

نواحی امواج گرمایی ایران

الهه اعتمادیان^۱، رضا دوستان^{۲*}، آذر زرین^۲

۱. کارشناسی ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲. استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

فراوانی وقوع فرین‌های اقلیمی در دهه‌های اخیر یکی از نمودهای تغییر اقلیم در جهان معرفی شد. رفتار مکانی و زمانی یکی از این فرین‌ها (امواج گرمایی) در ایران چگونه است؟ این هدف، با تعیین امواج گرمایی (موج گرما) = صدک ۹۵ دمای حداکثر روزانه و تداوم ۳ روز و بیشتر در ماه) با استفاده از داده‌های دمای حداکثر روزانه در ۴۹ ایستگاه سینوپتیک ایران برای دوره نرمال اقلیمی (۱۹۸۰-۲۰۱۰)، با روش تحلیل مولفه اصلی (PCA) و خوشه‌بندی (CL) تعیین گردید. نواحی همگن موج گرما در سه مقیاس فصلی، دوره‌ای و سالانه بر مبنای موج گرما در ماه (۱۲ ماه) مشخص شدند. نتایج حاکی است، الگوی مکانی امواج گرمایی ایران، نواحی همگن در طی سال است، و انسجام و همگنی مکانی نواحی مذکور در دوره سرد سال بیشتر از دوره گرم می‌باشد. ناحیه کوهستانی و کوهپایه‌ای با متوسط ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا در راستای رشته کوه البرز و زاگرس، بیش‌ترین فراوانی وقوع موج گرما در مقیاس‌های زمانی مطالعه را داراست. و نواحی ساحلی (اعم از شمال و جنوب ایران) با متوسط ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر، کمترین موج گرما را تجربه می‌کنند. بین امواج گرمایی ایران و بیشینه‌های دمای تفاوت وجود دارد، چرا که در سه دهه گذشته، دهه ۲۰۰۰ بیشترین وقوع امواج گرمایی در همه نواحی ایران، و برعکس دهه ۹۰ (گرمترین دهه ایران و جهان)، کمترین وقوع امواج گرمایی در نقاط مختلف ایران حادث شد. همچنین امواج گرمایی در فصول انتقال از سرد به گرم (زمستان به بهار) همگن‌تر و با رخداد بیشتر نسبت به گذر از گرم به سرد (تابستان به پاییز) می‌باشند. طبیعتاً با شرایط اقلیمی و محیطی ایران از یک طرف و برآورد هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم در ارتباط با افزایش این رخداد در عرض‌های مشابه ایران، برنامه ریزی دقیق‌تر برای کاهش پیامد مفید است.

واژگان کلیدی: امواج گرمایی - تحلیل مؤلفه اصلی - خوشه‌بندی - ایران.

مقدمه

تغییر دما از عناصر اصلی اقلیم، ساختار آب و هوایی هر محل را دگرگون میسازد، بنابراین مطالعه دما در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف، بخش مهمی از تحقیقات اقلیم‌شناسی را شامل می‌گردد. امروزه نیز در ارتباط با انتشار گارهای گلخانه‌ای، گرمایش جهانی و تغییر اقلیم انسان ساخت، توجه به دما مهم تر می‌نماید. در همین ارتباط هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC)، یکی از نمودهای تغییر اقلیم انسان ساخت را نه در روند معنی دار همه پارامترهای اقلیمی (تعریف سازمان هواشناسی جهانی (WMO) از تغییر اقلیم)، بلکه در افزایش معنی دار فرین‌های اقلیمی در مناطق مختلف کره زمین می‌داند. چرا که پدیده‌های فرین اقلیمی از قبیل بارش شدید (سیل)، بادهای تند (طوفان)، تداوم دمای حداکثر (امواج گرمایی) و غیره به سبب ندرت در وقوع و عدم سازگاری جوامع بشری و اکوسیستم با آن‌ها، خسارات زیادی به همراه دارند (Diaz and Murnane, 2008). امواج گرمایی از تظاهرات اصلی تغییرات اقلیمی، به لحاظ فراوانی وقوع و صدمات جانی و مالی، دارای اهمیت اند (Haddow et al, 2008). امروزه به دو دلیل پدیده موج گرما مورد توجه پژوهشگران حوادث فرین قرار دارد، یکی به دلیل اثرات منفی بر انسان (Changnon et al, 1996:1497)، و دیگری افزایش وقوع، طول مدت و شدت آنهاست (علیجانی، ۱۳۹۲). فراوانی وقوع امواج گرمایی سال‌های اخیر در نقاط مختلف کره زمین، یکی از نمودهای نوسانات اقلیمی و فرین‌های جوی بوده (Matthies et al, 2008)، که منجر به خسارت‌های فراوان مالی، انسانی و زیست محیطی گردید. دماهای بسیار گرم و یا بسیار سرد به عنوان عامل خطر یا بحران برای انسان تعریف شده، و همه ساله افراد بیشتری به جهت گسترش و وقوع موج‌های گرما و یا بوران‌های سرما هلاک میشوند (alijani et al, 2008:107). البته از امواج گرمایی تعریف عمومی، یکسان و روشنی وجود نداشته (Robinson, 2001: 762)، و با توجه به شرایط اقلیمی، تعاریف متفاوتی وجود دارد. چنانکه از منظر آماری امواج گرمایی به نوسانات مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دمای حداکثر روزانه با استمرار طی روزها یا

هفته‌ها و ماه‌های متوالی در فضای جغرافیایی خاص، تعریف می‌شود. نخستین گام جهت کنترل یا کاهش آسیب‌های ناشی از امواج گرمایی، تعریف و شناخت آنها با روش‌های علمی، سامانه‌های مرتبط با وقوع آنها، کشف راهکار کاهش اثرات زیان بار آنها بر سلامت عمومی و شناسایی مناطق آسیب پذیر در ارتباط با این پدیده است (Kovats and Hajat, 2008:41). از آنجا که پدیده‌های آب و هوایی ماهیتاً دارای تغییرپذیری مکانی بوده، شناخت رفتار مکانی و زمانی این پدیده‌ها جهت پیش‌بینی و آگاهی، برنامه‌ریزی و کاهش پیامدهای منفی، سازگاری و غیره در بلندمدت امری ضروری است. در همین ارتباط استفاده از روش‌های کاملتر و جامع‌تر جهت ناحیه‌بندی مفید است، چرا که روش‌های آماری چندمتغیره از جمله، تحلیل مؤلفه اصلی و خوشه‌بندی کاربرد وسیعی در طبقه‌بندی و ناحیه‌بندی پدیده‌های آب و هوایی دارند. چنانکه از گذشته تاکنون این روش‌های آماری چندمتغیره، دارای کارایی زیاد در تعیین نواحی همگن فضایی در علم جغرافیا بوده است (Griffith, 1997). از آنجا که ایران دارای تنوع آب و هوایی است، و پراکندگی مکانی و نوسانات دمایی در گستره جغرافیایی آن وجود دارد، انجام ناحیه‌بندی پدیده‌های اقلیمی، ضروری است (مجرد و جوادی، ۱۳۸۹: ۸۳). از طرفی موقعیت مکانی ایران به گونه‌ای است، که در نقطه تلاقی و حاکمیت سامانه‌های بسیار متفاوتی با منشا حاره، برون حاره و جنب حاره ای قرار دارد (اسدی و مسعودیان، ۱۳۹۳: ۵۹). این موقعیت دو پیامد مهم برای کشور ایران به دنبال دارد، نخست، کاهش بارش دریافتی به سبب حاکمیت پرفشار جنب حاره و پایداری جو در بخشی از سال، و اقلیم گرم که البته با پیچیدگی ناهمواری، تفاوت دمایی بین بخش‌های مختلف کشور مشهود است. و در نیمه دیگر سال، نفوذ بادهای غربی از عرض‌های بالا همراه با جریان‌های سرد از شمال، شمال شرق و شمال غرب، که با ورود توده‌های مرطوب (سیکلون‌ها) و بارش‌ها از شمال غرب، غرب و جنوب غرب به ایران، شرایط متفاوت جوی حاکم می‌گردد (علیجانی، ۱۳۸۵). بنابراین موقعیت جغرافیایی و شرایط جوی در سال، موجب شده تا ایران نیز مشابه کشورهای هم عرض خود دارای اقلیم شکننده (ناپایدار) و شرایط جوی

