

تحلیل فضایی - زمانی امواج گرمایی خراسان رضوی

سلیمان صادقی^۱، رضا دوستان^۲، معصومه صانعی^۳

^۱ استادیار اقلیم شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲ استادیار اقلیم شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

امواج گرمایی یکی از پدیده‌های طبیعی و ذاتی اقلیم در مناطق مختلف جهان می‌باشند، که فراوانی ظهور آن‌ها در نتیجه نوسانات آب و هوایی کره زمین در سال‌های اخیر همانند سایر پدیده‌های حدی اقلیم افزایش دارد. این رخداد اقلیمی اثرات منفی بر روی کشاورزی، آتش سوزی جنگل‌ها و مراتع، منابع آبی، مصارف انرژی و سلامت انسان دارد. در این ارتباط هدف این تحقیق بررسی و تحلیل مکانی و زمانی وقوع امواج گرمایی در مقیاس سالانه، فصلی و ماهانه در استان خراسان رضوی بوده تا دید فضایی و زمانی کاملی از توزیع این رخداد و مدیریت ریسک این پدیده اقلیمی ایجاد گردد. بنابراین داده دمای حداکثر روزانه برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان در دوره آماری ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی ایران استفاده گردید. به منظور تعیین امواج گرمایی از شاخص صدک ۹۵ استفاده و ضمن تعیین آستانه دمایی، روزهای با تداوم ۳ روز و بالاتر به عنوان موج گرما تعیین شد. این کار در سه مقیاس سالانه، فصلی و ماهانه برای هر ایستگاه به طور جداگانه انجام و فراوانی وقوع در هر ایستگاه مشخص گردید. نتایج حاکی است در مقیاس سالانه به ترتیب ایستگاه سرخس، سبزوار، گناباد و کاشمر از آستانه‌های دمایی بالاتری برخوردار بوده، اما به ترتیب کاشمر، سرخس، تربت حیدریه بیشترین موج گرما را تجربه کرده‌اند. از نظر زمانی، امواج گرمایی در اکثر ایستگاه‌ها روند افزایشی داشته و این روند در مشهد و سرخس با شیب ۰/۴ بیشترین افزایش را دارد. در مقیاس ماهانه امواج گرمایی در هر ایستگاه و در هر ماه آستانه‌های دمایی متفاوت می‌باشد که این به خاطر تنوع جغرافیایی سرزمین خراسان مانند وجود آب و هوای کویری و گرم دربخش جنوبی و معتدل کوهستانی در شمال استان و به طور پراکنده در مرکز، دوری از دریاها، ووزش بادهای مختلف موجب گوناگونی آب و هوا و تفاوت دما در مناطق مختلف آن گردیده است. بررسی‌ها نشان داد که در هر ایستگاه به ترتیب ماه جولای ایستگاه‌های سرخس و سبزوار از بیشترین آستانه‌های دمایی برخوردارند، اما ایستگاه‌های کاشمر و نیشابور بیشترین موج گرما را تجربه کرده‌اند. در ماه آوریل ایستگاه‌های قوچان و گل‌مکان از کمترین آستانه‌های دمایی برخوردار می‌باشند که در بررسی فضایی ایستگاه‌های سرخس، تربت جام، تربت حیدریه کمترین امواج گرمایی را تجربه کرده‌اند. در بررسی فصلی امواج گرمایی مشخص گردید که در فصل بهار و تابستان سرخس و سبزوار بیشترین، و قوچان و تربت حیدریه کمترین آستانه‌های دمایی را به خود اختصاص

داده‌اند. که در فصل بهار نواحی شمالی و شرقی استان کمترین موج گرما و در فصل تابستان ایستگاه‌های مشهد، تربت حیدریه و کاشمر بیشترین موج گرمایی را تجربه کرده‌اند.

کلید واژه‌ها: امواج گرمایی، تحلیل فضایی- زمانی، شاخص صدک، خراسان رضوی

مقدمه

مخاطرات جوی و اقلیمی مخرب‌ترین و کشنده‌ترین مخاطرات طبیعی در سراسر جهان هستند که منجر به نابودی حیات، ضرر و زیان‌های مالی و اجتماعی فراوانی شوند. (نوتر، ۱۹۹۹، به نقل از دارند، ۱۳۹۱). یکی از مهم‌ترین عوامل در ساختار کره زمین، اقلیم می‌باشد که کلیه مظاهر طبیعی از آن متأثر می‌شوند. اقلیم، متوسط شرایط آب و هوایی یک منطقه است و تنها برای شرایط متوسط به کار نمی‌رود. بلکه سایر متغیرها نظیر حداقل‌ها و حداکثرها را نیز شامل می‌شود. تغییر معنی‌دار در متوسط داده‌های هواشناسی در طی یک دوره‌ی زمانی معین نیز تغییر اقلیم نامیده می‌شود. (ماندرا، ۱۹۹۴). هیئت بین دول تغییر اقلیم^۱ میزان افزایش دما از نیمه دوم قرن ۱۹ تا سال ۱۹۹۵ میلادی را حدود ۰/۷ درجه سلسیوس گزارش کرده است (IPCC, 2001). این تغییرات حادث شده، فراوانی رخداد پدیده‌های فرین مانند طوفان، سیل، امواج گرمایی و یخبندان و... را بالا می‌برد. امواج گرمایی یکی از مهم‌ترین بلاهای طبیعی بوده که در اثر تغییرات آب و هوایی اخیر فراوانی آن روندی افزایشی داشته (Ting ding et al, 2009) و این بلاهای طبیعی در میان سایر رخدادهای اقلیمی، بیشترین میزان مرگ و میر را در پی داشته است. (NOAA, 2007)، با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی بسیار ناگوار و هزینه‌های سنگینی که رخداد این پدیده به دنبال دارد. پژوهش‌های بسیار زیادی بر روی امواج گرمایی در سراسر مناطق جهان انجام شده است (Beniston & Stephenson, 2004). کاهش پیامدهای ناشی از امواج گرمایی آینده در گرو شناسایی ساز و کار امواج گرم، سامانه‌های اقلیمی ایجاد کننده و تحریک کننده آن‌ها، پیش بینی و پیش هشدار دهی و قوع امواج گرم و شناسایی رفتار زمانی آن‌ها، شناسایی راه‌های کاهش اثرات آزار دهنده آن‌ها و نیز شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در ارتباط با این امواج گرمایی یاب به عبارت دیگر شناسایی رفتار فضایی این امواج، می‌باشد (Kovats & Koppe, 2005). گرم شدن کره‌ی زمین، بروز تداوم خشکسالی‌ها، وقوع طوفان‌ها و سیلاب‌های ویرانگر، افزایش امواج گرمایی و توفان‌های گرد و غباری، بالا آمدن سطح آب دریاها و افزایش وقوع پدیده‌های حدی در جو از جمله چالش‌های اساسی هستند که عمدتاً به دلیل بروز تغییرات آب و هوایی ایجاد گردیده‌اند. (زرقانی، ۱۳۹۱). رویدادهای آب و هوای حدی پدیده‌هایی هستند که از نظر فراوانی کمیاب و درجه شدت بالایی دارند و در هنگام وقوع، روال معمول بوم سامانه و ساکنان منطقه را با تغییرات جدی رو به رو می‌کند و البته احتمال وقوع این رویدادها نیز به طور متوسط کمتر از ۰/۵٪ تخمین زده شده است. (به نقل از تقوی، ۱۳۹۰). از شایع‌ترین رویدادهای آب و هوای می‌توان به مواردی همچون امواج گرمایی، امواج سرمای، باران‌های سیل آسا، گردبادها، آتش سوزی جنگل‌ها اشاره کرد. امواج گرمایی شدید می‌توانند باعث تخریب محصولات کشاورزی، آتش سوزی جنگل‌ها، زیان رساندن به سلامتی انسان‌ها و افزایش بیماری‌های عفونی، امراض

قارچی و حتی منجر به مرگ انسان‌ها نیز شود. با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی بسیار ناگوار و هزینه‌های سنگینی که رخداد این پدیده به دنبال دارد. و همچنین به دلیل اینکه امروزه یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها از مخاطرات محیطی، رخداد شرایط حدی طولانی مدت و پرتداوم با دوره‌های بارش کم و حداکثر درجه حرارت است که به طور گسترده بر جوامع انسانی تاثیرگذار است. (به نقل از اسماعیل نژاد، ۱۳۹۱). نظر به اهمیت و آثار زیان بار این امواج روی سلامتی انسان مطالعات فراوانی روی بررسی تاثیر این امواج در زمینه سلامتی انسان و آثار زیان بار آنها از جمله آتش سوزی و سیل‌های ناشی از ذوب ناگهانی حاصل از حاکمیت دوره این امواج گرم، صورت گرفته است که می‌توان به این موارد اشاره نمود. (Della Marta, 2007, Rensch 2009, Benjamin F et al, 2006, Seluchi et al,)

