

تحلیل سینوپتیکی امواج گرما و سرما در سواحل جنوبی دریای خزر

الهام قاسمی فر^۱

سمیه ناصر پور^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۵/۰۱

چکیده

پایداری دوره امواج سرد (گرم) با به همراه داشتن روزهای حدی بسیار سرد (گرم)، اثرات زیان باری بر تمامی جنبه‌های زندگی از جمله کشاورزی و اکولوژی دارند. یک موج گرما (سرما) یک دوره گرم (سرد) است که از چند روز تا چند هفته به طول می‌انجامد که به ترتیب با رطوبت بالا و بادهای سرد شدید همراه است و با آستانه‌های متفاوتی قابل تعیین است. در این مطالعه برای شناسایی رخداد‌های حدی سرد (گرم) در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از داده‌های دمای حداقل و حداکثر پنج ایستگاه دارای کامل‌ترین آمار طی دوره مطالعاتی ۲۰۱۰-۱۹۶۱، امواج سرد با صدک ۰/۰۲ ام و امواج گرم با صدک ۰/۹۸ شناسایی شد و در ادامه چند موج سرد و گرم که شدت بالایی داشتند انتخاب و نقشه‌های مرکب (فشار سطح دریا و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) فراگیر آن با استفاده از نرم افزار Grads ترسیم و تحلیل شد. نتایج نشان داد روند تغییرات دما برای دمای حداقل مثبت بوده و برای دمای حداکثر در بیشتر ایستگاه‌ها با کاهش همراه بوده است. در سال‌های ۱۹۶۳، ۱۹۶۴، ۱۹۶۹، ۱۹۷۲، ۱۹۷۳، ۱۹۸۹، ۱۹۹۱ و سال ۲۰۰۸ موج‌های سرد به حداکثر فراوانی خود در هر ۵ ایستگاه رسیده و تداوم آن‌ها در سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۶۴ بسیار بالا بوده است. در سال‌های ۱۹۶۲، ۱۹۶۶، ۱۹۸۰، ۱۹۸۳، ۲۰۰۰، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ موج‌های گرم حداکثر فراوانی را داشته‌اند و پایداری آن‌ها (تعداد روز) در سال‌های ۱۹۶۶ و ۱۹۷۱ نسبت به دیگر سال‌های مورد مطالعه بیشتر بوده است. ایستگاه رامسر برای امواج سرد و همچنین گرم بالاترین فراوانی را داشته است. ایستگاه گرگان کمترین فراوانی موج گرم و ایستگاه‌های انزلی و رشت کمترین فراوانی موج سرد را ثبت نموده‌اند. سه مرکز پرفشار اروپای شرقی، سیبری، پرفشار کوه‌های آلپ و کم فشار اورال با مرکزیت روی جلگه سیبری غربی موج‌های سرد حدی را رقم زده‌اند. مرکز فشار کم عربستان، پاکستان و خلیج فارس در مواقع حدی خود ایجاد کننده اصلی موج گرم ناحیه مورد مطالعه بوده است.

واژه‌های کلیدی: امواج گرما، امواج سرما، GRADS، تحلیل سینوپتیک، سواحل جنوبی دریای خزر

۱- کارشناس ارشد کاربرد اقلیم در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) elham.ghasemifar65@modares.ac.ir

۲- کارشناس ارشد کاربرد اقلیم در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران snaserpour@gmail.com

مقدمه

دمای حداکثر و حداقل بیشتر نواحی جهان بالا رفته است. بالاترین روند مثبت در کانادا و اوراسیا مشخص شده و در برخی مناطق، نواحی بیشتری را برای دمای حداقل پوشش می‌دهد (Brown et al, 2008).

در نیمه دوم قرن ۲۰، در نواحی مرکز و شرق اروپا (مجارستان) روند افزایشی شدیدی بویژه در مورد تعداد سالانه روزهای گرم، روزهای تابستانی، روزها و شب‌های گرم و شاخص طول امواج گرما آشکار است. بیشتر شاخص‌ها، قبل از دوره گرمایش در ربع آخر قرن ۲۰، دوره‌ی سرما را تا میانه دهه ۱۹۷۰ نشان داده‌اند (Bartholy and Pongracz, 2007).

در مراویان جنوبی^۱ در جمهوری چک اسلوواکی با انتخاب ۳ فاکتور از جمله دارا بودن حداقل ۳ روز با دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد برای بررسی امواج گرما مطالعه ای صورت گرفت که نتایج گرمای غیر عادی در ژوئیه و اوت ۱۹۹۴ را نشان داد که در بیشتر ایستگاه‌ها بیش از یکماه به طول انجامیده است (Kysely et al, 2000).

در اوکلاهاما، نتایج بررسی اثرات جزیره حرارتی شهر بعد از یک موج گرما در سال ۲۰۰۸ نشان داد جزیره حرارتی در هسته شهر نسبت به نواحی روستایی در طول روز ۵/۰ درجه و در شب ۲ درجه گرمتر است و در ارتباط با رطوبت و امواج گرما حرارت بیشتری تولید می‌کند (Basara et al, 2010).

بوئنوس آیرس آرژانتین در دو هفته آخر ماه مارس سال ۱۹۸۰ گرمای شدیدی را تجربه کرد که محققان حضور واپرخند و پشته بزرگ را در ارتباط با باد گرم و مرطوبی که از آمازون و آتلانتیک می‌آید مسئول دانسته و حرکت افقی هوا را نیز مزید بر علت می‌دانند (Campetella and Rusticucci, 1998).

