

شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل سینوپتیک موج ابر گرم تابستان ۱۳۸۹ ایران

یوسف قویدل رحیمی*، استادیار گروه جغرافیای دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در این پژوهش با استفاده از داده‌های مختلف ایستگاهی و داده‌های جو بالا، ابتدا ویژگی‌های آماری موج گرمایی به وقوع پیوسته از روز ۶ تیر تا ۵ مرداد ۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفته و سپس با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای وارد، موج گرمایی مذکور از نظر شدت به ۳ دوره گرم با ۱۷ عضو و میانگین دمای بیشینه برابر با ۳۷/۱۷ درجه سانتی‌گراد، گرم شدید با ۵ عضو و متوسط دمای بیشینه برابر با ۳۸/۲ درجه سانتی‌گراد و ابر گرم با ۱۰ عضو و متوسط دمای بیشینه برابر با ۳۹/۲۸ درجه سانتی‌گراد طبقه‌بندی گردید. توزیع فضایی دمای بیشینه ۲ متری بالای زمین نشان داد که منطقه‌ی بیشینه دمای ایران در بازه‌ی زمانی ۱۳ تا ۲۲ تیر ماه ۱۳۸۲، مناطق جنوب غرب و غرب ایران به‌ویژه ایستگاه‌های ماهشهر، دزفول، دهلران و قصر شیرین هستند. موج ابر گرم برای تحلیل سینوپتیک انتخاب گردید. نتایج حاصل از تهیه و تفسیر نقشه‌های سینوپتیک نشان داد که وجود یک کم‌فشار حرارتی بر روی شبه جزیره عربستان و اثرات ناشی از تسری و فعالیت و مهاجرت کم‌فشار مذکور به سمت ایران عامل اصلی گرمایش و گسیل موج ابر گرم در دوره زمانی ۱۳ تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۹ بوده است. هم‌چنین بررسی نقشه‌های سطوح میانی نشان از افزایش ضخامت جو در بازه زمانی بروز موج ابر گرم داشته و نشان می‌دهد که کل منطقه خاورمیانه و ایران تحت استیلای کامل پرفشار جنب حاره‌ای قرار گرفته است. نقشه‌های مربوط به الگوی متوسط نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل در زمان وقوع موج ابر گرم حاکی از استقرار یک پر ارتفاع بسته، بر روی ایران دارد که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ارتفاع آن به ۵۹۴۰ ژئوپتانسیل متر می‌رسد. پر ارتفاع مذکور در واقع پیچانه‌ای است که در مسیر راهش از شمال آفریقا و شبه جزیره عربستان، درونش گرمای بیشتری انباشته شده و شرایط بسیار داغ و سوزانی را حاکم می‌سازد. مسیر فرارفت گرما و منبع تأمین گرمای موج ابر گرم و میزان فرارفت دمای روزهای مختلف نشان دهنده فرارفتی بودن موج ابر گرمایی به وقوع پیوسته در تابستان ۱۳۸۹ است. بروز موج گرمایی مذکور در ایران با اثرات نامطلوب بسیار شدید محیطی، اقتصادی-اجتماعی و بهداشتی همراه بوده است.

واژگان کلیدی

موج ابر گرم، تحلیل سینوپتیک، موج گرما، مخاطره جوی، ایران

۱ - مقدمه

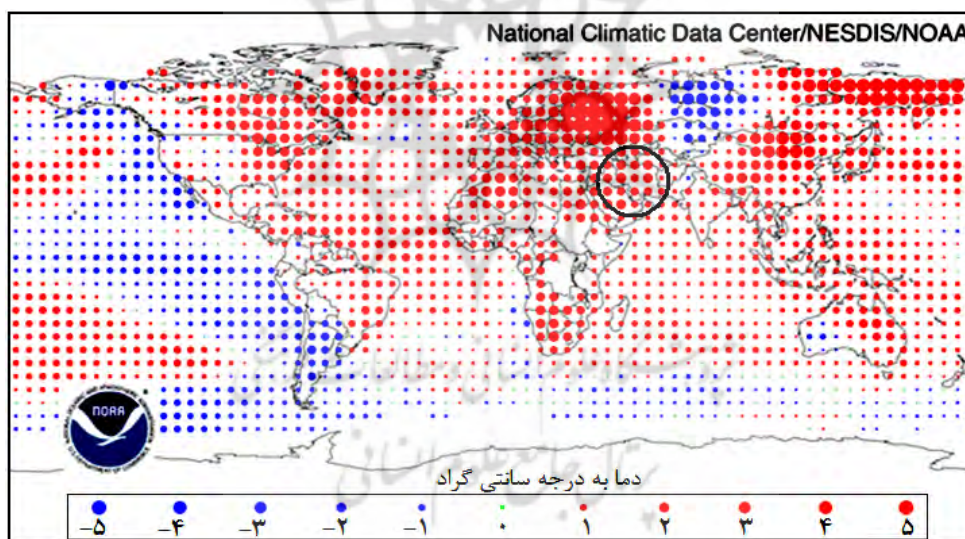
عمده‌ی فعالیت‌های انسانی براساس متوسط دما پایه‌گذاری شده و ارگانیزم و فعالیت‌های ذهنی و بدنی انسان و اغلب زیست‌مندان، نسبت به دماهای فرین (کرانگین) به شدت حساس بوده و دچار مشکل می‌شود. امواج گرمایی از تظاهرات، اصلی تغییرات اقلیمی جهان معاصر هستند که به لحاظ فراوانی وقوع و صدمات جانی و مالی به بار آمده، بسیار حایز اهمیت می‌باشند (بالوک و همکاران، ۲۰۰۹: ۴). تنها در حد فاصل سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱ خسارات ناشی از امواج گرمایی در دنیا معادل ۵/۴۵ میلیارد دلار برآورد شده است (بریانت، ۲۰۰۵: ۷). امواج گرمایی از پدیده‌های بسیار مضر برای انسان است که می‌تواند در یک دوره کوتاه مدت موجب مرگ و میر فراوانی شود (مک فارلن و والر، ۱۹۷۶: ۲۳۵). از نظر تعریف، کوتولیاکف و کومارووا (۲۰۰۷: ۳۲۷) گرمایش شدید هوا یا حاکمیت و تهاجم هوای بسیار گرم در ناحیه‌ای وسیع را موج گرما نامیده‌اند. از منظر آماری امواج گرمایی به نوسانات مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دمای حداکثر روزانه اطلاق می‌شود که در طی روزهای (گاه هفته‌ها و ماه‌ها) متوالی در فضاهای جغرافیایی خاصی استمرار زمانی دارند. با توجه به تعاریف موجود، دو بعد فضایی و زمانی در وقوع یا عدم وقوع موج گرما اهمیت یافته‌اند. یعنی دمای بالای ۲۷ درجه در انگلستان آستانه موج گرمایی محسوب می‌شود، اما در ایران این آستانه بسی بیشتر است (بعد فضایی) و این که هر دمای بالای آستانه به صورت منفرد و یک روزه موج گرما نیست؛ بلکه موج گرما بایستی ۲ روز یا بیشتر استمرار زمانی داشته باشد (بعد زمانی). در طبقه‌بندی مخاطرات محیطی، موج گرما در زیرگروه مخاطرات ناشی از دماهای فرین قرار دارد (اسمیت و پتل لئی، ۲۰۰۹: ۱۶).

موج گرما که در منابع مختلف از افزایش فراوانی وقوع آن در سال‌های اخیر به عنوان یکی از تظاهرات ناشی از تغییر اقلیم در قالب فرین‌های آب و هوایی یاد شده است (ماتیوس و همکاران، ۲۰۰۸: ۱) می‌تواند افزایش مرگ افراد بر اثر عوارض قلبی را در پی داشته باشد. مثلاً در سال ۲۰۰۳ در پاریس و سایر نقاط فرانسه ۱۱ هزار نفر و در انگلیس ۲ هزار نفر به دلیل موج گرما و بروز عوارض قلبی، جان خود را از دست داده‌اند که بسیاری از این موارد مرگ‌های آنی مرتبط با شرایط قلبی و نه سکته قلبی بوده‌اند (دینائوت و همکاران، ۲۰۰۴: ۲). مطالعات نشان می‌دهد که تنها بر اثر موج گرمای اروپا در سال ۲۰۰۳ حدود ۵۲ هزار نفر جان خود را از دست داده‌اند (بانتا، ۲۰۰۷، ۹۹). اکثر مطالعات انجام شده روی امواج گرمایی بر مسأله مرگ و میر و بهداشت تمرکز دارند. در این زمینه مطالعات جالبی انجام شده است. مثل کارهای: هایونگ و همکاران (۲۰۱۰: ۲۴۱۸) در زمینه اثرات موج گرمایی تابستان ۲۰۰۳ بر مرگ و میر در شانگ‌های چین، مطالعه خلیج و همکاران (۲۰۱۰: ۸۳۳) در رابطه با اثرات بهداشتی موج گرما در پنج ناحیه نیوساوت و لس استرالیا و پژوهش کیسلی و همکاران (۲۰۱۰: ۱۴۸۴) در خصوص امراض و مرگ و میرهای ناشی از امواج گرمایی در کره جنوبی که با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرای توده‌های هوایی انجام گرفته است.