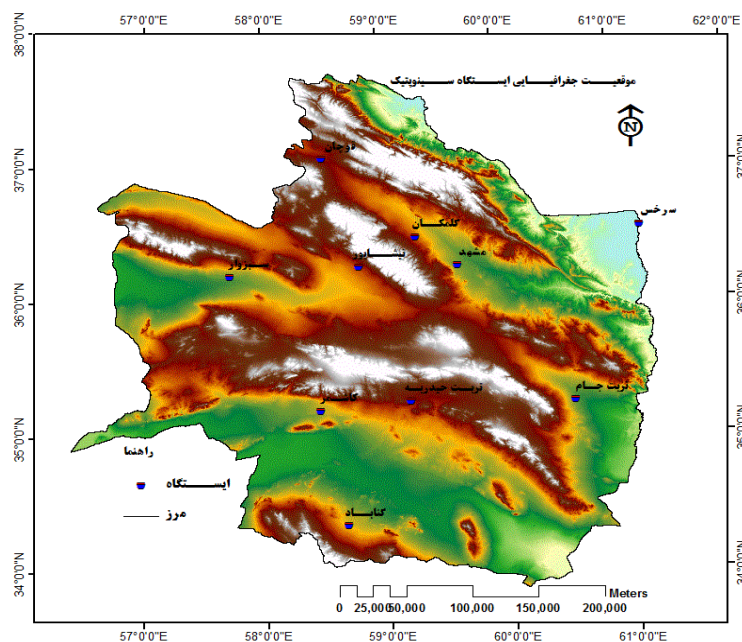
اکثر مطالعات انجام شده بر روی امواج گرمایی بر مسأله مرگ و میر و بهداشت تمرکز دارد در این زمینه مطالعات جالبی انجام شده است مثل اثرات موج گرمای تابستان ۱۹۵۴ (نانسی و همکاران ۲۰۱۰) بالاترین دمای هوایی که تاکنون در ایالت ایلونویز به ثبت رسیده است. یعنی ۱۱۷ درجه فارنهایت (۴۷/۲ درجه سانتی‌گراد)، در چهاردهم ژولای سال ۱۹۵۴ در شرق سنت‌لویز رخ داد. در این تحقیق به اثراتی که این گرمای بالا بر روی سلامت انسان، منابع آب، تسهیلات دیگر، کشاورزی و تجارت برجای گذارد و همچنین اقداماتی که اشخاص "جوامع و هیئت‌های دولتی در مواجهه با گرما انجام می‌دهند پرداخته می‌شود. موج گرمایی اوایل آگوست ۲۰۰۳ فرانسه (ریچاردوماکادوتریگو، ۲۰۰۵) تأثیر عمده‌ای روی افزایش مرگ و میر در سراسر اروپای غربی مخصوصاً مناطق معین از فرانسه دانست فریچ و همکاران (۲۰۰۲) تغییرات هم‌زمان مشاهده شده در مقادیر حدی اقلیمی طی نیمه دوم قرن بیستم از سال ۱۹۴۶-۱۹۹۹ را برای ۳۰۰۰ ایستگاه بررسی کرده است. تغییرات هم‌زمان با استفاده از ده شاخص رویداد اقلیمی حدی بررسی شده است. این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش قابل توجهی در دمای شب‌های تابستان و زمستان و کاهش در تعداد روزهای یخبندان و همچنین کاهش در دامنه دمایی حدهای سالانه به وجود آمده است. چن و کنراد (۲۰۰۶)، در بیان علل سینوپتیک امواج گرمایی کارولینای شمالی استقرارپرفشار برمودا و فرارفت هوای گرم و مرطوب اقیانوس اطلس و وجود یک پشته در ترازهای میانی و گرمایش آدیاباتیک سطوح میانی تروپوسفر را عوامل اصلی وقوع امواج گرمایی کارولینای شمالی ذکر کرده‌اند. (به نقل از قویدل رحیمی). در ایران عزیزی و همکاران (۱۳۸۳) عساکره (۱۳۸۴) مسعودیان و همکاران (۱۳۸۷)، اکبری و همکاران (۱۳۸۸) منتظری (۱۳۹۰) روشن و همکاران (۱۳۹۰) مظفری و قبادی (۱۳۹۲) سبزی‌پرور و همکاران (۱۳۹۱) مجرد و همکاران (۱۳۹۲) نیز پژوهش‌هایی را بر روی تغییرات رفتار دما انجام داده‌اند. جامع‌ترین پژوهش‌ها بر روی امواج گرمایی ایران را می‌توان به مطالعه کارهای علیائی (۱۳۸۲) با دیدگاهی آماری ویژگی‌های زمانی-مکانی امواج گرمایی در ایران را مورد مطالعه قرار داده و بر تمرکز زمانی آنها در ماه تیر و شدت امواج گرمایی غرب و جنوب غرب ایران تاکید کرده است. تقوی (۱۳۸۹) در مطالعه ای آماری رویدادهای فرین اقلیمی مثل خشکسالی یا دماهای فرین که امواج گرمایی را نیز شامل می‌شود مورد تحلیل قرار داده و افزایش فراوانی رویدادهای حدی اقلیمی مانند خشکسالی و طولانی شدن امواج گرم در اکثر نواحی اقلیمی ایران را به عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم مورد تأیید قرار داده است. قویدل رحیمی (۱۳۹۰) با استفاده از داده‌های مختلف ایستگاهی و داده‌های جو بالا ابتدا ویژگی‌های آماری امواج گرمایی بوقوع پیوسته از روز ۶ تیر تا ۵ مرداد ۱۳۸۹ را از روش تحلیل خوشه‌ای مورد بررسی قرار داد. و از نظر شدت دمای بیشینه به سه گروه

تحت عنوان: خوشه موج گرما با ۱۷ عضو و میانگین دمای بیشینه برابر با ۳۷/۱۷ درجه سانتی‌گراد، خوشه موج گرمای شدید با ۵ عضو و متوسط دمای بیشینه ۳۸/۲ درجه سانتی‌گراد و خوشه موج ابر گرم با ۱۰ عضو و متوسط دمای بیشینه برابر با ۳۹/۲۸ درجه سانتی‌گراد تفکیک شده و موج ابر، مورد تحلیل سینوپتیک قرار داده شد. نتایج حاصل از تهیه و تفسیر نقشه‌های سینوپتیک نشان داد که وجود یک کم فشار حرارتی بر روی شبه جزیره عربستان و اثرات ناشی از تسری و فعالیت و مهاجرت کم فشار مذکور به سمت ایران عامل اصلی گرمایش و گسیل موج ابر گرم در دوره‌ی زمانی ۱۳ تا ۲۲ تیر ماه ۱۳۸۹ بوده است. اسماعیل‌نژاد (۱۳۹۱) به شناسایی امواج گرمایی ایران با کمک روش فومی‌کی که با نگاه همدیدی آماری بکار رفته است. نتایج نشان داد که امواج گرمایی کوتاه تداوم بیشتری دارند و کانون بیشینه امواج ماهانه پایان زمستان است. احمدی و همکار (۱۳۹۱) به بررسی ارزیابی تأثیرات تنش‌های گرمایی در کشت ذرت در زمان وقوع امواج گرمایی استان قزوین طی دوره‌ی آماری ۲۵ ساله (۱۹۸۲-۲۰۰۷) پرداخته نتایج نشان داد در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد طی سال‌های ۱۹۸۵-۲۰۰۰-۲۰۰۱ بیش‌ترین امواج گرمایی را داشته‌اند. یزدان پناه و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی امواج گرمایی حادث شده در کرمانشاه پرداختند. در این تحقیق آمار ۵۰ ساله‌ی حداکثر دمای ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه در دوره‌ی آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ به منظور شناسایی و بررسی خصوصیات زمانی و مکانی روزهای داغ (H^*) مورد تحلیل قرار گرفت و امواج گرمایی که نتیجه‌ی استمرار (H^*) برای ۳ روز یا بیشتر بوده بررسی شدند. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان دهنده‌ی روند افزایشی و معنی‌دار در آزمون من- کندال بود. دارند (۱۳۹۲) به شناسایی و تحلیل زمانی - مکانی امواج گرمایی ایران از شش نمایه برپایه‌ی صدک‌های ۹۰، ۹۵، ۱۰۰ را بررسی کردند که شدت، دوام و بسامد رخداد امواج گرمایی را نمایان می‌کند. یافته‌ها نشان داد که رخداد امواج گرمایی در ایران رو به افزایش است. با توجه به تعاریف بالا و معیارهای تعیین موج گرما به نظر می‌رسد که هر منطقه‌ی جغرافیایی براساس ویژگی‌های محیطی و اقلیمی آن، می‌توان آستانه‌ی دمایی معینی برای تعریف موج گرما کرد. به خاطر تنوع در ساختار توپوگرافیک ایران مانند وجود پستی و بلندی‌های متنوع و همچنین گسترش ۱۵ درجه عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به دریا، در ایستگاه‌های هواشناسی در یک زمان واحد دماهای متفاوتی ثبت می‌شود که شناسایی امواج گرمایی را با مشکل مواجه می‌سازد. افزایش دمای هوا چه به دلیل خشکسالی‌های دوره‌ای و چه به دلیل گرمایش جهانی در سال‌های آتی امری بسیار محتمل است. با توجه به اینکه گرمایش جهانی تمامی کشورها از جمله ایران را متأثر کرده است. شناخت تغییر اقلیم منطقه و نقش مستقیم یا حتی غیرمستقیم این تغییرات به کشور ما بسیار مهم است. استان خراسان رضوی در تابستان هوا گرم و خشک و در زمستان نسبتاً سرد و دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی زیاد می‌باشد به طور کلی دمای هوا در خراسان از شمال به جنوب افزایش یافته و از میزان باش سالیانه نیز کم می‌شود. این استان اصولاً از نظر بارندگی و منابع آب منطقه‌ای ضعیف است. مدل‌های پیش‌بینی اقلیم نیز نشان می‌دهد که دمای هوا در آینده در منطقه شمال شرق ایران و استان خراسان ۲ تا ۲,۷۵ درجه افزایش خواهد یافت. با توجه به اینکه امواج گرمایی باعث خسارت به محصولات کشاورزی، افزایش مصرف انرژی و آب می‌شود و همچنین سلامت و آسایش انسان را به خطر می‌اندازد و حتی متجر به مرگ انسان می‌شود هدف اصلی این پژوهش تحلیل فضایی - زمانی امواج گرمایی در خراسان رضوی می‌باشد و رخدادهای امواج گرمایی را طی چند دهه‌ی اخیر بررسی نماییم.