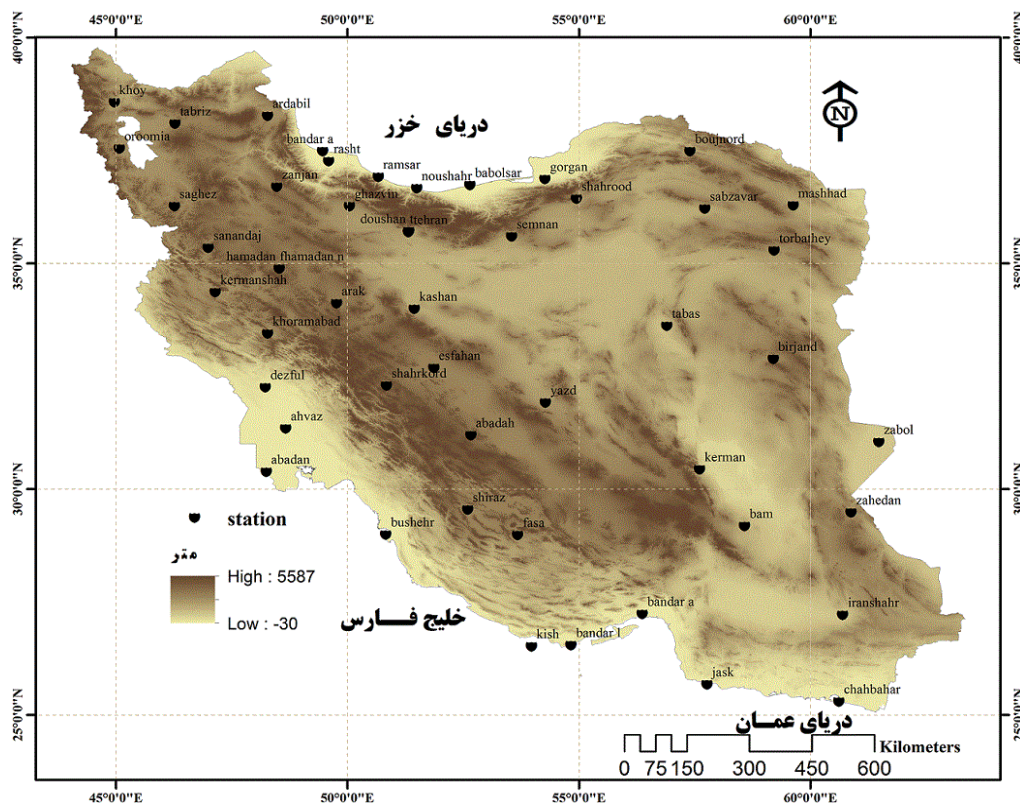
با ۳۳۴ ایستگاه هواشناسی، شناسایی و بر مبنای متوسط دمای ایران (۱۸ درجه سانتی‌گراد) در هر ناحیه، نواحی دمایی نام گذاری گردید. به ترتیب کمترین (۱۲/۱) و بیشترین (۲۴/۷) دمای متوسط در ناحیه گرم جنوب غربی و سرد کوهستانی حادث می‌گردد. فصول غالب در همه نواحی، فصل گرم، سرد و انتقالی، که نشان از تغییرات تدریجی دمای هوای ایران در طی سال دارد (اکبری و مسعودیان، ۱۳۸۸: ۵۹). همچنین با متغیرهای دما، رطوبت، بارش و تابش در ۱۸ ایستگاه هواشناسی شیراز با روش تحلیل مؤلفه اصلی و خوشه بندی وارد، نواحی اقلیمی سرد و خشک در شمال، معتدل و مرطوب در مرکز، گرم و نیمه مرطوب در غرب و ناحیه گرم و مرطوب در جنوب استان فارس شناسایی گردید (حانمی بهمن بیگلو و خوشحال دستجردی، ۱۳۸۹: ۱۳۵). در خوزستان نیز پنج ناحیه اقلیمی با یازده متغیر مرتبط با رطوبت، بارش و دما و میان یابی مکانی با ۱۳ ایستگاه سینوپتیک، با روش آماری چند متغیره، شناسایی شد. شرایط متنوع و ناهمگن اقلیمی در این منطقه حاکی از تنوع و نزدیکی پدیده‌های جغرافیایی، خلیج فارس، خشکی عراق، عربستان و کوهستان البرز در این منطقه است (موحدی و همکاران، ۱۳۸۹: ۶۴). از طرفی روزهای با تنش گرمایی و موج گرما در گیلان حاکی است، به لحاظ موج گرما، نواحی ساحلی بجز انزلی بیشترین و نواحی کوهستانی و دور از ساحل بجز منجیل کمترین وقوع موج گرما را دارا می‌باشند (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱). همچنین نواحی دمایی شمال غرب ایران با میان یابی کمینه و بیشینه دمایی در شمال با استفاده از روش‌های چند متغیره و خوشه بندی تعیین، و چهار ناحیه دمایی بر مبنای متوسط دمای ایران (۱۸ درجه سانتی‌گراد)، به ناحیه خیلی سرد، سرد و ناحیه نیمه سرد (روز سردتر، شب گرم تر) و نیمه سرد (روز گرمتر و شب سردتر) نام گذاری شد (خورشید دوست و آزرم، ۱۳۹۴: ۱۷۱). از طرفی نواحی بارشی ایران با میان یابی در ۳۳۳ ایستگاه هواشناسی ایران با روش تحلیل خوشه ای وارد، تعیین، و هشت ناحیه بارشی ایران به لحاظ مقدار بارش از ناهواری تبعیت کرده، اما به لحاظ دریافت بارش با الگوی مداری، تابع چگونگی پیشروی و پسروی سامانه‌های همدیدی اند (مسعودیان،

نامطمئن در طی سال باشد. طبیعتاً در این گونه اقلیم‌ها، مخاطرات جوی، ذاتی آب و هوا بوده و تشدید آنها به عنوان شاخصی از تغییر اقلیم کنونی جهان، نمود بیشتری دارد. یکی از این پدیده‌های فرین جوی، امواج گرمایی با پیامدهای منفی زیست محیطی کره زمین بوده و مطالعه آن به ویژه برای مناطقی که به رویدادهای اقلیمی بسیار حساسند، امری بسیار مهم است. از طرفی بررسی این پدیده اقلیمی در ایران هم به جهت کمبود نسبی بارش و وابستگی فراوان منابع تأمین آب شیرین به ذخایر برف و ماندگاری زمستانی آنها ضرورت دارد (براتی و موسوی، ۱۳۸۴: ۴۱). هرچند رخداد این پدیده در نواحی پر بارش ایران در شمال البرز نیز با نام گرمباد وجود دارد، که با کاهش شدید رطوبت نسبی هوا و افزایش دما در ارتباط با دو سامانه پرفشار و کم فشار به ترتیب در دشت جنوب و جنوب ساحل خزر حادث می‌گردد (رنجبر سعادت آبادی و پورمیرزا، ۱۳۹۴: ۶۹). وقوع این رخداد اقلیمی در دیگر نقاط جهان نیز مشهود است، چنانکه ناحیه بندی و مدل سازی شدت موج گرما در ایالات متحده امریکا حاکی است، مناطق جنوبی، شرق و جنوب غرب ایالات متحده امریکا، بیشترین شدت موج را دارند (Meehl et al, 2004: 994). در ناحیه بندی دماهای فرین مناطق کشاورزی جنوب استرالیا (ویکتوریا) مشخص گردید، حدود ۵۸ درصد مناطق در سال ۲۰۰۳ در معرض خطر دماهای فرین بالا و حدود ۷۳ درصد، دماهای فرین پایین را تجربه می‌کنند. در سال ۲۰۰۴، حدود ۴۶ درصد مناطق در معرض خطر دماهای فرین بالا و حدود ۳۹ درصد مناطق تحت تأثیر دماهای فرین پایین بوده اند (Dixit et al, 2010: 198). در ایران، ناحیه بندی اقلیمی لرستان با ۳۳۱ متغیر و ۹ ایستگاه سینوپتیک بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای، ۴ ناحیه اقلیمی مشخص شد (لشنی زند و همکاران، ۱۳۹۰: ۸۹). همچنین با هدف شناسایی امواج گرمایی ایران و ویژگی آن با شاخص فومیایکی، امواج گرمایی ایران در مقیاس سالانه شناسایی گردید (اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۹). با توجه به شیب مثبت دما و افزایش فرین‌های دمایی (محمدی و تقوی، ۱۳۸۴: ۱۵۱) و تغییرات زیاد مقادیر حداکثر دما در ایران (جهانبخش و ترابی، ۱۳۸۳: ۱۰۴)، هشت ناحیه دمایی ایران