مطالعه‌ی شرایط سینوپتیک موجد موج گرمای شدید آرژانتین در مارس سال ۱۹۸۰، بیانگر وجود گردش و اچرخندی در سطوح مختلف تروپوسفر بوده و به دلیل وجود جو پایدار در جنوب، در روی بوینس آیرس موج گرما از شدت بیشتری برخوردار بوده است (کامپتلا و روستی کیوسی، ۱۹۹۸: ۲۱۷). سلیوچی و همکاران (۲۰۰۶: ۲۰۰۹) ابعاد سینوپتیک و ترمودینامیک موج گرمایی سال ۲۰۰۳ در ناحیه جنب حاره‌ای آمریکای جنوبی را مورد تحلیل قرار داده و وجود جوی پایدار و فرارفت دما و رطوبت را عامل ایجاد و تشدید موج گرمایی دانسته‌اند. چن و کنراد (۲۰۰۶: ۶۷۴) در بیان علل سینوپتیک امواج گرمایی کارولینای شمالی

استقرار پرفشار 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. یونکاشویچ و توشیچ (۲۰۰۹: ۱۷) با استفاده از روش‌های زمین آماری، امواج گرمایی صربستان را مورد تحلیل قرار داده و امواج گرمای تابستان ۱۹۵۲ را که ۱۶ روز در شهر سمودروسکا و ۲۱ روز در شهر نیش تداوم داشته و همچنین موج گرمای ۱۸ روزه سال ۱۹۹۴ در بلغراد را طولانی‌ترین امواج گرمایی صربستان شناخته‌اند. موج گرمای شدید سال ۲۰۰۷ یونان مورد بررسی قرار گرفته و ثابت شده است که وقوع پدیده بلوکینگ موجب عدم تحرک آلاینده‌های هوا شده و در پی آن هوای گرم و آلوده موجب ایجاد شرایط اقلیمی بسیار ناسالمی در شهر یونان شده است (تئوهاراتوس و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۵۲). مطالعات انجام گرفته نشان داده که موج گرمای شدید سال ۲۰۰۳ اروپا بر اثر افزایش دمای سطح آب دریای مدیترانه، دریای شمال و در بخش‌های شمالی حوالی دایره قطبی رخ داده و عامل استمرار زمانی موج گرما وقوع بلوکینگ در بخش‌های زیرین، میانی و فوقانی تروپوسفر بوده است (فئودال و شوکلا، ۲۰۱۱: ۱).

با توجه به موقع جغرافیایی و جمعیت زیاد، ایران از ممالک درگیر با مخاطره زیست اقلیمی موج گرما در فصل گرما به‌ویژه در تیرماه بوده و همه ساله تلفات مالی و جانی فراوانی از این رهگذر بر کشور ما تحمیل می‌شود. تحقیقات ناسا نشان داده که ایران نیز جزو کشورهایی است که دمای گرم‌ترین ماه آن یعنی جولای (تیر) بین ۲ تا ۴ درجه نسبت به دوره‌ی پایه ۳۰ ساله ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ میلادی افزایش یافته است (شکل ۱).



شکل شماره ۱: متوسط دمای ماه جولای (تیر) کره زمین در سال ۲۰۱۰ نسبت به وضعیت همان ماه در دوره پایه ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ با وجود تأثیر شدید و مخرب امواج گرمایی در ایران، مخاطره‌ی اقلیمی مذکور چندان که باید مورد مطالعه قرار نگرفته است. یکی از محدود موارد مطالعاتی که با دیدگاهی سینوپتیک امواج گرمایی را مورد بررسی قرار داده، مربوط به تحقیق احمدآبادی و احمدی است. براساس تحقیق نامبردگان از دو حالت سینوپتیک وقوع امواج گرمایی در ایران یکی تقویت و استقرار پرفشار جنب حاره روی خاورمیانه (پرارافع عربی) که زبانه‌ای از پرفشار جنب حاره‌ای آزر محسوب می‌شود، است. در حالت دوم کم فشار حرارتی روی فلات ایران تقویت شده و به سمت عرض‌های بالا جابجا می‌شود. این بسط شمالی همراه با جریانات جنوبی باعث انتقال گرما به عرض‌های شمالی می‌شود (احمدآبادی و احمدی، ۱۳۸۴: ۱۱۵). در این ارتباط تحقیق زرین (۱۳۸۶: ۱۴۹)

نشان داده که رشته کوه زاگرس نه تنها عاملی مؤثر در تشدید و تقویت پرفشار جنب حاره تابستانه مؤثر بر امواج گرمایی بر روی ایران است، بلکه سلسله جبال زاگرس یا کوه‌های مرتفع فلات ایران، مهم‌ترین علت تشکیل و تقویت پرفشار جنب حاره‌ی تابستانه به‌ویژه در ترازهای میانی بر روی ایران هستند.

اکثر مطالعات انجام شده بر روی امواج گرمایی ایران با دیدگاه آماری انجام شده‌اند. در این زمینه 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 تأکید کرده است (علیائی، ۱۳۸۲: ۴۶). از دیگر مطالعات یاد شده می‌توان به تحقیق براتی و موسوی در خصوص امواج گرمایی زمستانه‌ی ایران اشاره کرد که در آن هسته‌های گرما عموماً در ایستگاه‌های درونی سرزمین ایران به‌ویژه در محورهای کوهستانی زاگرس و البرز نمایان شده‌اند (براتی و موسوی، ۱۳۸۴: ۴۱). تحقیق دیگر مربوط به پایان‌نامه حدادی (۱۳۸۸: ۱) است که در آن فقط به ویژگی‌های زمانی - مکانی وقوع امواج گرمایی در ایران پرداخته شده است. تقوی در مطالعه‌ی 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 (تقوی، ۲۰۱۰: ۳۳).

موج گرمایی تابستان ۱۳۸۹ که در ۷۰ سال اخیر بی‌سابقه بوده صدمات و خسارات و مشکلات بسیاری به بار آورد. این پژوهش سعی دارد موج گرمایی مذکور را با نگرشی آماری - سینوپتیک مورد مطالعه قرار دهد.

۲- داده‌ها و روش‌شناسی

داده‌های بیشینه‌ی دمای روزانه ۱۳۲ ایستگاه سینوپتیک عمده (مراکز استان‌ها و شهرهای بزرگ و پرجمعیت) کشور در دوره‌ی گرم سال ۱۳۸۹ برای مطالعه انتخاب شد. از داده‌های مذکور با توجه به مقادیر دمای بیشینه‌ی تابستان، یک موج گرمایی با استمرار زمانی ۳۲ روزه از ۶ تیر تا ۵ مرداد برای مطالعه انتخاب گردید. منبع اخذ داده‌های مذکور وب سایت سازمان هواشناسی کشور بوده است.

طبقه‌بندی شدت روزهای همراه با موج گرمایی به ۳ گروه الف - موج گرمایی متوسط، ب - موج گرمایی شدید و ج - آبر گرم با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای وارد با مقیاس مجذور فاصله‌ی اقلیدسی بر روی ماتریسی به ابعاد ۳۲ روز در ۱۳۲ ایستگاه انجام گرفته است.

پس از طبقه‌بندی روزهای مطالعاتی، خوشه سوم که مربوط به موج گرمای ۱۰ روزه ابر گرم بود، برای تحلیل سینوپتیک انتخاب گردید. نوع روش تحلیل سینوپتیک به کار گرفته شده در این پژوهش محیطی به گردشی است. داده‌های مربوط به تحلیل‌های سینوپتیک که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته عبارت از: داده‌های چند ترازه که شامل داده‌های: دما، مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد، ارتفاع ژئوپتانسیل و داده‌های تک ترازه‌ی شامل: فشار سطح دریا، دمای حداکثر در ارتفاع ۲ متری سطح زمین هستند. داده‌های مذکور که همگی از وب سایت «مرکز پیش‌بینی‌های محیطی» در NOAA اخذ شده، دارای توان تفکیک فضایی ۲/۵ درجه طول جغرافیایی در ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی هستند. پنجره‌ی فضایی تحلیل سینوپتیک به ابعاد صفر تا ۱۰۰ درجه طول شرقی و ۱۵ تا ۷۰ درجه‌ی عرض شمالی انتخاب شده که تمام عوارض و پدیده‌های جوی مؤثر بر اقلیم ایران در پنجره مذکور قابل رؤیت هستند. با توجه به ابعاد ۲/۵×۲/۵ درجه‌ی هر یک از شبکه‌های مربوط به داده‌های جوی مورد استفاده، محدوده‌ی مورد مطالعه دارای ۹۴۳ گره می‌باشد. زمان انجام

تحلیل‌های سینوپتیک مقارن با ساعت 12Z به وقت گرینویچ (GMT) که برابر است با ۱۵/۳۰ به وقت محلی، انتخاب شده است.