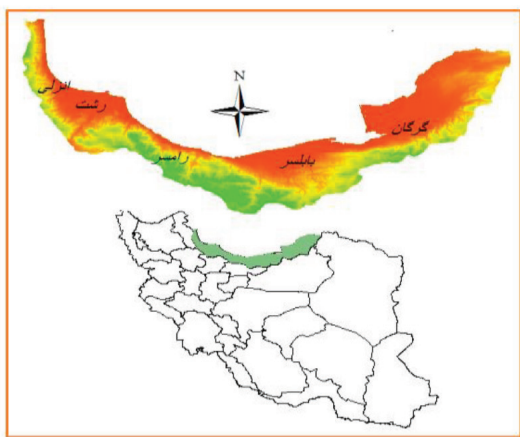
در استرالیا با مطالعه‌ای روند فراوانی سالانه رخداد های حدی دوره ۱۹۹۹-۱۹۵۷ مشخص شد رخداد های حدی گرم افزایش و رخداد های حدی سرد کاهش داشته است و روند قوی تری برای شاخص‌های بر اساس دمای حداقل مشخص شد (Collins et al, 2000). در فرانسه با استفاده از مدل ARPEGE به شبیه‌سازی دوره پایه ۹۰-۱۹۶۱ و دوره آینده

یک رویداد حدی رویدادی است که به ندرت نسبت به حالت نرمال اتفاق می‌افتد. رخداد های حدی همانند امواج گرما و سرما اثرات بسیار جدی اجتماعی، اقتصادی، کشاورزی، اکولوژیکی و... دارند. وقایع حدی، تغییرات در سیستم طبیعی و انسانی را بیشتر از میانگین شرایط اقلیمی تحریک می‌کنند (Peterson et al, 2008).

موج سرما و گرما یک پدیده جوی است که توسط سردی و گرمی هوا یا استیلای هوای سرد یا گرم در یک ناحیه بزرگ مشخص می‌شود. این رخدادها می‌توانند در یک دوره مشخص با هوای بشدت سرد یا گرم همراه باشند. رطوبت بالا می‌تواند اثر موج گرما را افزایش دهد در حالی که بادهای شدید اثر موج سرما را افزایش می‌دهند (Stocks et al, 2004). موج گرماهای استثنایی در چندین قسمت از اوراسیا در طول تابستان نیمکره شمالی ثبت شده اند که شدیدترین موج گرما در روسیه غربی قرار داشت و نقطه اوج آن از اوایل ماه ژوئیه تا میانه ی ماه اوت گزارش شده است (WMO, 2010).

از جمله پیامدهای موج‌های گرمایی که تاکنون در جهان رخ داده است می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: دردهای قلب، کمبود شدید آب، گرما زدگی، افزایش قیمت مواد غذایی، قطع برق، افزایش بلایای طبیعی، شیوع برخی حشرات مانند پشه، آتش سوزی و از دست رفتن جان موجودات زنده. همچنین سرمازدگی، یخبندان، آسیب به محصولات کشاورزی و مرگ و میر از پیامدهای موج سرما می‌باشد. در چین بر اساس دمای سطحی روزانه با بررسی حوادث حدی نیمه دوم قرن ۲۰ نشان داده شد. تعداد روزهای با دمای حداکثر بالای ۳۵ درجه سانتیگراد، بطور اندکی کاهش و از ۱۹۹۰ روزهای حدی گرم به تدریج افزایش داشته‌اند روند افزایش برای صدک ۹۵ام دمای حداکثر روزانه و روند کاهش برای صدک ۵ام دمای حداقل روزانه کاملاً آشکار بوده است (Panmao and Xiaohua, 2003). مقادیر حدی آنومالی دمای روزانه‌ی داده‌های جهانی مشخص کرد از سال ۱۹۵۰،

۱۹۵۸، گرمایش حدود $+0/1$ درجه سانتیگراد در هر دهه را نشان می‌دهد و نکته جالب اینکه روند دمای سطحی برای سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۰ بطور معنی‌داری مثبت بوده و $\pm 0/06$ سانتیگراد به ازای هر دهه می‌باشد، همچنین داده‌های دمای زیر سطح اقیانوس‌ها نیز نشان می‌دهد گرمای جهانی اقیانوس‌ها از اواخر سال ۱۹۵۰ میلادی افزایش یافته است (Folland et al, 2002).



نگاره ۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌ها

سواحل جنوبی خزر در محدوده‌ای بین $36/28$ تا $38/36$ درجه عرض شمالی و $48/02$ تا $54/26$ طول شرقی واقع می‌باشند. روند افزایشی در دمای دوره پایه و آینده این منطقه کاملاً مشهود است (قاسمی‌فر، ۱۳۹۱). بدلیل نقش تعدیل کننده دریای خزر تفاوت دمایی ایستگاه‌های این ناحیه محسوس نیست.

از آنجا که این ناحیه ساحلی ناحیه حاصلخیز کشت محصولات نظیر برنج، سبزیجات و صیفی جات می‌باشد و موج گرما و سرما اثر مستقیم در کشاورزی، مرگ و میر، مصرف انرژی و غیره دارد، به شناسایی و تحلیل سینوپتیک موج‌های گرم و سرد با استفاده از داده‌های روزانه دمای حداقل و حداکثر میانگین پنج ایستگاه که دارای کاملترین آمار بین سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۶۱ بودند پرداخته می‌شود. نقشه موقعیت ایستگاه‌ها در (نگاره ۱، جدول ۱) نشان داده شده است.

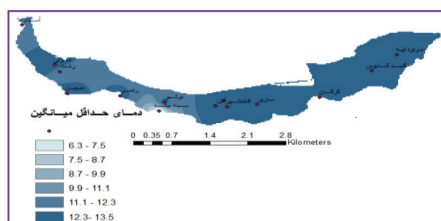
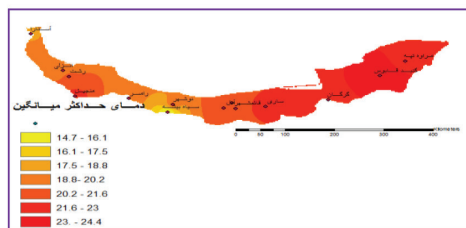
۲۰۰۰-۲۰۷۱ با سناریوی A2 پرداخته شد که نتایج از افزایش بارش سنگین فصل زمستان و افزایش طول حداکثر خشکی تابستانه خبر داد (Deque, 2007).

پژوهشی در ایالات متحده در بررسی دمای آینده و مشاهداتی مشخص کرد تابستان‌های گرم در شرق ایالات با سرمای نامتعارف دمای سطحی دریای آرام شرقی همزمان است که سبب ایجاد پشته بزرگ و کاهش فراوانی بارش می‌شود و نتایج تأیید کرد بارش شب هنگام گرمتر از بارش روز هنگام بوده است (Lynn et al, 2007).