۱۳۸۶: ۷۹). نواحی تداوم بارش ایران در بازه ۴۴ ساله با میان یابی بر روی داده های ۱۴۳۷ ایستگاه در پهنه ایران و با روش فوق، پنج ناحیه تداوم بارش شناسایی گردید. الگوی مکانی نواحی، تابع ناهمواریها، مسیر سامانه بارشی، نزدیکی به منابع رطوبتی و اثر دریا، و زمان دریافت بارش در نواحی تابع عرض جغرافیایی، مسیر سامانه، پیشروی و پسروی آن بوده است (نظری پور، ۱۳۹۳: ۱۹۵). در ادامه تحقیقات گذشته و نبود تحقیقی در ارتباط با نواحی امواج گرمایی ایران و چگونگی رفتار زمانی و مکانی این پدیده اقلیمی (تغییرات مکانی و زمانی)، هدف این پژوهش، تعیین نواحی همگن امواج گرمایی در ایران و رفتار زمانی آنها طی سه دهه گذشته است.

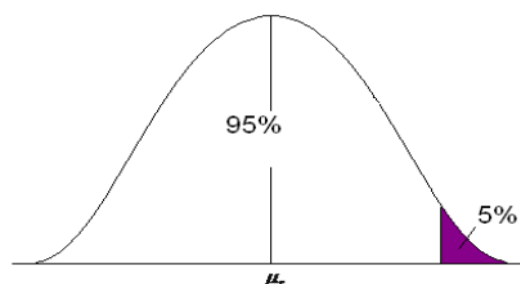
داده ها و روش:

ناحیه بندی امواج گرمایی ایران با داده های روزانه حداکثر دما در ۴۹ ایستگاه سینوپتیک ایران (شکل ۱) با دوره آماری نرمال (۳۰ ساله) از سازمان هواشناسی ایران برای دوره مینا از ۱۹۸۰-۲۰۱۰، با استفاده از روش تحلیل مولفه اصلی (PCA^۱) و خوشه بندی (CL^۲) وارد، تعیین گردید. در مرحله اول، صحت سنجی داده های دما برای هر ایستگاه به طور جداگانه انجام شد. به منظور تعیین موج گرما در هر ایستگاه، آستانه های دمایی با دمای حداکثر روزانه با استفاده از شاخص صدک ۹۵ (Gosling, 2009: 31;) تعیین فرین های اقلیمی و به منظور تعیین بالاترین دماهای ثبت شده (۵ درصد بالایی)، در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه به طور جداگانه محاسبه گردید.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه

۱. Principle Component Analysis (PCA)
۲. Clustering (CL-ward)



شکل ۲- تعریف موج گرما = دماهای حداکثر روزانه بالاتر از صدک ۹۵ ام با تداوم ۳ روز و بیشتر

تعداد موج گرما که طبیعتاً برآیند مخاطرات اقلیمی در ارتباط با مباحث تغییر اقلیم است، سری‌های زمانی تعداد موج‌ها در هر ناحیه در سه دهه و در کل دوره مورد مطالعه بررسی، و فراوانی‌ها در غالب نمودار ترسیم گردید، تا رفتار امواج گرمایی (تغییرات زمانی) در هر ناحیه طی دوره مطالعه مشخص گردید. بنابراین نواحی با روند صعودی امواج گرمایی در طی سه دهه، تغییر اقلیم، را تجربه کرده و با نبود روند در دوره فوق، امواج گرمایی در آن نواحی نوسان را نشان می‌دهند. در آخر، با توجه به رابطه بالای نواحی همگن موج گرما با ارتفاع، در این مطالعه سعی بر آن شد تا تحلیل‌ها عمدتاً بر اساس ناحیه بندی دمایی ایران (علیچانی، ۱۳۸۵) انجام شود. ضمناً در ارتباط با نقش ارتفاع هر ایستگاه و امواج گرمایی، متوسط ارتفاع ایستگاه‌ها در یک ناحیه موج گرما، محاسبه و در جداول نمایش گردید، تا اینکه نقش و ارتباط ارتفاع به عنوان متغیر ثابت و مهم در ارتباط با اقلیم دمایی ایران و امواج گرمایی مشخص شود.

نتایج و بحث

با توجه به تعداد متغیرهای ورودی برای گروه بندی، عامل‌های اصلی خروجی در مقیاس‌های مختلف برای تعیین گروه‌های همگن موج گرما، حداقل ۳ و حداکثر ۵ عامل مهم بوده، که این عامل‌ها از حداقل ۶۷ درصد واریانس در داده‌های اولیه تا حداکثر ۸۱ درصد واریانس را تبیین می‌کنند. بر اساس این عامل‌های اصلی، تعداد خوشه‌های یا نواحی موج گرما در مقیاس‌های مختلف از حداقل ۴ تا ۶ ناحیه موج گرما می‌باشند (جدول ۳).

بنابراین داده‌های حداکثر دمای روزانه برای ماه‌های میلادی از ژانویه تا دسامبر، تنظیم و شاخص محاسبه و آستانه‌ها در هر ماه مشخص شد (چرا که آستانه موج گرما در فوریه، می، آگوست و نوامبر در نقاط مختلف ایران متفاوت و مهم است)، به همین ترتیب برای هر فصل و سال (با داده روزانه) شاخص محاسبه و آستانه‌های دمای فرین هر ایستگاه تعیین گردید. برای هر مقیاس زمانی مطالعه (ماه، فصل و سال)، تداوم‌های ۳ روز و بیشتر دمای روزانه حداکثر مساوی و بیشتر از آستانه دمایی تعیین شده در هر ایستگاه، موج گرما تعریف شد (این فرایند برای هر ایستگاه سینوپتیک طی ۳۱ سال به طور جداگانه انجام گردید). در ادامه نواحی همگن موج گرما در ایران در سه مقیاس فصلی (زمستان، بهار، تابستان و پاییز)، دوره سرد - گرم و سالانه با استفاده از ویژگی‌های موج گرما در هر ایستگاه مشخص گردید (جدول ۱). مشخصات موج گرما به عنوان متغیر ورودی در هر ماتریس شامل، حداکثر دما، فراوانی، بیشترین تداوم، آستانه دمایی، فراوانی موج گرما و شدیدترین موج گرما می‌باشند. از روش تحلیل مؤلفه اصلی با ماتریس R به عنوان روشی آماری به منظور کاهش ابعاد متغیرها و تعیین عامل‌های مهم استفاده شد. با عامل‌های خروجی (جدول ۳) روش فوق به عنوان مؤلفه‌های اصلی (مؤلفه مبنا)، جهت خوشه بندی با حالت وارد، ایستگاه‌های همگن در قالب گروه‌های جداگانه تعیین گردید. این فرایند در هر مقیاس زمانی مورد مطالعه امواج گرمایی انجام گردید. در ادامه نواحی خروجی (همگن) در هر مقیاسی با نشانه‌هایی معین، مشخص شد. همچنین به منظور مقایسه

جدول ۱- ماتریس اولیه برای ناحیه بندی موج گرما

متغیر	حداکثر دما	فراوانی موج	آستانه دمایی	-	-	بیشترین تداوم	تداوم ۳ روز و بیشتر	شدیدترین موج
ایستگاه	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول ۲: تعداد متغیر مورد استفاده برای تحلیل مولفه اصلی و ناحیه بندی

تعداد متغیر	سالانه	دوره		فصل		
		سرد	گرم	زمستان	بهار	تابستان
دوره متغیر	ماه + فصل + سال	۴۸	۴۸	۲۴	۲۴	۲۴
-	-	-	--	-	-	-

