

تعیین آستانه دمایی موج گرما طی دوره گرم سال بر اساس شاخص‌های جهانی در مناطق مختلف کشور

فرشته رضایی^۱ - دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

محمود احمدی - دانشیار آب‌وهواشناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

علیرضا شکیبا - دانشیار آب‌وهواشناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱

چکیده

موج گرما عموماً به عنوان یک دوره‌ای از روزهای متوالی با دماهای بالای غیر عادی تعریف می‌شوند که به دلیل متأثر کردن بخش‌های مختلف طبیعی و انسانی از قبیل سلامت، بهداشت، منابع آب و کشاورزی به یک نوع مخاطره رایج در جهان تبدیل شده است. شناسایی این‌گونه اثرات نیازمند شناخت موج گرما و تعیین آستانه‌های آن می‌باشد. لذا، در این پژوهش سعی می‌گردد به تعیین آستانه دمایی موج گرما در مناطق مختلف کشور در دوره گرم سال پرداخته شود. بدین منظور آمار دمای حداکثر روزانه ۹۰ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۸۶ از ماه‌های آوریل تا سپتامبر از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. سپس بعد از پردازش اولیه داده‌های خام، به تعیین آستانه دمایی موج گرما طی دوره گرم سال، بر اساس ۳ شاخص جهانی (صدک ۹۵، بالدی، سازمان هواشناسی جهانی (WMO)) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه پرداخته شد. سپس در محیط ArcGIS با استفاده از روش ترکیبی IDW و رگرسیون با در نظر گرفتن عرض جغرافیایی و ارتفاع (به عنوان ۲ عامل مهم و تأثیرگذار در مقدار آستانه دمایی موج گرما)، آستانه دمایی برای کل کشور درونبایی گردید. نتایج نشان داد که مقادیر آستانه دمایی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف کشور در دوره گرم سال یکسان نیست و از رنج متفاوتی برخوردار است. به طوری که آستانه دمایی در ماه آوریل بین ۴۰ - ۱۵، در ماه می بین ۴۶ - ۲۱، در ماه ژوئن بین ۵۰ - ۲۵، در ماه جولای بین ۴۹ - ۲۹، در ماه آگوست بین ۵۲ - ۳۲ و در ماه سپتامبر بین ۴۷ - ۲۷ درجه سلسیوس متغیر می‌باشد. در ماه‌های آوریل، می و سپتامبر، این آستانه از تفاوت مکانی بیشتر و در ماه‌های ژوئن و جولای و آگوست تقریباً از یکنواختی نسبی برخوردار است که علت آن را می‌توان وجود پرفشار جنب حاره‌ای

آزور دانست که تمام ایران را تا جنوب کوه‌های البرز تحت استیلای خود در می‌آورد و از جهتی وجود این پدیده باعث می‌شود که نقش عوامل محلی مانند ارتفاعات، عرض جغرافیایی در مقدار آستانه دمایی در این ماه‌ها چندان محسوس نباشد و آستانه دمایی از یکپارچگی نسبی برخوردار باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بالاترین آستانه دمایی موج گرما در دوره گرم سال مربوط به استان خوزستان و کمترین آستانه مربوط به قسمت‌های از نوار شمالی و شمال غرب کشور می‌باشد. نتایج این تحقیق دلالت بر این حقیقت علمی دارد که جهت به دست آوردن آستانه دمایی دقیق برای مناطق مختلف کشور باید از شاخص‌های مختلف استفاده کرد؛ زیرا این شاخص‌ها مکمل همدیگر هستند و تنها با استفاده از یک شاخص نمی‌توان به نتایج دقیقی در این زمینه دست یافت.

کلیدواژه‌ها: موج گرما، شاخص‌های آستانه دمایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع، ایران

۱- مقدمه

امواج گرمایی^۱ به عنوان یک پدیده حدی اقلیمی در سال‌های اخیر رخداد بیشتری داشته‌اند که این امر از شواهد تغییرات آب‌وهوایی کره زمین به شمار می‌رود (سپهوند، ۱۳۹۳). موج‌های گرما می‌توانند با تغییر آب‌وهوا فراوان‌تر و شدیدتر و پرتداوم‌تر از گذشته باشند (Rusticucci et al., 2015; Jinghong et al., 2015; al., 2015; اسماعیل نژاد، ۱۳۹۲). تحقیقات بسیاری نشان دادند که از اواسط قرن بیستم، یک روند افزایشی مشابهی در فراوانی امواج گرمایی در اروپا، استرالیا و در بیشتر نقاط آسیا رخ داده است (Hartman et al., 2013; Pu et al., 2017). امواج گرمایی همزمان با گرمایش جهانی می‌تواند بخش‌های مختلف اعم از منابع و مصرف آب، محصولات کشاورزی، امنیت غذایی، محیط‌زیست، سیستم‌های مهندسی، بهداشت و سلامت، صنعت، اقتصاد و توریسم را متأثر سازد (Croitoru et al., 2016; Liu et al., 2015; Unal et al., 2013; Narin & Fawcett, 2013). به‌گونه‌ای که امواج گرمایی باعث افزایش مصرف آب و انرژی می‌شود و همچنین سلامت و آسایش انسان را به خطر می‌اندازد و از جهتی کمترین تغییر در میزان بارش و درجه حرارت ضربه‌های شدیدی به بخش‌های کشاورزی و اقتصادی وارد می‌کند (Debono et al., 2004). بررسی میزان مرگ‌ومیر سالانه ناشی از مخاطرات اقلیمی نشان می‌دهد که امواج گرمایی باعث بیشترین میزان مرگ‌ومیر نسبت به دیگر رخداد‌های اقلیمی می‌شوند (برنا و هاشمیان، ۱۳۹۳). بنابراین اگرچه موج گرما به عنوان یک رویداد هواشناختی در نظر گرفته می‌شود، ولی نمی‌توان آن را بدون توجه به اثراتش بر روی جنبه‌های مختلف زندگی انسان مورد ارزیابی قرار داد (Tong et al., 2010). قدم اول در درک و فهم چگونگی اثرات این پدیده و پیامدهای آن بر بخش‌های مختلف، شناسایی دقیق و آشکارسازی آن می‌باشد.

تعریف‌های مختلفی از موج گرما در سراسر جهان وجود دارد و عموماً آن را براساس ۳ معیار تعریف می‌کنند: واحد اندازه‌گیری دما (میانگین روزانه دما یا دمای حداکثر روزانه)، آستانه دمایی (مطلق یا نسبی) و طول دوره موج گرما (Smith et al., 2013; Chen et al., 2015). موج گرما را می‌توان بر اساس ۲ آستانه تعیین کرد: آستانه نسبی (زمانی که درجه حرارت روزانه بالاتر از یک آستانه نسبی باشد مثلاً بالاتر از صدک ۹۵ و چند روز متوالی دوام داشته باشد) و آستانه مطلق (زمانی که درجه حرارت روزانه بالاتر از یک آستانه مطلق باشد مثلاً بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و چند روز متوالی دوام داشته باشد) (Dong et al., 2016). آستانه می‌تواند با روش‌ها و شاخص‌های مختلف محاسبه گردد (Changnon, 1998) از متداول‌ترین این شاخص‌ها می‌توان به شاخص‌های صدک، بالدی،¹ NTD و² WMO اشاره کرد.