در مناطق مرتفع و پست آلپ سویس آنالیز دمای حدی چند مورد را مشخص کرد: تغییرات مشخص در روند چندک‌ها در قرن ۲۰، تفاوت در رفتار ارتفاعی دمای حداقل و حداکثر و ارتباط نزدیک بین میانگین و چندک‌های حدی دمای روزانه (Beniston and Stephenson, 2004). همچنین نتایج پژوهشی معتبر روی امواج سرما، گرما، سیل و... در ایالات متحده مشخص نمود امواج گرما در حال افزایش و امواج سرما در حال کاهش هستند (Peterson et al, 2013). در ایران نیز در این زمینه مطالعات بسیاری صورت گرفته است از آن جمله در مورد موج سرمای فراگیر ایران در آذر ۸۲ پژوهشی صورت گرفت که علت آن نفوذ زبانه‌ای از پرفشار سیبری و کاهش بسیار زیاد دما عنوان شد (شکری، ۱۳۸۷). با استفاده از داده‌های دمای حداقل ۱۳ ایستگاه سینوپتیک طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۶۸ و شماره Z به مطالعه روزهای حدی سرد و الگوی سینوپتیک آن در شمال شرق ایران پرداخته شد که علت بیشتر موج‌ها، ورود فرود بلند، موج کوتاه و سردچال‌ها شناسایی شد (صادقی و دیگران، ۱۳۹۱). با توجه به این موارد هدف از این پژوهش شناسایی و تحلیل سینوپتیک امواج گرما و سرما طی پنج دهه ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد.

داده‌ها و روش کار

بر اساس گزارش IPCC، تحلیل از روند دمای جهانی با استفاده از بالون‌ها در تروپوسفر میانی و پایینی از سال



نگاره ۲: نقشه
 دمای حداقل
 میانگین (راست) و دمای
 حداکثر میانگین (چپ)

گردید. برای مشخص شدن دوره‌های فراگیر امواج گرم و سرد ناحیه، دوره‌های مشترک بین هر پنج ایستگاه استخراج شد. برای تحلیل سینوپتیک امواج گرما و سرمای فراگیر در این ناحیه داده‌های روزانه فشار سطح دریا^۱ و ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از منبع داده‌ای جهانی NCEP/NCAR Reanalysis با وضوح ۲/۵ در ۲/۵ درجه طول و عرض برای عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی به دست آمد و نقشه‌های فراگیر مرکب مربوطه با استفاده از نرم افزار Grads ترسیم و تحلیل شد. آستانه‌های دمایی هر ایستگاه در جدول ۲ نشان داده شده است.

نتایج و یافته‌ها

ابتدا داده‌های میانگین سالانه دمای حداقل و حداکثر ۱۴ ایستگاه سینوپتیک منطقه مطالعه با استفاده از نرم افزار GIS به نقشه تبدیل شد و نقاط بیشینه و کمینه‌ی دمایی در منطقه به نمایش درآمد، همانطور که ملاحظه می‌شود تفاوت دمایی در این ناحیه چشمگیر نیست و تنها ایستگاه سیاه‌بیشه که دارای دماهای بسیار پایین است از دیگر ایستگاه‌ها تمایز قابل توجهی را نشان می‌دهد.

تغییرات دمایی با توجه به نمودارها و معادلات رگرسیونی بدست آمده موارد زیر را مشخص می‌کند، دمای حداقل میانگین روند افزایشی را در هر پنج ایستگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد. ایستگاه گرگان روند ملایم‌تری را نشان داده در صورتی که چهار ایستگاه دیگر روند افزایشی چشمگیرتری را نشان می‌دهند.

با توجه به نمودار فراوانی دمای حداقل، می‌توان این

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌ها

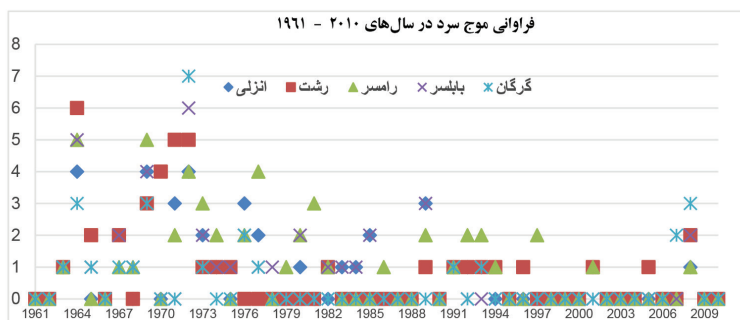
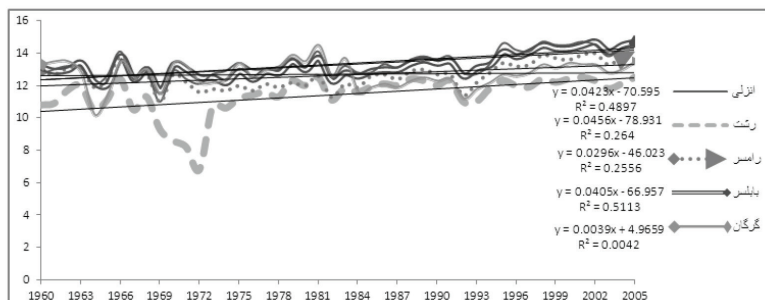
ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع
انزلی	۳۷/۲۸	۴۹/۲۸	-۲۶/۲
رشت	۳۷/۱۲	۴۹/۳۹	۳۶/۷
بابلسر	۳۶/۴۳	۵۲/۳۹	-۲۱
رامسر	۳۶/۵۴	۵۰/۴۰	-۲۰
گرگان	۳۶/۵۱	۵۴/۱۶	۱۳/۳

پس از دریافت داده از سازمان هواشناسی و مرتب کردن آنها، ابتدا مقادیر داده‌های گمشده توسط روش میانگین‌گیری در هر پنج ایستگاه بدست آمد. روند تغییرات دمایی دوره مورد مطالعه با استفاده از معادلات رگرسیونی مشخص شد. تعیین آستانه مشخص برای امواج سرما و گرما همواره با عدم قطعیت‌هایی همراه است و تعیین آن در ارتباط با ویژگی اقلیمی هر ناحیه متفاوت خواهد بود. برای یافتن روزهای حدی بسیار سرد و بسیار گرم با استفاده از آزمون و خطا، صدک ۰/۰۲ ام برای روزهای حدی سرد و صدک ۰/۹۸ ام برای روزهای حدی گرم انتخاب شد.