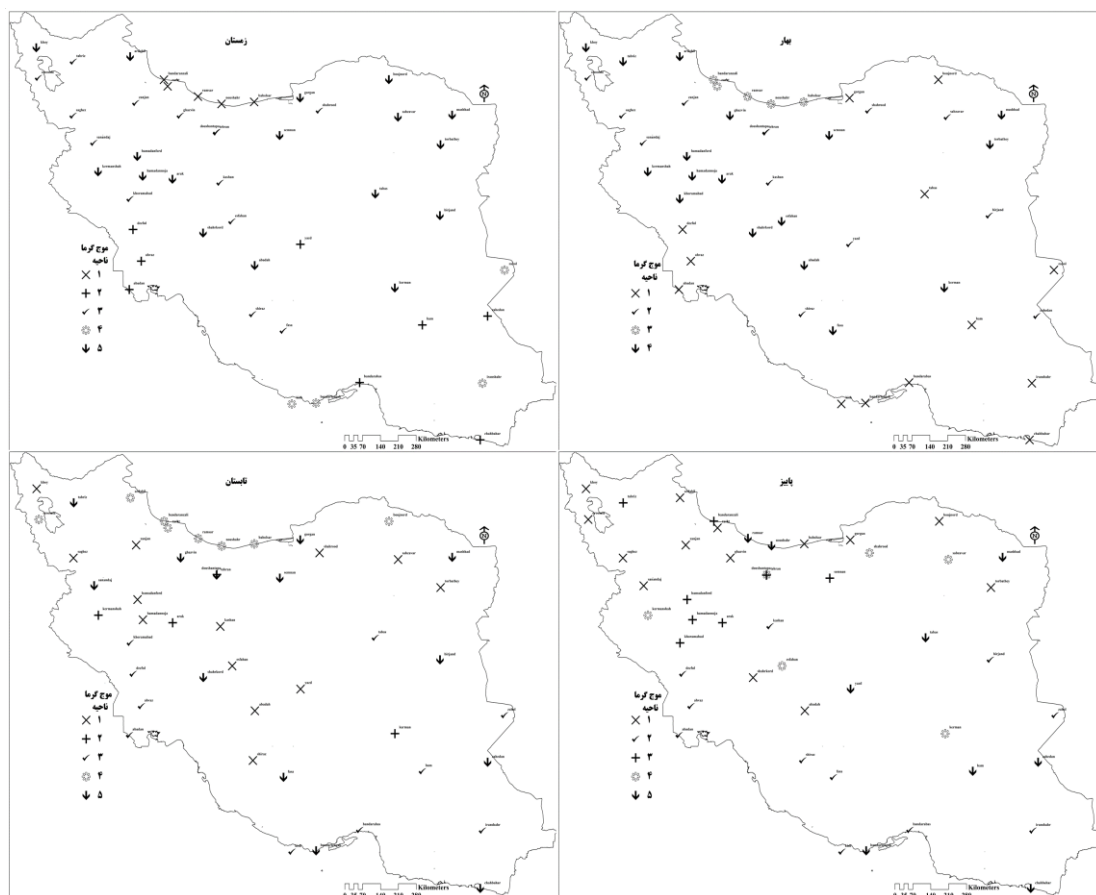
جدول ۳- ویژگی گروه های همگن موج گرمای ایران در طی سال

مقیاس زمانی	عامل های اصلی	تعداد خوشه ها	واریانس کل (درصد)
سالانه	۵	۶	۷۰
دوره	سرد	۳	۶۷
	گرم	۴	۷۱
	زمستان	۴	۷۹
فصل	بهار	۴	۸۱
	تابستان	۴	۷۷
	پاییز	۴	۸۱

یک ناحیه (۵ ایستگاه)، ایستگاه های کوهستانی در ناحیه دیگر (۱۷ ایستگاه)، ایستگاه های کوهپایه ای در یک ناحیه (۱۳ ایستگاه)، و ایستگاه های پست جنوب و داخل ایران در ناحیه دیگر (۱۳ ایستگاه) استقرار دارند. در این فصل نواحی همگن ترند و ناحیه کوهستانی، بیشترین وسعت مکانی را داراست. در ادامه، در فصل تابستان تعداد نواحی همگن موج گرما در ایران به ۶ ناحیه افزایش دارد. چنانکه ایستگاه های سواحل شمالی در یک ناحیه (۸ ایستگاه)، ایستگاه های کوهستانی (۱۳ ایستگاه) و کوهپایه ای (۱۴ ایستگاه) در دو ناحیه مجزا و ایستگاه های پست جنوب غرب و نیمه جنوبی ایران (۱۰ ایستگاه) نیز در دو ناحیه هگن مجزای موج گرما قرار دارند. در فصل پاییز نیز، مناطق مختلف ایران در ۵ ناحیه مجزای موج گرما قرار داشته و از ناهمگنی مکانی بیشتری نسبت به فصول قبل برخوردارند. در این فصل، برخی از ایستگاه های سواحل

نواحی موج گرما در مقیاس فصلی: نواحی همگن موج گرما در فصول مختلف سال حاکی است (شکل ۳)، در زمستان ۵ ناحیه موج گرما با تعداد ایستگاه های متفاوت در هر ناحیه از ایران وجود دارد (جدول ۴)، چنانکه ایستگاه های ساحلی دریای خزر در یک ناحیه (۵ ایستگاه)، ایستگاه های کوهستانی غرب و ایستگاه های شمال شرقی ایران در ناحیه دیگر (۱۷ ایستگاه)، ایستگاه های کوهپایه ای زاگرس و البرز در یک ناحیه (۱۵ ایستگاه)، ایستگاه های جنوب غربی ایران و پست داخلی در یک ناحیه (۷ ایستگاه) و ایستگاه های ساحلی جنوب و پست جنوب شرقی ایران نیز در ناحیه همگن دیگر (۴ ایستگاه) قرار دارند. بنابراین در زمستان بیشترین تعداد ایستگاه های هواشناسی در دو ناحیه کوهستانی و کوهپایه ای مستقرند. در ادامه سال، نواحی همگن موج گرما در ایران در فصل بهار، ۴ ناحیه همگن است. در این فصل نیز، ایستگاه های ساحلی دریای خزر در

دریای خزر و شمال غرب در یک یا دو ناحیه قرار دارند. در دیگر مناطق ایران نیز این ناهمگنی مشاهده می‌شود.



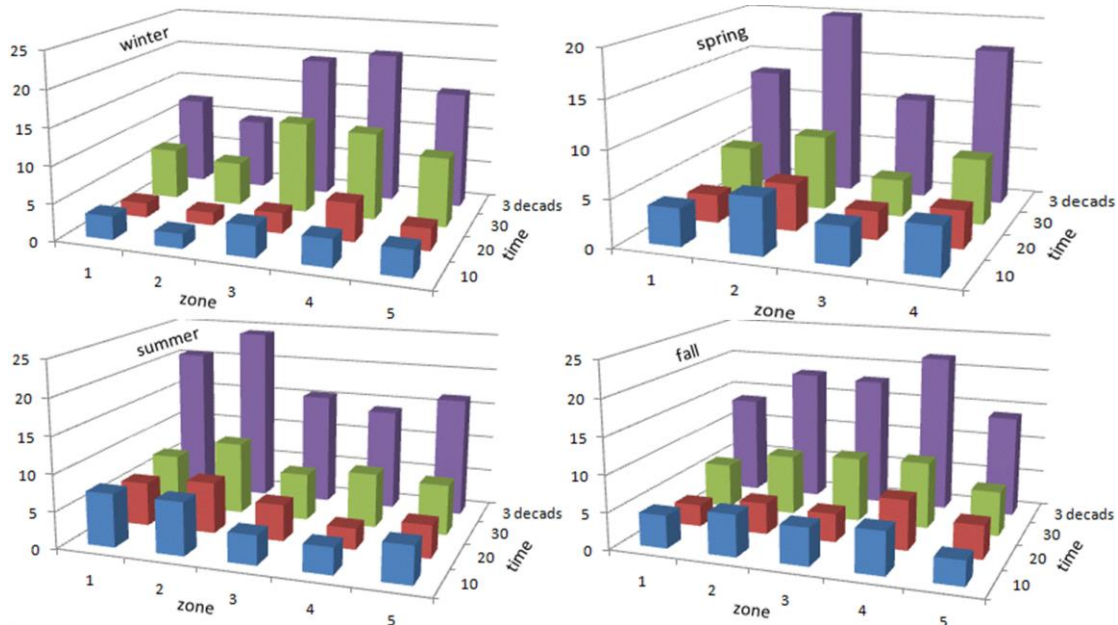
شکل ۲- نواحی امواج گرمایی ایران در مقیاس فصلی مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