بر اساس تعریف پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی، اگر دمای حداکثر روزانه هوا در چند روز، ۵ درجه سلسیوس یا بیشتر، از دمای متوسط دوره نرمال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۹ بالاتر باشد، موج گرما به وقوع پیوسته است (Glickman, 2000). سازمان هواشناسی جمهوری چک نیز موج گرما را یک دوره از N روز یا بیشتر در تابستان با حداکثر دمای روزانه که ۳۰ درجه یا بیشتر باشد تعریف می‌نماید (Kalkstein et al., 2008). وجود آستانه‌های دمایی مختلف در تعاریف گوناگون، گویای این مطلب می‌باشد که هر چند موج گرمایی یک پدیده هواشناسی است اما آستانه‌ی دمایی آن می‌تواند متأثر از ویژگی‌های مکانی هر منطقه باشد. بطوریکه در هر منطقه جغرافیایی بر اساس ویژگی‌های محیطی و اقلیمی آن، می‌توان آستانه‌ی دمایی معینی برای موج گرما تعریف کرد (اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به اینکه این شاخص حدی بسیاری از پدیده‌های محیطی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، در سطح جهان مطالعات زیادی در زمینه شناسایی و اثرات موج گرما به ویژه بر روی سلامت انسان، صورت گرفته است. Pascal (2011) Diaz et al (2006) Rojer et al (2011) Populita et al (2010) Gi Yang Sen (2012) از جمله کسانی بودن که در این زمینه تحقیقاتی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که رابطه مستقیمی بین موج گرمایی و مرگومیر وجود دارد.

در ایران نیز در زمینه شناسایی و عوامل ایجاد امواج گرمایی پژوهش‌های زیادی انجام گرفته است، از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعه قویدل رحیمی (۱۳۹۰) که به شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج ابر گرم تابستان ۱۳۸۹ در کشور پرداخته و همچنین تحقیق مجرد و همکاران (۱۳۹۴) که به تحلیل آماری - همیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه سلسیوس در غرب ایران پرداختند اشاره کرد. نتایج حاصل از این ۲ تحقیق نشان داد که وجود یک کم فشار حرارتی بر روی شبه جزیره عربستان و استیلای کامل پرفشار جنب حاره‌ای از عوامل اصلی وقوع امواج گرمایی بوده‌اند. اسمعیل نژاد و همکاران (۱۳۹۲) نیز به شناسایی امواج گرمایی ایران پرداختند. ایشان

1 Normalized Temperature Deviation

2 World Meteorological Organization

روزهایی را که حداقل ۲ روز تداوم داشته و دمای آن ۲+ انحراف معیار بالاتر از میانگین (NTD) بود، به عنوان موج گرما تعریف کردند. و به این نتیجه رسیدند که موج‌های گرمایی کوتاه رخداد بیشتر و امواج گرمایی پرتداوم رخداد کمتری داشته‌اند. و این امواج در پایان زمستان و روزهای نخستین پاییز یعنی هنگام با گذار دوره سرد به گرم و گرم به سرد بیشتر و فراوان‌تر می‌باشند. از دیگر کارهای تحقیقی که به شناسایی و تحلیل زمانی - مکانی امواج گرمایی پرداختند، می‌توان مطالعات یزدان پناه و همکاران (۱۳۹۱)، صالحی (۱۳۹۲)، هدایتی زاده (۱۳۹۲)، دارند (۱۳۹۳)، برنا و هاشمیان (۱۳۹۳) و مولودی و همکاران (۱۳۹۵) را نام برد.

در ایران به خاطر تنوع در ساختار توپوگرافی (وجود پستی و بلندی‌های متنوع)، گسترش در ۱۵ درجه عرض جغرافیایی (واقع شدن بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی)، تیپ‌های اقلیمی گوناگون و ... ایستگاه‌های هواشناسی ممکن است در یک زمان واحد، دماهای متفاوتی را ثبت کنند که این امر شناسایی امواج گرمایی را با مشکل مواجه می‌کند. بنابراین استفاده از یک آستانه دمایی برای کشور پهناور ایران مناسب نمی‌باشد. چرا که ممکن است برای نمونه آستانه دمایی ۳۰ درجه برای مناطق شمالی کشور آستانه مناسبی جهت نمایان ساختن امواج گرمایی باشد ولی برای مناطق جنوبی ایران که در بیشتر مواقع سال دماهای بالای ۳۰ درجه را نشان می‌دهند آستانه مناسبی نباشد. بنابراین می‌توان گفت امواج گرمایی در ایران ممکن است در نواحی مختلف آستانه‌های متفاوتی داشته باشند. در نتیجه به دست آوردن این آستانه‌ها باعث شناخت دقیق‌تر و بهتر امواج گرمایی می‌شود و بهتر می‌توان برنامه‌ریزی‌های لازم را در زمینه‌های مختلف انجام داد.

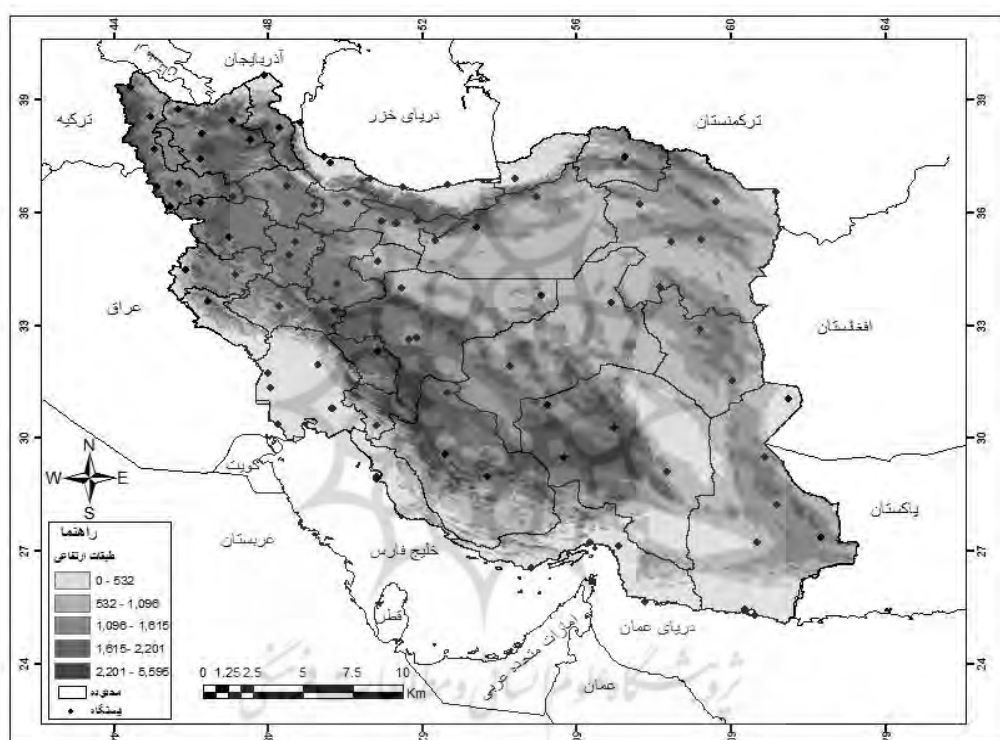
با توجه به بررسی‌های انجام شده، تا کنون مطالعه‌ای در زمینه تعیین آستانه‌ی دمایی موج گرما در ایران با توجه به شرایط مکانی و اقلیمی به صورت مدون انجام نگرفته است. همچنین به دلیل تأثیر پذیری آب‌وهوای کشور از گرمایش جهانی، خشکسالی‌های اخیر، مطرح شدن بحران آب و اهمیت پیش بینی هوا در زمینه‌های مختلف، ضرورت بررسی پدیده‌های فرین بخصوص امواج گرمایی و ویژگی‌های آن مطرح می‌شود. بنابراین با توجه به اهمیت بررسی امواج گرمایی و اثرات مختلف آن، در این پژوهش تلاش می‌گردد به تعیین آستانه دمایی شاخص حدی موج گرما در ماه‌های مختلف دوره گرم سال در ایران پرداخته شود.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع ما بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی در نیمه جنوبی منطقه معتدله نیمکره شمالی قرار دارد. بطوریکه بخش جنوبی آن در مجاورت مناطق جنب استوائی واقع شده و متأثر از پدیده‌های این منطقه است که آن را به طور محسوس از شمال کشور متمایز می‌سازد (امیدوار، ۱۳۹۱؛ مسعودیان، ۱۳۹۲).

