمتر از ۱۰ درصد امواج گرمایی شدید را طی دورهٔ مورد مطالعه به خود اختصاص می‌دهند.

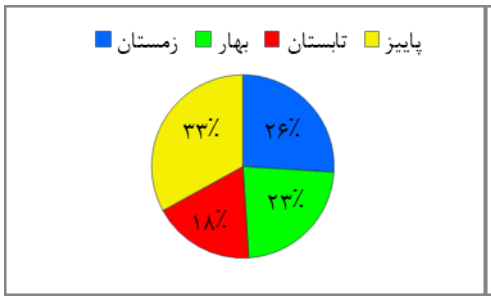
جدول (۱). سهم فصول سال از شدیدترین امواج گرمایی هر ایستگاه طی دورهٔ زمانی (۱۹۸۵-۲۰۱۵) به درصد

نام ایستگاه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	نام ایستگاه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
آبادان	۲۰	۷	۴۳	۳۰	رامسر	۲۴	۲۱	۱۷	۳۸
اراک	۳۰	۲۳	۳۳	۱۳	رشت	۲۹	۲۳	۱۹	۲۹
ایرانشهر	۱۶	۱۹	۳۵	۲۹	زابل	۲۰	۱۷	۳۷	۲۷
اردبیل	۱۶	۲۹	۲۶	۲۹	زاهدان	۲۳	۶	۴۸	۲۳
ارومیه	۱۳	۲۳	۳۳	۳۰	زنجان	۳۰	۱۰	۳۷	۲۳
اصفهان	۲۳	۳۳	۳۰	۱۳	سبزوار	۳۳	۲۰	۲۷	۲۰
امیدیه	۱۷	۱۴	۴۵	۲۴	سقز	۱۳	۱۹	۴۲	۲۶
انزلی	۲۳	۱۳	۲۹	۳۵	سمنان	۲۹	۱۶	۳۲	۲۳
اهواز	۲۰	۷	۳۷	۳۷	سنندج	۳۲	۱۰	۳۹	۱۹
بابلسر	۲۶	۶	۲۹	۳۹	شاهرود	۲۶	۱۰	۴۲	۲۳
بجنورد	۱۹	۲۶	۳۲	۲۳	شهرکرد	۱۳	۲۳	۳۹	۲۶
بم	۲۶	۱۹	۴۲	۱۳	شیراز	۳۹	۳۲	۱۳	۱۶
بندرعباس	۱۳	۲۹	۱۶	۴۲	فسا	۱۰	۱۷	۴۰	۳۳
بندرلنگه	۱۳	۱۷	۲۷	۴۳	قزوین	۲۳	۱۳	۴۵	۱۹
بیرجند	۳۰	۱۷	۳۷	۱۷	کاشان	۳۷	۱۰	۳۷	۱۷
تبریز	۱۳	۲۶	۳۹	۲۳	کرمان	۲۳	۱۳	۳۳	۳۰
تربت حیدریه	۲۰	۲۰	۳۳	۲۷	کرمانشاه	۵۳	۳	۳۳	۱۰
تهران	۳۲	۱۶	۳۵	۱۶	گرگان	۱۴	۳۴	۱۴	۳۸
جزیره کیش	۳	۲۰	۱۳	۶۳	مشهد	۹	۱۴	۳۹	۱۸
چابهار	۱۰	۲۷	۱۷	۴۷	نوشهر	۲۰	۱۷	۳۰	۳۳
خرم آباد	۳۳	۱۰	۴۰	۱۷	همدان	۳۳	۱۳	۳۷	۱۷
خوی	۲۰	۱۰	۴۳	۲۷	یزد	۳۵	۲۳	۲۹	۱۳

در مجموع، فصل پاییز سهم بیشتری را از شدیدترین امواج گرمایی ایستگاه‌ها به خود اختصاص می‌دهد و فصول زمستان، بهار و تابستان به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند شکل (۵). اما از نظر «تعداد» امواج، سهم فصول مختلف تقریباً یکسان است شکل (۶).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