می‌کند، همچنین کمترین تعداد وقوع موج گرما در ناحیه جنوب غربی (ناحیه ۲) با متوسط ارتفاع ۴۸۳ متر و ناحیه ساحلی خزر (ناحیه ۱) با متوسط ارتفاع ۹- متر از سطح دریای آزاد مشاهده می‌شود. فراوانی موج گرما در نواحی مختلف در فصل بهار حاکی است (شکل ۳)، ناحیه کوهپایه ای (ناحیه ۲) و ناحیه کوهستانی (ناحیه ۴) به ترتیب با متوسط ارتفاع ۱۳۲۱ و ۱۴۶۵ متر، بیشترین تعداد وقوع موج گرما را در طی دوره مورد مطالعه دارند. در این فصل نیز مشابه زمستان، در دهه دوم تعداد وقوع امواج گرمایی در همه نواحی، کاهش داشته و دهه سوم افزایش زیادی دارد. کمترین تعداد وقوع امواج گرمایی در این فصل نیز در ناحیه خزری (ناحیه ۳) با متوسط ارتفاع ۹- متر و در مرحله بعد ناحیه جنوب (ناحیه ۱) با ارتفاع ۳۲۴ متر حادث گردید. در فصل تابستان بیشترین تعداد وقوع موج گرما را ایستگاه

سری های زمانی فراوانی وقوع امواج گرمایی طی ۳ دهه در نواحی موج گرما و ارتفاع نقاط حاکی است (شکل ۳، جدول ۴)، در بین نواحی، ناحیه پست ساحلی خلیج فارس و جنوب شرقی ایران (ناحیه ۴) با متوسط ارتفاع ۲۸۳ متر، در طی ۳ دهه، روند افزایشی موج گرما را تجربه می‌کنند. در کل نیز این ناحیه در بین نواحی، بیشترین تعداد موج گرما را دارند. در مرحله بعد، ناحیه کوهپایه ای (ناحیه ۳) با متوسط ارتفاع ۱۳۳۸ متر از سطح دریا، در مرتبه دوم وقوع موج گرما قرار داشته، و این ناحیه در دهه دوم کاهش تعداد موج گرما و در دهه سوم بیشترین افزایش وقوع امواج گرمایی را در بین نواحی تجربه می‌کند. در حالیکه این ناحیه روند معنی داری مشابه ناحیه چهارم نداشته است. در مرحله بعد، ناحیه کوهستانی (ناحیه ۵) با متوسط ارتفاع ۱۳۲۸ متر، بیشترین تعداد حدوث موج گرما را در فصل زمستان تجربه

میگردد. همچنین امواج گرمایی در همه نواحی بجز ناحیه جنوب شرقی ایران (ناحیه ۳) با متوسط ارتفاع ۴۲۱ متر در دهه دوم، مشابه فصول قبل کاهش دارند. بنابراین این ناحیه روند زمانی را در ارتباط با وقوع امواج گرمایی تجربه می کند.

های ناحیه ۲ (کرمانشاه، اراک و کرمان) با متوسط ارتفاع ۱۴۹۷ متر دارند، این ناحیه در دهه سوم نیز بیشترین تعداد وقوع امواج گرمایی را در بین نواحی تجربه می کنند. در مرتبه بعد، در ناحیه کوهپایه ای (ناحیه ۱) با متوسط ارتفاع ۱۴۴۳ متر، بیشترین موج گرما در این فصل حادث



شکل ۳- سری زمانی (دهه ای) نواحی امواج گرمایی در مقیاس فصلی

جدول ۴- متوسط ارتفاع (متر) نواحی موج گرما در مقیاس فصلی

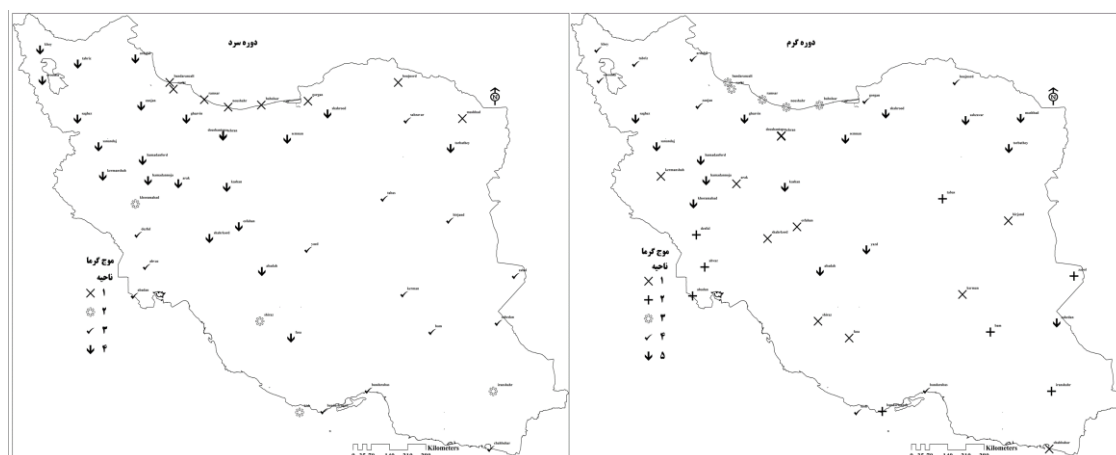
ناحیه موج گرما					فصل
۵	۴	۳	۲	۱	
۱۳۲۸	۲۸۳	۱۳۳۸	۴۸۳	-۹	زمستان
۱۷	۴	۱۵	۷	۵	تعداد ایستگاه
-	۱۴۶۵	-۹	۱۳۲۱	۳۲۴	بهار
-	۱۷	۵	۱۳	۱۳	تعداد ایستگاه
۱۰۴۳	۴۶۶	۴۲۱	۱۴۹۷	۱۴۴۳	تابستان
۱۴	۸	۱۰	۳	۱۳	تعداد ایستگاه
۵۹۷	۱۳۵۹	۱۲۴۷	۵۹۴	۱۱۵۸	پاییز
۹	۶	۸	۱۱	۱۴	تعداد ایستگاه

و کرمان) با متوسط ارتفاع ۱۳۵۹ متر حادث شده و روند افزایشی موج گرما در این ناحیه وجود دارد. در مرتبه بعد ایستگاه های پست جنوبی (ناحیه ۲) با متوسط ارتفاع ۵۹۴ و ناحیه کوهستانی غرب ایران (ناحیه ۳) با متوسط ارتفاع

در این فصل کمترین تعداد وقوع موج گرما در سواحل دریای خزر با متوسط ارتفاع ۴۶۶ متر مشابه دیگر فصول حادث میگردد. در فصل پاییز، بیشترین موج گرما در ناحیه ۴ (ایستگاه های تهران، شاهرود، سبزوار، اصفهان، کرمانشاه

تعداد ۸ ایستگاه، منطقه زاگرس، شمال غرب و جنوب البرز در یک ناحیه با تعداد ۲۲ ایستگاه، مناطق پست داخلی، شرقی و سواحل جنوب و جنوب غربی ایران با تعداد ۱۴ ایستگاه و ناحیه دیگر با ۴ ایستگاه در نیمه جنوبی ایران مستقرند. در دوره گرم سال، تعداد مناطق همگن موج گرما، ۵ ناحیه میباشد، چنانکه سواحل خزر در یک ناحیه (۵) ایستگاه، شمال غربی ایران و شرق خزر در یک ناحیه (۹) ایستگاه، منطقه کوهستانی زاگرس شمالی و کوهپایه ای البرز در یک ناحیه (۱۵) ایستگاه، منطقه زاگرس مرکزی و جنوبی، کرمان و بیرجند در ناحیه دیگر (۱۱) ایستگاه و منطقه جنوب غربی و جنوب شرقی ایران در ناحیه دیگری (۸) ایستگاه) استقرار دارند. ناهمگنی نواحی موج گرما در دوره گرم نسبت به دوره سرد بیشتر است، چنانکه در دوره گرم، سواحل جنوبی ایران در سه ناحیه متفاوت جای دارند. در دوره سرد همگنی نواحی چشمگیر است.