پراکندگی دما در ایران تابع عوامل محلی (مانند عرض جغرافیایی و ارتفاع) و بیرونی (مانند سیستم‌های فشار و توده هوا) است. بنابراین تنوع توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا بین مناطق مختلف ایران، از حدود ۲۸- متر در سواحل خزر تا ۵۶۷۱ متر در قله دماوند، در البرز متغیر است)، جهت ناهمواری‌ها، اختلاف در عرض جغرافیایی (ایران بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی گسترش یافته است؛ یعنی حدود ۱۵ درجه بین جنوبی‌ترین و شمالی‌ترین نقطه آن اختلاف وجود دارد)، مراکز فشار و توده‌های هوا از عواملی هستند که می‌توانند موج گرما و آستانه آن را در مناطق مختلف تحت تأثیر قرار دهند.



شکل ۱- وضعیت ارتفاعی و پراکنش جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

۲-۲- داده‌ها و شاخص‌ها

با توجه به رعایت یک دوره آماری حداقل ۳۰ ساله که در مطالعات اقلیمی ضرورت دارد. در این پژوهش از میان همه ایستگاه‌های سینوپتیکی کشور، ۹۰ ایستگاه که دارای آمار مشترک ۳۰ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۶) بودند انتخاب شد (شکل ۱) و سپس آمار دمای حداکثر روزانه این ایستگاه‌ها طی دوره آماری موردنظر از ماه‌های آوریل تا سپتامبر از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. و در نهایت جهت تعیین آستانه دمایی موج گرما در کل کشور از ۴ شاخص (صدک ۹۵، بالدی، WMO و NTD) استفاده گردید که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۲-۳- روش پردازش داده‌ها

جهت کنترل کیفی و نرمال بودن داده‌ها از آزمون اندرسون دارلینگ در محیط نرم افزار Minitab استفاده گردید. این روش به دلیل اینکه تابع توزیع تجمعی تجربی مشاهدات را با تابع توزیع تجمعی نرمال مقایسه می‌کند به عنوان یکی از روش‌های مناسب و متداول در مطالعات اقلیمی بشمار می‌رود (امیری و کرمی، ۱۳۹۱). روش انجام این آزمون برای برآزش داده‌های نرمال به صورت زیر می‌باشد:

ابتدا داده‌ها را به ترتیب صعودی مرتب کرده و مقدار آماره آزمون را به صورت زیر محاسبه می‌کنند:

$$A^2 = -n - \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (2i-1)(\ln F(Y_i) + \ln(1-F(Y_{n+1-i}))) \quad (1)$$

$$F(Y_i) = P\left(z < \frac{Y_i - \mu}{\sigma}\right) F(Y_i) = P\left(Z < \frac{Y_i - \mu}{\sigma}\right) \quad (2)$$

در رابطه‌های فوق:

n = اندازه‌ی نمونه؛

Y_i = داده‌های مرتب شده

و در صورتی که μ و σ مشخص نباشند از \bar{X} و S استفاده می‌شود.

مقدار P -Value ابتدا با محاسبه A^2 به دست آورده خواهد شد، که در آن A^2 برابر است با:

$$\hat{A}^2 = A^2 \left(1 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2}\right) \quad (3)$$

به این ترتیب شروط ۴ تا ۱۵ بر آزمون اندرسون-دارلینگ حاکم خواهد بود:

$$\text{If } 0.6 < A'^2 < 13 \quad P\text{-Value} = \exp(1.2937 - 5.709A'^2 + 0.0186A'^{22}) \quad (4)$$

$$\text{If } 0.34 < A'^2 < 0.6 \quad P\text{-Value} = \exp(0.9177 - 4.279A'^2 - 1.38A'^{22}) \quad (5)$$

$$\text{If } 0.2 < A'^2 < 0.34 \quad P\text{-Value} = 1 - \exp(-8.318 + 42.796A'^2 - 59.938A'^{22}) \quad (6)$$

$$\text{If } A'^2 < 0.2 \quad P\text{-Value} = 1 - \exp(-13.436 + 101.14A'^2 - 223.73A'^{22}) \quad (7)$$

$$H_0: X \sim N(\mu, \sigma) \quad \text{IF } P\text{-value} > \alpha \quad \text{ACCEPT } H_0 \quad (8)$$

$$H_0: X \sim N(\mu, \sigma) \quad \text{IF } P\text{-value} \leq \alpha \quad \text{REJECT } H_0 \quad (9)$$

۲-۴- روش‌های تعیین آستانه دمایی

پس از کنترل کیفی داده‌ها، از طریق نرم افزار Excel و با استفاده از شاخص آماری صدک ۹۵، شاخص بالدی، شاخص سازمان هواشناسی جهانی (WMO) و شاخص فومیایکی (NTD)، آستانه دمایی جهت شناسایی موج گرما در دوره گرم سال (آوریل تا سپتامبر) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین گردید، در ادامه به این شاخص‌ها اشاره

خواهد شد. البته باید توجه داشت که امواج گرمایی در دوره سرد سال نیز اتفاق می افتد ولی با توجه به هدف این تحقیق از بررسی آنها صرف نظر شده است:

الف - شاخص بالدی:

$$(Varfi et al., 2009) T_{\max \text{ daily}} \geq T_{\text{mean max daily}} + 1.5 \text{ sd}_{\max \text{ daily}}$$

برای تعیین آستانه دمایی جهت استخراج امواج گرمایی بر اساس شاخص بالدی، ابتدا میانگین و انحراف معیار داده‌های دمای حداکثر روزانه هر ایستگاه به صورت جداگانه به کمک روابط زیر محاسبه شد:

$$M = \frac{\sum Xi}{n} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Xi - m)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در این رابطه m میانگین داده‌ها و Xi دمای حداکثر ایستگاه‌ها و n تعداد روز است. و در رابطه ۲، σ انحراف معیار دمای حداکثر روزانه ایستگاه‌هاست که برای کل روزه‌های آماری محاسبه شده است.

