مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۸، زمستان ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۱۸

صفحات: ۱۸۸ - ۱۶۹

تحلیل آماری–همدیدی الگوهای سرماهای فراگیر غرب ایران

مصطفی کریمی[1]*، سیف اله کاکی[2]

چکیده

در این پژوهش با استفاده از نمرهٔ استاندارد داده‌های دمای حداقل، مشخصه‌های آماری سرماهای فراگیر غرب ایران و شرایط همدید رخداد آن‌ها برای دورهٔ ۱۹۹۲-۲۰۱۵ تحلیل شد. نخست با بررسی رخدادهای سرمایی و طبقه‌بندی آن‌ها و انتخاب آستانهٔ معین برای تعیین سرماهای فراگیر، ۱۷۶ روز سرد فراگیر در چهار ماه دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس استخراج و سپس با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و با استفاده از روش همبستگی ۵ الگوی گردشی در ایجاد این سرماهای فراگیر استخراج شد. در میان این الگوها، الگوی چهارم با ۱۰۵ روز رخداد به عنوان الگوی اصلی و الگوی سوم فقط با ۳ روز به عنوان رخدادهای تصادفی شناسایی شد. از لحاظ فراوانی ماهانه و سالانه، برخی از الگوها مانند الگوی سوم در سال ۲۰۰۶ و الگوی پنجم در سال ۱۹۹۶ و فقط در ماه ژانویه رخ داده‌اند. برخی دیگر نیز مانند الگوی دوم در سال ۲۰۰۶ و الگوی چهارم در بیشتر سال‌های دورهٔ مطالعاتی و در هر چهار ماه رخ داده‌اند. الگوی اول نیز از سال ۲۰۰۱ به بعد و در ماه‌های ژانویه و فوریه رخ داده است. واکاوی همدیدی روزهای نمایندهٔ الگوها نشان داد که عامل اصلی ایجاد سرماهای فراگیر غرب ایران با توجه به مکان‌گزینی مراکز فشار، نفوذ سرما از سمت شمال شرق، شمال غرب و شمال به منطقه می‌باشد. بطوریکه در الگوی اول و دوم از سمت شمال شرق، الگوی سوم و چهارم از سمت شمال غرب و الگوی پنجم نیز از سمت شمال فرارفت هوای سرد به داخل ایران و منطقهٔ پژوهش اتفاق افتاده است.

واژگان کلیدی: سرمای فراگیر، الگوی گردشی، رخداد سرمایی، فرارفت سرد، غرب ایران.

[1]- استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) Mostafakarimi.a@ut.ac.ir

[2]- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران seyf.kaki72@ut.ac.ir