در این مطالعه دوره حدی گرم دوره‌ای است که دمای بالاتر یا مساوی صدک ۰/۹۸ ام داشته باشد و دوره موج، به سه دوره تقسیم شد.

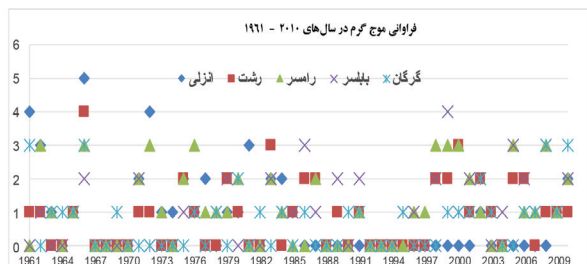
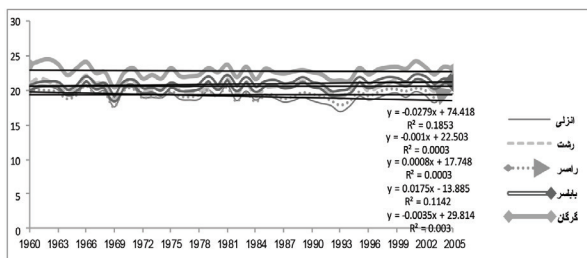
بر این اساس، موج‌های بلندمدت (بیشتر از ۶ روز)، میان مدت (۳ تا ۶ روز) و کوتاه مدت (کمتر از سه روز) دوام داشته‌اند. همچنین دوره حدی سرد دوره‌ای است که دمای پایین‌تر یا مساوی صدک ۰/۰۲ ام داشته باشد و دوره موج آن هم همانند موج گرم به سه دوره تقسیم شد. سپس فراوانی و تداوم (پایداری) هر موج روی نمودار ترسیم

1- Sea Surface Temperature(SLP)



نگاره ۳: نمودار سری زمانی دمای حداقل (بالا) و فراوانی موج سرد (پایین)

نتیجه را استنباط نمود که سال‌های ۱۹۶۳، ۱۹۶۴، ۱۹۶۹، ۱۹۷۲، ۱۹۸۹، ۱۹۹۱ و همچنین سال ۲۰۰۸ که کاهش دمای محسوس را در نمودار سری زمانی نشان می‌دهد بیشترین تعداد موج سرد با کاهش دمای بی سابقه را طی دوره مطالعاتی به طور مشترک در هر پنج ایستگاه داشته است و سال‌هایی که کاهش دما محسوس نبوده و یا نسبت به سال‌های با کاهش دمای شدید، دما ملایم‌تر بوده، فراوانی موج سرماها فروکش نموده است. در همه ایستگاه‌ها بیشترین فراوانی موج‌های سرد مربوط به ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر است. در سال ۱۹۷۲ موج سرمای شدید ناحیه مورد مطالعه را فراگرفته که از ۱۹ ژانویه تا ۱۷ فوریه پایدار بوده است. همچنین این موج سرما نسبت به دیگر موج‌های سرد منطقه فراوانی بیشتری را ثبت نموده است. پس از آن موج سرمای ۹ تا ۲۸ ژانویه ۱۹۶۴ بیشترین فراوانی و تداوم را داشته است و بیشترین پایداری موج بعد از سال ۱۹۷۲ مربوط به این سال طی دوره مطالعه است.

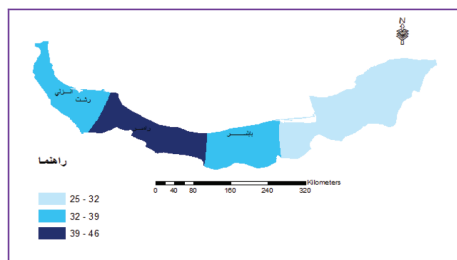
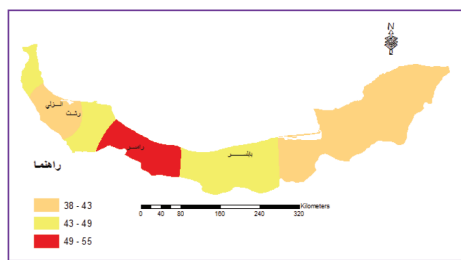


نگاره ۴: نمودار سری زمانی دمای حداکثر (بالا) و فراوانی موج گرم (پایین)

که دمای حداکثر روندی نسبتاً یکنواخت و بدون تغییر را داشته است و همانطور که مشخص است در مواقعی که نقطه اوجی در روند مشاهده می‌گردد، تعداد موج‌های گرم افزایش قابل توجهی را از خود نشان داده است. همانند سال‌های ۱۹۶۲، ۱۹۶۶، ۱۹۸۰، ۱۹۸۳، ۲۰۰۰، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ در همه ایستگاه‌ها بیشترین فراوانی موج گرم مربوط به ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت است.

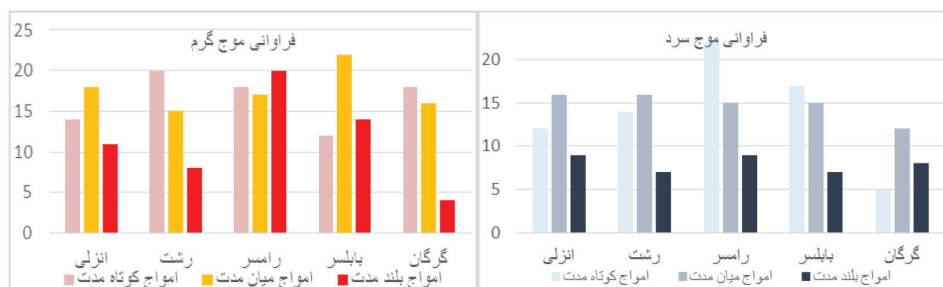
نتیجه را استنباط نمود که سال‌های ۱۹۶۳، ۱۹۶۴، ۱۹۶۹، ۱۹۷۲، ۱۹۸۹، ۱۹۹۱ و همچنین سال ۲۰۰۸ که کاهش دمای محسوس را در نمودار سری زمانی نشان می‌دهد بیشترین تعداد موج سرد با کاهش دمای بی سابقه را طی دوره مطالعاتی به طور مشترک در هر پنج ایستگاه داشته است و سال‌هایی که کاهش دما محسوس نبوده و یا نسبت به سال‌های با کاهش دمای شدید، دما ملایم‌تر بوده، فراوانی موج سرماها فروکش نموده است. در همه ایستگاه‌ها بیشترین فراوانی موج‌های سرد مربوط به ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر است. در سال ۱۹۷۲ موج سرمای شدید ناحیه مورد مطالعه را فراگرفته که از ۱۹ ژانویه تا ۱۷ فوریه پایدار بوده است. همچنین این موج سرما نسبت به دیگر موج‌های سرد منطقه فراوانی بیشتری را ثبت نموده است. پس از آن موج سرمای ۹ تا ۲۸ ژانویه ۱۹۶۴ بیشترین فراوانی و تداوم را داشته است و بیشترین پایداری موج بعد از سال ۱۹۷۲ مربوط به این سال طی دوره مطالعه است.