سپس این رابطه $T_{\text{mean max daily}} + 1.5 \text{ sd}_{\max \text{ daily}}$ به صورت نقطه‌ای برای هر ایستگاه محاسبه گردید و یک آستانه به دست آمد. و در نهایت روزهای که آمار دمای حداکثر آنها مساوی یا بیشتر از آستانه مورد نظر باشد و چند روز متوالی ادامه داشته باشد به عنوان روزهای گرم و دارای موج گرم انتخاب شدند.

ب- شاخص صدک ۹۵: زمانی که دمای حداکثر روزانه هر ایستگاه مساوی و بزرگ‌تر از صدک ۹۵ داده‌های روزانه آن ایستگاه باشد و حداقل ۲ روز تداوم داشته باشد، موج گرم تعریف می‌کند (Dong et al., 2016).

پ- شاخص سازمان هواشناسی جهانی: موج گرما را بر این مبنا تعریف می‌کند که دمای حداکثر روزانه یک ایستگاه برای ۵ روز متوالی به میزان ۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از میانگین بلندمدت باشد (Glickman, 2000).

ت- شاخص فومیاکی (NTD): روزهایی را که حداقل ۲ روز تداوم داشته و دمای آن ۲+ انحراف معیار بالاتر از میانگین (NTD) باشد، به عنوان موج گرما تعریف می‌کند.

هدف از بکارگیری شاخص‌های مختلف، انتخاب شاخص مناسب و در نهایت تعیین آستانه بر اساس آن شاخص بود. برای تعیین اینکه کدام شاخص جهت تعیین آستانه مناسب‌تر است ابتدا لازم بود توانایی این شاخص‌ها در زمینه استخراج امواج گرمایی سنجیده شود. ولی پس از اجرا کردن شاخص‌های ذکر شده و استخراج امواج گرما به تفکیک این روش‌ها، مشخص گردید که این شاخص‌ها توانایی شناسایی امواج گرما را دارند هر چند ممکن است از لحاظ نشان دادن ویژگیهای موج گرما مانند تداوم، شدت و وسعت تفاوت‌های با هم داشته باشند. اما مشکل عمده

اینجاست که این شاخص‌ها آستانه‌های یکسانی را نشان نمی‌دهند بنابراین هر چند نتایج هر کدام از این شاخص‌ها بر اساس قواعد علمی و آماری معتبر است ولی نمی‌توان یک شاخص را بطور دلخواه به عنوان یک شاخص بهتر و مناسب‌تر انتخاب و آستانه دمایی را بر اساس آن تعیین کرد. در نتیجه جهت تعیین آستانه نهایی برای هر ایستگاه از میان آستانه‌های مختلف، کوچک‌ترین آستانه در نظر گرفته شد و روزهای که مساوی یا بزرگ‌تر از این آستانه بودند به عنوان روز گرم و دارای موج انتخاب گردید (جدول ۱). لازم به ذکر است که چون خروجی شاخص فومیایکی (NTD) بصورت ضریب می‌باشد جهت تعیین آستانه نهایی از این شاخص استفاده نشد و از آن فقط به عنوان یک شاخص تأیید کننده در جهت بررسی رخداد موج گرما استفاده گردید.

جدول ۱- آستانه دمایی تعدادی از ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های جهانی

ایستگاه	y	X	آستانه دمایی					
			آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر
چابهار	25.28	60.62	32.95	35.20	35.79	34.30	33.02	33.13
کیش	26.50	53.98	35.93	39.68	40.09	40.39	40.04	38.39
بندرلنگه	26.53	54.83	35.97	39.54	39.54	40.08	39.50	38.13
بندر عباس	27.22	56.37	36.99	41.00	42.36	41.71	40.76	39.91
بوشهر	28.96	50.82	34.82	40.01	40.54	41.79	41.10	39.35
بم	29.10	58.35	35.89	41.11	44.31	44.26	42.27	40.30
زاهدان	29.47	60.88	33.23	37.99	40.23	40.20	38.80	37.00
شیراز	29.53	52.60	29.85	36.00	39.46	41.20	39.88	37.00
کرمان	30.25	56.97	30.04	35.60	39.00	39.80	37.95	35.85
دوگنبدان	30.33	50.82	33.75	40.92	43.87	45.23	44.82	41.70
آبادان	30.37	48.25	37.99	45.12	48.51	49.80	49.75	46.58
زابل	31.03	61.48	36.96	42.19	45.63	45.92	44.61	41.62
اهواز	31.33	48.07	37.63	44.79	48.00	49.37	49.07	45.88
یزد	31.90	54.28	32.23	37.79	42.00	43.60	41.91	38.60
شهرکرد	32.28	50.85	23.55	29.20	34.11	36.80	35.50	32.20
اصفهان.فرودگاه	32.67	51.87	28.35	34.12	38.94	41.00	39.52	36.00
بیرجند	32.87	59.20	29.91	35.55	39.61	39.77	38.16	36.00
خرم آباد	33.48	48.28	27.62	34.04	39.80	42.60	41.97	38.31
اراک	34.10	49.77	24.88	30.56	36.57	39.14	38.00	34.60
کرمانشاه	34.35	47.15	26.22	32.36	38.98	41.78	41.47	37.33
قم	34.70	50.85	31.33	37.09	42.10	44.25	43.00	39.60
همدان فرودگاه	34.87	48.53	23.44	28.74	35.01	38.13	37.60	33.90

ادامه جدول ۱

ایستگاه	y	X	آستانه دمایی					
			آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر
کاشمر	35.20	58.47	29.14	34.98	39.54	40.40	39.21	36.57
همدان نوژه	35.20	48.72	23.60	28.99	35.88	38.59	37.68	34.45
ترت حیدریه	35.27	59.22	26.10	31.61	35.92	36.47	35.49	33.60
سنندج	35.33	47.00	25.42	31.13	37.89	40.75	40.20	36.46
سمنان	35.58	53.42	29.05	34.84	39.85	41.75	40.57	37.00
تهران	35.68	51.32	27.78	33.36	38.55	40.53	39.55	36.20
دوشان تپه	35.70	51.33	27.83	33.25	38.41	40.42	39.50	36.63
سبزوار	36.20	57.65	30.41	36.15	41.00	41.76	40.71	38.08
قزوین	36.25	50.05	25.55	31.06	37.20	39.30	38.73	35.40
مشهد	36.27	59.63	26.97	32.51	38.20	38.61	38.00	34.50
بابلسر	36.72	52.65	23.61	28.54	32.03	33.60	34.00	32.04
بندرانزلی	37.48	49.45	20.99	26.31	30.35	31.90	32.09	29.40
ارومیه	37.67	45.05	22.49	27.50	32.66	35.14	35.21	31.94
تبریز	38.08	46.28	22.89	28.44	34.60	37.70	37.80	33.75

بعد از تعیین آستانه نهایی برای هر ایستگاه در ۶ ماه گرم سال براساس شاخص‌های جهانی، در محیط ArcGIS با استفاده از روش ترکیبی IDW^۱ و رگرسیون با در نظر گرفتن عرض جغرافیایی و ارتفاع (به عنوان ۲ عامل مهم و تأثیرگذار در مقدار آستانه دمایی موج گرما)، آستانه دمایی برای کل کشور درونیایی شد. جهت انجام این کار از لایه رستری^۲ با مقادیر عرض جغرافیایی، مدل ارتفاعی^۳ ایران، با دقت ۹۰ متر و همچنین از مقدار همبستگی بین آستانه دمایی با ۲ عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی استفاده گردید (جدول ۲).