مقدمه

بررسی ادبیات علمی عناصر آب و هوایی بیانگر این نکته است که دما یکی از مهمترین فراسنج‌های آب و هوایی بوده و از گذشته تاکنون بیشتر روش‌های طبقه‌بندی و ناحیه‌بندی آب و هوایی براساس آن انجام گرفته است (حیدری و سعیدآبادی، ۱۳۸۶). عنصر دما دارای تداوم زمانی و مکانی است و تغییرات آن بر روی انسان و سایر موجودات زنده اثر می‌گذارد. این تغییرات هنگامی که از آستانهٔ مشخصی عبور کنند با عنوان فرین‌های دمایی (سرد و گرم) شناخته می‌شوند که از جمله مخاطرات اقلیمی هستند. یکی از انواع فرین‌های دمایی، امواج سرمایی می‌باشد و هر چند در سال‌های اخیر تحت تأثیر تغییرات اقلیمی از فراوانی، شدّت، وسعت و دوام آن‌ها در اغلب نقاط دنیا کاسته شده است (سسچرینی[1] و همکاران، ۲۰۱۶) اما همچنان یکی از مخاطرات اقلیمی در ۷۰ کشور جهان می‌باشند (بانک جهانی، ۲۰۱۰؛ نقل از قویدل رحیمی، فرجزاده اصل و مطلبی‌زاد، ۱۳۹۵). گرچه موج سرما را افت ناگهانی و بسیار گسترده دما در دوره‌ای کوتاه در حد ۲۴ ساعت ذکر کرده‌اند (جانک سیک[2] و همکاران، ۲۰۰۹)؛ ولی عموماً در قلمرو دانش-های جو، یک موج سرد یا گرم به رویدادی دمایی فراتر از آستانه‌ای معین طی دست‌کم چند روز گفته می‌شود (پترسن[3] و همکاران، ۲۰۱۳). بر این اساس ممکن است که برخی از سامانه‌های اقلیمی باعث نفوذ هوای سرد به یک منطقهٔ وسیع شده که طی چند روز متوالی ماندگاری داشته باشد. بنابراین هدف این پژوهش شناسایی سازوکار ایجاد سرماهایی در غرب ایران می‌باشد که طی چند روز متوالی در سراسر منطقه تداوم داشته باشند. به لحاظ اهمیت موضوع، تاکنون تحقیقات مختلفی به منظور بررسی و استخراج الگوها و سازوکار ایجاد امواج سرمایی و فرین‌های سرد انجام گرفته است. از این تحقیقات در سطح بین‌المللی، کنراد[4] (۱۹۹۵) ارتباط بین شدت رخدادهای سرمای فرین با حرکت سامانه‌ها در مقیاس همدیدی و سیاره‌ای در آمریکای شمالی را مطالعه کرد و نتیجه گرفت که ناهنجاری‌های گردشی در مقیاس سیاره‌ای در مقایسه با ناهنجاری‌ها در مقیاس همدید ارتباط بیشتری دارد. پرایتو[5] و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی تأثیر نوسان اطلس شمالی بر دماهای فرین زمستانی مادرید، ۵ الگوی گردشی در ایجاد این فرین-های سرد را نشان دادند که ۳ مورد جریان‌های سرد هوا بر روی شبه جزیرهٔ ایبری را نشان می‌دهد و بین دماهای فرین سرد با شاخص نوسان اطلس شمالی ارتباط غیرخطی وجود داشت. میهل[6] (۲۰۰۴) در یک مطالعه، علل ایجاد یخبندان‌های غرب و جنوب غرب ایالات متحده را ناشی از گسترش زبانه‌های پرفشار عرض‌های قطبی به سمت عرض‌های پایین‌تر و انتشار سرماهای فراگیر در این مناطق تشخیص داد. کریستی[7] (۲۰۰۷) تغییرات وسعت حداکثر سالانهٔ پوشش برف بر روی دریای بالتیک را با تغییرات شدید دمای ساحلی و وقوع یخبندان در دورهٔ زمستانه مرتبط دانست و پوشش برف عامل تشکیل پرفشار حرارتی بر روی منطقه و بروز یخبندان‌های شدید به ویژه در نواحی

1- Ceccherini
2- Jongsik
3- Peterson
4- Konrad
5- Prieto
6- Meehl
7- Kiristi

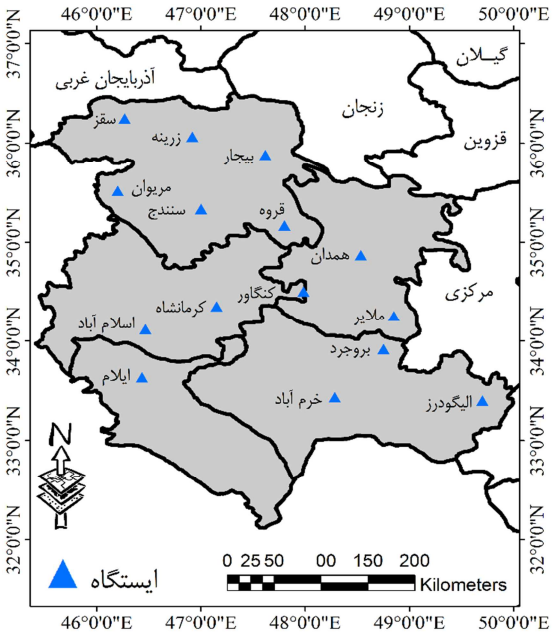
ساحلی این دریاچه بود. کانی[1] و همکاران (۲۰۰۸) واچرخند اقیانوس اطلس و شمال اروپا، کم فشارهای متوالی در غرب و مرکز اروپا، بادهای غربی، شرایط بارومتریک در ناحیه مدیترانه و کم فشارهای لیتوانی و استونی را عوامل اصلی وقوع امواج سرد در اروپا دانستند. پارک[2] و همکاران (۲۰۰۸) در واکاوی رخداد موج‌های سرمای شرق آسیا در ارتباط با گردش‌های جوی مشخص کردند که ناهنجاری‌های باد در ترازهای زیرین جو بوسیلهٔ ناهنجاری‌های گردشی ترازهای بالای جو ایجاد شده و منجر به شیو دما در راستای نصف‌النهاری و وزش سرمای بسیار شدیدی در شرق آسیا می‌شوند. در ایران نیز تحقیقات مختلفی در ارتباط با امواج سرمایی، سرماهای فراگیر و الگوها و عوامل ایجاد آن‌ها صورت گرفته است. از جمله مرادی (۱۳۸۰) افت دما در کشور را با شدت فعالیت کم‌فشار ایسلند مرتبط دانست و بیان کرد که هر قدر پربند معرف تاوهٔ قطبی در عرض‌های جنوبی‌تر استقرار یابد به دلیل ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی، دمای هوا در مناطق مختلف کشور کاهش می‌یابد. علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷) عامل ایجاد سرماهای شدید در شمال غرب ایران را با استقرار ناوه‌ای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقهٔ مورد مطالعه در قسمت عقب آن و همچنین وجود یک پرفشار در سطح زمین مرتبط دانستند. کاشکی و خوشحال (۲۰۱۳) حرکت تاوهٔ قطبی به سمت جنوب و قرارگیری آن در شمال غرب ایران را مسبب شروع بارش برف در فصل پاییز دانستند که با جابجایی آن به سمت شمال، بارش برف در بهار به سمت شمال پایان می‌یابد. مسعودیان و دارند (۱۳۹۰) در بررسی عوامل ایجاد سرماهای فرین ایران، پنج الگوی پرفشار سیبری-اروپا، پرفشار سیبری-کم فشار ایسلند، پرفشار سیبری، پرفشار شمال خزر-سیبری و پرفشار شمال خزر را مؤثر دانستند. صادقی، حسین‌زاده، دوستان و آهنگرزاده (۱۳۹۱) عامل ایجاد موج سرمای چندین روزه در منطقهٔ شمال شرق ایران را ریزش هوای سرد در شرق پشته بر روی کوه‌های اورال و حرکت کند و ایستایی ناوه دانستند و مهمترین پدیده سینوپتیکی و عامل اصلی وقوع سرما، قرارگیری منطقه در پشت ناوهٔ عمیق واقع در دریاچه آرال بود.