فرارفت دما در نرم افزار گردس از طریق تغییر معادله ی اصلی به شکل معادله زیر قابل محاسبه است:

$$Tadv = -1*(U*(dtx / dx) + V*(dty / dy))$$

در معادله ی فوق $Tadv$ فرارفت دما، U باد مداری، V باد نصف‌النهاری، dtx و dty نیز به ترتیب نمو دما در جهت مداری و نصف‌النهاری هستند. واحد بیان مقدار $Tadv$ که در نقشه‌های شکل ۱۲ با خطوط منحنی میزان مشخص هستند، درجه بر متر مربع در ثانیه است. مقدار عددی $Tadv$ به تعداد ثانیه‌های ۶ ساعت (۳۶۰*۶) ضرب گردیده و یکای اندازه گیری به درجه (درجه مطلق است و کلونین یا سانتی گراد فرقی ندارد) می‌باشد.

۳- نتایج و یافته‌ها

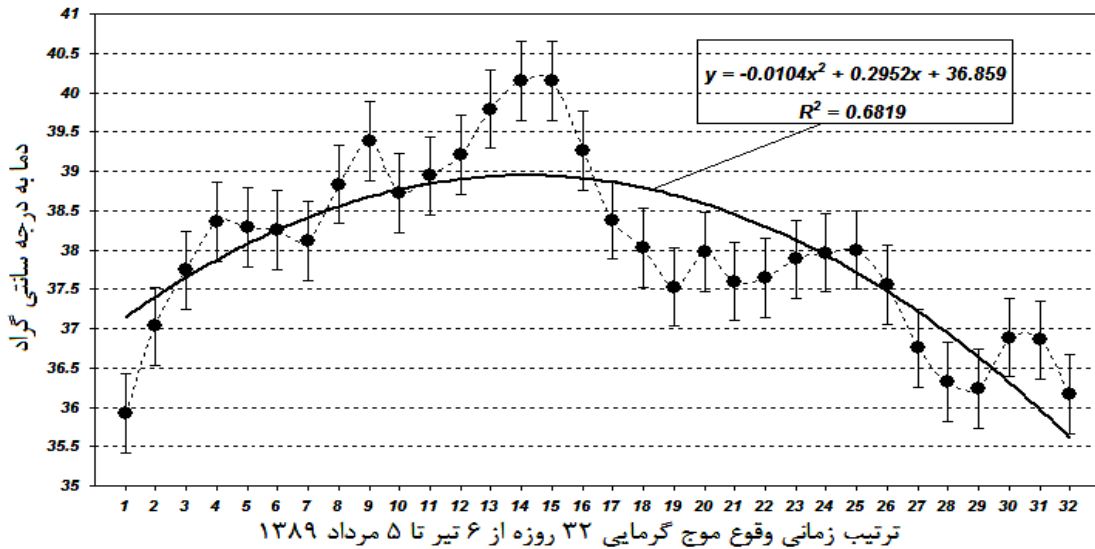
داده‌های دمای حداکثر معرف موج گرمایی که از روز ۶ تیرماه ۱۳۸۹ تا ۵ مرداد ماه ۱۳۸۹ به مدت ۳۲ روز استمرار داشته، مورد تحلیل آماری قرار گرفت که نتایج مربوط به ویژگی‌های آماری دمای روزانه بیشینه ۱۳۲ ایستگاه منتخب در جدول ۱ درج شده است.

جدول شماره ۱: فراسنج‌های گرایش به مرکز و پراکندگی حداکثر دمای روزانه از ۶ تیر تا ۵ مرداد ۱۳۸۹

فراسنج	ارزش	فراسنج	ارزش
میانگین	۳۸	بیشینه	۴۰/۱۵
میانه	۳۷/۹۸	کمینه	۳۵/۹۲
مد	۴۰/۱۵	دامنه	۴/۲۲
انحراف معیار	۱/۱۲	چارک اول	۳۷/۱۵
چولگی	۰/۰۷	چارک سوم	۳۸/۸

بایستی توجه داشت که مقادیر جدول فوق از مقدار متوسط دمای بیشینه کل ایستگاه‌ها برای دوره ۳۲ روزه محاسبه شده است. روزهای ۱۹ و ۲۰ تیرماه ۱۳۸۹ با رقم میانگین بیشینه دمای روزانه ۴۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد، به عنوان گرم‌ترین روز و هم‌چنین روز ۶ تیرماه ۱۳۸۹ با بیشینه دمای روزانه ۳۵/۹۲ درجه سانتی‌گراد به عنوان نقطه آغازین موج گرمای فزاینده ۳۲ روزه شناخته شده‌اند. در طول دوره‌ی گرمایی مذکور به ترتیب ایستگاه‌های دهلران، آبادان، بستان، شوشتر، دزفول و شهداد با متوسط دمای بیشینه بالاتر از ۴۷ درجه سانتی‌گراد گرمترین و ایستگاه سنجش آلودگی تهران (واقع در فیروزکوه با ارتفاع ۲۹۸۵/۷ متر) با متوسط دمای بیشینه ۲۴/۰۶ و ایستگاه‌های به سرعین، خلخال، اردبیل، نیر، مشکین‌شهر، آبعلی و کلیبر با بیشینه دمای متوسط ۳۲ روز کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد سردترین ایستگاه‌های کشور بوده‌اند. بدیهی است که ایستگاه‌های با دمای بیشینه بالا در مناطق جنوبی و ایستگاه‌های به نسبت سردتر در عرض‌های شمالی و مناطق کوهستانی واقع هستند.

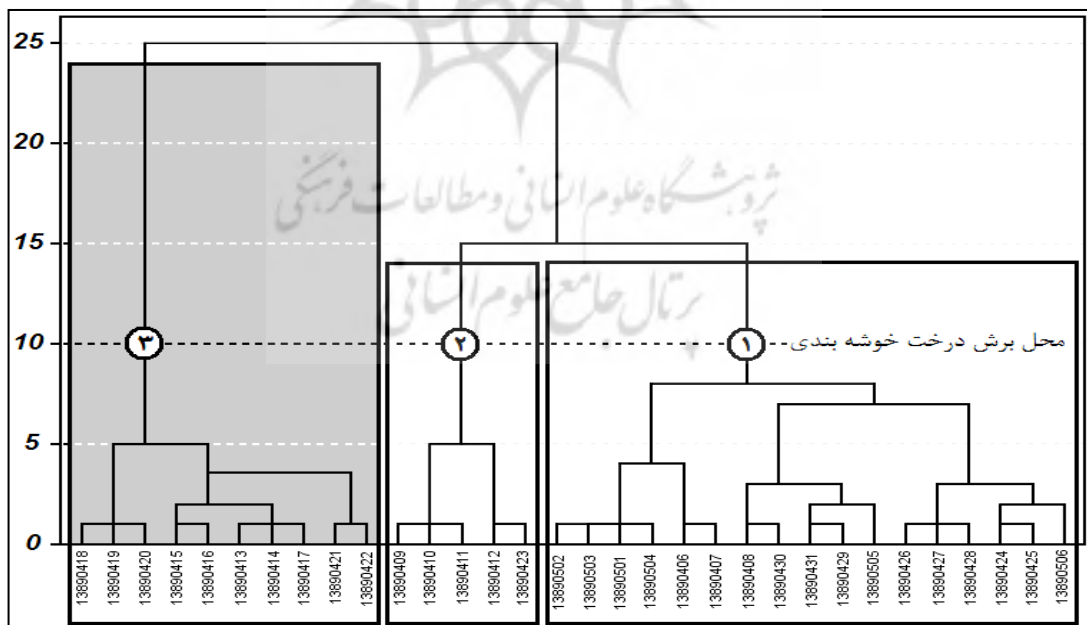
در شکل ۲ روند محدب ناشی از اعمال رگرسیون پولی نومیال ۲ جمله ای، اولاً نشان دهنده تبیین بیش از ۶۸ درصدی دمای بیشینه‌ی روزانه در طی موج گرمایی ۳۲ روزه و ثانیاً نشانگر وجود مقادیر فرین حداکثر در میانه سری و کاهش آن به نقطه آغازین و پایانی موج گرمایی است که امری بدیهی است.