شکل (۵) سهم فصول از بزرگ‌ترین امواج گرمایی



شکل (۶) سهم فصول از تعداد امواج گرمایی

ارتباط بین امواج گرمایی ایران و عوامل جغرافیایی

به منظور درک ارتباط بین مقادیر میانگین سالانه و فصلی بزرگی امواج گرمایی از یک سو و عوامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌های مورد مطالعه از سوی دیگر، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده است جدول (۲). رابطهٔ بین امواج گرمایی فصول پاییز و بهار با ارتفاع ایستگاه‌ها در سطح ۰/۰۱ مثبت و معنی‌دار است. این نشان‌دهندهٔ جذب بالای انرژی خورشیدی توسط دامنه‌های آفتابگیر در فصول پاییز و بهار و تأثیر جهت و پوشش ارتفاعات بر امواج گرمایی ایران است. در حالیکه در فصول تابستان و زمستان، عوامل دیگر از جمله عوامل بیرونی مانند توده‌های هوا بر شکل‌گیری امواج گرمایی تأثیرگذارند. امواج گرمایی تابستان با هیچ‌کدام از پارامترهای عرض جغرافیایی و ارتفاع رابطهٔ معنی‌داری ندارد. این نشان‌دهندهٔ تأثیر زیاد عوامل خارجی (پرفشار جنب‌حاره‌ای آزور و فروبار درهٔ گنگ) در این فصل بر روی امواج گرمایی کشور است. اما امواج تابستانه با پارامتر طول جغرافیایی به دلیل نزدیک‌شدن به ناحیهٔ استقرار فروبار درهٔ گنگ در شرق و تأثیر آن بر شکل‌گیری گرمای هوا، ارتباط معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ نشان می‌دهد. به همین علت (نزدیک‌شدن به فروبار درهٔ گنگ)، امواج زمستانه و سالانه نیز با طول جغرافیایی ارتباط معنی‌دار دارند. ارتباط بزرگی امواج گرمایی زمستان با عرض جغرافیایی به‌خوبی معنی‌دار و البته منفی است. یعنی در فصل زمستان هر چه از عرض‌های پایین به‌طرف بالا می‌رویم، امواج گرمایی کاهش پیدا می‌کند؛ به طور طبیعی، عرض‌های بالاتر، دماهای پایین‌تری دارند و نیز، تأثیر پرفشار جنب‌حاره‌ای بر آنها کمتر است.

جدول (۲). ضریب همبستگی بین عوامل جغرافیایی و میانگین سالانه و فصلی بزرگی امواج گرمایی در ایستگاه‌ها