قویدل رحیمی (۱۳۹۰) سرماهای فرین منطقه آذربایجان را از نوع انتقالی دانست و نتیجه گرفت بلوکینگ‌های مختلف به شکل ناوه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و دینامیک آن نقش مهّمی در شارش هوای سرد عرض‌های بالاتر از ۶۰ درجهٔ شمالی به منطقه آذربایجان دارند. قویدل رحیمی، فرجزاده اصل و مطلبی‌زاد (۱۳۹۵) وجود پرفشار در سطح زمین و ناوهٔ عمیق در سطوح فوقانی جو را عامل ایجاد امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران دانستند و نقش بلوکینگ در تغییر باد مداری به نصف‌النهاری و کند شدن سرعت حرکت سرمای نفوذی به منطقه مؤثر بود. با توجه به وقوع موج‌های سرمایی و افت محسوس دما در دوره‌های زمانی مختلف که می تواند بعنوان یک مخاطره اقلیمی نیز در منطقه غرب ایران مدنظر قرار گیرد، هدف این مطالعه استخراج الگوهای همدید رخداد سرماهای فراگیر چند روزه در غرب ایران می‌باشد.

1- Cony
2- Park

داده‌ها و روش‌ها

هدف از این پژوهش مطالعهٔ سرماهای فراگیر غرب ایران در استان‌های کردستان، کرمانشاه، ایلام، لرستان و همدان (شکل۱) می‌باشد. بدین منظور نخست داده‌های دمای حداقل روزانهٔ ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس ۱۵ ایستگاه سینوپتیک در منطقهٔ پژوهش مقارن با ساعت ۶/۳۰ به وقت محلی (۳/۳۰ به وقت گرینویچ) از سازمان هواشناسی[1] کشور برای دورهٔ آماری (۱۹۹۲-۲۰۱۵) اخذ شد. انتخاب سال پایهٔ ۱۹۹۲ به این دلیل بود که این سال برابر با شروع ثبت داده‌های هواشناسی در تعدادی از ایستگاه‌های منطقه بود. داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، باد مداری و نصف‌النهاری و دما نیز در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با قدرت تفکیک ۲/۵×۲/۵ درجه و در محدودهٔ ۱۵ تا ۷۰ درجهٔ عرض شمالی و صفر تا ۹۰ درجهٔ طول شرقی از پایگاه داده‌های بازکاوی شدهٔ مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و پژوهش‌های جوی ایالات متحده[2] اخذ شد.