منطقه مورد مطالعه: استان خراسان رضوی بین مدار جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. گستردگی استان و عواملی مانند وجود رشته کوه‌های مرتفع و مناطق کویری، دوری از دریا و وزش بادهای مختلف موجب گوناگونی آب و هوا می‌شود. اکثر نواحی استان به جز قسمت‌های محدودی از شهرستان تربت حیدریه، سایر نواحی استان دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد. از خصوصیات بارندگی در استان خراسان رضوی، بارش در فصل سرد سال با توزیع غیر نرمال است. بارش‌های سیل آسا، کوتاه مدت و رگباری قسمت عمده بارندگی سالیانه را تشکیل می‌دهد. از نظر دمایی، استان خراسان رضوی دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است و میانگین درجه حرارت سالانه از شمال به جنوب افزایش می‌یابد. توده‌های هوای مؤثر بر استان خراسان رضوی طی فصل گرم سال از اوایل بهار تا اوایل پاییز ادامه دارد عبارتند از: توده‌های مرطوب و بارش همرفتی در اوایل بهار و توده هوای گرم از ترکمنستان و بیابان‌های شرق استان (دشت لوت و دشت کویر، کویر بجستان) می‌باشند.

جدول ۱ - مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	مشهد	سبزوار	تربت حیدریه	قوچان	سرخس	گناباد	کاشمر	گلمکان	نیشابور	تربت جام
عرض	۳۶ ۱۶	۳۶ ۱۲	۳۵ ۱۶	۳۷ ۰۴	۳۶ ۳۲	۳۴ ۲۱	۳۵ ۱۲	۳۶ ۲۹	۳۶ ۱۶	۳۵ ۱۵
طول	۵۹ ۳۸	۵۷ ۴۳	۵۹ ۱۳	۵۸ ۳۰	۶۱ ۱۰	۵۸ ۴۱	۵۸ ۲۸	۵۹ ۱۷	۵۸ ۴۸	۶۰ ۳۵
ارتفاع	۹۹۹/۲	۹۹۶/۶	۱۴۵۰/۸	۱۲۸۷	۲۳۵	۱۰۵۶	۱۱۰۹/۷	۱۱۷۶	۱۲۱۳	۹۵۰/۴



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها:

از آنجا که داده‌های اقلیمی حاوی اطلاعاتی درباره پراکندگی مکانی و تغییرات زمانی برای هر عنصر اقلیمی است لذا می‌توان با پردازش داده‌های اقلیمی مبادرت به تفکیک مکانی و ایجاد قلمروهای همگن و همچنین، گروه‌های زمانی متشابه نمود. در این پژوهش برای تحلیل زمانی - مکانی امواج گرمایی در خراسان رضوی، از داده‌های حداکثر دمای روزانه ۱۰ ایستگاه سینوپتیک خراسان رضوی برای دوره‌ی گرم سال (آوریل - سپتامبر) یک دوره‌ی ۲۳ ساله بین سال‌های (۱۹۸۷-۲۰۱۰) از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد و به صورت سالانه، فصلی و ماهانه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت برای بررسی و صحت همگنی اطلاعات و نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف استفاده شد. با توجه به اینکه سطح معناداری آزمون مربوط به تمام متغیرها بالاتر از ۰/۰۵ می‌باشد، ادعای نرمال بودن متغیرهای پژوهش پذیرفته شد. اغلب پژوهشگران بر این باورند که معرفی آستانه‌ی عددی خاصی جهت شناسایی امواج گرما در مناطق مختلف جهان، منطقی و درست نیست چرا که شرایط محیطی و اقلیم مناطق مختلف با هم یکسان نیستند. به نظر می‌رسد که آستانه‌های صدکی برای هر نقطه (ایستگاه) به صورت جداگانه دقیق‌تر باشند دکتر دارند. (۱۳۹۱) بر این اساس در این پژوهش از شاخص صدک ۹۵ که از لیست شاخص‌های استاندارد توصیه شده توسط گروه آشکارسازی تغییر اقلیم و برنامه تحقیقاتی تغییر پذیری و پیش‌بینی اقلیم حدی ECIS برای بررسی رفتار رویدادهای اقلیمی حدی با استفاده از شاخص‌های دما و بارش حدی تهیه شده بود استفاده گردید. (تقوی، ۱۳۶۴). که این، امکان مقایسه همه ایستگاه‌ها در کشورهای مختلف را بوجود می‌آورد. (جدول شماره ۲) در تحلیل زمانی امواج گرمایی در خراسان رضوی ابتدا با استفاده از شاخص صدک ۹۵، آستانه‌های دمایی هر ایستگاه به صورت مجزا از سال (۱۹۸۷-۲۰۱۰) به صورت سالانه، فصلی و ماهانه مشخص گردید. در مرحله بعد فراوانی کل تعداد روزهایی که دمای حداکثر از صدک نهم بزرگ‌تر بودند برای هر کدام از داده‌های سالانه، فصلی و ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در این پژوهش دهه ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ در فصل بهار و تابستان در ایستگاه‌های خراسان رضوی مورد مقایسه قرار گرفتند. در بررسی مکانی امواج گرمایی تداوم سه روزه و بیشتر، دمای بیش از صدک ۹۵ (Gosling et al, 2007:525-540) در ایستگاه‌های خراسان رضوی به صورت سالانه، فصلی و ماهانه مشخص گردید و نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه گردید.

جدول ۲- تعریف نمایه‌های حدی اقلیمی دما توصیه شده توسط گروه کارشناسی CCI/CLIVAR

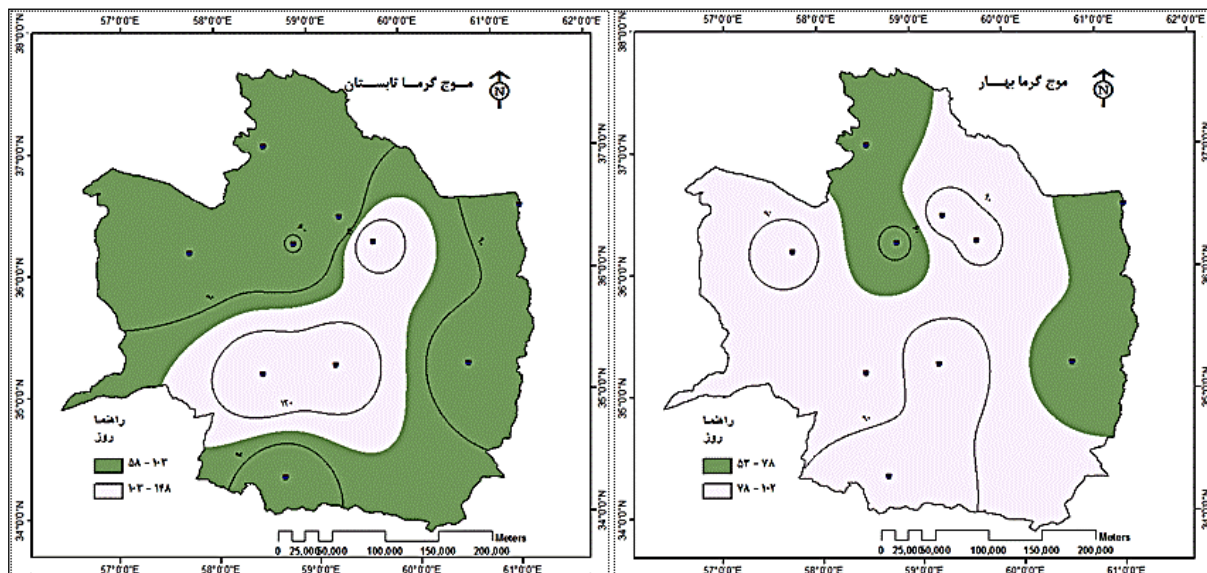
ردیف	نمایه‌ها	معرفی نمایه‌ها	یکا
۱	TM	بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (Maximum Tmin)	C
۲	TN10 P	درصد روزهایی که دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد. (شب‌های سرد)	روز
۳	TX10 P	درصد روزهایی که دمای حداکثر کمتر از صدک دهم باشد. (روزهای سرد)	روز
۴	TX90 P	درصد روزهایی که دمای حداکثر بیشتر از صدک نودم باشد (روزهای گرم) (warm days)	روز