شکل شماره ۲: سری دمای بیشینه روزانه ۳۲ روزه از ۶ تیر ماه تا ۵ مرداد ۱۳۸۹ و روند تغییرات زمانی موج

۳-۱- طبقه بندی شدت موج گرما در روزهای مختلف

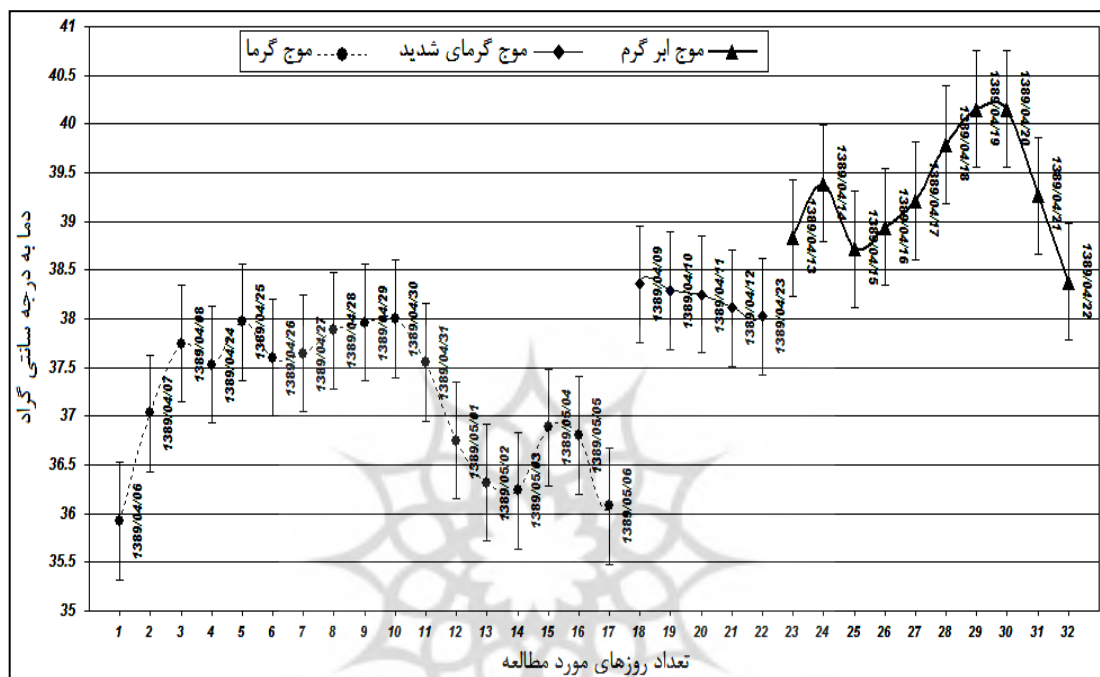
برای طبقه بندی موج گرما در دوره ی ۳۲ روزه، ماتریسی به ابعاد ۱۳۲ ایستگاه (سطر) در ۳۲ روز (ستون) برای خوشه بندی شدت موج در روزهای مختلف استفاده شده که به این منظور از روش تحلیل خوشه ای سلسله مراتبی وارد، با مقیاس مجذور فاصله ی اقلیدسی استفاده گردیده است. پس از خوشه بندی با رعایت شکل درخت خوشه بندی، یک برش ۳ خوشه ای از درخت به عمل آمد. درخت خوشه بندی، محل برش درخت و روزهایی که در هر خوشه قرار گرفته در شکل ۳ قابل مشاهده است.



شکل شماره ۳: درخت خوشه بندی موج گرمای ۳۲ روزه و برش و طبقه بندی ۳ خوشه ای آن

با توجه به طبقه بندی یا برش سه خوشه ای به عمل آمده معلوم می شود که روزهای مورد مطالعه موج گرمایی ۳۲ روزه از نظر شدت گرما در طول موج به ۳ خوشه قابل تقسیم هستند که در شکل ۳ شماره گذاری

شده‌اند. در شکل ۴ وضعیت دمای بیشینه روزهای متعلق به هر یک از خوشه‌ها با خطابار ۵ درصدی که به ترتیب تحت عنوان: خوشه‌ی ۱ یا خوشه‌ی موج گرما با ۱۷ عضو و میانگین دمای بیشینه برابر با ۳۷/۱۷ درجه سانتی‌گراد، خوشه‌ی ۲ یا خوشه‌ی موج گرمای شدید با ۵ عضو و متوسط دمای بیشینه برابر با ۳۸/۲ درجه سانتی‌گراد و خوشه‌ی ۳ یا خوشه‌ی موج آبر گرم با ۱۰ عضو و متوسط دمای بیشینه برابر با ۳۹/۲۸ درجه سانتی‌گراد قابل مشاهده می‌باشند. از میان خوشه‌های مذکور، خوشه‌ی ۳ یا خوشه‌ی موج آبر گرم برای تحلیل سینوپتیک انتخاب گردیده است.



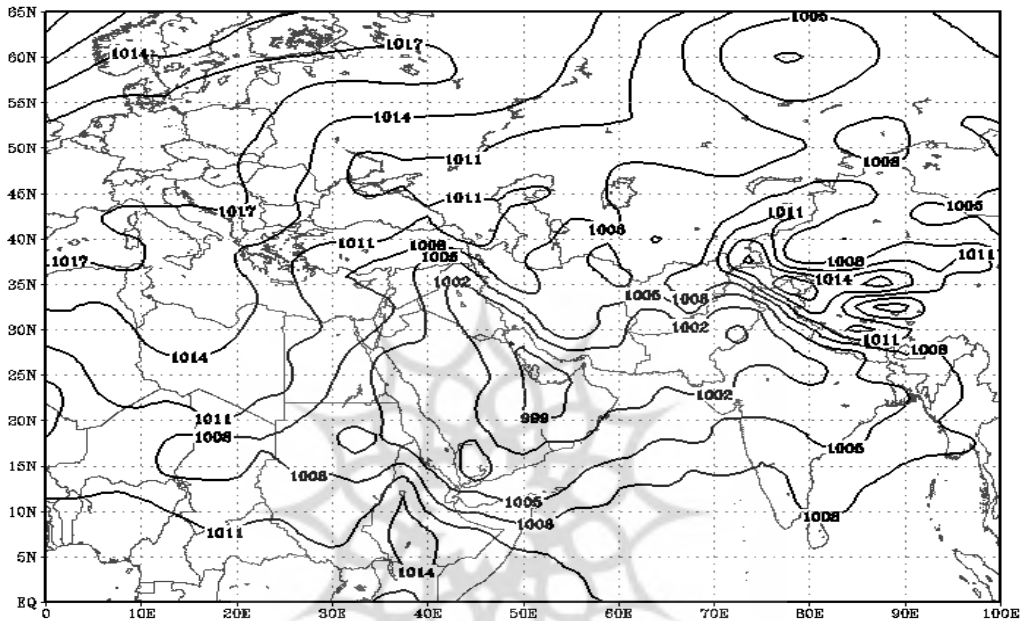
شکل شماره ۴: سری زمانی دمای بیشینه در هر یک از ۳ خوشه بریده شده از درخت خوشه بندی

۳-۲- تحلیل سینوپتیک موج آبر گرم

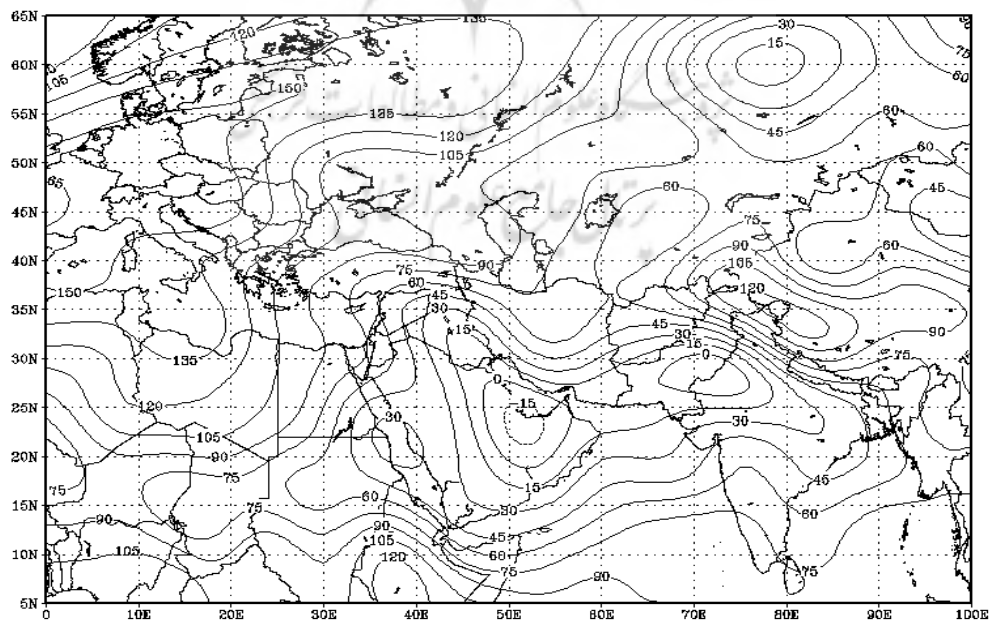
موج مورد مطالعه که در شکل ۳ با رنگ خاکستری و شماره مشخص شده، موجی با استمرار زمانی ۱۰ روزه است که از ۱۳ تیر ماه ۱۳۸۹ برابر با ۴ جولای ۲۰۱۰ شروع و تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۹ برابر با ۱۳ جولای ۲۰۱۰ تداوم یافته است. با این که متوسط دمای بیشینه کل ایستگاه‌ها در روزهای فرین گرم موج به رقم ۳۹/۲۸ درجه سانتی‌گراد رسیده، اما در همان روز آغازین موج در دزفول، قصر شیرین و دهلران، دمای هوا بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد بوده است.