شکل ۱: محدودهٔ مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد استفاده

تاکنون روش‌های مختلفی برای مطالعهٔ الگوهای سرمایی در مناطق مختلف کشور استفاده شده است. هر کدام از این روش‌ها بسته به هدف محقق متفاوت می‌باشند. از جمله این روش‌ها می‌توان از شاخص نمرهٔ استاندارد با آستانهٔ ۱/۲- و کمتر برای تعیین سرماهای شدید (علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷) و امواج سرمایی (صادقی، حسین‌زاده، دوستان و آهنگرزاده ۱۳۹۱)، شاخص دمای سوزباد[3] برای تحلیل سرماهای شدید (خوش‌اخلاق، داوودی، روستا و حقیقی،

1- www.weather.ir
2- NCEP/NCAR
3- Wind Chill Temperature

۱۳۹۱)، شاخص فومیاکی[1] در بررسی دماهای فرین پایین فراگیر (قویدل رحیمی، ۱۳۸۹) و سرماهای فرین (دارند و مسعودیان، ۱۳۹۴) و شاخص نمره استاندارد با آستانهٔ ۰/۵- و کمتر برای تعیین امواج سرمایی (قویدل رحیمی، فرج-زاده اصل و مطلبی‌زاد، ۱۳۹۵) نام برد. در این پژوهش با هدف تعیین سرماهای فراگیر غرب کشور، از شاخص نمرهٔ استاندارد داده‌های دمای حداقل با آستانهٔ شروع ۰/۵- استفاده شد و چهار آستانهٔ عددی بر مبنای نمرهٔ استاندارد برای تفکیک رخدادهای سرمایی[2] با توجه به شدت آن‌ها (جدول۱) در نظر گرفته شد. انتخاب این روش به این دلیل بود که رخدادهای سرمایی با ماندگاری ۳ روز و بیشتر را در منطقه تعیین کرده و با طبقه‌بندی آن‌ها، تشابه و تفاوت ایستگاه‌های نمایندهٔ منطقه و همچنین سردترین و گرمترین مناطق را در طول دورهٔ مطالعاتی شناسایی کنیم.

جدول ۱: رخدادهای سرمایی و دامنهٔ شدت آن‌ها بر اساس نمرهٔ استاندارد داده‌های دمای حداقل

ردیف	رخدادهای سرمایی	دامنهٔ رخدادها بر اساس نمرهٔ استاندارد
۱	سرد ضعیف	۰/۹۹- تا ۰/۵-
۲	سرد متوسط	۱/۹۹- تا ۱-
۳	بسیار سرد	۲/۹۹- تا ۲-
۴	ابَر سرد	کم تر از ۳-

منبع: (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۴)

برای انجام پژوهش، نخست با استفاده از داده‌های دمای حداقل روزانهٔ هر یک از ایستگاه‌ها یک سری زمانی تشکیل شد و با تعیین انحراف معیار و میانگین بلند مدت آن‌ها، نمرهٔ استاندارد آن‌ها با استفاده از رابطهٔ ۱، (قویدل رحیمی، فرجزاده اصل و مطلبی‌زاد، ۱۳۹۵) محاسبهٔ شد.

$$T_{min} = (T_{min_i} - \overline{T_{min}})/SD \qquad (۱)$$

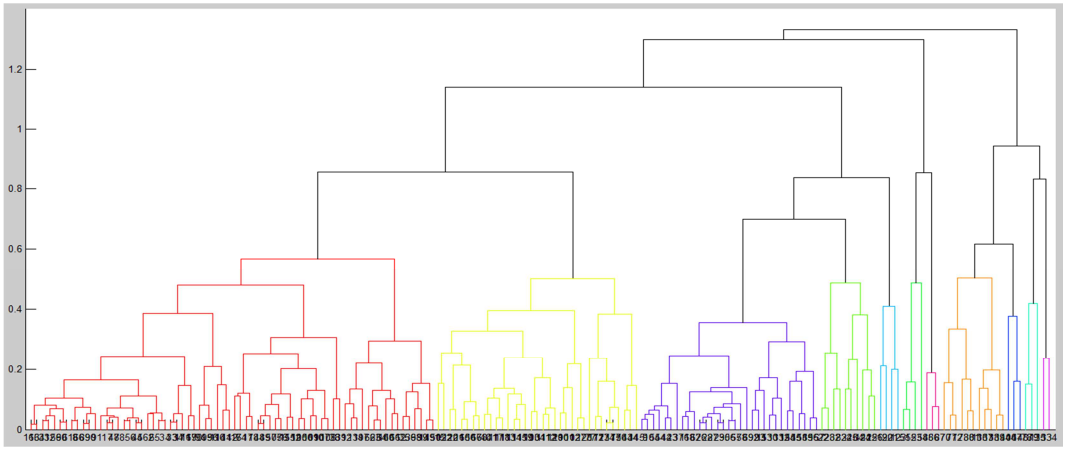
در این رابطه؛ T_{min} دمای حداق استاندارد شده، T_{min_i} دمای حداقل روزانه هر یک از ماه های سرد سال برحسب درجه سانتیگراد، $\overline{T_{min}}$ میانگین بلندمدت داده‌های دمای حداقل روزانه بر حسب درجهٔ سانتیگراد و SD انحراف معیار بلند مدت داده‌های دمای حداقل ایستگاه‌ها می‌باشد. سپس دمای حداقل روزانه با نمرهٔ استاندارد مساوی یا کم‌تر از ۰/۵- به عنوان شروع سرماهای فراگیر[3] در نظر گرفته شد و شرط لازم برای تعیین روز سرد فراگیر، نمرهٔ استاندارد مساوی یا کمتر از ۰/۵- در تمام ایستگاه‌ها برای حداقل سه روز متوالی است. در این شرایط هر روز سرد فراگیر ممکن است در تعدادی از ایستگاه‌ها یک رخداد ابَرسرد باشد و در تعداد دیگر رخداد بسیار سرد باشد و الی آخر. بررسی اولیه نشان داد که ماه‌های اکتبر و نوامبر دارای روز سرد فراگیر نبودند. بنابراین بار دیگر نمرهٔ استاندارد