بحث و نتایج:

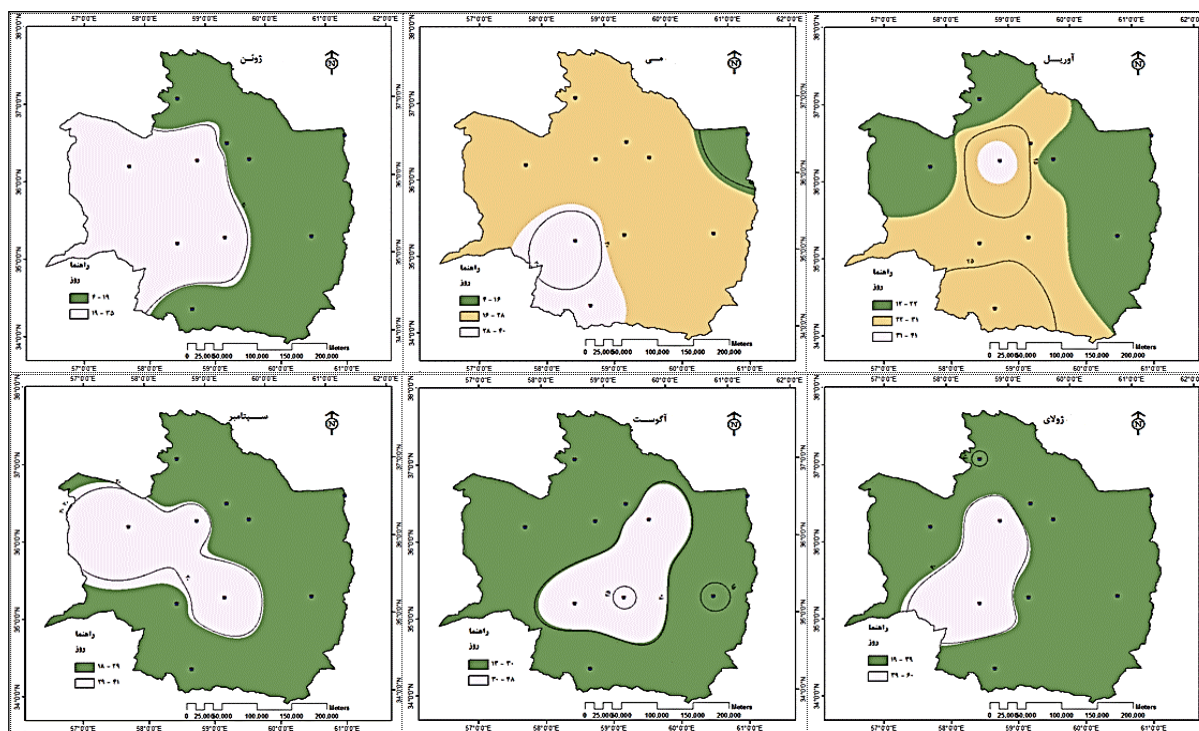
پراکندگی فضایی امواج گرمایی نشان می‌دهد (شکل ۲) تعداد روزهای گرم بالای صدک ۱۹۰م، در ماه آوریل بیشترین روزهای گرم در اطراف نیشابور مشاهده می‌شود که تعداد آنها تا ۴۱ روز گرم در ماه می‌رسد در قسمت‌های جنوبی و بیشتر بخش مرکزی استان و بخش کوچکی از نواحی شمالی استان تعداد روزهای گرم تا ۳۱ روز گرم می‌رسند که کاشمر، نیشابور، گل‌مکان و قسمت‌های محدودی از تربت حیدریه در این بخش قرار دارند. در این ماه کمترین تعداد روزهای گرم مربوط به بخش شرقی، شمال شرقی و جنوب شرقی استان است که شامل سرخس، تربت جام و بخش‌های شرقی تربت حیدریه، قوچان و سبزوار در بخش‌های شمال غربی و غرب استان می‌باشد. در ماه می بیشترین تعداد روزهای گرم در ایستگاه کاشمر و گناباد دیده می‌شود که تا ۴۰ روز گرم در ماه می‌رسد بقیه مناطق استان در رتبه بعدی قرار دارند و ۲۸ روز گرم در ماه را دارند تنها سرخس در گوشه شمال شرقی استان است که کمترین تعداد روزهای گرم را در ماه می به خود اختصاص داده است که ۱۶ روز گرم را در ماه دارد. بخش وسیعی از استان در ماه می بین ۱۶ تا ۲۸ روز گرم را تجربه کرده‌اند. در ماه ژوئن بیشترین تعداد روزهای گرم در بخش غربی و جنوب غربی استان قرار دارد که شامل کاشمر، تربت حیدریه، نیشابور و سبزوار می‌باشد. تعداد روزهای گرم ثبت شده طی دوره آماری مورد بررسی در این ماه به ۳۵ روز گرم می‌رسد قسمت‌های شمالی، شرقی، جنوب شرقی و جنوبی استان دارای کمترین تعداد امواج در ماه می‌باشد که به ۱۹ موج می‌رسد. تغییرپذیری فضایی تعداد روزهای گرم ظاهر شده در این ماه کمتر از دو ماه گذشته یعنی آوریل و می می‌باشد. در ماه جولای بیشترین تعداد روزهای گرم در کاشمر و نیشابور دیده می‌شود که به تعداد ۶۰ روز گرم در ماه بوده است. و بقیه نواحی استان دارای روزهای گرم کمتری در این ماه هستند که ۳۹ روز گرم در ماه جولای در این نواحی وجود داشته است. همانطور که در نقشه مذکور مشاهده می‌گردد بخش اعظم استان تعداد روزهایی بین ۱۹ تا ۴۰ روز دارد. در این ماه مناطق جنوب شرق استان بیشترین تعداد روزهای گرم را که بین ۴۰ تا ۶۰ روز بوده است تجربه کرده‌اند. در ماه آگوست بیشترین تعداد روزهای گرم مربوط به بخش‌های مرکزی استان است که شامل تربت حیدریه، کاشمر و مشهد می‌باشد و بقیه نواحی استان دارای کمترین تعداد امواج می‌باشند که دارای ۳۰ روز گرم هستند این در حالی است که بخش مرکزی استان تعداد روزهای گرم تا ۴۸ موج در ماه رسیده است. در ماه سپتامبر نواحی مرکز و شرق استان یعنی ایستگاه‌های سبزوار، تربت حیدریه، و کاشمر دارای بیشترین روزهای گرم هستند که مجموع تعداد ۴۱ روز گرم در طی دوره آماری مورد بررسی رسیده است بقیه ایستگاه‌های استان طی دوره آماری مورد بررسی یعنی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰، در مجموع برای ماه سپتامبر ۱۸ تا ۲۹ روز گرم را ثبت کرده‌اند.

تعداد مجموع روزهای گرم بهار که در طی دوره آماری مورد بررسی یعنی ۲۲ سال در فصل بهار استخراج گردید در مجموع در هر ایستگاه متفاوت بود اما به طور متوسط ایستگاه‌ها بین ۵۳ تا ۷۸ روز (در نواحی شمالی و شرقی استان) و ۷۸ تا ۱۰۴ روز در سایر مناطق استان ثبت کرده‌اند. در فصل تابستان بیشترین تعداد روزهای گرم در بخش مرکزی استان که شامل ایستگاه‌های مشهد، تربت حیدریه و کاشمر می‌باشد دیده می‌شود که به تعداد ۱۴۸ روز گرم در این فصل می‌رسد. در بقیه نواحی استان همانطوری که از نقشه پیداست روزهای گرم کمتری نسبت به بخش

مرکزی هستند که به ۱۰۳ روز گرم در فصل تابستان می‌رسد. در کل دمقایسه با فصل بهار تعداد روزهای گرم وارد شده به منطقه در فصل تابستان بیشتر می‌باشد.