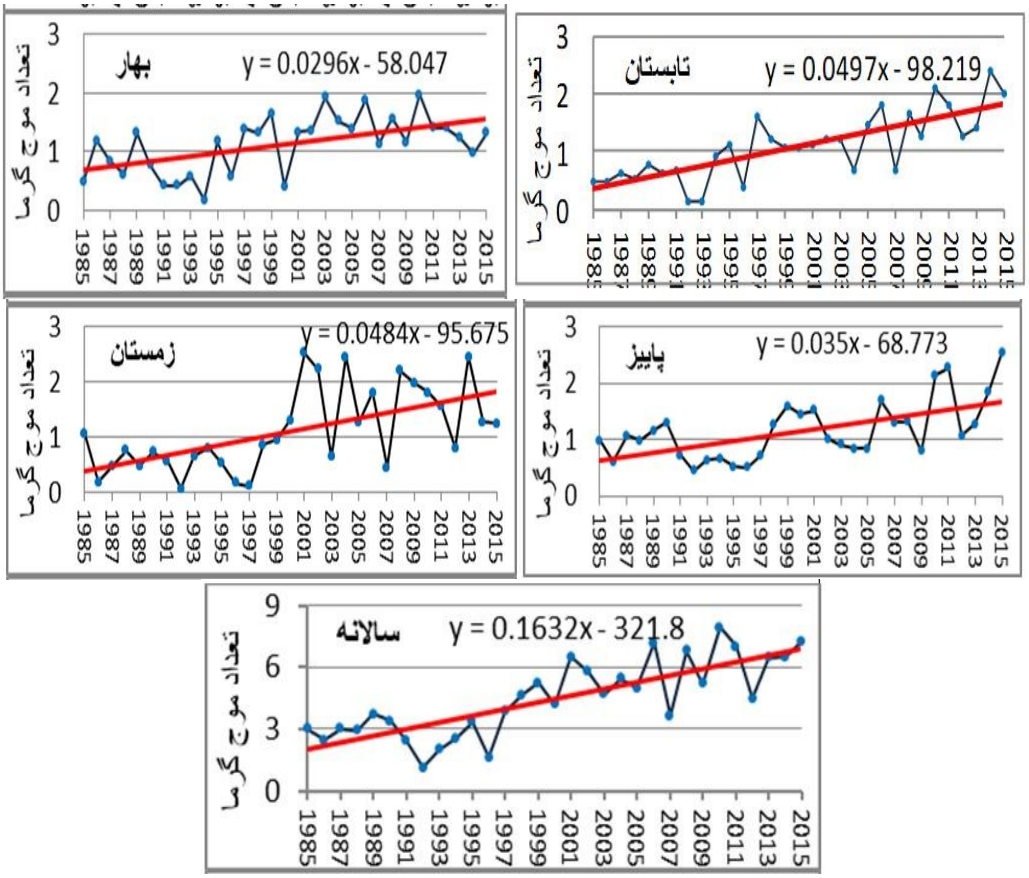
	میانگین بزرگی امواج گرمایی				
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
ارتفاع	**۰/۵۶۲****	۰/۱۲۰	**۰/۴۲۱****	۰/۲۸۷	۰/۱۹۱
عرض جغرافیایی	۰/۱۰۶	-۰/۲۹۱	-۰/۲۲۰	**-۰/۷۲۷****	**۰/۵۱۴****
طول جغرافیایی	-۰/۰۰۲	**۰/۳۰۸ ***	۰/۰۲۹	**۰/۳۱۶ ***	**۰/۳۹۴****

** معنی دار در سطح ۰/۰۱ * معنی دار در سطح ۰/۰۵

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

روند زمانی امواج گرمایی ایران

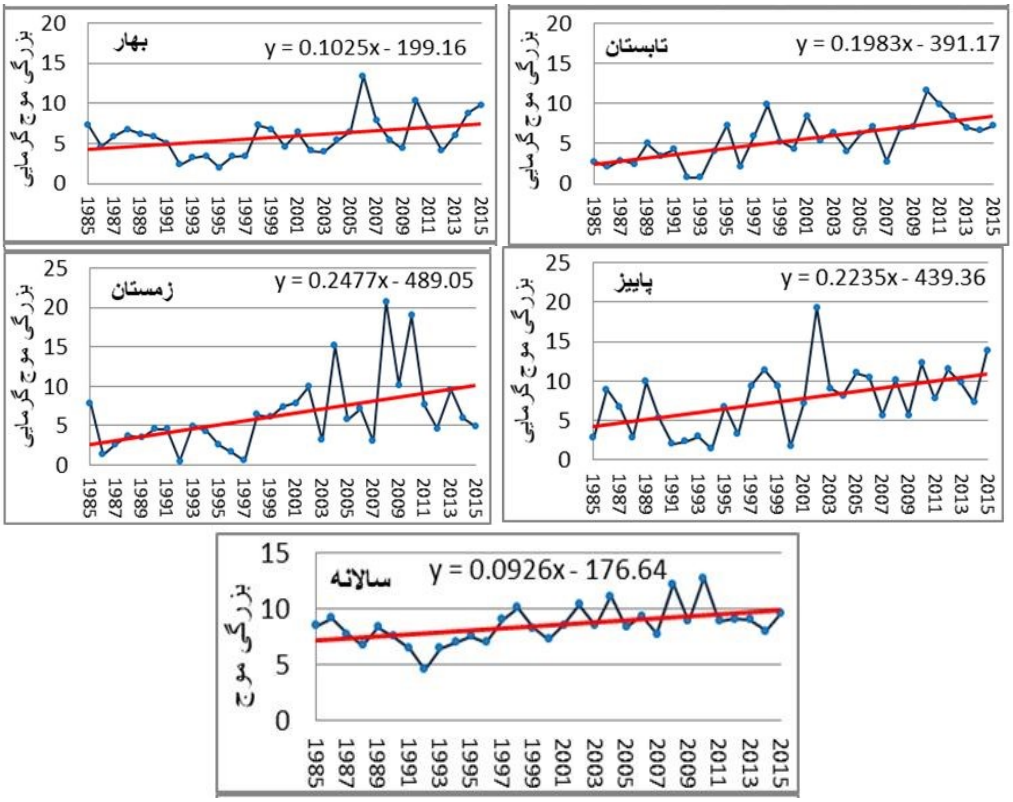
تغییرات و روند سالانهٔ تعداد امواج گرمایی بزرگتر- مساوی سه روز شکل (۷) نشان می‌دهد که میانگین تعداد امواج گرمایی بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ با شیب ۰/۱۶ در سال روند افزایشی داشته است. بیشترین تعداد امواج گرمایی مربوط به سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۶، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ بوده است. در هر چهار فصل سال نیز، روند تعداد امواج، افزایشی است. بیشترین شیب افزایش متعلق به فصول تابستان و زمستان است.