1- Fumiaki

۲- تمام روزهایی که بر اساس شاخص نمرات استاندارد دمای حداقل، به چهار دسته (جدول۲) تفکیک شدند.

۳- تعداد روزهایی از رخدادهای سرمایی که نمرهٔ استاندارد آن‌ها مساوی یا کم‌تر از ۰/۵- باشد و حداقل برای سه روز متوالی در تمام ایستگاه‌ها تداوم داشته باشند.

دمای حداقل ماه‌های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس محاسبه شد و تعداد ۱۷۶روز سرد فراگیر انتخاب شدند. با توجه به طول دورهٔ مورد مطالعه، یک ماتریس به ابعاد ۸۱۸۶×۱۱۸۹ با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز۸۵۰ هکتوپاسکال در نرم افزار متلب[1] تشکیل شد. این ماتریس را ماتریس T می‌نامیم که در آن سطرها (۱۱۸۹) نمایندهٔ مکان و ستون‌ها (۸۱۸۶) زمان می‌باشند و دارای ۸۱۸۶ روز و ۱۱۸۹ مکان است. با تعیین ۱۷۶ روز سرد فراگیر، ابعاد ماتریس مذکور به ۱۷۶×۱۱۸۹ کاهش یافت و این ماتریس مبنای تحلیل‌های بعدی قرار گرفت. در ادامه برای آشکارسازی الگوهای وقوع سرماهای فراگیر، یک تحلیل خوشه‌ای به روش همبستگی بر روی ماتریس ۱۷۶×۱۱۸۹ انجام شد و در آن با تعیین ضریب همبستگی آستانه (۰/۶) که بر اساس نقطهٔ شکست تعداد گروه‌ها تعیین شد، روزهایی که با یکدیگر دارای بیشترین همبستگی بودند و با روزهای دیگر کمترین همبستگی را داشتند ۱۱ گروه تشکیل دادند (شکل۲).



شکل ۲: نمودار درختی گروه‌ها بر اساس ضریب همبستگی آستانهٔ ۰/۶

برای کاستن از تعداد گروها و دست یافتن به تعدادی الگوی اصلی، با استفاده از روش ترکیبی مقایسهٔ همبستگی بین گروه‌ها و تفسیر چشمی، تعدادی از این گروه‌ها که دارای بیشترین همبستگی بودند با هم ترکیب شدند و در نهایت ۵ الگوی اصلی در رخداد سرماهای فراگیر استخراج شد. با محاسبهٔ ماتریس همبستگی درون گروهی، روزهای نمایندهٔ هر الگو استخراج شدند که دارای بیشترین همبستگی دورن گروهی بوده (جدول۱) و معرف هریک از خوشه‌های تعیین کنندهٔ الگوهای همدید در منطقه هستند. مقادیر دمای روز نمایندهٔ الگو، یک روز قبل و یک روز بعد آز آن در جدول۲ آورده شده است. در نهایت نیز با ترسیم نقشه‌های همدیدی با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، باد مداری و نصف‌النهاری و دما در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال[2]، به تحلیل هر کدام از این الگوها و سازوکار به وجود آورندهٔ آن‌ها پرداخته شد.