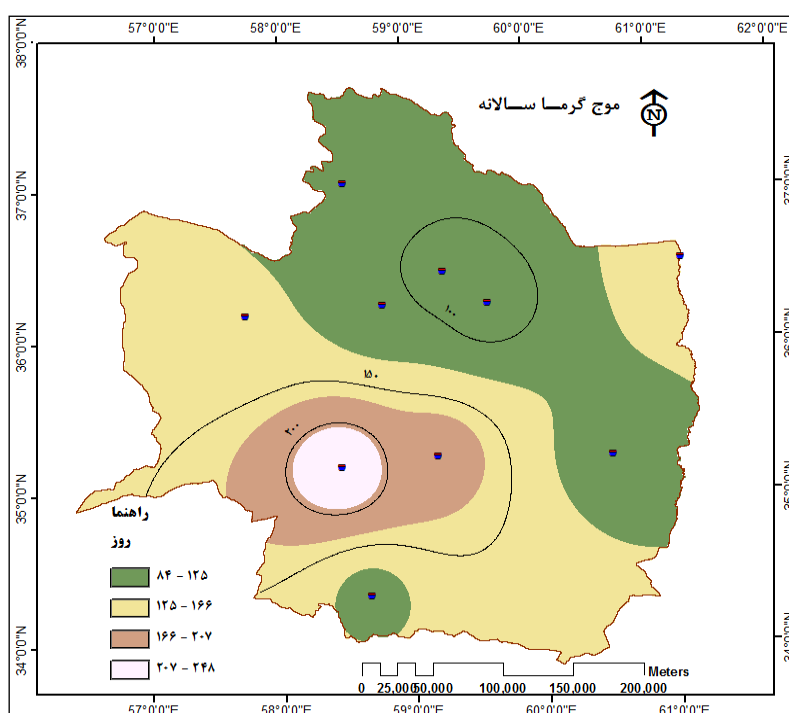


شکل ۲- پراکندگی فضایی امواج گرمایی ماهانه



شکل ۳- پراکندگی فضایی امواج گرمایی در مقیاس فصلی

تعداد امواجی که در سال وارد منطقه می‌شوند بیشترین میزان را در ایستگاه کاشمر در بخش جنوبی استان نشان می‌دهد و هرچه به سمت قسمت‌های شمالی استان می‌رویم از تعداد روزهای گرم کاسته می‌شود تنها در گوشه شمال شرقی استان و در ایستگاه سرخس است که تعداد روزهای گرم با قسمت‌های جنوبی استان همراهی می‌کند تا ۱۶۶ روز گرم در سال می‌رسد. بعد از ایستگاه تربت حیدریه دارای تعداد روزهای گرم بیشتری در سال می‌باشد که به ۲۰۷ روز گرم در سال می‌رسد. ایستگاه سبزوار در رتبه بعدی قرار دارد تعداد امواج سالانه در آن به ۱۶۶ موج می‌رسد. ایستگاه گناباد تنها ایستگاهی است که در قسمت‌های جنوبی استان دارای روزهای گرم سالانه کمتری نسبت به بخش‌های جنوبی است که دارای ۱۲۵ روز گرم است که با بخش‌های شمالی از نظر تعداد روزهای گرم ورودی به منطقه در سال همراهی می‌کند.



شکل ۴- پراکندگی فضایی امواج گرمایی سالانه

تحلیل زمانی امواج گرمایی:

باتوجه به شاخص‌های صدک ۹۵ که برای هرایستگاه به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت در بررسی سالانه نتایج نشان می‌دهد که ایستگاه‌های سرخس، سبزوار، گناباد و کاشمر نسبت به دیگر ایستگاه‌ها از افزایش دمایی بالاتری برخوردار می‌باشند. (جدول شماره ۳). در بررسی ماهانه امواج گرمایی به این نتیجه رسیدیم که در هر ایستگاه و در هر ماه آستانه‌های دمایی متفاوت می‌باشد که این به خاطر تنوع جغرافیایی سرزمین خراسان مانند وجود آب و هوای کویری و گرم در بخش جنوبی و معتدل کوهستانی در شمال استان و به طور پراکنده در مرکز، دوری از دریاها، و وزش بادهای مختلف موجب گوناگونی آب و هوا و تفاوت دما در مناطق مختلف آن گردیده است. بررسی‌ها نشان داد که در هر ایستگاه به ترتیب ماه‌های جولای، ژوئن و آگوست نسبت به ماه‌های دیگر از آستانه

دمایی بالاتری برخوردار می‌باشند. (جدول شماره ۳). در بررسی فصلی امواج گرمایی آستانه‌های دمایی هر ایستگاه به صورت مجزا از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ مشخص گردید که در فصل بهار ایستگاه‌های سرخس و سبزوار و در فصل تابستان سرخس، سبزوار، کاشمر، گناباد به ترتیب بیشترین آستانه‌های دمایی را به خود اختصاص داده‌اند. پس از مشخص شدن آستانه‌های دمایی فراوانی تعداد روزهای ایستگاه‌ها به صورت سالانه، ماهانه و فصلی مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۳: آستانه‌های دمایی در مقیاس زمانی برای هر ایستگاه

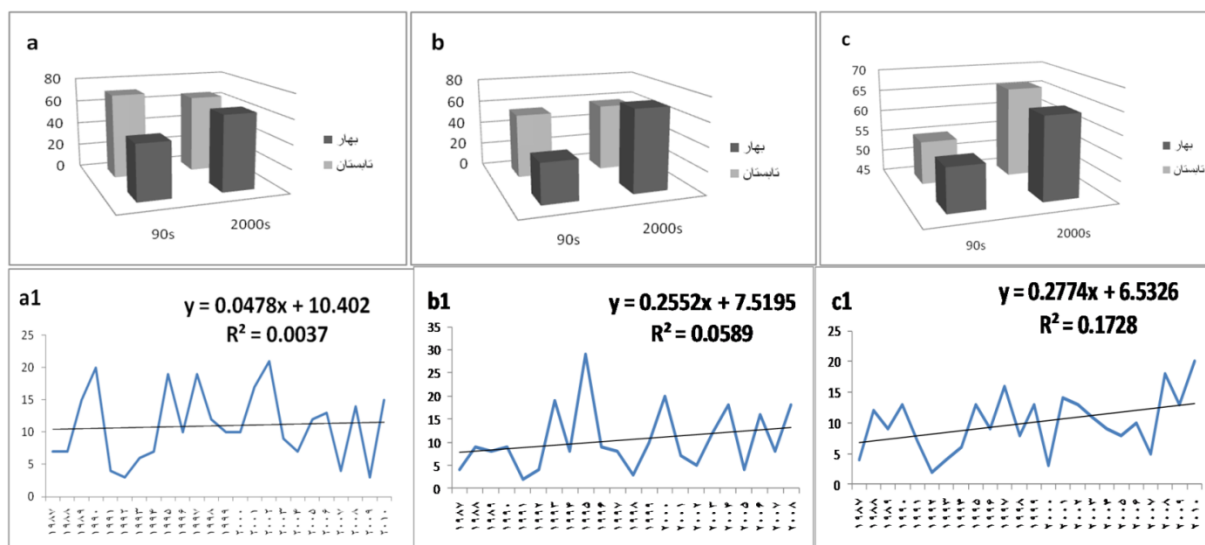
ایستگاه	مشهد	سبزوار	تربت حیدریه	قوچان	سرخس	گناباد	کاشمر	گلمکان	نیشابور	تربت جام
سالانه	۳۸	۴۱	۳۵	۳۵	۴۱	۳۹	۳۹	۳۶	۳۸	۳۷
فصل	تابستان	۳۷	۴۱	۳۵	۴۱	۳۹	۳۹	۳۶	۳۸	۳۷
	بهار	۳۶	۳۹	۳۴	۴۰	۳۸	۳۸	۳۴	۳۶	۳۶
ماه	آوریل	۳۱	۳۴	۲۸	۳۵	۳۲	۳۱	۲۸	۲۸	۳۲
	مه	۳۴	۳۷	۳۲	۳۱	۳۶	۳۵	۳۲	۳۳	۳۵
	ژوئن	۳۸	۴۱	۳۶	۳۵	۴۲	۳۹	۳۵	۳۶	۳۸
	ژوئیه	۳۸	۴۲	۳۶	۳۶	۴۲	۴۰	۳۷	۳۷	۳۸
	اوت	۳۷	۴۱	۳۵	۳۵	۴۱	۳۹	۳۶	۳۷	۳۷
سپتامبر	۳۵	۳۸	۳۳	۳۳	۳۸	۳۷	۳۶	۳۳	۳۴	۳۵

جدول ۴: فراوانی امواج گرمایی در مقیاس زمانی برای هر ایستگاه

ایستگاه	مشهد	سبزوار	تربت حیدریه	قوچان	سرخس	گناباد	کاشمر	گلمکان	نیشابور	تربت جام
سالانه	۲۲۱	۲۲۴	۳۲۳	۲۶۴	۳۲۴	۲۴۰	۳۵۷	۲۳۰	۱۸۶	۲۱۴
فصل	تابستان	۲۳۰	۱۲۰	۲۳۹	۱۵۸	۱۵۴	۱۴۶	۱۳۶	۱۰۹	۱۳۸
	بهار	۱۵۷	۱۶۰	۱۶۰	۱۴۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۳۷	۱۰۴	۱۲۵
ماه	آوریل	۳۹	۳۸	۳۱	۴۳	۴۶	۶۰	۵۲	۶۱	۳۰
	مه	۶۷	۵۸	۶۱	۵۷	۳۸	۶۷	۴۵	۴۹	۴۶
	ژوئن	۴۹	۴۸	۴۷	۴۳	۴۲	۴۷	۷۱	۶۸	۳۶
	ژوئیه	۶۴	۴۵	۷۶	۴۴	۴۸	۴۰	۸۱	۹۱	۴۵
	اوت	۸۲	۴۲	۸۲	۶۳	۵۵	۴۳	۵۰	۵۲	۳۹
سپتامبر	۵۳	۵۳	۶۳	۴۹	۶۲	۳۹	۶۳	۵۲	۵۴	۴۳