شکل (۷). روندهای فصلی و سالانهٔ «تعداد» امواج گرمایی ایران

بررسی تغییرات و روند سالانهٔ «شدت» امواج گرمایی ایران بر اساس میانگین شاخص HWMId طی دورهٔ ۲۰۱۵-۱۹۸۵ شکل (۸) نشان‌دهندهٔ افزایش شدت امواج گرمایی با شیبی معادل ۰/۰۹ در سال است. همانند تعداد، شدت امواج گرمایی در هر چهار فصل روند افزایشی دارد. بیشترین روند افزایشی مربوط به زمستان با شیب ۰/۲۵ و کمترین روند افزایشی مربوط به بهار با شیب ۰/۱۰ است. همچنین بیشترین میانگین شدت امواج گرمایی طی دورهٔ زمانی مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ اتفاق افتاده است. شدیدترین موج‌های گرمایی دورهٔ مورد مطالعه نیز مربوط به فصل زمستان سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ به ترتیب با بزرگی ۳۰/۳ و ۲۵/۱ بوده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]



شکل (۸). روندهای فصلی و سالانهٔ «بزرگی» امواج گرمایی ایران بر پایهٔ شاخص HWMId

در کل، با توجه به روندهای شدت و تعداد امواج گرما در ایستگاه‌ها، به نظر می‌رسد که روند افزایش میانگین شدت، بیشتر از روند افزایش میانگین تعداد امواج گرمایی بوده است. بدین‌ترتیب، با گرم‌تر شدن هوا، امواج گرمایی کوچک‌تر به هم می‌پیوندند و امواج گرمایی شدیدتر و بزرگ‌تری را به وجود می‌آورند.