برای بررسی سینوپتیک موج آبر گرم منتخب ابتدا آرایش الگوهای فشار سطح زمین و توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای میانی جو مورد بررسی قرار داده شد. با توجه به شکل ۵ که نقشه متوسط فشار سطح دریا در طول استیلای ۱۰ روزه موج آبر گرم را نشان می‌دهد، معلوم می‌شود که الگوی فشار متوسط تراز دریا در طی موج آبر گرم، حاکمیت سامانه‌ی کم‌فشار است. مناطق جنوب، جنوب غرب، جنوب شرق و غرب ایران در داخل هم‌فشارهای بسته‌ای قرار دارند که فشاری بالغ بر ۱۰۰۲ هکتوپاسکال دارد. مرکز اصلی کم‌فشار مذکور بر روی شبه جزیره‌ی عربستان و جنوب خلیج فارس قرار گرفته است و پرواضح است که کم‌فشار مذکور کم‌فشار حرارتی عربستان است که این کم‌فشار حرارتی در فصل تابستان ظاهر شده و گسترش آن به

داخل ایران موجب حاکمیت هوای گرم و سوزان می شود. همان گونه که در شکل ۵ مشاهده می شود قسمت هایی از مناطق شمال غرب ایران تا تهران در بین کم فشار مذکور و پرفشار تضعیف شده ۱۰۱۱ هکتوپاسکالی آזור قرار دارند و از این رو منبع گرمای موج آبر گرم ۱۰ روزه در محدوده ی مورد اشاره هم کم فشار عربستان و هم پرفشار آזור بوده و از محدوده ی بین دو منحنی هم فشار ۱۰۰۸ و ۱۰۱۱ هکتوپاسکال گرمای شمال آفریقا و شبه جزیره عربستان را به محدوده ی مورد اشاره منتقل می کند. هم چنین نقشه ی متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ که در شکل ۶ نشان داده شده، در واقع انعکاسی از آرایش الگوی فشار سطح زمین را در کمی بالاتر از سطح زمین مورد تأیید قرار داده است.



شکل شماره ۵: الگوی متوسط توزیع فشار سطح دریا از روز ۱۳ تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۹

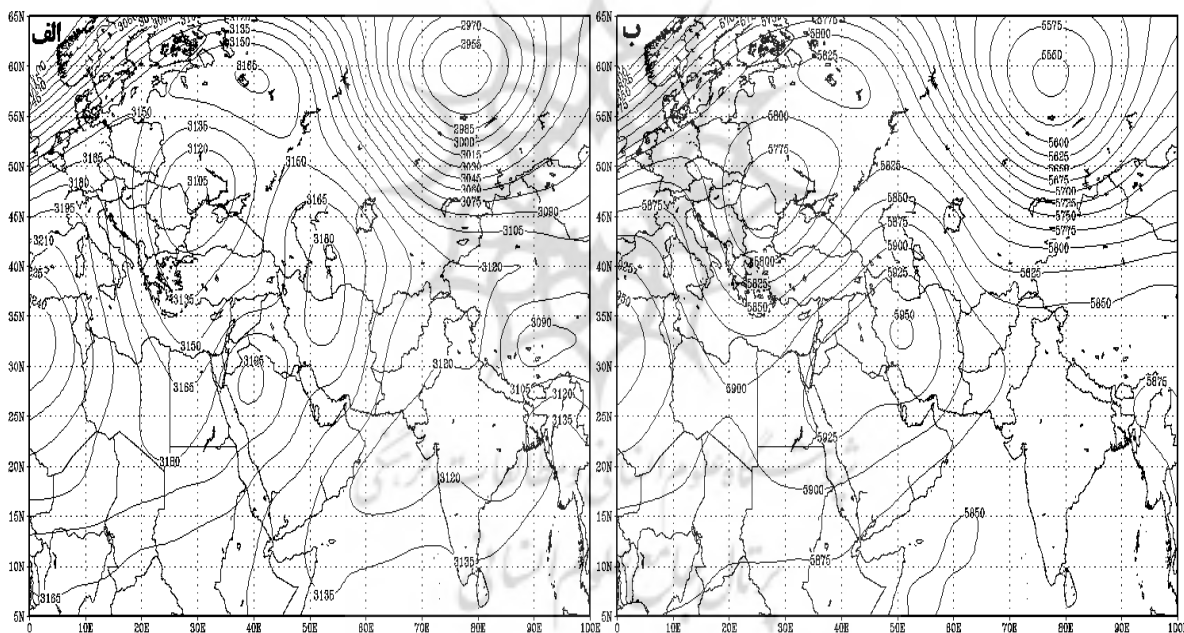


شکل شماره ۶: الگوی آرایش متوسط توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۸۵۰ هکتوپاسکال از روز ۱۳ تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۹

همان گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، الگوی متوسط گردش تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده وضعیت کم‌فشاری است که از آن تحت عنوان کم‌فشار زاگرس یاد می‌شود و کاملاً با وضعیت آرایش الگوی کم‌فشاری نقشه سطح دریا مطابق دارد. وضعیت الگوهای توزیع فشار و توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مبین استقرار یک گردش چرخندی در مناطق شرق مدیترانه که بخش وسیعی از ایران را هم دربرگرفته و مرکز کم‌فشار مذکور بر روی خلیج فارس قرار دارد.

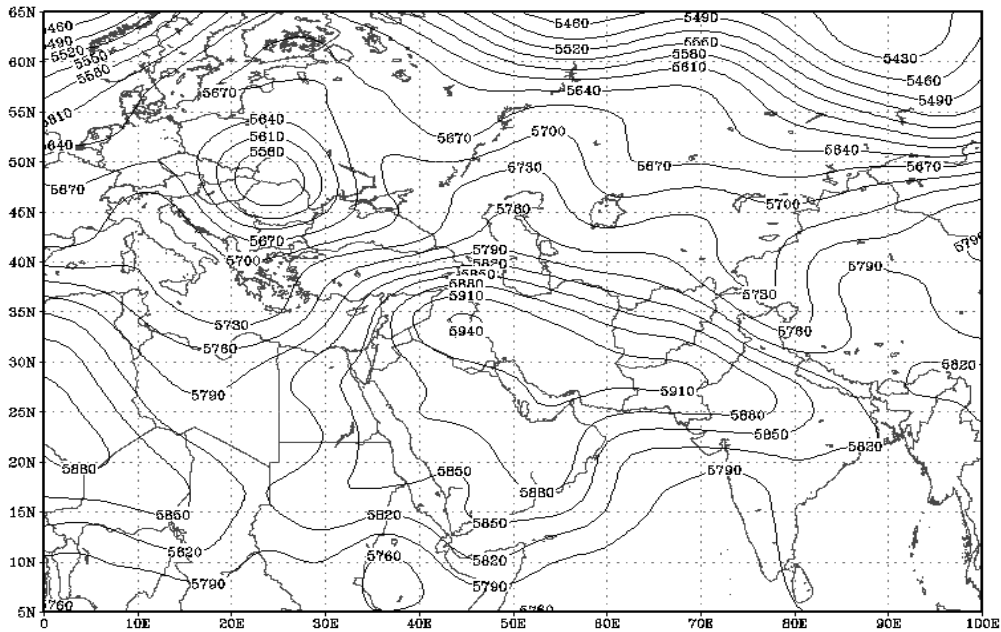
بررسی نقشه‌های مربوط به الگوی متوسط آرایش توپوگرافی در ترازهای ۷۰۰ (شکل ۷ الف)، ۶۰۰ و ۵۰۰ (شکل ۷ ب) هکتوپاسکال در طول دوره‌ی زمانی استیلای موج آب گرم نشان‌دهنده‌ی استیلای مطلق پرفشار آزر بر روی ایران است. با توجه به الگوی آرایش متوسط توپوگرافی سطوح ۷۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال معلوم می‌شود که موج بادهای غربی به واسطه‌ی وقوع بلوکیگ بسیار تضعیف شده و همین امر موجب مانایی بیشتر و استمرار زمانی موج آب گرم بر روی ایران و بخش وسیعی از خاورمیانه شده است.

نکته جالب توجه نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح میانی انطباق نسبتاً دقیق محدوده‌ی استقرار مرکز پراتفاح تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (پربندهای ۵۹۲۰ و به‌ویژه پراتفاح ۵۹۴۰ ژئوپتانسیل متر) (شکل ۷ الف) با قطب‌های بیشینه دمایی ایران در طول دوره‌ی زندگی ۱۰ روزه موج آب گرم است.