با بررسی روند ۲۳ ساله روزهای گرم استان خراسان دیده می‌شود که ظهور روزهای گرم در استان خراسان رضوی سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ در کل دارای نوسانات زیاد بوده است. در این راستا به بررسی سری زمانی داده‌های

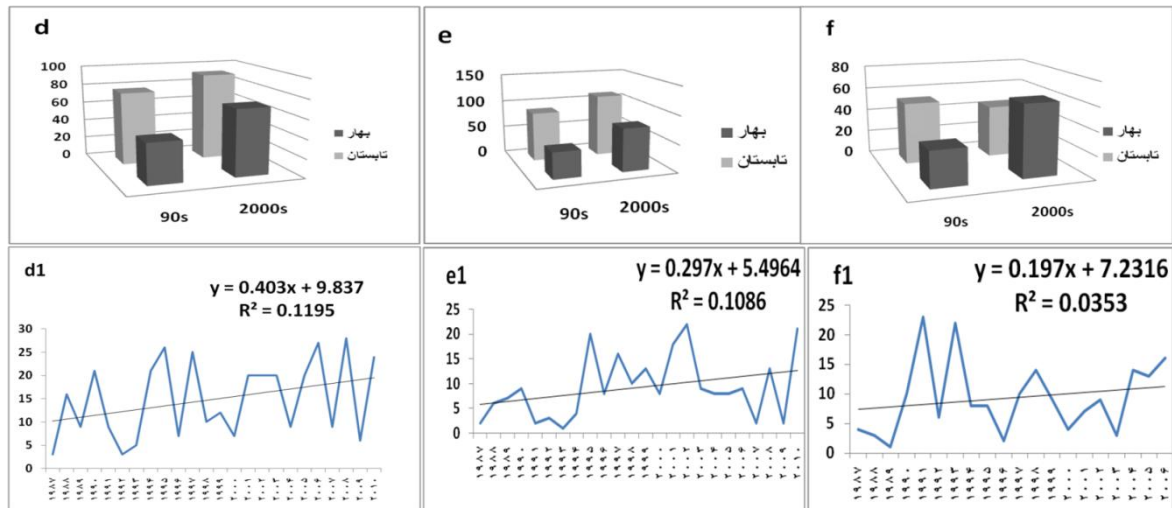
تعداد روزهای گرم ایستگاه قوچان بر پایه شاخص صدک‌ها، نشان داد که این سری زمانی، دارای دو اوج اساسی در سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ می‌باشد به طوری که در این سال‌ها تعداد روزهای گرم فصل گرم آن‌ها به ۲۰ و ۲۱ روز می‌باشد در کل در این ایستگاه روند ورود امواج شیب تندی ندارد و با شیب ملایمی که ۰/۰۴ درصد در سال در حال افزایش است. روند تعداد روزهای بهاره و تابستانه تعداد روزهای گرم این ایستگاه تقریباً افزایشی بوده در حالی که روند بهاره آن افزایش بسیار ناچیزی را دارد. تعداد کل روزهای گرم ظاهر شده در بهار و تابستان طی دو دهه ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ نیز گویای آن بود که تعداد روزهای گرم بهاره در آخر دهه دوم نسبت به دهه اول افزایش شدیدتری را نسبت به دهه دوم یعنی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، داشته است به گونه‌ای تعداد کل روزهای گرم ظاهر شده در فصل بهار این ایستگاه در دهه اول برابر ۴۶ روز گرم و در دهه دوم برابر ۶۳ روز بوده در حالی که برای فصل تابستان برای این دوه دهه به ترتیب ۷۱، و ۶۵ روز بوده است که روند کاهشی داشته است (شکل ۵a). در ایستگاه گل‌مکان تعداد روزهای گرم با شیب ۰/۲۵ درصدی در هر سال در حال افزایش می‌باشد و این شیب نشان دهنده آن است که به ازای هر ۴ سال تعداد روزهای گرم فصل گرم این شهرستان یک روز افزایش می‌یابد بیشترین تعداد روزهای گرم در ایستگاه گل‌مکان در سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۲ دیده می‌شود که برابر ۲۹ و ۲۱ روز گرم بود. در این ایستگاه روند افزایشی تعداد روزهای گرم در بهار شدیدتر از تابستان است. به طوری که در نمودار شکل ۵b مشاهده می‌گردد در بهار تعداد روزهای گرم ثبت شده در این ایستگاه که میانگین حداکثر دمای روزانه آن‌ها از میانگین حداکثر دمای ۹۰ درصد از روزهای دوره اماری بالاتر است، از ۳۴ روز در دهه ۱۹۹۰ به ۷۰ روز در دهه ۲۰۰۰ افزایش پیدا کرده است. در ایستگاه گناباد تعداد روزهای گرم با شیب ۰/۲۷ درصد در سال در حال افزایش است یعنی تقریباً هر ۴ سال یک روز به تعداد روزهای گرم در این ایستگاه افزوده می‌شود. بیشترین و کمترین تعداد روزهای ظاهر شده این ایستگاه به ترتیب مربوط به سال ۲۰۱۰ می‌باشد که ۲۰ روز گرم در بالای صدک ۱۹۰ام طی فصل گرم در آن روی داده است. شیب افزایش تعداد روزهای گرم این ایستگاه نیز به گونه‌ای است که میزان افزایش در روزهای گرم در تابستان محسوس تر و معنی‌دار تر از بهار است (شکل ۵c).



شکل ۵- تغییرات فصلی امواج گرمایی و حداکثر دمای ایستگاه قوچان (a,a1)، گل‌مکان (b,b1)، گناباد (c,c1).

در ایستگاه کاشمر چندین نقطه اوج اساسی در تعداد روزهای گرم دیده می‌شود که مربوط به سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ می‌باشد روند تعداد روزهای گرم در این ایستگاه شیب $0/4$ درصدی را دارد بعبارتی در هر $2/5$ سال یک روز به تعداد روزهای گرم در این ایستگاه اضافه شده است. تعداد روزهای گرم این ایستگاه در فصل تابستان فراوانی بیشتری دارد. اما میزان افزایش یا نرخ افزایش تعداد روزهای گرم در فصل بهار معنی‌دارتر و شدیدتر است به گونه‌ای که در نمودار شکل ۶d دیده می‌شود. تعداد روزهای گرم بهاره در دهه ۹۰ از تعداد ۴۳ روز گرم به ۷۱ روز گرم در دهه ۲۰۰۰ می‌رسد. در حالی که این مقادیر برای تعداد روزهای گرم تابستانه برای این دو دهه به ترتیب ۷۷ و ۹۲ روز می‌باشد. در ایستگاه مشهد سه نقطه اوج در تعداد روزهای گرم به چشم می‌خورد که به سال‌های ۱۹۹۵ با تعداد ۲۰ روز گرم، سال ۲۰۰۲ با تعداد ۲۲ روز گرم و سال ۲۰۱۰ با ۲۱ روز گرم مربوط می‌شود در این ایستگاه روند افزایش تعداد برابر $0/3$ درصدی در هر سال می‌باشد که تقریباً می‌توان گفت هر سه سال یک روز تعداد روزهای گرم افزوده خواهد شد. در ایستگاه مشهد نیز تعداد روزهای گرم بیشتری در تابستان حادث شده‌اند در حالی که میزان افزایش تعداد روزهای گرم در دوره اماری مورد مطالعه در فصل بهار روند افزایشی بالاتری را داشته است. تعداد روزهای گرم بهار در طی دو دهه ۹۰ و ۲۰۰۰ به ترتیب برابر ۴۷ و ۷۷ می‌باشد در حالی که این مقادیر برای تابستان این ایستگاه به ترتیب برابر ۸۸ و ۱۱۲ روز می‌باشد که گویای آن است طی دوره مورد مطالعه تعداد روزهایی گرمی که از ۹۰ درصد تعداد روزهای دوره اماری مورد بررسی در تابستان دمای حداکثر بالاتری داشته‌اند، در تابستان ۲۴ روز و در بهار ۳۰ روز افزایش داشته است (شکل ۶e). روند تعداد روزهای گرم در نیشابورداری دو نقطه اوج اصلی است که به سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۷ به ترتیب با ۲۳ و ۲۲ روز گرم مربوط می‌شود در این ایستگاه تعداد روزهای گرم دارای شیبی افزایشی حدود $0/2$ درصد در سال است که این میزان بیانگر این است که هر ۵ سال یک روز به روزهای گرم افزوده می‌شود. تعداد روزهای بهاره و تابستانه ثبت شده در این ایستگاه در شکل ۶f ارائه شده است همانطور که در این شکل دیده می‌شود در این ایستگاه طی دوره آماری مورد بررسی به طور متوسط ۹۴ روز گرم در بهار و ۹۷ روز گرم در تابستان استخراج گردید در دهه‌های ۹۰ و ۲۰۰۰ میزان تغییرات روزهای گرم در این ایستگاه در بهار و تابستان روند معکوسی را نسبت به هم دارند به گونه‌ای که در تابستان در دهه ۹۰ و ۲۰۰۰ تعداد روزها از ۵۷ به ۴۳ روز کاهش پیدا کرده است در حالی که در فصل بهار تعداد روزها از ۳۱ به ۶۳ افزایش پیدا کرده است.