روند دمای حداکثر میانگین با توجه به معادلات رگرسیونی و با استنباط شهودی بر اساس نمودارها، روندی کاملاً ملایم و جز در رامسر و بابلسر روندی کاهشی داشته که آن نیز چشمگیر نبوده و می‌توان این نتیجه را گرفت



نگاره ۵: نقشه فراوانی تعداد کل موج‌ها، موج گرم (چپ) و موج سرد (راست)

نگاره ۶: نمودار فراوانی امواج گرما (چپ) و سرما (راست)



تحلیل سینوپتیک امواج سرما و گرما الف- امواج سرما

در نقشه سطح دریا (رنگی) سال ۱۹۶۴ سه مرکز فشار با اهمیت برای ناحیه قابل مشاهده است. یک مرکز فشار کم با حاکمیت روی کوه‌های اورال با مرکزیت ۱۰۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود و دو مرکز با فشار زیاد ۱۰۳۵ هکتوپاسکال بر روی مجارستان، اتریش و آلمان (پرفشار کوه‌های آلپ) و دیگری روی سواحل شرقی خزر در امتداد پرفشار کوه‌های آلپ شکل گرفته است. با توجه به ترکیب و ادغام هسته‌های پرفشار شرق اروپا (پرفشار کوه‌های آلپ) و پرفشار واقع بر شرق دریای خزر در این سال دمای حداقل ناحیه در ایستگاه انزلی به حداقل ۷-، در رشت به ۱۹-، در رامسر به ۱۰-، در بابلسر به ۷- و در گرگان به ۹- درجه سانتی گراد نزول کرد. ناوه عمیق در نقشه سطح ۵۰۰ (نقشه منحنی میزان) گویای این حقیقت است که هوای سرد از کوه‌های آلپ و همچنین از عرض‌های ۶۰ درجه و زمین‌های خشک و سرد شمالی به ناحیه وارد شده و موج‌های سردی را ایجاد کرده است که تأثیر حاکمیت کم ارتفاع را در این تراز نشان می‌دهد (نگاره ۷).

در نقشه مربوط به سال ۱۹۷۲ سه مرکز فشار شکل گرفته است. مرکز کم فشار بر روی جلگه سیبری غربی و کوه‌های

سال ۱۹۶۶ موج گرمای فراگیر ناحیه، بیشترین فراوانی و پایداری (تعداد روز) را در طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۶۱ داشته است. نگاره ۵ فراوانی موج‌های سرد و گرم ناحیه را که با استفاده از نرم‌افزار GIS ترسیم شده نمایش می‌دهد. تداوم و تعداد موج‌ها در جدول ۳ نمایش داده شده است.

همانطور که در نقشه فراوانی کل موج‌های سرد و گرم (نگاره ۵) طی دوره مطالعاتی مشاهده می‌گردد موج‌های سرد فراوانی بیشتری دارند، به طوری که در ایستگاه رامسر فراوانی تعداد موج‌های سرد به عدد ۴۶ موج طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۶۱ می‌رسد. این ایستگاه در مورد موج‌های گرم نیز بالاترین تعداد موج (۵۵ موج) را نسبت به بقیه داشته است. در ایستگاه گرگان کمترین تعداد موج گرم (۲۳ موج) ثبت شده است.

با توجه به روند تغییرات دمای این ناحیه ساحلی چون دمای حداقل میانگین روند افزایشی بیشتری داشته، تعداد موج‌های سرد رکورد بالاتری نسبت به دمای حداکثر با روند آرام و موج‌های گرم داشته‌اند.

جدول ۲: آستانه دمایی صدک ۰/۰۲ و ۰/۹۸

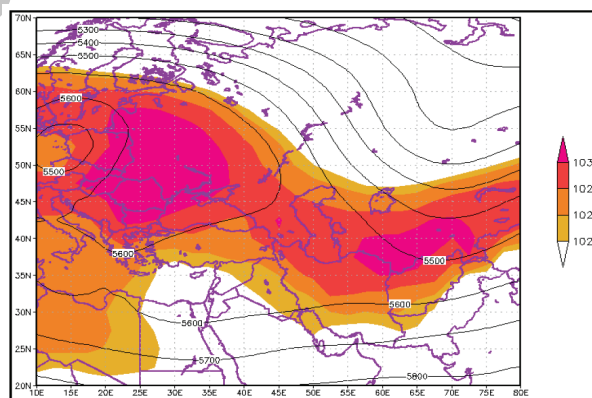
ایستگاه	انزلی	رشت	رامسر	بابلسر	گرگان
دمای حداقل	۰/۲	-۲	۰	۰	-۲
دمای حداکثر	۳۲	۳۳/۶	۳۱	۳۳	۳۷

جدول ۳: تعداد و پایداری موج ها (۴ سال موج سرد و ۳ سال موج گرم)