۱۲۴۷ متر بیشترین تعداد وقوع موج گرما را تجربه میکنند. کمترین تعداد موج گرما در ایستگاه‌های پراکنده ساحل خزر، شمال غرب و شمال شرق ایران (ناحیه ۱) با متوسط ارتفاع ۱۱۵۸ متر، و ایستگاه‌های پست خزر مرکزی، مرکز و سواحل جنوب ایران (ناحیه ۵) با متوسط ارتفاع ۵۹۷ متر حادث می‌گردد. که البته ناحیه ۵ روند معنی داری را در بین نواحی بعد از ناحیه ۴ در طی دوره مورد مطالعه به لحاظ وقوع امواج گرمایی داراست. در سه ناحیه دیگر نیز در این فصل، در دهه دوم تعداد امواج گرمایی کاهش نشان میدهد. **نواحی موج گرما در مقیاس دوره ای:** مناطق همگن موج گرما در دو دوره سرد و گرم حاکی است (شکل ۴)، در دوره سرد سال، ۴ ناحیه موج گرما با ایستگاه‌های معین در هر ناحیه از ایران وجود داشته (جدول ۵)، که عمده ایستگاه‌ها در سه ناحیه همگن قرار دارند. چنانکه سواحل دریای خزر تا مناطق شمالی شمال شرقی ایران در یک ناحیه با



مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

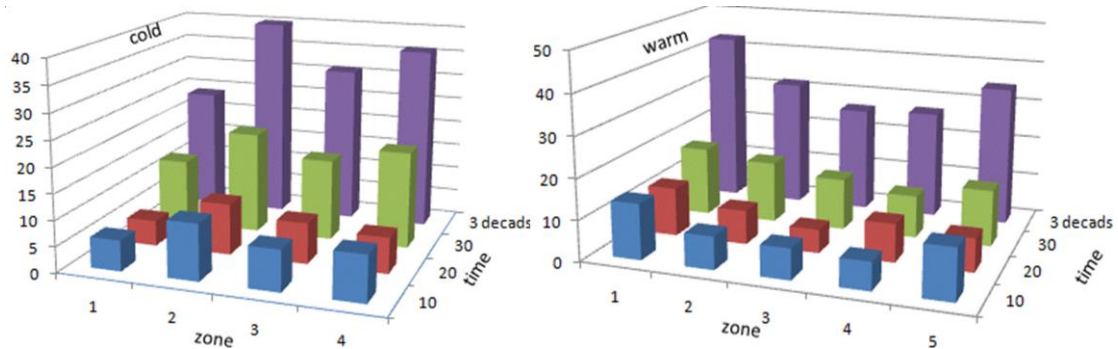
شکل ۴- نواحی امواج گرمایی ایران در مقیاس دوره ای

و ۱۴۳۸ متر در منطقه کوهپایه ای و کوهستانی استقرار دارند. کمترین تعداد موج گرما را طی دوره مورد مطالعه ناحیه ۱ منطبق بر سواحل دریای خزر و شرق آن تجربه میکنند. به لحاظ تعداد وقوع موج گرما، در دو دهه اول و خصوصاً دوم، وقوع این پدیده در همه مناطق ایران کم بوده، اما در دهه سوم در همه مناطق ایران، حتی ناحیه اول منطبق بر سواحل خزر، افزایش چشمگیری در تعداد وقوع امواج گرمایی در ایران حادث گردید. بنابراین در همه نواحی ایران و خصوصاً ناحیه ۲ و ۳ منطبق بر بخش غالبی از سرزمین ایران، امواج گرمایی روند افزایشی معنی داری را نشان می

فراوانی امواج گرمایی در مقیاس دوره ای طی دوره مورد مطالعه حاکی است (شکل ۵)، در دوره سرد ناحیه ۱ و ۴ به ترتیب بیشترین امواج گرمایی را دارند، که این دو ناحیه به طور کلی منطبق است، بر بخش غالبی از ایستگاه‌های ایران در منطقه زاگرس و غرب، شمال غرب و جنوب البرز تا شمال شرقی ایران (ناحیه ۲ و ۴)، بعد از این دو ناحیه، ناحیه سوم منطبق بر مناطق مرکزی و شرقی و جنوب غرب ایران بیشترین تعداد موج گرما را در طی دوره سرد سال دارا می‌باشند. که این دو ناحیه به ترتیب با ارتفاع متوسط ۸۱۳ متر

منطبق بر مناطق پست جنوب غربی و جنوب غربی ایران میباشند. کمترین موج گرما در این دوره سال مربوط به نواحی ۳ و ۴ که به ترتیب منطبق بر مناطق ساحلی و شمالی غربی ایران با متوسط ارتفاع ۹/۵- و ۸۱۳ متر است. در این دوره نیز در همه مناطق ایران در دهه سوم افزایش معنی دار وقوع امواج گرمایی نسبت به دهه قبل حادث گردید.

دهند. همچنین در دوره گرم، سری زمانی دهه ای حاکی است (شکل ۵)، بیشترین امواج گرمایی به ترتیب در ناحیه ۱، ۵ و ۲ حادث گردید، که ناحیه یک با متوسط ارتفاع ۱۳۶۸ متر منطبق بر زاگرس میانی و جنوبی، کرمان و بیرجند می باشد. ناحیه ۵ با متوسط ارتفاع ۱۳۵۱ متر منطبق بر مناطق کوهستانی زاگرس شمالی، کوهپایه البرز تا شمال شرقی ایران بوده و ناحیه دوم با متوسط ارتفاع ۳۸۱ متر



شکل ۵- سری زمانی نواحی امواج گرمایی در مقیاس دوره ای

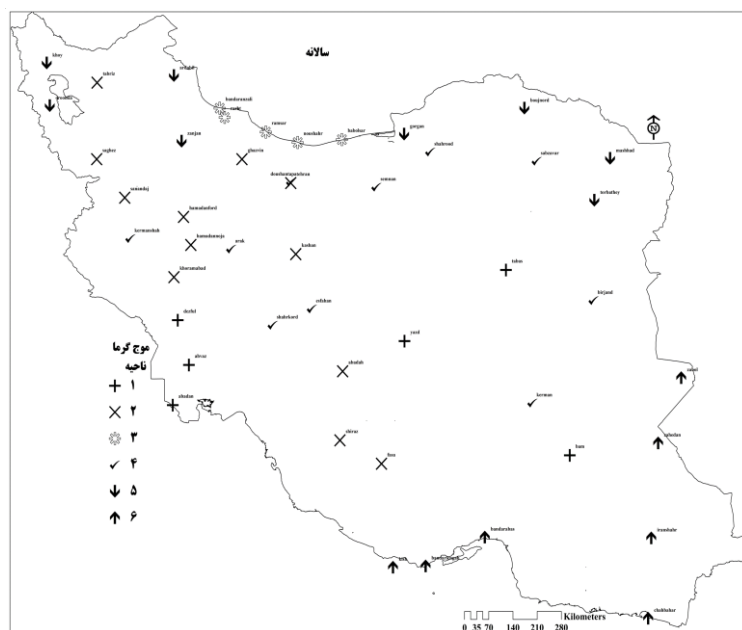
جدول ۵- متوسط ارتفاع (متر) نواحی امواج گرمایی در مقیاس دوره ای

ناحیه موج گرما					دوره
۵	۴	۳	۲	۱	
-	۱۴۳۸	۶۶۴	۸۱۳	۲۵۸	سرد
	۲۲	۱۴	۴	۸	ارتفاع تعداد ایستگاه
۱۳۵۱	۸۸۲	-۹/۵	۳۸۱	۱۳۶۸	گرم (متر)
۱۵	۹	۵	۸	۱۱	تعداد ایستگاه

قرار دارند. چنانکه در این مقیاس زمانی نیز مشاهده می شود، ایستگاه ها هواشناسی که معرف آب و های محدوده های خود بوده، در مناطق همگن و منطقه ای به لحاظ وقوع امواج گرمایی قرار دارند. این نشان می دهد که امواج گرمایی در ایران در کل از یک رفتار منطقه ای و طبیعی برخوردارند. بنابراین در هنگام وقوع یک موج گرما در یکی از مناطق ایران، فقط یک یا دو ایستگاه هواشناسی درگیر این پدیده نیست، بلکه یک ناحیه اقلیمی و جغرافیایی این پدیده اقلمی را تجربه می کنند. به عبارتی دیگر غالب امواج گرمایی ایران مرتبط با شرایط و موقعیت پدیده های