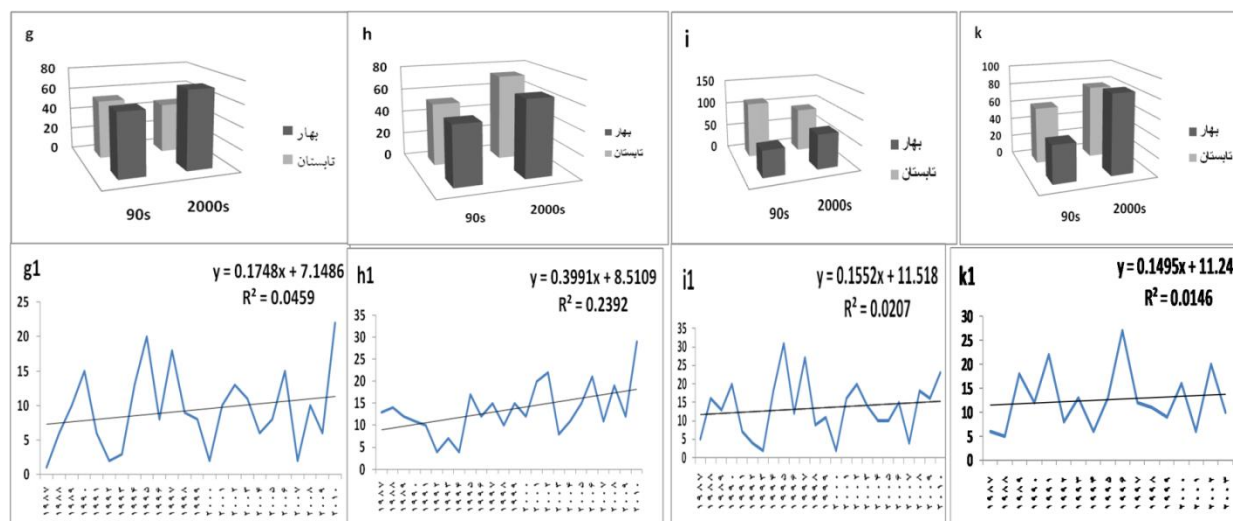
در ایستگاه سبزوار از ۱ روز گرم در سال ۱۹۸۷ به تعداد ۲۲ روز در سال ۲۰۱۰ رسیده است چندین نقطه اوج در تعداد روزهای گرم در این ایستگاه به چشم می‌خورد که بیشترین آنها مربوط به سال ۲۰۱۰ است که ۲۲ روزهای گرم را نشان می‌دهد روند ظهور روزهای گرم در این ایستگاه شیب $0/17$ درصدی را نشان می‌دهد که بیانگر این مطلب است که تقریباً در هر ۶ سال ۱ روز به تعداد روزهای گرم این ایستگاه افزوده می‌شود. مقایسه دهه ای تعداد روزهای بهاره و تابستانه ایستگاه سبزوار به صورت شکل شماره ۷g ارائه شده است در این ایستگاه نیز مشابه ایستگاه نیشابور؛ تعداد روزهای گرم در فصل بهار طی دهه ۹۰ تا ۲۰۰۰ روند افزایشی داشته است به طوری که از مجموع ۴۱ روز در دهه اول، به ۷۲ روز در دهه دوم مطالعه یعنی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ رسیده است. در حالیکه این تغییرات



شکل ۶- تغییرات فصلی امواج گرمایی و حداکثر دمای ایستگاه کاشمر (d,d1)، مشهد (e,e1)، نیشابور (f,f1).

برای فصل تابستان کاهش یافته است و طی این دوده از ۵۴ به ۴۶ روز رسیده است. نکته مهمی که در این ایستگاه مشاهده شد این است که تعداد روزهای گرم بهار بیشتر از تابستان بود. تعداد روزهای گرم به ایستگاه سرخس بی نظمی کمتری نسبت به سایر ایستگاه‌های منطقه را نشان می‌دهد روند صعودی تعداد روزهای گرم در این ایستگاه دارای شیب ۰/۴ درصدی می‌باشد که بعبارتی در هر ۲/۵ سال یک روز به تعداد روزهای گرم بالای صدک نودم میانگین حداکثر دمایی، ایستگاه افزوده می‌شود. همانطور که دیده می‌شود در این ایستگاه تعداد روزهای گرم بین تابستان و زمستان، تفاوت زیادی باهم ندارد در هر دو فصل تعداد روزهای گرم از دهه اول به دهه دوم روند افزایشی داشته است (شکل ۷h). ایستگاه تربت حیدریه دو اوج اصلی تعداد روزهای گرم در منطقه وجود دارد که مربوط به سال‌های ۱۹۹۵ با تعداد ۳۱ روز و ۱۹۹۷ با تعداد ۲۷ روز گرم می‌باشد. در کل بروز روزهای گرم در این ایستگاه دارای شیب ملایم حدود ۰/۱۵ درصدی می‌باشد که بیانگر این است که تقریباً هر ۷ سال یکبار تعداد ۱ موج به روزهای گرم افزوده می‌شود. تعداد روزهای گرم بالای صدک نودم در این ایستگاه در تابستان بیشتر حادث می‌شوند به گونه‌ای که از کل روزهای گرم بالای صدک نودم فصل گرم که در این ایستگاه ثبت شده است، یعنی ۳۰۲ روز که ۲۰۱ روز آن که برابر ۶۰ درصد است، در تابستان، اتفاق افتاده است. اما با این حال طی دوره مورد بررسی روزهای گرم تابستانی در این ایستگاه روند کاهشی داشته است. و روزهای گرم بهار از مجموع ۵۳ روز در دهه ۱۹۹۰ به ۷۰ روز در دهه دوم یعنی ۲۰۰۰ افزایش پیدا کرده است (شکل ۷i). در ایستگاه تربت جام روند افزایش روزهای دارای گرم شرایطی مشابه ایستگاه تربت حیدریه را دارد و دارای شیب حدود ۰/۱۴ درصدی است که در این ایستگاه نیز تقریباً هر ۷ سال یکبار، یک روز به تعداد روزهای گرم افزوده می‌شود. در این ایستگاه توزیع فصلی روزهای گرم، بین بهار و تابستان تقریباً برابر است اما میزان تغییرات مجموع روزهای در دو دهه مورد بررسی بسیار بالاتر است. همانطور که در نمودار شکل ۷k دیده می‌شود تعداد روزهای گرم بهار در دهه ۲۰۰۰ تقریباً دو برابر دهه ۱۹۹۰ می‌باشد و از ۴۵ به ۸۵ رسیده است. در روزهای گرم بهار نیز افزایش فراوانی مشاهده می‌گردد به گونه‌ای که از ۶۰ روز گرم تابستانه به ۸۷ روز افزایش یافته است. در کل در منطقه مورد مطالعه روزهای گرم دارای

روند صعودی می‌باشد و رو به افزایش است در ایستگاه قوچان روند افزایش روزهای گرم شیب خیلی ملایمی نسبت به بقیه ایستگاه‌ها دارد که حدود ۰/۰۴ درصدی است که این بدان معناست که هر ۲۵ سال یکبار، یک روز به تعداد روزهای گرم افزوده می‌شود که کمترین میزان بروز روزهای گرم به منطقه را نشان می‌دهد. بیشترین میزان تعداد روزهای گرم مربوط به ایستگاه‌های کاشمر و سرخس است که روند افزایش ۰/۴ درصدی را نشان می‌دهند. ایستگاه مشهد با شیب افزایشی ۰/۳ درصدی در رتبه بعدی قرار دارد. ایستگاه گل‌مکان، گناباد و نیشابور به ترتیب با شیب ۰/۲۵، ۰/۲۷ و ۰/۲۰ درصدی در سال در حال افزایش هستند. ایستگاه سبزوار در رتبه بعدی قرار گرفته که تعداد روزهای دارای روزهای گرم با شیب ۰/۱۷ درصدی در سال در حال افزایش است. و در نهایت ایستگاه‌های تربت حیدریه و تربت جام که روند تقریباً مشابهی در افزایش روزهای گرم دارند که در این دو ایستگاه روند افزایش روزهای گرم تقریباً به ازای هر ۷ سال ۱ روز می‌باشد که شیب حدود ۰/۱۵ و ۰/۱۴ درصدی را نشان می‌دهند.



شکل ۷- تغییرات فصلی امواج گرمایی و حداکثر دمای ایستگاه سبزوار (g, g1)، سرخس (h, h1) تربت حیدریه (i, il)، تربت جام (k, k1).