جدول ۲- مدل رگرسیونی آستانه دمایی با عرض جغرافیایی و ارتفاع

ماه	مقادیر همبستگی عرض جغرافیایی و ارتفاع با آستانه دمایی به درصد	Pvalue
آوریل	R-Sq= 71.9	0.000
می	R-Sq= 61.8	0.000
ژوئن	R-Sq=36.9	0.000

1 Inverse Distance Weighting

2 Raster

3 Dem

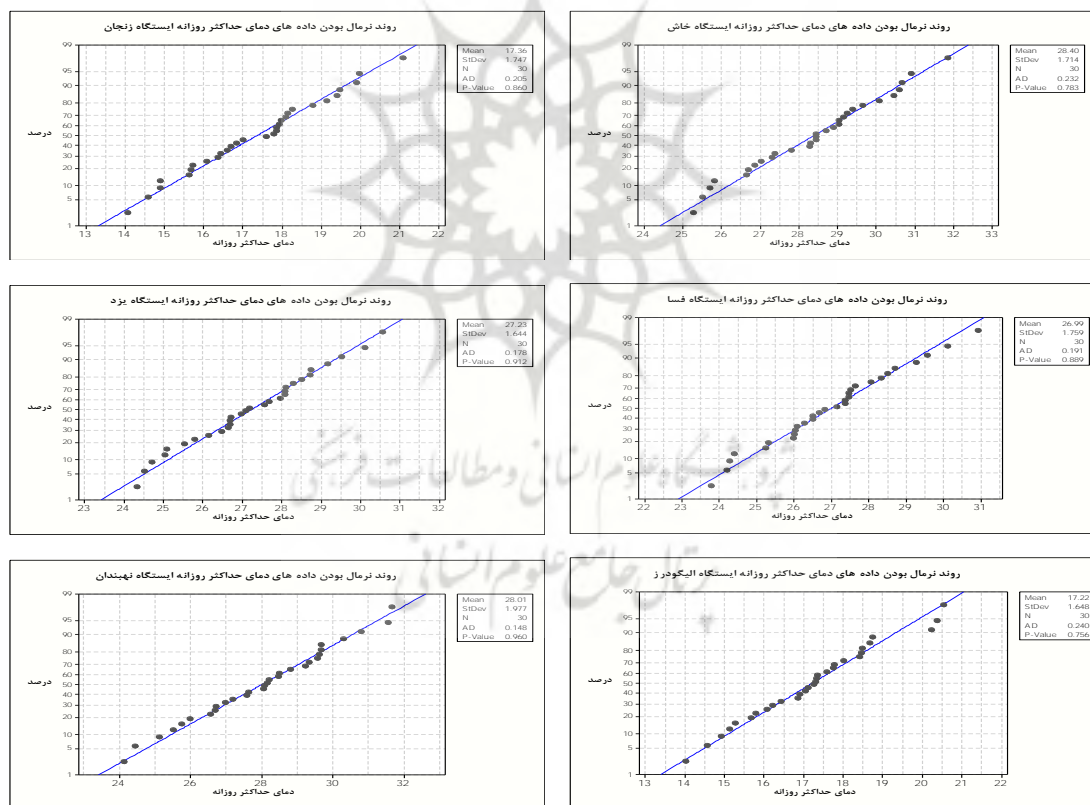
ادامه جدول ۲

ماه	مقادیر همبستگی عرض جغرافیایی و ارتفاع با آستانه دمایی به درصد	Pvalue
جولای	R-Sq= 22.5	0.000
آگوست	R-Sq= 19.7	0.000
سپتامبر	R-Sq= 38.4	0.000

۳- نتایج

۳-۱- نتایج حاصل از پردازش داده‌ها

نتایج آزمون اندرسون دارلینگ در این تحقیق نشان داد که ایستگاه‌های مورد مطالعه در ماه‌های مختلف گرم سال دارای داده‌های نرمال بوده‌اند. در ادامه نمونه‌ای از نتایج این آزمون برای ماه آوریل ارائه شده است (شکل ۲).



شکل ۲- روند نرمال بودن داده‌های دمای حداکثر روزانه بر اساس آزمون اندرسون دارلینگ در ماه آوریل

همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود P-value ایستگاه‌ها بیشتر از 0/05 بوده و اکثر نقاط روی خط تقارن یا نزدیک به آن قرار دارند، در نتیجه داده‌ها نرمال می‌باشند.

۳-۲- نتایج و بحث حاصل از تعیین آستانه دمایی به تفکیک ماه

در این قسمت مقادیر آستانه دمایی حاصل از اجرای ۳ شاخص جهانی و با در نظر گرفتن عوامل محلی (شکل ۳)، از لحاظ زمانی و مکانی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

۳-۲-۱- آوریل

آستانه دمایی در ماه آوریل بین 40° - 15° سلسیوس متغیر است. کمترین آستانه (20° - 15° سلسیوس) مربوط به قسمت‌های بسیار کوچکی از شمال غرب و شمال کشور می‌شود، و بیشترین آستانه (40° - 35° سلسیوس) مربوط به قسمت‌های از استان خوزستان و جنوب شرق کشور می‌باشد. در این ماه آستانه دمایی از تفاوت مکانی بیشتری نسبت به سایر ماه‌های دوره گرم سال برخوردار است. زیرا در این ماه هنوز بادهای غربی و سیستم‌های متعدد گرم و سرد در ایران حاکم هستند (علیجانی، ۱۳۹۱) و از جهتی عوامل محلی مانند ارتفاع و عرض جغرافیایی نقش مهمی در مقدار آستانه دمایی دارند (متطری و مسعودیان، ۱۳۸۹). بیشترین مساحت کشور در این ماه به ترتیب دارای آستانه‌های 35° - 30° ، 30° - 25° ، 25° - 20° و 40° - 35° سلسیوس می‌باشد.

۳-۲-۲- می

ولی در ماه می آستانه دمایی از 46° - 21° سلسیوس متغیر است، مقدار آستانه نسبت به ماه آوریل بیشتر شده است. کمترین آستانه مانند ماه آوریل مربوط به قسمت‌های از شمال غرب و شمال کشور (26° - 21°) و بیشترین مربوط به استان خوزستان و قسمت‌های ناچیزی از جنوب شرق (46° - 41°) است. در این ماه همانند ماه آوریل تفاوت مکانی دما زیاد است و بیشتر مساحت کشور به ترتیب دارای آستانه‌های بین 41° - 36° ، 36° - 31° ، 31° - 26° و 46° - 41° سلسیوس می‌باشد.

۳-۲-۳- ژوئن

در ماه ژوئن، آستانه دمایی بین 50° - 25° سلسیوس متغیر است. کمترین آستانه (30° - 25°) مربوط به قسمت‌های ناچیزی از شمال غرب است و بالاترین آستانه 50° - 45° مربوط به قسمت‌های از استان خوزستان می‌باشد. در این ماه به دلیل نفوذ پرفشار جنب حاره‌ای آזור از تفاوت مکانی آستانه دمایی نسبت به آوریل و می کاسته می‌شود (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶). بیشترین مساحت کشور به ترتیب دارای آستانه 45° - 40° ، 40° - 35° ، 35° - 30° سپس 50° - 45° می‌باشد.