نواحی موج گرما در مقیاس سالانه: مناطق همگن موج گرما در مقیاس سالانه در ۶ ناحیه موج گرما قرار می گیرند (شکل ۶). چنانکه منطقه شمال غرب و شمال شرق در یک ناحیه (۸ ایستگاه)، سواحل دریای خزر در ناحیه ای دیگر (۳ ایستگاه)، منطقه کوهستانی زاگرس و غرب البرز در یک ناحیه (۱۲ ایستگاه)، منطقه کوهپایه ای زاگرس- البرز (۱۰ ایستگاه)، مناطق پست جنوب غربی و داخلی در یک ناحیه (۶ ایستگاه)، سواحل جنوب و جنوب شرق ایران نیز در ناحیه ای دیگر (۷ ایستگاه) به لحاظ وقوع موج گرما

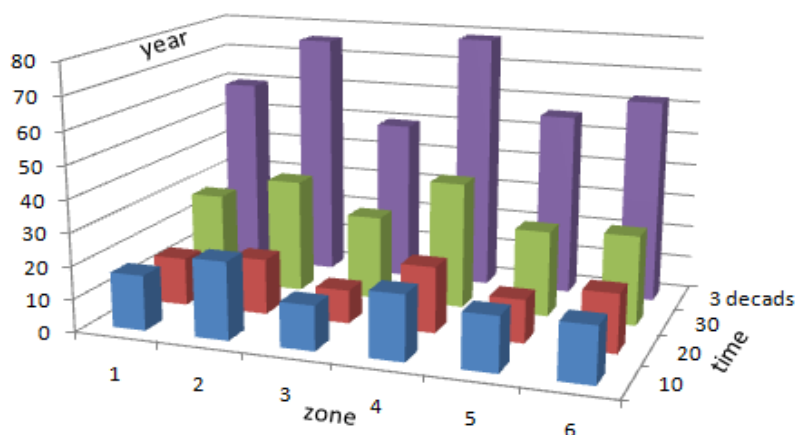
سینوپتیک بوده، و طبیعتاً ایستگاه‌های نزدیک به همدیگر این پدیده جوی را تجربه می‌کنند.



شکل ۶: نواحی امواج گرمایی ایران در مقیاس سالانه

شرقی ایران با متوسط ارتفاع ۱۱۲۳ متر می‌باشند. دهه سوم به لحاظ وقوع موج گرما در همه مناطق منتهی به ۲۰۱۰، بیشترین فراوانی وقوع موج گرما در ۶ ناحیه فوق حادث شد، و طی سه دهه این پدیده در ناحیه ۴ و ۵ به ترتیب منطبق بر منطقه کوهپایه ای و کوهستانی شمال غرب و شمال شرق ایران، دارای روند افزایشی معنی داری وقوع موج گرما می‌باشند.

در این مقیاس زمانی نیز فراوانی وقوع موج گرما در نواحی مختلف در طی سال حاکی است (شکل ۷)، ناحیه ۴ و ناحیه ۲ به ترتیب شامل منطقه کوهپایه ای با ارتفاع متوسط ۱۴۵۳ متر، و کوهستانی زاگرس و غرب البرز با متوسط ارتفاع ۱۴۲۳ متر بیشترین تعداد وقوع موج گرما را دارند. کمترین تعداد موج گرما در منطقه ۳ و ۵ به ترتیب منطبق بر منطقه خزری با متوسط ارتفاع ۹- متر و شمالی غربی-شمال



شکل ۷- سری زمانی نواحی امواج گرمایی در مقیاس سالانه

جدول ۶- متوسط ارتفاع (متر) نواحی امواج گرمایی در مقیاس سالانه

سالانه	ناحیه موج گرما					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ارتفاع (متر)	۵۳۱	۱۴۲۳	-۹	۱۴۵۳	۱۱۲۳	۳۶۰
تعداد ایستگاه	۶	۱۲	۵	۱۰	۸	۷

نتیجه گیری

امواج گرمایی در ایران از رفتار مکانی برخوردارند و وقوع این پدیده جوی در ایران به شکل نواحی همگن حادث میگردد. رفتار فوق در طول سال وجود داشته و غالباً تابع ارتفاع و موقعیت نقاط میباشد. این رفتار مکانی در ارتباط با دیگر پدیده های اقلیمی حکایت از این دارد که امواج گرمایی در ایران در هنگام حدوث، به شکل ناحیه ای بوده و یک ناحیه و ایستگاه های نزدیک به همدیگر، درگیر رخداد جوی فوق میگرددند، نه یک ایستگاه به تنهایی. این نواحی در دوره سرد سال نسبت به ماه های گرم همگن ترند، چرا که در دوره سرد سال نقش اصلی و عمده در رخداد پدیده های جوی و از جمله امواج گرمایی را سیستم های سینوپتیکی و فراگیر تر موجب گردیده، ولی در دوره گرم سال علاوه بر سیستم یکدست جوی و پایدار در ایران (پراارتفاع جنب حاره)، نقش پدیده های سطحی، ارتفاع نقاط، تابش آفتاب و غیره چشمگیرتر است. به همین دلیل تعداد نواحی موج گرما در دوره گرم سال بیشتر و ناهمگن تر از دوره سرد سال می باشد. این الگو نشان می دهد، امواج گرمایی ایران تابع پدیده های سینوپتیکی بوده، نه صرفاً عوامل محلی، و در مقیاس ناحیه ای حادث میگرددند. طبیعتاً این پدیده های سینوپتیکی در دوره سرد سال، شامل موقعیت پرفشارها و کم فشارها، چرخند ها و واچرخندها و جبهه های هوا در سطح زمین، موقعیت و وضعیت استقرار فراز و فرود، سردچال و بلاکینگ بادهای غربی، و موقعیت پراارتفاع جنب حاره در سطوح میانی جو می باشند. در بین نواحی ارتفاعی ایران، ناحیه کوهستانی و کوهپایه ای ایران با متوسط ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریای آزاد، بیشترین وقوع موج گرما را در طی سه دهه گذشته در ایران تجربه کرده، و مناطق پست خزر و جنوب ایران با متوسط

ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر و بعضاً ارتفاع کمتر از سطح دریا، کمترین وقوع موج گرما را دارند. بنابراین نقش پدیده های جوی و ارتفاع نقاط در ارتباط با وقوع این پدیده جوی در ایران تأیید شده و مناطق موج گرمایی ایران متفاوت با مناطق با بیشینه دماهای فرین در ایران (مطالعه اسدی و مسعودیان (۱۳۹۳: ۵۹)) می باشند. چنانکه وقوع امواج گرمایی منطبق بر مسیر غالب ورود سیکلونها به ایران از غرب و مرکز ایران تا شمال بوده و در ارتفاعات و جنب آنها (پای کوهها) غالب اند، که این در مطالعه براتی و موسوی (۱۳۸۴: ۴۱) نیز مشاهده شد. بیشترین وقوع موج گرما در سه دهه گذشته، در دهه ۲۰۰۰، در همه نواحی ایران حادث شده و برعکس در دهه ۹۰، کمترین وقوع امواج گرمایی در ایران وجود دارد، که این سوال را به همراه دارد، که آیا امواج گرمایی با خشکسالی ها مرتبط بوده و یا رخدادی جداگانه بوده، که اتفاقاً با ورود بادهای غربی به ایران تشدید میگرددند. بنابراین بر خلاف دهه ۲۰۰۰ با بیشینه امواج گرمایی در ایران، بیشترین تغییرات مثبت دمایی به لحاظ افزایش در کمینه ها و بیشینه ها در دهه ۹۰ برای نقاط مختلف ایران حادث گردید (علیچانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۱)، که تأییدی بر تفاوت امواج گرمایی و بیشینه های دمایی در ایران است. همچنین امواج گرمایی ایران در فصول گذر از سرد به گرم (زمستان به بهار) بیشتر و همگن تر بوده، تا بر عکس از فصل گرم به سرد (تابستان به پاییز) است. و با توجه به اینکه اواخر زمستان و اوایل بهار زمان شروع دوره حیات زمین، رشد پوشش زمین، آب شدن برف ها و غیره است، این رخداد جوی می تواند این تاریخ ها (دوره های فنولوژی) را تغییر داده و یا اینکه موجب خسارت به این پوشش ها و افزایش انگل ها و آفات نباتی و سیلاب ناشی از ذوب برف در مناطق کوهستانی و پایکوهی گردد. از طرفی دیگر در مناطق شهری با وجود