نتیجه‌گیری

شناخت الگوی کلی امواج گرمایی ایران در مقیاس‌های سالانه و فصلی، امکان برنامه‌ریزی برای سازگاری و تطابق با این پدیدهٔ حدی اقلیمی را فراهم می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بین شاخص‌های به‌کار گرفته شده در مطالعات داخل کشور تفاوت‌هایی وجود دارد. برخی از مطالعات، از شاخص‌های مطلق، یعنی عبور دما از یک حد معین، مانند عبور دما از ۴۰ درجهٔ سلسیوس (مجرد و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۱) و دماهای فرین (علیجانی و فرجزاده، ۱۳۹۴: ۲۲۹؛ قویدل رحیمی، ۱۳۹۳: ۳۵) استفاده کرده‌اند. گروهی دیگر نیز از شاخص‌های نسبی، یعنی مقایسهٔ وضعیت دما در یک بازهٔ زمانی معین در همان ایستگاه، مانند شاخص‌های صدک‌پایه (اعتمادیان و دوستان، ۱۳۹۶: ۲۰؛ دارند، ۱۳۹۳: ۱۶۷) و شاخص انحراف دمای فومیاکی (اسماعیل‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۳) استفاده کرده‌اند. به‌طور طبیعی، در شاخص‌های مطلق و فرین، امواج گرما بیشتر متعلق به مناطق گرمسیر مرکزی و جنوبی کشور خواهد بود. اما در شاخص‌های نسبی، هر منطقه‌ای و هر فصلی امواج

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

گرمایی خود را خواهد داشت که در تفسیر هر کدام باید متوجه شاخص مورد استفاده بود. در تحقیق حاضر، تعداد و بزرگی امواج گرمایی ایران و توزیع مکانی و زمانی آنها بر اساس شاخص HWMId، که یک شاخص نسبی صدک‌پایه است، در یک دورهٔ زمانی ۳۱ساله مورد بررسی قرار گرفته است. ارزیابی این شاخص نشان می‌دهد که ادغام دو مؤلفهٔ اصلی موج گرما یعنی دما و تداوم، و همچنین نمایش یک عدد به عنوان بزرگی یک موج گرما، تصویر کلی و واضح‌تری از امواج گرمایی ارائه می‌کند. به طوری که در تحقیق حاضر با میانگین‌گیری کل امواج گرمایی بدون آنکه برای نمایش آنها بین دما، تعداد و تداوم مجبور به انتخاب باشیم، یک الگوی کلی برای ایران ترسیم و محدودهٔ شدت امواج گرمایی برای فصول مختلف نمایان شده است. نتایج نشان می‌دهد که مناطق بیشینهٔ بزرگی امواج گرمایی بر نواحی جنوب‌شرقی و داخلی ایران منطبق است و به سمت عرض‌های شمالی و غرب کشور از شدت آنها کاسته می‌شود. در مجموع، فصول پاییز و سپس زمستان سهم بالایی از شدیدترین امواج گرمایی را دارند. امواج گرمایی بهار و تابستان نسبتاً ضعیف‌تر و از لحاظ وسعت، محدودتر هستند. این با یافتهٔ اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲: ۵۱) که بیشترین فراوانی موج‌های گرمایی را متعلق به زمستان و تیرماه می‌داند، متفاوت است. همچنین با نتایج تحقیق براتی و موسوی (۵۱:۱۳۸۴) که گویای جابجایی امواج گرمایی به سمت شمال غرب ایران است، مغایرت دارد. بیشینهٔ سالانهٔ تعداد امواج گرمایی، مربوط به غرب رشته‌کوه‌های زاگرس در حوالی استان کرمانشاه و سپس دشت کویر به سمت مناطق داخلی ایران و تا حدی شمال‌غرب کشور است که با نتایج مطالعات اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰: ۴۳)، عباس‌نیا و همکاران (۲۰۱۶: ۲۵) و اعتمادیان و دوستان (۱۳۹۶: ۳۲) همخوانی، و با نتایج مطالعهٔ دارند (۱۳۹۳: ۱۶۷) مغایرت دارد. توزیع جغرافیایی امواج در فصول بهار، پاییز و زمستان از الگوی واحدی پیروی می‌کند و هستهٔ بیشینه فراوانی را بر روی ارتفاعات شمالی نشان می‌دهد که به سمت قسمت‌هایی از نواحی داخلی ایران کشیده شده است. همچنین بررسی روندهای زمانی نشان داد که تعداد امواج گرمایی سالانه و فصلی ایران به مرور زمان در حال افزایش است که تقریباً با نتایج تمام مطالعات داخلی همخوانی دارد. با مقایسهٔ نقشه‌های تعداد امواج گرما و میانگین بزرگی آنها، عدم تطابق نواحی بیشترین تعداد با شدیدترین امواج گرما نمایان می‌شود. می‌توان گفت که هرچه هوا گرم‌تر می‌شود، از تعداد امواج گرمایی کاسته و بر شدت آنها افزوده می‌شود. به عبارت دیگر، امواج گرمایی کوچک‌تر به هم می‌پیوندند و امواج گرمایی بزرگ‌تر را پدید می‌آورند. اما نباید نقش پوشش گیاهی و جنگلی را در تعدیل امواج گرمایی، و فقر پوشش گیاهی را در تشدید آنها در تمام فصول نادیده گرفت. نقش آب نیز در تشدید امواج گرمایی در سواحل کشور به خوبی مشخص است.