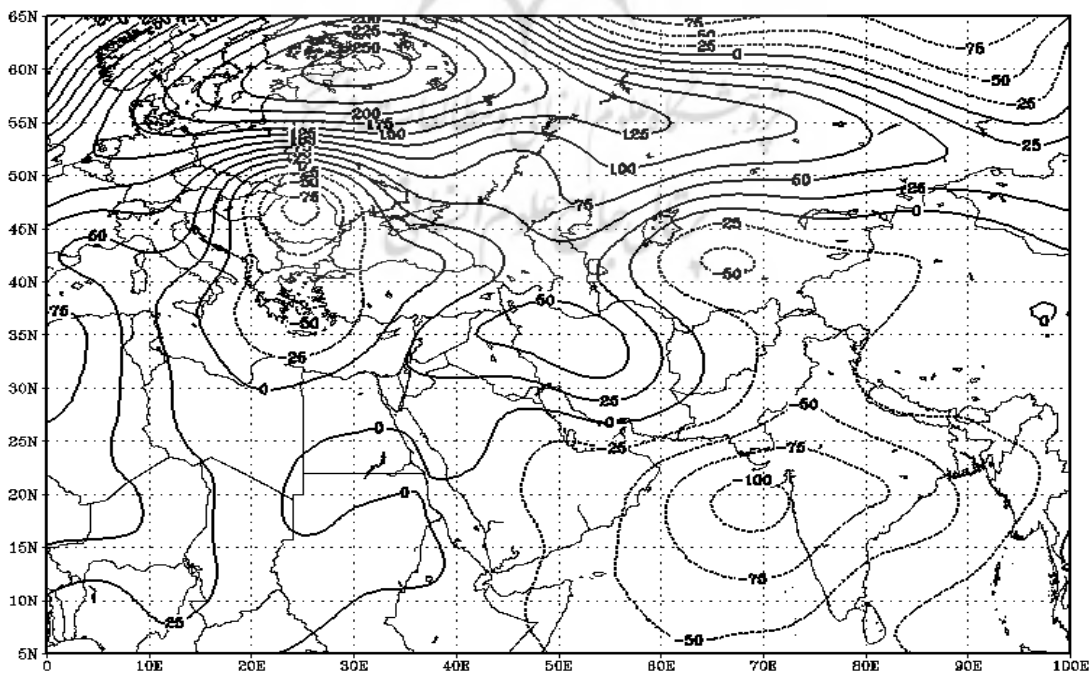
شکل شماره ۷: الگوی متوسط توپوگرافی سطوح میانی در طول موج آب گرم. الف - ۷۰۰ هکتوپاسکال، ب - ۵۰۰ هکتوپاسکال

نقشه‌ی متوسط ضخامت جو در طول دوره‌ی زمانی حاکمیت موج آب گرم نیز نشان‌دهنده‌ی افزایش زیاد ضخامت جو در زمان استقرار موج بوده و پربندی ۵۹۴۰ ژئوپتانسیل متری در قسمت مرزی ایران و عراق منطبق بر ایستگاه‌های فوق العاده گرم قصر شیرین و دهلران قابل مشاهده است (شکل ۸).



شکل شماره ۸: الگوی متوسط ضخامت جو (ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال) در طول دوره استیلای موج آبر گرم

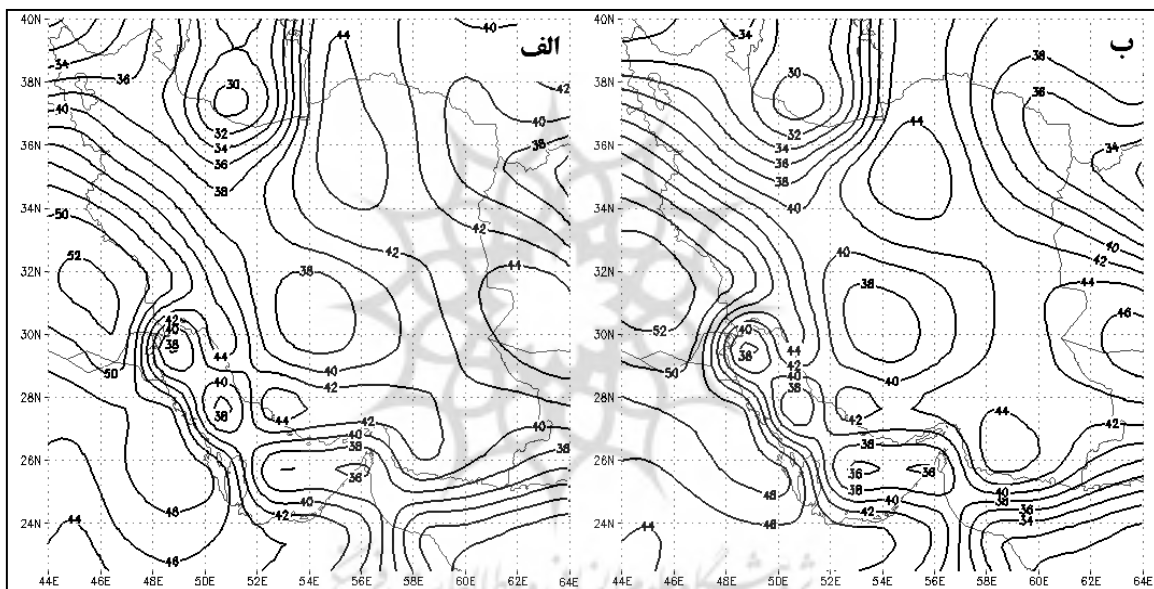
با توجه به وضعیت جو در نقشه‌ی متوسط ضخامت معلوم می‌شود که الگوی حاکم در طول موج آبر گرم، استقرار پر ارتفاعی قوی است که موجب نزول، فرونشینی و گرمایش هوا به‌ویژه در غرب ایران شده است. ترسیم و بررسی نقشه‌ی پیچانه‌های ترازهای مختلف که با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل انجام گرفته نشان می‌دهد که در ترازهای ۷۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال یک پیچانه‌ی مثبت با حرکتی ساعت‌گرد و بسیار بطئی از ابتدای موج آبر گرم بر روی ایران مستقر شده و با ایجاد وضعیت شدید فرونشینی (سوبسیدانس) و ایجاد جو باروتروپیک ریزش هوای گرم را استمرار بخشیده است. در شکل ۹ وضعیت متوسط (از روز ۱۳ تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۹) پیچانه به وجود آمده از موج بادهای غربی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به عنوان نمونه درج شده است.



شکل شماره ۹: الگوی متوسط پیچانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در جریان موج آبر گرم تابستان سال ۱۳۸۹

با توجه به این که پیچانه‌ها مشخص شده در شکل ۹ در واقع ناهنجاری‌های ارتفاع ژئوپتانسیل هستند، پرواضح است که یکای ارقام نقشه نیز به ژئوپتانسیل متر خواهد بود.