سال	ایستگاه	ماه	تعداد موج	پایداری (روزهای با آستانه مورد نظر)
۱۹۶۴	انزلی، رشت، رامسر، بابل و گرگان	ژانویه، فوریه، دسامبر	3;5;5;6;4	22;29;24;23;29
۱۹۶۹	انزلی، رشت، رامسر، بابل و گرگان	ژانویه و فوریه	3;4;5;3;4	22;26;29;22;34
۱۹۷۲	انزلی، رشت، رامسر، بابل و گرگان	ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر	7;6;4;5;4	33;42;52;70;53
۲۰۰۸	انزلی، رشت، رامسر، بابل و گرگان	فوریه و ژانویه	3;2;1;2;1	30;15;18;15;17
۱۹۶۶	انزلی، رشت، رامسر، بابل و گرگان	ژوئیه، اوت و ژوئن	3;2;3;4;5	22;13;28;21;31
۱۹۷۱	انزلی، رشت، رامسر، بابل و گرگان	ژوئیه و اوت	0;2;2;1;2	6;7;18;11;26
۲۰۱۰	انزلی، رشت، رامسر، بابل و گرگان	ژوئیه و اوت	3;2;2;1;2	37;52;54;30;18

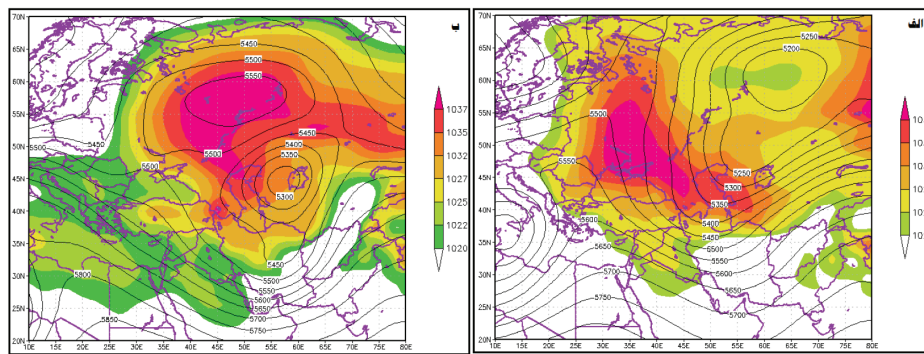
منطقه مورد مطالعه شده است. زبانه‌های پرفشار اروپای شرقی می‌تواند عرض‌های پایین ایران را نیز تحت تأثیر قرار دهد و با هوای سردی که همراه دارد سبب افت شدید دما در بسیاری از نقاط کشور ایران می‌شود، به طوری که در سال ۱۹۷۲ مربوط به روزهای ۱۹ ژانویه تا ۱۷ فوریه کاهش شدید دما تا حدود یک ماه به طول انجامید و در انزلی دما به حداقل مقدار خود ۱۱-، در رشت به ۱۸-، در رامسر به ۹-، در بابل به ۴- و در گرگان به ۷- رسید (نگاره ۸-الف). در نقشه سال ۲۰۰۸ با موج سرد شدید و فراگیر حاکمیت و نفوذ پرفشار CP با عدد ۵۳۰۰ ژئوپتانسیل متری در روی نقشه ۵۰۰ هکتوپاسکال و ۱۰۳۷ تا ۱۰۲۰ (گاهی تا ۱۰۵۰ هکتوپاسکال نیز می‌رسد) هکتوپاسکال بر روی نقشه سطح دریا کاملاً بر قسمت وسیعی از ناحیه مورد مطالعه مشخص است. این پرفشار بسیار قوی با آغاز دوره سرد به اطراف پخش می‌شود و بیشترین نزول و پیشروی آن مربوط به ماه ژانویه می‌باشد. عدد فشار سطح دریا بر روی این ناحیه بین ۱۰۲۰ تا ۱۰۴۰ متغیر است. مرکز این پرفشار بر روی سیبری و بالای دریای خزر به عدد ۱۰۴۰ رسیده است که با حرکت ساعتگرد خود هوای سرد عرض‌های بالا را به ناحیه منتقل می‌کند. حرکت شمال شرق-جنوب غرب این پرفشار قوی باعث شده که قسمت اعظم ایران تحت استیلای آن در بیاید. در سال ۲۰۰۸ موج مربوط به

اورال و دو مرکز پرفشار با اهمیت در ایجاد موج سرد این سال با فشار مرکزی ۱۰۳۸ هکتوپاسکال بر روی شمال دریای سیاه و اروپای شرقی و دیگری سیبری قابل مشاهده است. پرفشار اروپای شرقی هوای سرد و مرطوب را به همراه دارد و باعث سرمای شدید، نزول زیاد دما و بارش برف می‌شود.



نگاره ۷: نقشه مرکب فشار سطح دریا (رنگی) و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ (منحنی میزان) ۲۸ تا ۹ ژانویه ۱۹۶۴ (مأخذ: نگارنده)

نقشه منحنی میزان ۵۰۰ هکتوپاسکالی بر روی منطقه مورد مطالعه نشان دهنده دنباله‌ای از دو کم ارتفاع است که در عرض ۶۰ درجه شمالی بسته شده است. این آرایش از خطوط کنتوری منجر به ورود هوای سرد عرض‌های شمالی از اروپای شمالی و اروپای شرقی و همچنین سیبری به سمت



نگاره ۸: الف- نقشه مرکب فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰، ۱۹ ژانویه تا ۱۷ فوریه ۱۹۷۲، ب- نقشه مرکب فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰، ۷ تا ۱۷ ژانویه ۲۰۰۸ (مأخذ: نگارنده).