با توجه به اینکه شدیدترین امواج گرمایی ایران در فصول پاییز و زمستان به وقوع می‌پیوندد و به طور طبیعی باعث افزایش تبخیر، تغییر رژیم بارشی از بارندگی جامد به مایع و ذوب سریع ذخایر و منابع برفی خواهد شد و در نتیجه، علاوه بر سیلابی‌شدن و افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها و آسیب به سدها، باعث از دسترس خارج‌شدن سریع منابع آبی و کاهش نفوذ آب و در نتیجه پایین‌رفتن سطح سفره‌های آبی زیرزمینی، کم‌شدن دبی و یا فصلی‌شدن رودخانه‌های دائمی و در نتیجه کم‌آبی آنها در فصول گرم سال و نهایتاً آسیب‌های جدی برای زندگی انسانی و سایر موجودات خواهد شد، لذا مطالعهٔ دقیق‌تر این امواج از ابعاد مختلف آماری و سینوپتیک و بررسی دقیق عوامل مؤثر بر وقوع آنها اهمیت بسیاری دارد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

منابع

اسماعیل‌نژاد، مرتضی؛ خسروی، محمود؛ علیجانی، بهلول؛ مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۹۲)، **شناسایی امواج گرمایی ایران**، جغرافیا و توسعه، **۳۳**: ۳۹-۵۴.

اعتمادیان، الهه؛ دوستان، رضا، (۱۳۹۶)، **تحلیل فضایی امواج گرمایی ایران**، نشریهٔ تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، **۱**: ۱۷-۳۲.

براتی، غلامرضا؛ موسوی، سید شفیع، (۱۳۸۴)، **جابجایی مکانی موج‌های زمستانی گرما در ایران**، مجلهٔ جغرافیا و توسعه، **۵**: ۴۱-۵۲.

پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، http://www.inio.ac.ir/Default.aspx?tabid=2017

جهانبخش، سعید؛ قویدل، فاطمه؛ اشجعی محمد، (۱۳۹۴)، **شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل همدیدی امواج گرمایی به منظور کاهش مخاطرات انسانی در شمال غرب ایران**، دانش مخاطرات، **۴**: ۳۷۷-۳۹۱.

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

دارند، محمد، (۱۳۹۴)، **ارزیابی و شناخت تغییر اقلیم در ایران‌زمین طی دهه‌های اخیر**، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، **۹(۳۰)**: ۱-۱۴.

درگاهیان، فاطمه؛ رضایی، غلامحسین، (۱۳۹۳)، **بررسی شرایط سینوپتیکی و بیوکلیماتولوژی شاخص گرما با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در ایستگاه‌های ساحلی و دریایی جنوب و اثرات آن بر روی سلامت انسان**، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، **۲۳(۹۱)**: ۴۳-۵۴.

صادقی، سلیمان؛ دوستان، رضا؛ صانعی، معصومه، (۱۳۹۴)، **تحلیل فضایی-زمانی امواج گرمایی خراسان رضوی**، فصلنامهٔ جغرافیایی سرزمین، **۱۲(۴۷)**: ۱۷-۳۲.