۳-۲-۴- جولای

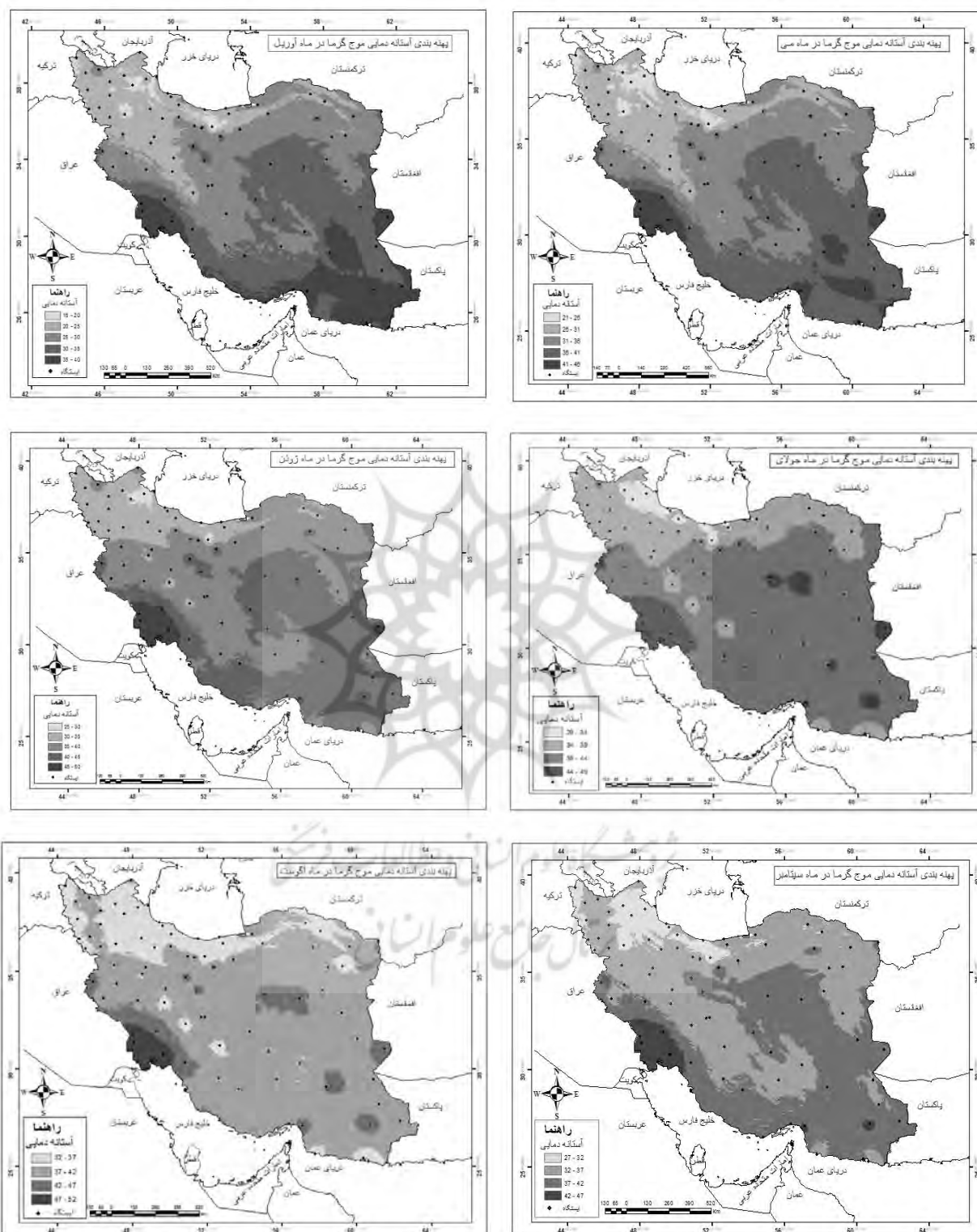
در ماه جولای آستانه دمایی کشور بین 49° - 29° سلسیوس متغیر است. کمترین مقدار مربوط به قسمت‌های از شمال غرب (34° - 29° سلسیوس) و بیشترین مربوط به استان خوزستان (49° - 44° سلسیوس) می‌باشد. در این ماه قسمت بسیار زیادی از کشور دارای دمای بین 44° - 39° سلسیوس است و تنها نوار شمالی و شمال غرب و قسمت‌های از شمال شرق دارای دمای بین 39° - 34° می‌باشد. دلیل این یکنواختی نسبی در مقدار آستانه دمایی، را می‌توان استقرار پرفشار جنب حاره‌ای آזור در فصل گرم دانست که تمام ایران را از جنوب کوه‌های البرز تحت استیلای خود در می‌آورد و مانع ورود توده‌های هوا از بیرون می‌گردد. در واقع در این زمان به دلیل نزول دائمی هوا، هیچ نوع حرکت صعودی انجام نمی‌گیرد و تمام ایران از آسمان صاف و بدون ابر برخوردار است و در همه جا عامل کنترل‌کننده دما، تابش خورشید می‌باشد (علیچانی، ۱۳۹۱). از جهتی وجود این پدیده باعث می‌شود که نقش عوامل محلی مانند ارتفاعات و عرض جغرافیایی در مقدار آستانه دمایی در دوره گرم سال محسوس نباشد و تقریباً همه جای ایران به دلیل قرار گیری در زیر نفوذ هوای پایدار پرفشار جنب حاره‌ای و آسمان صاف، دماهای نسبتاً بالا را تجربه کند.

۳-۲-۵- اگوست

در ماه اگوست آستانه دمایی بین 52° - 32° سلسیوس متغیر است. کمترین مقدار مربوط به نوار شمالی و قسمت‌های از شمال غرب (37° - 32°) و بیشترین مربوط به قسمت‌های از استان خوزستان (52° - 47°) می‌باشد. در این زمان بیشتر مساحت کشور دارای آستانه دمایی بین 42° - 37° سلسیوس است. در این ماه نیز شرایطی همانند ماه جولای حاکم است که به دلیل پیشروی پرفشار جنب حاره‌ای آזור، آستانه دمایی از یکنواختی نسبی برخوردار است و از تفاوت مکانی آن کاسته می‌شود.

۳-۲-۶- سپتامبر

در ماه سپتامبر، آستانه دمایی بین 47° - 27° سلسیوس متغیر است. کمترین مقدار مربوط به قسمت‌های از شمال غرب و شمال کشور (32° - 27°) است و بیشترین آستانه (47° - 42°) مربوط به استان خوزستان است. در این زمان بیشترین مساحت کشور به ترتیب دارای آستانه بین 42° - 37° و 37° - 32° سلسیوس می‌باشد. در این زمان به دلیل اینکه پرفشار جنب حاره آזור در حال عقب نشینی است و بادهای غربی وارد کشور می‌شوند از یکنواختی نسبی آستانه دمایی نسبت به ماه‌های قبل کاسته می‌شود (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶). و از جهتی نقش عوامل محلی مانند ارتفاع و عرض جغرافیایی در مقدار آستانه دمایی محسوس تر است.