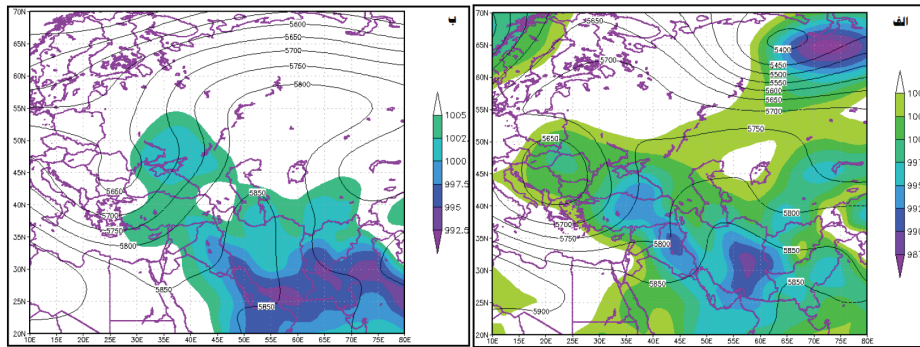
به ۴۰ درجه سانتیگراد نگاره ۹- الف نقشه مرکب این موج گرما را نمایش می‌دهد. در نقشه ۵۰۰ هکتوپاسکال، وجود پشته بسیار قوی در ناحیه با ارتفاع ۵۸۰ تا ۵۸۵ ژئوپتانسیل متر منجر به پایداری کامل هوا بدلیل فرونشینی و بدنبال آن گرمایش بی درو هوا در ناحیه شده است. همچنین دو کم ارتفاع روی جلگه سبیری غربی و بالای دریای مدیترانه شدت این گرمایش را سبب شده است که با کم فشارهای سطح دریا همراهی مشخصی را نشان می‌دهند. نقشه سطح دریا نیز چندین مرکز کم فشار حرارتی که ناحیه را احاطه کرده مشخص می‌کند. مرکز کم فشار بر روی جلگه سبیری غربی با فشار ۹۹۰ هکتوپاسکال، مرکز کم فشار بر روی پاکستان با فشار داخلی ۹۹۸ هکتوپاسکال، مرکز فشار کم بر روی جنوب شرق (منطبق بر بیابان لوت) و جنوب ایران و عربستان با فشار ۹۹۱، مرکز فشار کم عراق با فشار ۹۹۳ هکتوپاسکال، مرکز کم فشار دیگری بر روی ترکیه شکل گرفته است. هوای گرم از کم فشار حرارتی منطقه عربستان و آفریقا به ناحیه منتقل شده و باعث افزایش دمای بیش از حد خود و پایدار شدن شرایط جوی گشته است. پیشروی این پشته به سمت عرض‌های جغرافیایی بالا نسبت به موج گرمای سال ۱۹۷۱ بیشتر بوده است.

در نقشه سال ۲۱ تا ۲۸ ژوئیه ۱۹۷۱ مرکز کم فشار روی دریای سیاه با فشار داخلی ۱۰۰۱، مرکز فشار کم بر روی پاکستان، عربستان و خلیج فارس قابل مشاهده است. سه مرکز بسته فشار بر روی این نقشه در قسمت‌های شمال شرق، شمال غرب و شمال ایران پدیدار است که مرکز

روزهای ۷ تا ۱۷ ژانویه باعث کاهش دمای شدید در ایستگاه انزلی به حداقل ۶- درجه، در رشت به ۱۲-، در رامسر به ۳-، در بابلسر به ۲- و در گرگان به ۹- درجه سانتیگراد شد. راه ورود توده هوای پرفشار CP به ناحیه از طریق زیانه است که در اطراف دریاچه بایکال به حداکثر فشار خود رسیده، و گسترش آن تا شمال ترکیه و دریای سیاه ادامه دارد، هوای سرد عرض‌های بالا را به مناطق پایین تر سرازیر نموده است. این توده هوا بسیار سرد و خشک است و تنها قادر است از دریای گرم رطوبت را جذب کند و با ایجاد ناپایداری در ناحیه بارش را فراهم کند. همچنین پرفشار دیگری در غرب دریای خزر نیز با فشار ۱۰۳۰ با مرکزیت روی ترکیه و دریای سیاه (پرفشار آارات) با پرفشار سبیری یکی شده و سرمای منطقه را دامن زده است. در کنار آن مرکز کم فشاری نیز در روی نقشه سال ۲۰۰۸ قابل مشاهده است که در شمال فنلاند و سوئد می‌باشد که کم فشار از نوع سرد هوای سرد عرض‌های بالا را به منطقه سرازیر می‌کند. از سوی دیگر همراهی یک هسته کم ارتفاع (با فشار کم) با ۵۳۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی دریاچه آرال، منجر به ایجاد یک سردچال جوی و تشدید شرایط سرما در منطقه مورد مطالعه شده است (شکل ۸-ب).

ب- امواج گرما

موج گرمای ۱۹۶۶ که از ۲۴ تا ۱۹ ژوئیه در ناحیه رخ داده سبب افزایش دمای بیش از حد در انزلی به ۳۴ درجه، در رشت به ۳۶، در رامسر ۳۳، در بابلسر به ۳۴ و در گرگان

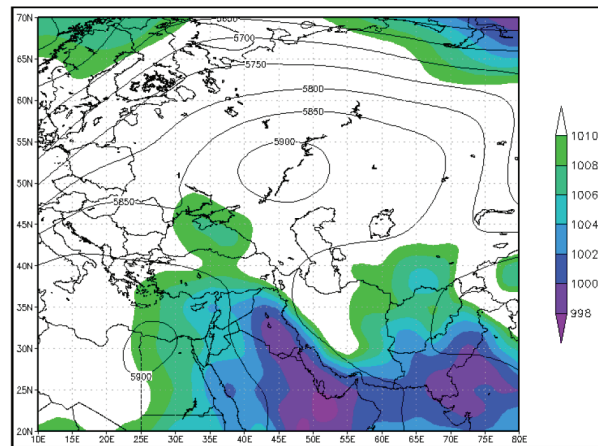


نگاره ۹: الف- نقشه مرکب فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰، ۲۴ تا ۲۹ ژوئیه ۱۹۶۶، ب- نقشه مرکب فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰، ۲۱ تا ۲۸ ژوئیه ۱۹۷۱ (مأخذ: نگارنده).

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر امواج حدی بسیار سرد و گرم با صدک ۰/۰۲ و ۰/۹۸ طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در ۱۵ ایستگاه واقع در سواحل جنوبی دریای خزر مورد شناسایی و تحلیل سینوپتیک قرار گرفت. نتایج نشان داد در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۷۲ و ۲۰۰۸ امواج سرمای شدید در هر پنج ایستگاه رخ داده که با فراوانی و پایداری بالا همراه بوده است همچنین سال‌های ۱۹۶۶، ۱۹۷۱ و ۲۰۱۰ موج‌های گرمای شدید با تداوم بالا رخ داده اند. نقشه‌های مرکب ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و تراز دریا مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد پرفشار کوه‌های آلپ، اروپای شرقی، پرفشار سبیری و کم فشار اورال، کم ارتفاع‌های با بسته‌های ۵۳۰۰ تا ۵۶۰۰ ژئوپتانسیل متر علت اصلی ایجاد کننده امواج سرد ناحیه بوده است در صورتیکه کم فشار عربستان، پاکستان، خلیج فارس در نقشه‌های سطح دریا و پراارتفاع واقع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با بسته‌های بین ۵۰۰۰ و ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر علت اصلی ایجاد موج گرم بوده است. این مراکز فشار واقع در سطح زمین (که غالباً از نوع حرارتی می‌باشند) موجب فرارفت هوای سرد و گرم به منطقه سواحل جنوبی دریای خزر شده اند. از سوی دیگر همراهی یک الگوی مناسب در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (وجود کم ارتفاع یا سردچال جوی و وجود پراارتفاع که منجر به فرونشینی بی در رو بسته هوا می‌شود) مکمل شرایط فشار تراز دریا شده و سبب بروز امواج گرمایی و سرمای در منطقه مورد مطالعه شده است.