1- MatLab

۲- واژهٔ هکتوپاسکال جهت خلاصه نویسی، در ادامه به صورت هـپ نوشته می‌شود.

جدول۲: مقادیر دمای حداقل در روز نماینده، روز قبل و روز بعد از آن در هر یک از الگوهای گردشی

الگوی ۱			الگوی ۲			الگوی ۳			الگوی ۴			الگوی ۵		
روز قبل	روز نماینده	روز بعد	روز قبل	روز نماینده	روز بعد	روز قبل	روز نماینده	روز بعد	روز قبل	روز نماینده	روز بعد	روز قبل	روز نماینده	روز بعد
۳ فوریه ۲۰۱۲	۴ فوریه ۲۰۱۲	۵ فوریه ۲۰۱۲	۱۶ فوریه ۱۹۹۳	۱۷ فوریه ۱۹۹۳	۱۸ فوریه ۱۹۹۳	۱۵ ژانویه ۲۰۰۶	۱۶ ژانویه ۲۰۰۶	۱۷ ژانویه ۲۰۰۶	۱۶ ژانویه ۱۹۹۳	۱۷ ژانویه ۱۹۹۳	۱۸ ژانویه ۱۹۹۳	۱۳ ژانویه ۱۹۹۶	۱۴ ژانویه ۱۹۹۶	۱۵ ژانویه ۱۹۹۶
-۶	-۱۰/۷	-۸/۴	-۱۰/۹	-۱۲/۱	-۱۱/۸	-۸/۶	-۱۲/۶	-۹/۳	-۱۰/۶	-۱۱/۷	-۱۰/۹	-۷/۳	-۹/۸	-۸/۱

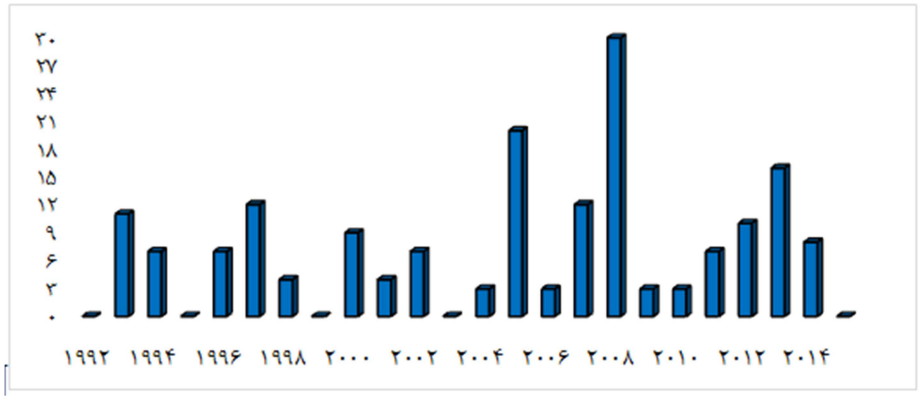
نتایج و بحث

بررسی رخدادهای سرمایی در منطقه (جدول۳) نشان داد که بیشترین فراوانی روزانه رخدادهای اَبَر سرد با ۵۸ روز در ایستگاه مریوان به وقوع پیوسته و رخدادهای بسیار سرد نیز با ۱۳۲ مورد در ایستگاه سقز بیشترین فراوانی را داشته-اند. فراوانی روزهایی که در آن‌ها رخدادهای سرد متوسط رخ داده است با ۴۸۵ روز مربوط به ایستگاه کرمانشاه می-باشد و رخدادهای سرد ضعیف نیز با ۶۱۸ روز در ایستگاه ایلام بیشترین فراوانی را داشته‌اند. مطابق جدول۲ نتایج آماری نشان می‌دهد که فراوانی رخدادهای اَبَرسرد و بسیار سرد تا حدودی به هم مشابه است و رخدادهای سرد متوسط و سرد ضعیف نیز دارای فراوانی مشابه به هم می‌باشند. بنابراین رخدادهای اَبَرسرد و بسیار سرد در هر ایستگاه معرف بهتری برای نمایش شرایط سرمایی در آن ایستگاه می‌باشند.

پس از تعیین سرماهای فراگیر با شاخص نمرات استاندارد، به لحاظ فراوانی وقوع سالانه (شکل۳) بیشترین رخداد سرماهای فراگیر در سال ۲۰۰۸ بوده که ۳۰ روز سرد فراگیر (۱۷/۰۵ درصد) وجود داشته است و بعد از آن ۲۰ روز سرد فراگیر (۱۱/۳۶ درصد) در سال ۲۰۰۵ رخ داده است. کم‌ترین تعداد نیز مربوط به سال ۱۹۹۲، ۱۹۹۵، ۱۹۹۹، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۵ بوده که هیچ سرمای فراگیری وجود نداشته است. از نظر فراوانی ماهانه (شکل۴) نیز در ماه ژانویه با ۹۴ روز (۵۳/۴۱ درصد) بیشترین روز سرد و در ماه مارس با سه روز سرد فراگیر (۱/۷) کمترین تعداد رخ داده است.