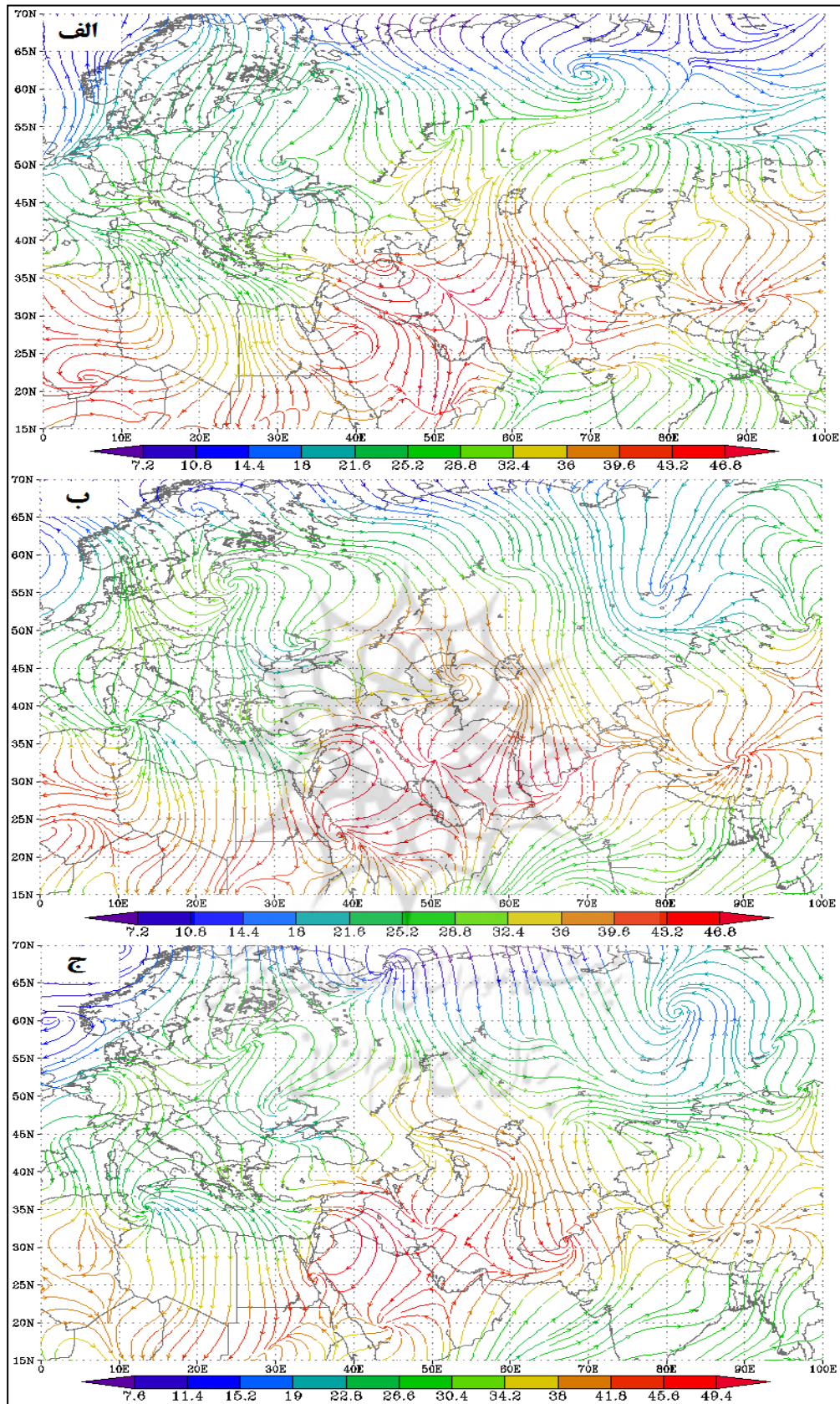
با توجه به نقشه‌های دمای بیشینه بالای ۲ متری سطح زمین که برای ساعت ۱۳/۳۰ کل ۱۰ روز استیلائی موج ابر گرم در شکل ۱۰ ترسیم شده، معلوم می‌شود که تمرکز و شدت بیشینه‌ی دما در مناطق جنوب غرب و غرب ایران در مرز ایران و عراق بیشتر از سایر نواحی است. تفاوت دمایی مشاهده شده بین دمای مندرج در نقشه‌ها با دمای ایستگاه‌ها به خاطر ناهمزمانی ساعت نقشه با زمان وقوع دمای بیشینه در ایستگاه‌ها از یک سو و از سوی دیگر به خاطر اختلاف ۲ متری برداشت داده‌ها در نقشه‌های ترسیمی نسبت به تراز ایستگاه‌ها است. نقشه‌های توزیع دمای بیشینه ایران از روز ۴ تیرماه به روز ۱۳ تیر ماه ۱۳۸۹ نشان دادند که دمای بیشینه ایران به‌ویژه در مناطق غرب و جنوب غرب ایران رو به افزایش گذاشته و روند افزایش دما از بدو آغاز موج تا انتها در کل روبه افزایش و صعودی بوده که اوج این افزایش‌ها در روزهای ۱۹ (شکل ۱۰ الف) و ۲۰ (شکل ۱۰ ب) تیرماه ۱۳۸۹ بوده است.



شکل شماره ۱۰: توزیع جغرافیایی دمای بیشینه (به سانتی‌گراد) بالای ۲ متر زمین، روزهای الف: ۱۹ تیر، ب: ۲۰ تیر ۱۳۸۹

بررسی پراکنش ایستگاهی حداکثر دماهای ثبت شده ایستگاه‌ها در روزهای استیلائی موج ابرگرم نشان می‌دهد که بیشینه‌ی دمای حداکثر به ترتیب با ۵۲ درجه سانتی‌گراد در روز ۲۲ تیر در دهلران و ۵۱ درجه سانتی‌گراد در روز ۲۱ تیرماه در ماهشهر به ثبت رسیده‌اند.

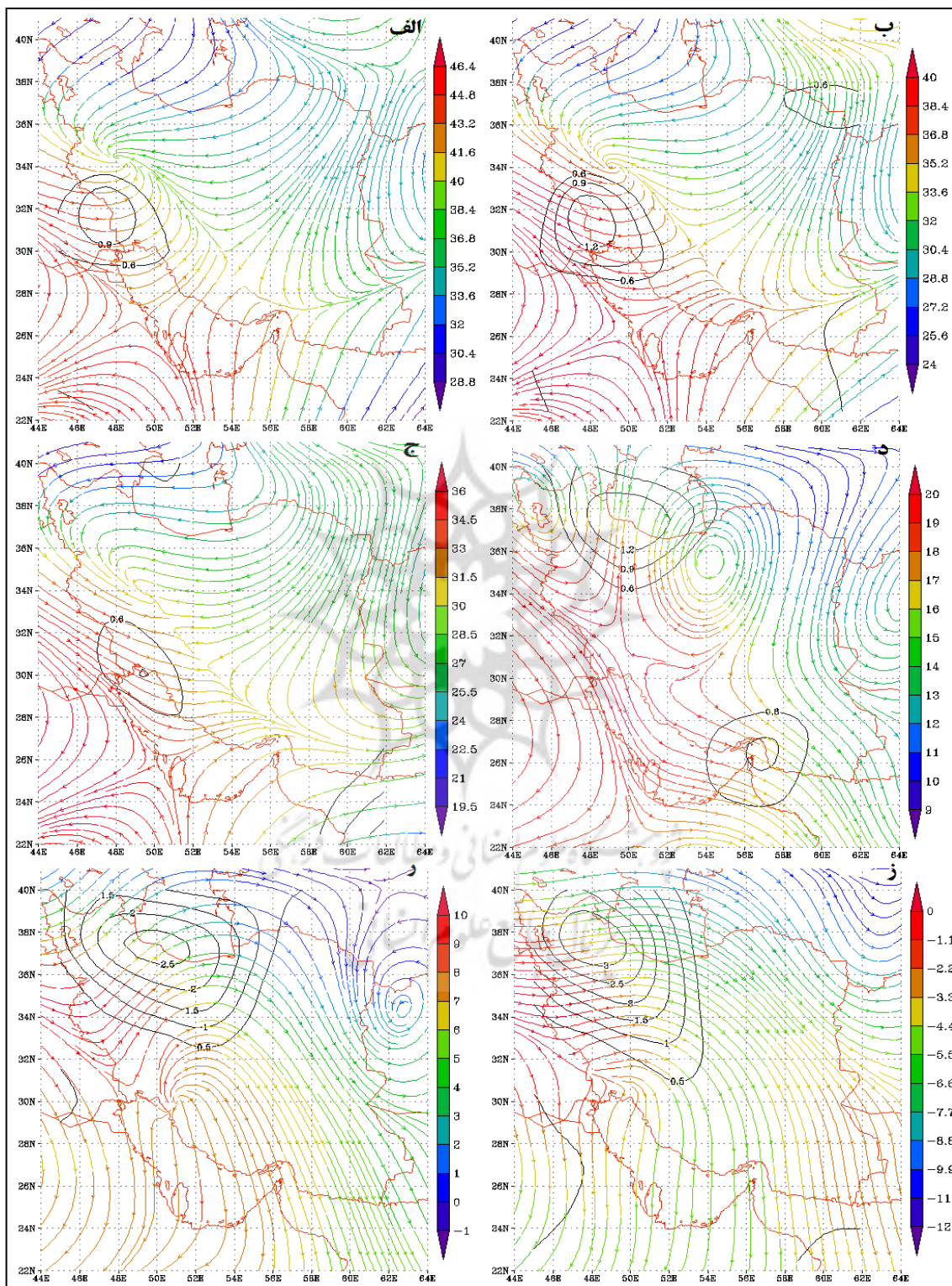
تحلیل نقشه‌های مربوط به فرارفت دمای ترازهای مختلف جو در بازه‌ی زمانی ۱۳ تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۹ نشان می‌دهد که تمرکز محل وقوع دماهای ابر گرم در مجاورت نواحی همگرایی دماهای بیشینه قرار دارد. بررسی وضعیت گرمایش همرفتی دوره‌ی گرم سال مندرج در نقشه‌های اشکال ۱۱ و ۱۲ نشان می‌دهد که بیشینه‌ی گرمایش همرفتی به طور بسیار محسوسی از پراکنش جغرافیایی سلسله جبال مرتفع فلات ایران تبعیت کرده و کوه‌های مرتفع و پهناور زاگرس به‌ویژه زاگرس خارجی از عمده مناطق استقرار هسته‌های دمای بیشینه ایران خصوصاً در سطوح پایین و میانی جو هستند. در این ارتباط در شکل ۱۱، ۳ نمونه از فرارفت و همگرایی دماهای بیشینه در مناطق غرب و جنوب غرب ایران نشان داده شده است.



شکل شماره ۱۱- همگرایی دماهای بیشینه (به درجه سانتی‌گراد) تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی ایران در ساعت

۱۳/۳۰ برای الف: ۱۳ تیر، ب: ۲۰ تیر و ج: ۲۱ تیر ماه ۱۳۸۹

اغلب روزهای مورد مطالعه موج آبر گرم توأم با فرارفت دمایی گرم و مثبت بوده‌اند که به عنوان نمونه فرارفت دمایی مثبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۲۱ تیرماه ۱۳۸۹ در شکل ۱۲ درج شده است.