علیجانی، بهلول؛ فرجزاده، حسن، (۱۳۹۴)، **تحلیل روند شاخص‌های دمای فرین در شمال ایران**، جغرافیا و برنامه‌ریزی، **۱۹(۵۲)**: ۲۲۹-۲۵۶.

قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۰)، **شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج آبرگرم تابستان ۱۳۸۹ ایران**، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، **۱(۳)**: ۸۵ - ۱۰۰.

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

مجرد، فیروز؛ معصوم‌پور، جعفر؛ رستمی، طیبه، (۱۳۹۴)، **تحلیل آماری- همدیدی امواج بالای ۴۰ درجهٔ سلسیوس در غرب ایران**، جغرافیا و مخاطرات محیطی، **۱۳**: ۴۱-۵۷.

یزدان‌پناه، حجت‌الله؛ سپندار، نساء؛ احمدیان، مینو؛ فدایی، سیدپیام، (۱۳۹۱)، **بررسی امواج گرمایی حادث‌شده در کرمانشاه**، همایش ملی شهرهای مرزی و امنیت؛ چالش‌ها و رهیافت‌ها، ۳۰ و ۳۱ فروردین، دانشگاه سیستان و بلوچستان: ۲۵۶۱-۲۵۶۹.

یزدان‌پناه، حجت‌الله؛ علیزاده، تیمور، (۱۳۹۰)، **برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیرهٔ مارکف**، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، **۲۶(۳)**: ۱۷۳۰۰-۱۷۳۲۲.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]

[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

Alijani, B., Servati, M. R., Alizadeh Valini, E., (2013), **Classification of Heat Waves in Guilan Province**, Journal of Physical Geography, **6(19)**: 1-16.

Abbasnia, M., Tavousi, T., Khosravi, M., Toros, H., (2016), **Spatial-Temporal Analysis of Heat Waves in Iran over the Last Three Decades**, Natural Environment Change, **2(1)**: 25-33.

Beniston, M., 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 and Planetary Change, **44(1-4)**: 73–81.

Ceccherini, G., Russo, S., Ameztoy, I., Marchese, A. F., Carmona-Moreno, C., (2017), **Heat Waves in Africa 1981-2015, Observations and Reanalysis**, Natural Hazards and Earth System Sciences, **17**: 115–125.

Cowan, T., Purich, A., Perkins, S., Pezza, A., Boschat, G., Sadler, K., (2014), **More Frequent, Longer, and Hotter Heat Waves for Australia in the Twenty-First Century**, Journal of Climate, **27**: 5851-5871.

Colucci R. R., Giorgi, F., Torma, C., (2017), **Unprecedented Heat Wave in December 2015 and Potential for Winter Glacier Ablation in the Eastern Alps**, Scientific Reports, 7, Article number **7090**: 1-7.

Dosio, A., (2017), **Projection of Temperature and Heat Waves for Africa with an Ensemble of CORDEX Regional Climate Models**, Climate Dynamics, **49(1-2)**: 493-519.

Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., Kadambot, H. M. S., (2011), **Heat Stress in Wheat During Reproductive and Grain-Filling Phases**, Critical Reviews in Plant Sciences, **30(6)**: 491–507.

Fischer, E. M., Schär, C., (2010), **Consistent Geographical Patterns of Changes in High-Impact European Heatwaves**, Nature Geoscience, **3**: 398–403.

Guerreiro, S. B., Dawson, R. J., Kilsby, C., Lewis, E., Ford, A., (2018), **Future Heat-Waves, Droughts and Floods in 571 European Cities**, Environmental Research Letters, **13**: 1-10.

Guirguis, K., Gershunov, A., Tardy, A., Basu, R., (2014), **The Impact of Recent Heat Waves on Human Health in California**, Journal of Applied Meteorology and Climatology, **53**: 3-19.

Hatvani-Kovacs, G., Belusko, M., Pockett, J., Boland, J., (2016), **Assessment of Heatwave Impacts**, 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island (UHI), Procedia Engineering, **169**: 316 – 323.