جدول۳: فراوانی رخدادهای سرمایی و حداقل دمای هر رخداد در ایستگاه‌های مورد مطالعه

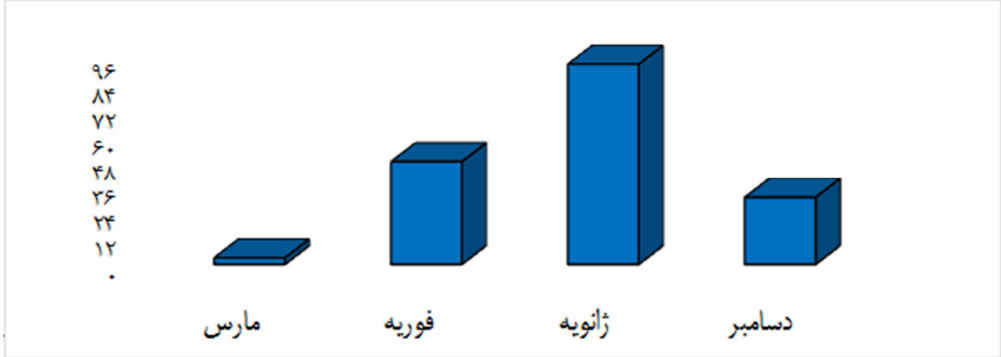
ایستگاه	رخداد ابَر سرد	حداقل دما	رخداد بسیار سرد	حداقل دما	رخداد سرد متوسط	حداقل دما	رخداد سرد ضعیف	حداقل دما	مجموع رخدادها
اسلام آباد	۳۳	-۲۲/۴	۷۱	-۱۵/۶	۳۸۲	-۱۰/۸	۵۰۱	-۶	۹۸۷
کرمانشاه	۷	-۱۸/۳	۶۷	-۱۴/۴	۴۸۵	-۹/۶	۵۲۳	-۴/۷	۱۰۸۲
بیجار	۲۰	-۲۱/۸	۱۲۶	-۱۸	۳۸۰	-۱۲/۸	۴۰۷	-۷/۴	۹۳۳
کنگاور	۴۹	-۲۸/۶	۶۰	-۱۷/۸	۳۰۸	-۱۲/۴	۵۲۹	-۷	۹۴۶
سقز	۴۶	-۳۳	۱۳۲	-۲۳/۳	۲۵۹	-۱۶/۸	۳۹۸	-۱۰/۲	۸۳۵
سنندج	۱۸	-۲۲/۴	۸۰	-۱۵/۴	۴۳۶	-۱۰/۶	۴۶۰	-۵/۶	۹۹۴
زرینه	۱۰	-۲۵/۶	۱۱۰	-۲۲	۴۶۳	-۱۶/۶	۴۴۱	-۱۱/۳	۱۰۲۴
قروه	۳۵	-۲۴	۱۱۲	-۱۸/۷	۳۴۳	-۱۳/۲	۳۹۶	-۷/۶	۸۸۶
مریوان	۵۸	-۲۵/۲	۱۲۶	-۱۷/۶	۲۲۹	-۱۲/۲	۳۵۲	-۶/۸	۷۶۵
ایلام	۱۳	-۱۳/۶	۵۴	-۹/۶	۴۳۸	-۵/۵	۶۱۸	-۱/۲	۱۱۲۳
ملایر	۴۴	-۲۳/۸	۹۱	-۱۵/۴	۳۴۰	-۱۰/۶	۴۱۹	-۵/۶	۸۹۴
همدان	۵۰	-۳۱/۱	۱۱۶	-۲۱	۲۵۷	-۱۵	۳۸۹	-۹/۱	۸۱۲
خرم‌آباد	۴	-۱۴/۶	۵۴	-۱۰/۴	۴۷۸	-۶/۲	۵۵۲	-۲/۲	۱۰۸۸
بروجرد	۲۶	-۲۱/۴	۱۰۷	-۱۳/۸	۳۳۷	-۸/۸	۲۲۷	-۴	۶۹۷
الیگودرز	۲۴	-۲۴/۸	۱۱۰	-۱۶/۶	۳۷۵	-۱۱/۶	۳۷۹	-۶/۶	۸۸۸