شکل شماره ۱۲- مقادیر فرارفت دمایی گرم در ساعت ۱۵/۳۰ برای ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۹۲۵، ج: ۸۵۰، د: ۷۰۰، ز: ۶۰۰ و ز: ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۱ تیر ۱۳۸۹. مقادیر براساس درجه مطلق بر متر مربع در هر ۶ ساعت می‌باشد.

۴ - بحث و نتیجه گیری

افزایش فراوانی، استمرار زمانی بیشتر و فزونی شدت امواج گرمایی یکی از نشانه‌های گرمایش جهانی و تغییر اقلیم بر اثر فزونی یافتن گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود که این مسأله در خصوص کشور ما نیز صادق است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که وقوع امواج گرمایی طولانی مدت در ایران با بعد فضایی وسیع و فراگیری در مقیاس کشوری امری است که روندی رو به رشد و معمولی شدن طی می‌کند. روش به کار گرفته شده برای طبقه‌بندی شدت امواج گرمایی نشان از قابلیت‌های خوب روش تحلیل خوشه‌ای وارد، در طبقه‌بندی زمانی پدیده امواج گرمایی حکایت دارد. با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای وارد موج ۳۲ روزه ۴ تیر تا ۵ مرداد ۱۳۸۹ 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 برابر با ۳۸/۲ درجه سانتی‌گراد و خوشه موج آبر گرم با ۱۰ عضو و متوسط دمای بیشینه برابر با ۳۹/۲۸ درجه سانتی‌گراد تفکیک شده و موج آبر، مورد تحلیل سینوپتیک قرار داده شد. نتایج حاصل از تحلیل سینوپتیک موج ۱۰ روزه آبر گرم مستولی بر ایران از روز ۱۳ تیر تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۹ نشان می‌دهد که وجود یک کم‌فشار حرارتی بر روی شبه جزیره عربستان و اثرات ناشی از تسری و فعالیت و مهاجرت کم‌فشار مذکور به سمت ایران عامل اصلی گرمایش و گسیل موج آبر گرم در دوره زمانی ۱۳ تا ۲۲ تیرماه ۱۳۸۹ بوده است. بررسی نقشه‌های سطوح میانی نشان از افزایش طبیعی ضخامت جو در بازه‌ی زمانی استیلای موج آبر گرم داشته و نشان می‌دهد که کل منطقه خاورمیانه و ایران تحت استیلای کامل پرفشار جنب حاره‌ای قرار دارد. نقشه‌های مربوط به الگوی متوسط نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل در زمان وقوع موج آبر گرم حاکی از استقرار یک پر ارتفاع بسته بر روی ایران دارد که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ارتفاع آن به ۵۹۴۰ ژئوپتانسیل متر می‌رسد. پر ارتفاع مذکور در واقع یک پیچانه است که در مسیر راهش از آزر به شمال آفریقا و شبه جزیره عربستان، درونش گرمای بیشتری انباشته شده و با حرکت و فرونشینی (نزول دینامیکی پایین سو) ضمن تقویت پر ارتفاع ترازهای میانی (پیچانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) موجب افزایش واگرایی شده و دمای سطح زمین را بیشتر افزایش داده و شرایط بسیار داغ و سوزانی را در مناطق مختلف ایران به‌ویژه زاگرس بیرونی حاکم می‌سازد. مسیر فرارفت گرما و منبع تأمین گرمای موج آبر گرم و میزان فرارفت دمای روزهای مختلف نشان‌دهنده‌ی فرارفتی بودن موج آبر گرمایی به وقوع پیوسته در تابستان ۱۳۸۹ است. موج گرمایی مذکور اثرات بسیار شدید محیطی، اقتصادی-اجتماعی و بهداشتی از خود به جای گذاشت که به عنوان نمونه می‌توان به منازعات آب بین مناطق و روستاهای مختلف، جیره بندی آب در بخش‌هایی از کشور، آتش‌سوزی طبیعی جنگل‌ها و مراتع به خاطر خشکی ناشی از گرما، وقوع و شیوع بیماری‌های ناشی از گرما مثل گرمادگی و مسمومیت‌های غذایی، فساد بخش وسیعی از تولیدات دامی و لبنی و مسایلی از این دست اشاره نمود.

۵- فهرست منابع

- (۱) احمدآبادی، علی، احمدی محمد(۱۳۸۴)، بررسی و شناخت الگوهای سینوپتیک تقویت امواج گرمایی روی ایران، مجموعه مقالات کنفرانس اقلیم پزشکی همدان- ملایر، انجمن معلمان، صص ۱۲۲-۱۱۵.
- (۲) براتی، غلامرضا، موسوی، سید شفیق(۱۳۸۴)، جابجایی مکانی موج‌های زمستانی گرما در ایران، مجله جغرافیا و توسعه، سال سوم، شماره ۵، بهار و تابستان ۱۳۸۴، صص ۴۱-۵۲.
- (۳) حدادی، حسین (۱۳۸۸)، تحلیل زمانی و مکانی امواج گرما در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه ریزی محیطی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.
- (۴) زرین، آذر (۱۳۸۶)، تحلیل پرفشار جنب حاره تابستانه بر روی ایران، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- (۵) علیائی سیدحسن (۱۳۸۲)، مطالعه امواج گرمایی شدید در جنوب ایران، مجموعه گزارشات معاونت پژوهشی سازمان هواشناسی کشور، صص ۱۵۶ - ۴۵.
- (6) Banta, J. (2007). *Extreme weather hits home*. New Society publishers.
- (7) Bryant. E. (2005). *Natural Hazards*. Cambridge University Press.
- (8) Bullock, J; J. D. Haddow; K. S. Haddow, (2009). *Global warming, natural hazards, and emergency management*. Taylor & Francis.
- (9) Campetella. C; M. Rusticucci. (1998). *Synoptic analysis of an extreme heat wave over Argentina in March 1980*. Meteorological Applications. 5: 217-226.
- (10) Chen. F; C. Konrad. (2006). *A Synoptic climatology of summertime heat and humidity in the Piedmont region of North Carolina*. Journal of Applied Meteorology and Climatology. 45: 674-685.
- (11) Dhainaut. F; Y. Claessens; C. Ginsburg; B. Riou. (2004). *Unprecedented heat-related deaths during the 2003 heat wave in Paris: consequences on emergency departments*. Critical Care. 8: 1-2.
- (12) Feudale. L; J. Shukla. (2011). *Influence of sea surface temperature on the European heat wave of 2003 summer. Part I: an observational study*. Climate Dynamics. in press. DOI 10.1007/s00382-010-0788-0.
- (13) Huang. F; H. Kan; S. Kovats. (2010). *The impact of the 2003 heat wave on mortality in Shanghai, China*. Science of the Total Environment. 408: 2418-2420.
- (14) Khalaj. B; G. Lloyd. V; Sheppard; K. Dear. (2010). *The health impacts of heat waves in five regions of New South Wales, Australia: a case-only analysis*. Int Arch Occup Environ Health. 83:833-842.
- (15) Kotlyakov. V. M; A. I. Komarova. (2007). *Elsevier's Dictionary of Geography*. Elsevier.
- (16) Kysel' y. J; R. Huth; J. Kim. (2010). *Evaluating heat-related mortality in Korea by objective classifications of 'air masses'*. International Journal of Climatology. 30: 1484-1501.

- (17) Macfarlane. A; R. E. Waller. (1976). *Short-term increases in mortality during heat waves*. Nature. 264: 434–436.
- (18) Matthies. F; G. Bickler; N. C. Marín; S. Hales. (2008). *Heat-Health Action Plans*. World Health Organization.
- (19) Seluchi. M; F. Norte; J. Gomes; S. Simonelli. (2006). *Synoptic and thermodynamic analysis of an extreme heat wave over subtropical South America. Proceedings of 8 ICSHMO. Foz do Iguaçu*. Brazil. April 24-28. 2006. INPE. p 2009-2010.
- (20) Smith. K; D. N. Petley. (2009). *Environmental Hazards: Assessing risk and reducing disaster*. Routledge.
- (21) Strelcova. K; C. Matyas; A. Kleidon; M. Lapin; F. Matejka; M. Blazenec; J. Skvarenina; J. Holecy. (2009). *Bioclimatology and Natural Hazards*. Springer.
- (22) Taghavi. T. (2010). *Linkage between Climate Change and Extreme Events in Iran*. Journal of the Earth & Space Physics. 36(2):33-43.
- (23) Theoharatos. G; K. Pantavou ; A. Mavrakis; A. Spanou; G. Katavoutas; P. Efstathiou; P. Mpekas; D. Asimakopoulos. (2010). *Heat waves observed in 2007 in Athens. Greece: synoptic conditions, bioclimatological assessment, air quality levels and health effects*. Environmental Research. 110: 152–161.
- (24) Unkašević. M. I. Tošić. (2009). *An analysis of heat waves in Serbia*. Global and Planetary Change. 65: 17–26.