IPCC, (2013), **Summary for Policymakers, In: Climate Change 2013, The Physical Science Basis**, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1-27.

Keggenhoff, I., Elizbarashvili, M., King, L., (2015), **Heat Wave Events over Georgia since 1961: Climatology, Changes and Severity**, Climate, **3(2)**: 308-328.

Kharin, V. V., Zwiers, F. W., Zhang, X., Hegerl, G. C., (2007), **Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the IPCC Ensemble of Global Coupled Model Simulations**, Journal of Climate, **20**: 1419-1444.

Weisskopf, M. G., Anderson, H. A., Foldy, S., Hanrahan, L. P., Blair, K., Török, T. J., Rumm, P. D., (2002), **Heat Wave Morbidity and Mortality, Milwaukee, Wis, 1999 vs 1995: an Improved Response?** American Journal of Public Health, **92(5)**: 830-833.

McMichael A. J., Campbell-Lendrum, D. H., Corvalán, C. F., Ebi, K. L., Githeko, A. K., Scheraga, J. D., Woodward, A., (2003), **Climate Change and Human Health, Risks and Responses**, World Health Organization, Geneva.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]

Perkins, S. E., Alexander, L. V., (2012), **On the Measurement of Heat Waves**, Journal of Climate, **26(13)**: 4500-4517.

Perkins, S. E., Alexander, L. V., Nairn, J. R., (2012), **Increasing Frequency, Intensity and Duration of Observed Global Heatwaves and Warm Spells**, Geophysical Research Letters, **39**(L20714): 1-5.

Pongracz, R., Bartholy, J., Bartha, E. B., (2013), **Analysis of Projected Changes in The Occurrence of Heat Waves in Hungary**, Advances in Geosciences, **35**: 115–122.

Russo, S., Dosio, A., Graversen, R. G., Sillmann, J., Carrao, H., Dunbar, M. B., Singleton, A., Montagna, P., Barbola, P., Vogt, J. V., (2014), **Magnitude of Extreme Heat Waves in Present Climate and Their Projection in A Warming World**, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, **119**: 12500–12512.

Russo, S., Sillmann, J., Fischer, E. M., (2015), **Top Ten European Heatwaves since 1950 and Their Occurrence in the Coming Decades**, Environmental Research Letters, **10(12)**: 1-15.

Russo, S., Marchese, A. F., Sillmann, J., Imme, G., (2016), **When Will Unusual Heat Waves Become Normal in A Warming Africa?** Environmental Research Letters, **11**: 1-10.

Schoof, J. T., Robeson, S. M., (2016), **Projecting Changes in Regional Temperature and Precipitation Extremes in the United States**, Weather and Climate Extremes, **11**: 28–40.

Tamrazian, A., LaDochy, S., Willis, J., Patzert, W. C., (2008), **Heat Waves in Southern California: Are They Becoming More Frequent and Longer Lasting?** APCG Yearbook, **70**: 59-69.

Wreford, A., Adger, W. N., (2010), **Adaptation in Agriculture: Historic Effects of Heat Waves and Droughts on UK Agriculture**, International Journal of Agricultural Sustainability, **8(4)**: 278-289.

Yan ,Y., Qu, J., Hao, X., Yue, S., (2017): **Characterizing Spatial-Temporal Changes of Heat Waves in China using Center of Gravity Analysis**, Physical Geography, **38(4)**: 379-391.

Yazdanpanah, H., Eitzinger, J., Baldi, M., (2017), **Analysis of the Extreme Heat Events in Iran**, International Journal of Climate Change Strategies and Management, **9(4)**: 418-432.

Zampieri, M., Russo, S., Di Sabatino, S., Michetti, M., Scoccimarro, E., Gualdi, S., (2016), **Global Assessment of Heat Wave Magnitudes from 1901 to 2010 and Implications for the River Discharge of the Alps**, Science of the Total Environment, **571**: 1330-1339.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.6.3]

[DOI: 10.29252/jgs.20.59.39]