نتیجه‌گیری:

یکی از مسائل مهم در عصر حاضر، نوسانات اقلیمی است که از مهم‌ترین نشانه‌های قابل مشاهده آن امواج گرمایی می‌باشد، گاه مخرب و زیان بار بوده و تاثیرات ناخوشایندی بر محیط زندگی انسان وارد می‌سازند. یافته‌ها نشان داد که روند تعداد امواج گرمایی طی دوره مطالعه در بیشتر ایستگاه‌ها رو به افزایش است. نتایج حاکی است در مقیاس سالانه به ترتیب سرخس، سبزوار، گناباد و کاشمر از آستانه‌های دمایی بالاتری برخوردار بوده، در حالی که کاشمر، سرخس، تربت حیدریه و نیشابور در طول بیشترین موج گرما را تجربه کرده‌اند. نمودارهای سری زمانی به وضوح نشان می‌دهند که در ایستگاه‌های منتخب امواج گرمایی روند افزایشی و معنی‌دار داشته و این روند در مشهد و سرخس با شیب ۰/۴ بیشترین افزایش را دارد. در مقیاس ماهانه امواج گرمایی در هر ایستگاه و در هر ماه آستانه‌های دمایی متفاوت می‌باشد که این به خاطر تنوع جغرافیایی سرزمین خراسان مانند وجود آب و هوای کویری و گرم در بخش جنوبی و معتدل کوهستانی در شمال استان و به طور پراکنده در مرکز، دوری از دریاها، و وزش بادهای

مختلف موجب گوناگونی آب و هوا و تفاوت دما در مناطق مختلف آن گردیده است. بررسی‌ها نشان داد که در هر ایستگاه به ترتیب ماه جولای ایستگاه‌های سرخس و سبزوار از بیشترین آستانه‌های دمایی برخوردارند، اما ایستگاه‌های کاشمر و نیشابور بیشترین موج گرما را تجربه کرده‌اند. در ماه آوریل ایستگاه‌های قوچان و گل‌مکان از کمترین آستانه‌های دمایی برخوردار می‌باشند که در بررسی فضایی ایستگاه‌های سرخس، تربت جام، تربت حیدریه کمترین امواج گرمایی را تجربه کرده‌اند. در بررسی فصلی امواج گرمایی مشخص گردید که در فصل بهار و تابستان سرخس و سبزوار بیشترین و قوچان و تربت حیدریه کمترین آستانه‌های دمایی را به خود اختصاص داده‌اند. که در فصل بهار نواحی شمالی و شرقی استان کمترین موج گرما و در فصل تابستان ایستگاه‌های مشهد، تربت حیدریه و کاشمر بیشترین موج گرمایی را تجربه کرده‌اند. در بررسی مکانی امواج گرمایی که تداوم سه روز و بیشتر مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که امواج گرمایی بیشتر در بخش‌های مرکزی و جنوبی خراسان رضوی متمرکز می‌باشند. از آنجا که دمای هر محل به مجموعه شرایط ارتفاع، عرض جغرافیایی و محتوای رطوبتی جو در آن محل بستگی داشته، گویای این است که ایستگاه‌هایی که در این بخش‌ها قرار گرفته‌اند به دلیل ارتفاع پایین، نزدیکی به کویر و دوری از دریا و رودخانه‌ها و صحراهای مرکزی ایران امواج گرمایی، روند روبه افزایشی را نشان می‌دهد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که شدت، تداوم و فراوانی امواج گرمایی در سال‌های اخیر در خراسان رضوی روند افزایشی داشته است. که این بالا بودن درجه حرارت در روزهای متوالی زیاد، باعث افزایش بیماری‌ها، کاهش فعالیت‌های روزانه افراد، تنش‌های گرمایی انسان و حیوان، افزایش نیاز آبی که نتیجه نهایی آن کاهش کیفیت محصولات زراعی و باغی و بروز آفات و افت محصولات کشاورزی می‌شود نکته‌ای که مدیران و برنامه ریزان باید توجه ویژه‌ای داشته باشند و با اختصاص اعتبارات مناسب، استفاده از روش‌های نوین آبیاری، شناخت دوره‌ها و امواج گرمایی و پیش بینی زمان وقوع آنها و آگاهی از رفتار فرایندهای حدی، طراحی سیستم‌های پیش هشدار و از همه مهمتر تلاش در راستای به حداقل رساندن اثرات زیان بار این تغییرات و اخذ روش‌های انطباق با آنها است و در مجموع آموزش همه جانبه به دست‌اندرکاران این بخش‌ها برای کاهش پیامد بحران امواج گرمایی ضروری است.

منابع:

- ۱- احمدی، محمود، هانیه میرحاجی، ۱۳۹۱، ارزیابی تاثیرات تنش‌های گرمایی کشت ذرت، علوم محیطی، سال نهم، شماره ۳. صفحه ۱۱۹.
- ۲- اسماعیل نژاد، مرتضی، ۱۳۹۱، شناسایی امواج گرمایی ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۳، صص ۵۴-۳۹.
- ۳- تقوی، فرحناز، حسین محمدی ۱۳۸۶، بررسی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی به منظور شناخت پیامدهای زیست محیطی، مجله محیط‌شناسی شماره ۴۳، صفحه ۲۰-۱۱.
- ۴- دارند، محمد، ۱۳۹۲، شناسایی و تحلیل زمانی- مکانی امواج گرمایی ایران زمین، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۵، صفحه ۱۸۰-۱۶۷.
- ۵- علیجانی، بهلول، ۱۳۹۰، تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۰. صفحه ۹-۳۰.

- ۶- علیائی، سیدحسین، ۱۳۸۲، مطالعه امواج گرمایی شدید در جنوب ایران، مجموعه گزارشات معاونت پژوهشی سازمان هواشناسی کشور، صفحه ۱۵۶-۴۵.
- ۷- قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۹۰، شناسایی، طبقه بندی و تحلیل سینوپتیک موج ابرگرم تابستان ۱۳۸۹ ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۳، صفحه ۸۵-۱۰۰.
- ۸- محمدی، حسین، فرحناز تقوی، ۱۳۸۴، روند شاخص های حدی دما و بارش در تهران، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۳، صفحه ۱۵۱-۱۷۲.
- ۹- منتظری، مجید، مرجان مهدیه، ۱۳۹۰، تحلیل همدیدگرمای فرین استان اصفهان، مجموعه مقالات همایش ملی بوم های بیابانی، گردشگری و هنرهای محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، صفحه ۱۵۵-۱۷۷.
- ۱۰- ورشاویان، وحید، علی خلیلی، نوذر قهرمان، سهراب حجام، ۱۳۸۸، بررسی تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۷، صفحه ۱۶۹-۱۷۹.
- 11- Beniston, M., Diaz, HF .2004. The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland. *Glob Planet Change*, vol 44, pp: 73-81.
- 12- Benjamin, F. Zaitchik .2006. EUROPE'S 2003 Heat Wave: A Satellite View OF Impacts and Land-Atmosphere Feedbacks, *International Journal of Climatology*, Int. J. Climate. vol 26. pp: 743-769.
- 13- Frich P, Alexander LV, Della-Marta P, Gleason B, Haylock M, Klein Tank AMG. Peterson T .2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, vol 19. pp:193-212.
- 14- Robinson, P .2001. On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*. vol 40. pp:762-775.
- 15- Rohli R.V. and Keim B.D .1994. Spatial and temporal characteristics of extreme-high-summer Temperature events in the South-Central United States. *Phys. Geogr*, vol 15, pp: 310-324.
- 16- Ting ding, Qian, W. and Yan, Z .2010. Changes in hot days and heat waves in China during 1961-2007, *International Journal of Climatology*. vol 30, pp:1452-1462.
- 17- WHO .2003. The health impacts of 2003 summer heat-waves. Briefing note for the delegations of the fifty-third session of the WHO (World Health Organization) Regional Committee for Europe.
- 18- Westcott. N. and Grady K .2010. Impact of the 1954 summer heat wave. 18th AMS conf. on applied climatology, Atlanta GA, jan. pp: 18-21.
- 19- Fujibe, F. Yamazaki, N. Kobayashi K. Nakamigawa H .2007. Long-term changes of temperature extremes and day-today variability in Japan, papers in Meteorology and Geophysics, vol 58.
- 20- IPCC .2007. Climate change 2007: the physical science basis, Working Group I Contribution to the IPCC fourth assessment report. In: Solomon's, Qin D, and Manning M, Chen Z, Marquis M.
- 21- Kovats SR, Ebi LK .2006. Heat waves and public health in Europe. *Euro J Public Health*, vol 16. 592-599.
- 22- Kysely, J .2004. Mortality and displaced mortality Turing heat waves in the Czech Republic. *Int J Biometeorol*, vol 49, pp: 91-97.
- 23- Machado Trigo, Garica R, Diaz j, franco I, Antonia M. 2005. How exceptional was the early August 2003 heat wave in France? *Geophysical Research letters*, vol 32.
- 24- NOAA .2007. Natural Hazard Statistics. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- 25- Raisanen J, Hansson U, Ullerstig A, Doscher R Graham LP, Jones C, Meier HEM, Samuelsson, Willen U .2004. European climate in the late twenty-first century: Regional simulations with two driving global models and two forcing Scenarios. *Climate Dynamics*, vol 22. PP: 13-31.