شکل ۳- آستانه دمایی مناطق مختلف کشور طی دوره گرم سال

اگرچه الگوی رژیم گرمایی ایران از تغییرات زاویه‌ی تابش خورشید پیروی می‌کند اما دمای هر محل به مجموعه شرایط مانند توده‌های هوا، عرض جغرافیایی، ارتفاع و ... بستگی دارد. بطوریکه با تغییر هر یک از این عوامل، دما نیز تغییر خواهد کرد (منتظری و مسعودیان، ۱۳۸۹). همانطور که در دوره سرد سال تنوع سامانه‌های همدید مؤثر بر ایران موجب تفاوت چشم گیر دمای نقاط مختلف کشور با یکدیگر می‌شود به نحوی که می‌توان گفت نقاط مختلف کشور عملاً دارای فصول متفاوتی هستند و در دوره گرم سال که پرفشار جنب حاره بر بخش بزرگی از ایران حاکم است تفاوت نقاط مختلف کشور به کمترین مقدار می‌رسد. نقش عرض جغرافیایی نیز در تفاوت دمای نقاط مختلف، ده‌ها برابر اثر طول جغرافیایی است. افزایش دما از شمال به جنوب به دلیل نزدیک شدن به استوا و افزایش زاویه تابش خورشید و همچنین غنای رطوبتی جو در کرانه‌های خلیج فارس و دریای عمان است. کوهستان‌ها نیز در تعدیل دمای ایران نقش مهمی باز می‌کنند، بطوریکه تنوع توپوگرافی سبب شده است که توزیع مکانی دما از الگوی منظمی تبعیت نکند (علیجانی، ۱۳۹۱، مسعودیان، ۱۳۹۰). بنابراین مقدار آستانه‌ی دمایی موج گرما تحت تأثیر ویژگی‌های مکانی و زمانی هر منطقه می‌تواند متفاوت باشد. بطوریکه در هر منطقه جغرافیایی بر اساس ویژگی‌های محیطی و اقلیمی آن، می‌توان آستانه‌های دمایی معینی برای موج گرما در زمانهای مختلف تعریف کرد (اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). همانطور که مطالعات نشان می‌دهد استفاده از یک دمای واحد به عنوان آستانه در یک کشور بزرگ مناسب نمی‌باشد (Anderson & Bell, 2009; Kent et al., 2014). (شکل ۳) که مقادیر آستانه دمایی در دوره گرم سال برای مناطق مختلف کشور را نشان می‌دهد نیز گویای این امر می‌باشد.

۴- جمع بندی

موج گرما به عنوان یک پدیده حدی اقلیمی، امروزه باعث تلفات شدیدی در زندگی بشر و تخریب محیط‌زیست شده است. یک موج گرمایی، در واقع دوره گرمی است که دوام و پایداری آن چند روز تا چند هفته است و ممکن است با رطوبت زیاد همراه باشد. و ورود آن به کشور می‌تواند شرایط غالب محیط را دچار آنومالی شدید کند و مشکلات متعددی برای انسان و محیط‌زیست به وجود آورد. در نتیجه می‌توان گفت نخستین گام در جهت کنترل یا حداقل کاهش آسیب‌های ناشی از این دسته از پدیده‌های جوی، شناخت دقیق آستانه آنها با روش‌های علمی و مطالعه عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و شدت آنهاست. مطالعه آماری و سینوپتیکی امواج گرمایی تشخیص داده شده بر اساس شاخص‌های مختلف جهانی (بالدی، صدک ۹۵ و WMO) نشان داد که این شاخص‌ها توانایی شناسایی امواج گرما را دارند هر چند ممکن است از لحاظ نشان دادن ویژگی‌های موج گرما مانند تداوم، شدت و وسعت تفاوت‌های با هم داشته باشند. اما مشکل عمده اینجاست که این شاخص‌ها آستانه‌های یکسانی را نشان نمی‌دهند بنابراین هر چند نتایج هر کدام از این شاخص‌ها بر اساس قواعد علمی و آماری معتبر است ولی نمی‌توان یک شاخص را بطور دلخواه به عنوان یک شاخص بهتر و مناسب‌تر انتخاب و آستانه دمایی را بر اساس آن تعیین کرد. در نتیجه می‌توان

گفت این شاخص‌ها مکمل همدیگر هستند و بکارگیری همزمان این شاخص‌ها می‌تواند در تعیین آستانه دمایی دقیقتر کمک کند و این امر خود باعث می‌شود بهتر بتوان برنامه‌ریزی‌های لازم را انجام داد.

بررسی آستانه دمایی موج گرما در مناطق مختلف کشور در دوره گرم سال بر اساس ۳ شاخص مذکور نشان داد که آستانه دمایی در ماه آوریل بین 40° - 15° ، در ماه می بین 46° - 21° ، در ماه ژوئن بین 50° - 25° ، در ماه جولای بین 49° - 29° ، در ماه آگوست بین 52° - 32° و در ماه سپتامبر بین 47° - 27° سلسیوس متغیر است. در ماه‌های آوریل، می و سپتامبر، آستانه دمایی از تفاوت مکانی بیشتر و در ماه‌های ژوئن و جولای و آگوست تقریباً از یکنواختی نسبی برخوردار است که علت آن را می‌توان وجود پرفشار جنب حاره‌ای آזור دانست که تمام ایران را از جنوب کوه‌های البرز تحت استیلای خود در می‌آورد و مانع ورود توده‌های هوا از بیرون می‌گردد. در واقع در این زمان به دلیل نزول دائمی هوا، هیچ نوع حرکت صعودی انجام نمی‌گیرد و تمام ایران از آسمان صاف و بدون ابر برخوردار است و در همه جا عامل کنترل‌کننده دما، تابش خورشید می‌باشد. از جهتی وجود این پدیده باعث می‌شود که نقش عوامل محلی مانند ارتفاعات و عرض جغرافیایی در مقدار آستانه دمایی در این ماه‌ها (ژوئن، جولای و آگوست) محسوس نباشد و آستانه دمایی از یکپارچگی نسبی برخوردار باشد. همانطور که بررسی همبستگی بین آستانه دمایی با دو پارامتر ارتفاع و عرض جغرافیایی (به عنوان ۲ عامل مهم و تأثیرگذار در مقدار آستانه دمایی) در دوره گرم سال نشان داد که مقدار همبستگی در این ماه‌ها به کمترین حد خود می‌رسد (ژوئن 36.9 درصد، جولای 22.5 و آگوست 19.7 درصد). از جهتی مقادیر همبستگی نشان داد که همبستگی بین آستانه دمایی و عرض جغرافیایی نسبت به همبستگی بین آستانه دمایی و ارتفاع بیشتر و معنی‌دارتر است. ولی هنگامی که این دو عامل با هم در نظر گرفته می‌شود این همبستگی بیشتر می‌شود که این امر می‌تواند گویای این مطلب باشد که متغیر وابسته (آستانه دمایی) به ۱ عامل وابسته نیست بلکه عوامل متعددی می‌تواند در مقدار آن تأثیرگذار باشد. در نتیجه شرایط اقلیمی و توپوگرافی می‌تواند از عوامل تأثیرگذار در تعیین مقدار آستانه دمایی موج گرما باشد. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده بالاترین آستانه دمایی موج گرما در دوره گرم سال مربوط به دشت خوزستان و قسمت‌های ناچیزی از جنوب شرق و کمترین آستانه مربوط به قسمت‌های از نوار شمالی و شمال غرب کشور می‌باشد.