بسته شمالی و شمال غرب مربوط به کم فشار دریای سیاه است. پشته مرتفع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال که ناحیه را فرا گرفته (نگاره ۹-ب) باعث استمرار و ریزش هوای بسیار گرم جنب حاره به ناحیه می‌شود و منجر به افزایش مدت و تداوم آن شده است. موج گرمای ۲ تا ۲۱ اوت ۲۰۱۰ (نگاره ۱۰) دمای ناحیه را بین ۳۱ تا ۴۰ درجه از انزلی تا گرگان افزایش داد با توجه به این نقشه‌ها، مراکز کم فشار عربستان و پاکستان در بخش‌های جنوبی ایران قابل مشاهده است، این دو مرکز فشار، با وجود اینکه در نقشه‌های جوی به منطقه نفوذ مشخصی نداشته اند، (و یا اینکه نسبت به دو موج قبل کم فشار حرارتی نفوذ کمتری به منطقه مورد مطالعه داشته است) اما بسته شده منحنی پراارتفاع ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر (مبین وجود پراارتفاع بسیار قوی بر روی شمال دریای خزر) موجب پدید آبی این موج گرما در سال ۲۰۱۰ شده است.



نگاره ۱۰: نقشه مرکب فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰، ۲ تا ۲۱ اوت ۲۰۱۰ (مأخذ: نگارنده)

according to observed values, *Global and Planetary Change*, 57, issue 1-2, pp. 16-26.

11- Folland, C. K., Karl, T. H. R., Salinger, M. J., 2002, Observed climate variability and change, *Weather*, 57, pp. 269-278.

12- Kysely, J., Kalvova, J., Kveton, V., 2000, Heat Waves in the South Moravian Region During the period 1961-1995, *Studia geoph. et geod.*, 44, pp. 57-72.

13- Lynn, B. H., Healy, R., Druyan, L. M., 2007, An Analysis of the Potential for Extreme Temperature Change Based on Observations and Model Simulations, *American Meteorological Society*, 20, pp. 1539-1554.

14- Panmao, Zh. Xiaohua, P., 2003, Change in Extreme Temperature and Precipitation over Northern China During the Second Half of the 20th Century, *Acta Geographica Sinica*.

15- Peterson, T. C., and Coauthors., 2008, Why weather and climate extremes matter. *Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands*, T. R. Karl et al., Eds., U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, 11-33.

16- Stocks, J. M., Taylor, N. A. S., Tipton, M. J., Greenleaf, J. E., 2004, Human physiological responses to cold exposure. *Aviat. Space Environ. Med.*, 75, pp. 444-457.

17- Peterson, T. C., Heim Jr, R. R., Hirsch, R., Kaiser, D. P., Brooks, H., Diffenbaugh, N. S., Dole, R. M., Giovannetone, J. P., Guirguis, K., Karl, T. R., Katz, R. W., Kunkel, K., Lettenmaier, D., McCabe, G. J., Paciorek, C. J., Ryberg, K. R., Schubert, S., Silva, V. B. S., Stewart, B. C., Vecchia, A. V., Villarini, G., Vose, R. S., Walsh, J., Wehner, M., Wolock, D., Wolter, K., Woodhouse, C. A., and Wuebbles, D., 2013, Monitoring and understanding changes in heat waves, cold waves, floods, and droughts in the United States, *American Meteorological Society*, June 2013, pp. 821-834.

18- World Meteorological organization., 2011, WMO Statement on the status of the global climate in 2010, WMO-NO.1074.

منابع و مآخذ

۱- صادقی، حسین زاده، دوستان، آهنگرزاده؛ سلیمان، سیدرضا، رضا، زهرا؛ ۱۳۹۱، تحلیل همبستگی امواج سرمای در شمال شرق ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳، صص. ۱۰۷-۱۲۳.

۲- قاسمی فر، الهام، ۱۳۹۱، ناحیه بندی تغییرات اقلیم در سواحل دریای خزر با تأکید بر مقادیر دما، راهنما: دکتر بهلول علیجانی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خوارزمی تهران، گروه جغرافیا.

۳- لشکری، حسن، ۱۳۸۷، تحلیل سینوپتیک موج سرمای فراگیر ۱۳۸۲ در ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۶۶، صص ۱-۱۸.

4- Bartholy, J., Pongracz, R., 2007, Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001, *Global and Planetary Change*, 57, Issue 1-2, pp. 83-95.

5- Basara, J. B., Basara, H. G., Illston, B. G., Crawford, K. C., 2010, The Impact of the Urban Heat Island during an Intense Heat Wave in Oklahoma City, *Advances in Meteorology*, Volume 2010, Article ID 230365, 10 pages.

6- Beniston, M., Stephenson, D. B., 2004, Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions, *Global and Planetary Change*, 44, issue 1-4, pp. 1-9.

7- Brown, S. J., Caesar, J., Ferro, C. A. T., 2008, Global Changes in Extreme daily temperature since 1950, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984-2012), 113, Issue D5.

8- Campetella, C., Rusticucci, M., 1998, Synoptic analysis of an extreme heat wave over

9- Collins, D. A., Della-Marta, P. M., Plummer, N., Trewin, B. C., 2000, Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia, *Aust. Met. Mag.*, 49, pp. 277-292.

Argentina in March 1980, *Meteorol. Appl.* 5, pp. 217-226.

10- Deque, M., 2007, Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: Model results and statistical correction