- چغرافیا و توسعه، سال سیزدهم، شماره ۴۰، صفحات ۶۹-۹۰.
۶. علیجانی، بهلول؛ محمدرضا ثروتی؛ عمران علی زاده ویلنی (۱۳۹۲). طبقه بندی موج گرما در استان گیلان، مجله جغرافیای طبیعی، سال ششم، شماره ۱۹، صفحات ۱-۱۶.
۷. علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). آب و هوای ایران. چاپ دوم. انتشارات پیام نور، تهران.
۸. علیجانی، بهلول؛ پیمان محمودی؛ محمد سلیقه؛ اله بخش ریگی چاهی (۱۳۹۰). بررسی تغییرات کمینه ها و بیشینه های سالانه دما در ایران، مجله تحقیقات جغرافیایی، سال بیست و ششم، شماره ۳، صفحات ۱۰۱-۱۲۲.
۹. لشنی زند، مهران؛ پروانه بهروز؛ فتنه بیرانوند (۱۳۹۰). طبقه بندی اقلیمی استان لرستان با استفاده از روش های آماری و تعیین مناسب ترین روش تجربی، مجله جغرافیای طبیعی. سال چهارم. شماره ۱۱. صفحات ۸۹-۱۰۶.
۱۰. مجرد، فیروز؛ بهمن جوادی (۱۳۸۹). پهنه بندی ایران بر مبنای دماهای حداقل، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال بیست و یکم. شماره ۳، پیاپی ۳۹، صفحات ۸۳-۱۰۶.
۱۱. محمدی مزرعه، حسین؛ فرهنگ تقوی (۱۳۸۴). روند شاخص های حدی دما و بارش در تهران، مجله پژوهش های جغرافیایی. سال سی هفتم. شماره ۵۳، صفحات ۱۷۲-۱۵۱.
۱۲. عزیزی، قاسم؛ حسن یوسفی (۱۳۸۳). زمانبندی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر، مجله مدرس علوم انسانی. سال نهم. شماره ۴. پیاپی ۴۳، صفحات ۸۱-۱۰۰.
۱۳. اکبری، طیب؛ سید ابوالفضل مسعودیان (۱۳۸۸). شناسایی رژیم دمایی و پهنه بندی نواحی دمایی ایران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. سال بیستم. شماره ۱. پیاپی ۳۳. صفحات ۷۴-۵۹.
۱۴. حاتمی بهمن بیگلو، خداکرم؛ جواد خوشحال دستجردی (۱۳۸۹). نواحی اقلیمی استان فارس به هوای مرطوب در این زمان، وقوع امواج گرمایی، موجب از بین رفتن آسایش انسان و آسیب دیدن شهروندان میگردد، چرا که امواج گرمایی با هوای گرم و مرطوب ناسازگار تر و آزار دهنده تر از امواج گرمایی خشک می باشند. چنانکه امواج گرمایی در اواخر زمستان و فصل بهار اقلیم ایران، خسارت بارتر می باشند. بنابراین با توجه به پیش بینی مدل های اقلیمی، گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی که افزایش وقوع این رخدادها را در اقلیم های مشابه ایران، برآورد میکند، برنامه ریزی دقیق تری را می طلبد. طبیعی است که پدیده های طبیعی تکرارپذیرند (اتفاق نادر است) و این رخداد نیز مستثنی نیست، بنابراین بر اساس رفتار وقوع این پدیده جوی که طبق برآوردهای هیئت بین الملل تغییر اقلیم تشدید نیز خواهد شد، در آینده برنامه ریزی برای کاهش پیامدها و یا سازگاری در نواحی مختلف موج گرما مفید است.
- ### منابع
۱. اسدی، اشرف؛ سیدابوالفضل، مسعودیان (۱۳۹۳). بررسی پراکنش زمانی - مکانی دماهای فرین گرم در ایران، مجله پژوهش های محیط زیست، سال پنجم. شماره ۹. صفحات ۷۲-۵۹.
۲. اسمعیل نژاد، مرتضی؛ محمود خسروی؛ بهلول علیجانی؛ سیدابوالفضل مسعودیان (۱۳۹۲). شناسایی امواج گرمایی ایران، مجله جغرافیا و توسعه. سال یازدهم. شماره ۳۳. صفحات ۵۴-۳۹.
۳. براتی، غلامرضا؛ سید شفیق موسوی (۱۳۸۴). جابجایی مکانی موج های زمستانی گرما در ایران، مجله جغرافیا و توسعه. سال سوم. شماره پیاپی ۵. صفحات ۵۲-۴۱.
۴. جهانبخش، سعید، سیما ترابی (۱۳۸۳). بررسی و پیش بینی دما و بارش در ایران، مجله تحقیقات جغرافیایی. سال نوزدهم. شماره ۳. پیاپی ۷۴. صفحات ۱۲۵-۱۰۴.
۵. رنجبر سعادت آبادی، عباس، جمیله پورمیرزا (۱۳۹۴). مطالعه هواشناختی پدیده گرم باد در استان گیلان،

23. Dixit, P. N., Chen, D (2010). Farm-scale zoning of extreme temperatures in Southern Mallee, Victoria, Australia, *Journal of Biosystems engineering*, 105(2), 198-204.
24. Gosling, S.N, McGregor, G.R, and Lowe, J. A (2009). Climate change and heat-related mortality in six cities Part2: climate change and projected impacts from changes in the mean and variability of temperature with climate change, *international journal of biometeorology*, 53(1), 31-51 .
25. Griffith, D. A., Amrhein, C.G (1997). *Multivariate statistical analysis for geographers*, 1ST Edition, Pearson College Div, 345 pages.
26. Haddow, G., Bullock, J. A., & Haddow, K (2008). *Global warming, natural hazards, and emergency management*: CRC Press.
27. Kunkel, E. K., Reinke, B. C (1996). Impacts and responses to the 1995 heat wave: A call to action, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(7), 1497-1506.
28. Kovats, R. S., Hajat, S (2008). Heat stress and public health: a critical review, *Annual Reviews of Public Health*, 29, 41-55.
29. Matthies, F., Bickler, G., Marín, N. C., & Hales, S (2008). Heat-health action plans: guidance, *World Health Organization*. 45 pages.
30. Meehl, G. A., & Tebaldi, C (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century, *Science*, 305(5686), 994-997.
31. Pezza, A. B., Van Rensch, P., & Cai, W (2012). Severe heat waves in Southern Australia: synoptic climatology and large scale connections, *Climate Dynamics*, 38(1-2), 209-224.
32. Robinson, P. J (2001). On the definition of a heat wave, *Journal of Applied Meteorology*, 40(4), 762-775.
- روش تحلیل عاملی، مجله فضای جغرافیایی. سال دهم. شماره ۳۲. صفحات ۱۵۰-۱۳۵.
۱۵. موحدی، سعید؛ بهروز حیدری ناصرآباد؛ سیدکرامت هاشمی عنا؛ فیروز رنجبر (۱۳۸۹). پهنه بندی نواحی اقلیمی استان خوزستان، سال دوازدهم. شماره ۴۰، صفحات ۷۳-۶۴.
۱۶. خورشید دوست، علی محمد؛ کامل آزر (۱۳۹۴). شناسایی نواحی دمایی شمال غرب ایران، مجله فضای جغرافیایی. سال پانزدهم. شماره ۵۱. صفحات ۱۷۱-۱۹۰.
۱۷. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۶). نواحی بارشی ایران، مجله جغرافیا و توسعه. سال هفتم. شماره ۱۳. صفحات ۹۱-۷۹.
۱۸. نظری پور، حمید (۱۳۹۳). نواحی تداوم بارش ایران، مجله جغرافیا و توسعه. سال دوازدهم. شماره ۳۶. صفحات ۲۰۸-۱۹۵.
19. Alijani, B., O'Brien, J., Yarnal, B (2008). Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, *theoretical and applied climatology*, 94(1-2), 107-124.
20. Bumbaco, K. A., Dello, K. D., and Bond, N. A (2013). History of Pacific Northwest heat waves: Synoptic pattern and trends, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52(7), 1618-1631.
21. Cerne, S. B., Vera, C. S., and Liebmann, B (2007). The nature of a heat wave in eastern Argentina occurring during SALLJEX, *Monthly weather review*, 135(3), 1165-1174.
22. Diaz, H.F., Murnane, R.J (2008). *Climate extremes and society*, 1st edition, Cambridge University Press, 356 pages.