نتایج به دست آمده در این تحقیق تنها تابع عرض جغرافیایی و ارتفاع می‌باشد؛ در حالی که پارامترهای دیگری مانند رطوبت، جهت دامنه‌ها و توده‌های هوا نیز می‌تواند در تعیین آستانه دمایی نقش مهمی داشته باشند.

کتابنامه

اسماعیل نژاد، مرتضی؛ ۱۳۹۲. شناسایی رفتار مکانی امواج گرمایی سیستان و بلوچستان با برنامه Hot Spot در محیط GIS. نخستین کنفرانس ملی آب‌وهواشناسی ایران، ۷-۱.

- اسمعیل نژاد، مرتضی؛ خسروی، محمود؛ علیجانی، بهلول؛ مسعودیان، سیدابوالفضل؛ ۱۳۹۲. شناسایی امواج گرمایی ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۳۳، ۵۴-۳۹.
- امیدوار، کمال؛ ۱۳۹۱. آب‌وهواشناسی دینامیک. انتشارات دانشگاه یزد، ۳۹۴-۱.
- امیری، مقصود؛ کرمی، شایان؛ ۱۳۹۱. آموزش کنترل کیفیت و تحلیل آماری همراه با Minitab 16. ۵۳۲-۱.
- برنا، رضا؛ هاشمیان، حسین؛ ۱۳۹۳. شناسایی و تحلیل امواج گرمایی تابستان ۱۳۹۱ استان خوزستان. اولین همایش ملی (بهداشت محیط، سلامت و محیط‌زیست پایدار)، ۱۱-۱.
- سپهوند، راضیه؛ ۱۳۹۳. تحلیل آماری و سینوپتیک امواج گرمایی فرین غرب ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: یوسف قویدل، آب‌وهواشناسی، دانشگاه مدرس.
- علیجانی، بهلول؛ ۱۳۹۱. آب‌وهوای ایران. انتشارات پیام نور، ۲۲۱-۱.
- غیور، حسنعلی؛ مسعودیان، ابوالفضل؛ ۱۳۷۶. بزرگی، گستره و فراوانی خشکسالی‌ها در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۵، ۳۹-۲۹.
- مسعودیان، ابوالفضل؛ ۱۳۹۲. آب‌وهوای ایران. انتشارات شریعه توس. ۲۶۴-۱.
- منتظری، مجید؛ ابوالفضل، مسعودیان؛ ۱۳۸۹. شناسایی الگوهای فرارفت دمایی ایران در سال‌های سرد. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۴. ۷۹-۹۴.

- Anderson, B.G., & Bell, M.L., 2009. Weather-Related Mortality: how heat, cold, and heat wave affect mortality in the United States. *Epidemiology*. 20(2),205-213. doi:10.1097/EDE.0b013e318190ee08.
- Changnon, S. A., 1998. Evaluation of weather catastrophe data for use in climate change investigation. *Climatic Change* 38,435-445
- Chen, K., Bi, J., Chen, J., Chen, X., Huang, L., & Zhou, L., 2015. Influence of heat wave definitions to the added effect of heat waves on daily mortality in Nanjing .China, *Science of the Total Environment*.507,18-25.
- Croitoru, A.E., Piticar, A., Ciupertea, F.A., & Rosca, C.F., 2016. Changes in heat wave indices in Romania over the period 1961 -2015. *Global and Planetary Change*, doi: 10.1016/j.gloplacha.2016.08.016.
- Debono, P., Peduzzi, S., & Kluser, G., 2004. Impacts of Summer 2003 Heat Wave in Europe. *United Nations Environment Programme*, 5. <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:32255>.
- Dong, W., Zeng, Q., Ma, Y., Li, G., & Pan, X., 2016. Impact of Heat Wave Definitions on the Added Effect of Heat Waves on Cardiovascular Mortality in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*,13(9),1- 11.
- Glickman, T.S., 2000. *Glossary of Meteorology*, Boston, American Meteorological Society. ISBN 1-878220-49-7.
- Hartman, D.L., Klein Tank, A.M.G., Rusicucci, M., Alexander, L.V., Broenniman, B., & Charabi, Y., 2013. *Observations: atmosphere and surface*. 159-254.
- Jinghong, G., Yunzong, S., Qiyong, L., Maigeng, Z., Yaogui, L., & Liping, L., 2015. Impact of extreme high temperature on mortality and regional level definition of heat wave: A multi-city study in China. *Science of the Total Environment*,505,535-544.
- Kalkstein, L., Greene, J., Mills, D., & Perrin, A., 2008. Analog European heat waves for U.S. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 79, 2055-2073.

- Keggenhoff, I., Elizbarashvili, M., & King, L., 2015. Heat wave events over Georgia since 1961. *Climatology, Changes and Severity, Climate*, 3, 308-328. DOI:10.3390/cli3020308.
- Kent, S., McClure, L., Zaitchik, B., Smith, T., & Gohlke, J., 2014. Heat wave and health outcomes in Alabama (USA): the importance of heat wave definition. *Environ Health Perspect*, 122, 151-158.
- Liu, G., Zhang, L., He, B., Jin, X., Zhang, Q., Razafindrabe, B., & You, H., 2015. Temporal changes in extreme high temperature, heat waves and relevant disasters in Nanjing metropolitan region, China. *Natural Hazards*, 76, 1415-1430. DOI 10.1007/s11069-014-1556-y.
- Nairn, J., & Fawcett, R., 2013. Defining heatwaves: heatwave defined as a heat-impact event servicing all community and business sectors in Australia. Technical Report, No. 60, The Centre for Australian Weather and Climate Research, Melbourne, Australia. ISBN: 9781922173126 (Electronic Resource), 1-84.
- Pu, X., Wang, T.J., Huang, X., Melas, D., Zanis, P., Papanastasiou, D.K., & Poupkou, A., 2017. Enhanced surface ozone during the heat wave of 2013 in Yangtze River Delta region, China. *Science of the Total Environment*, 1-10.
- Rusticucci, M., Kysely, Almeida, G., & Lhotka, O., 2015. Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. *Theoretical and Applied Climatology*, DOI: 10.1007/s00704-015-1445-7.
- Smith T, T., Zaitchik, B.F., & Gohlke, J.M., 2013. Heat waves in the United States: definitions, patterns and trends. *Clim Change*, 118, 811-825.
- Tong, S., Ren, C., & Becker, N., 2010. Excess deaths during the 2004 heatwave in Brisbane, Australia. *International Journal of Biometeorology*, 54, 393-400.
- Unal, Y.S., Tan, E., & Mentis, S.S., 2013. Summer heat waves over western Turkey between 1965 and 2006. *Theoretical and Applied Climatology*, 112, 339-350 DOI: 10.1007/s00704-012-0704-0.
- Varfi, M.S., Karacostas, T.S., Makrogiannis, T.J., & Flocas, A.A., 2009. Characteristics of the extreme warm and cold days over Greece. *Advances in Geosciences*, 20, 45-50.