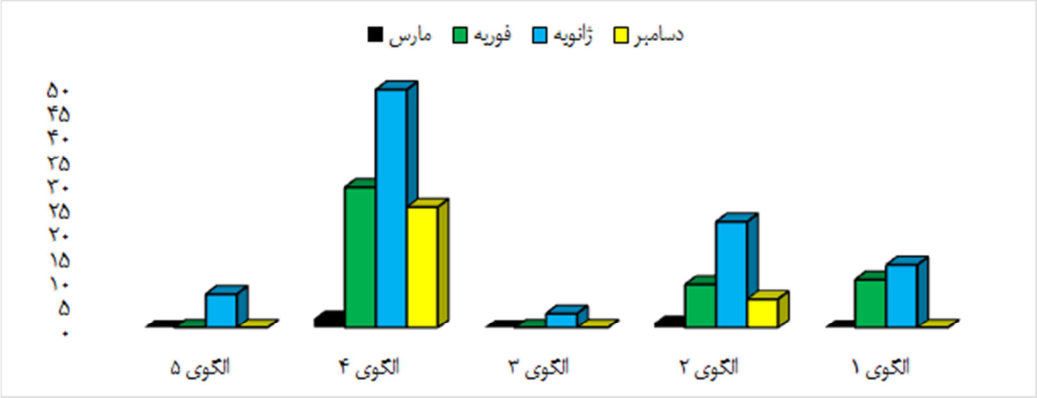
شکل۳: نمودار فراوانی سالانهٔ سرماهای فراگیر در دورهٔ مورد مطالعه

برای تعیین الگوهای گردشی که باعث ایجاد سرماهای فراگیر در منطقه می‌شوند از روش همبستگی استفاده شد و فراوانی ماهانه (شکل۵) و سالانه (شکل۶) سرماهای فراگیر در هر الگو مشخص شد. در تمام الگوها بیشترین سرماهای فراگیر در ماه ژانویه رخ داده است و پس از آن سه مورد از الگوها در ماه فوریه به وقوع پیوسته‌اند. در بین الگوهای گردشی، الگوی چهارم در تمام ماه‌ها و تقریباً در تمام سال‌ها رخ داده است. پس از این الگو نیز الگوی دوم در مقیاس ماهانه و الگوی اول در مقیاس سالانه از فراوانی بیشتری برخوردار هستند. الگوی سوم و پنجم در مقیاس ماهانه و الگوهای دوم، سوم و پنجم در مقیاس سالانه کمترین فراوانی را داشته‌اند. الگوی دوم و سوم فقط در سال ۲۰۰۶

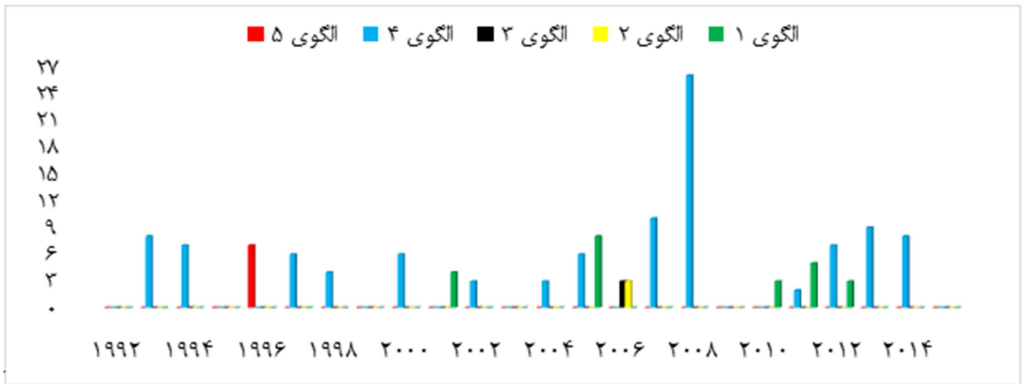
مشاهده شده‌اند و الگوی اول نیز از سال ۲۰۰۱ به بعد مشاهده شده که سه بار رخ داده است. مشخصات کامل هر یک از الگوهای گردشی در جدول ۴ آورده شده است.



شکل۴: نمودار فراوانی ماهانهٔ سرماهای فراگیر در دورهٔ مورد مطالعه



شکل۵: نمودار فراوانی ماهانهٔ سرماهای فراگیر در هر کدام از الگوهای گردشی



شکل۶: نمودار فراوانی سالانهٔ سرماهای فراگیر در هر کدام از الگوهای گردشی

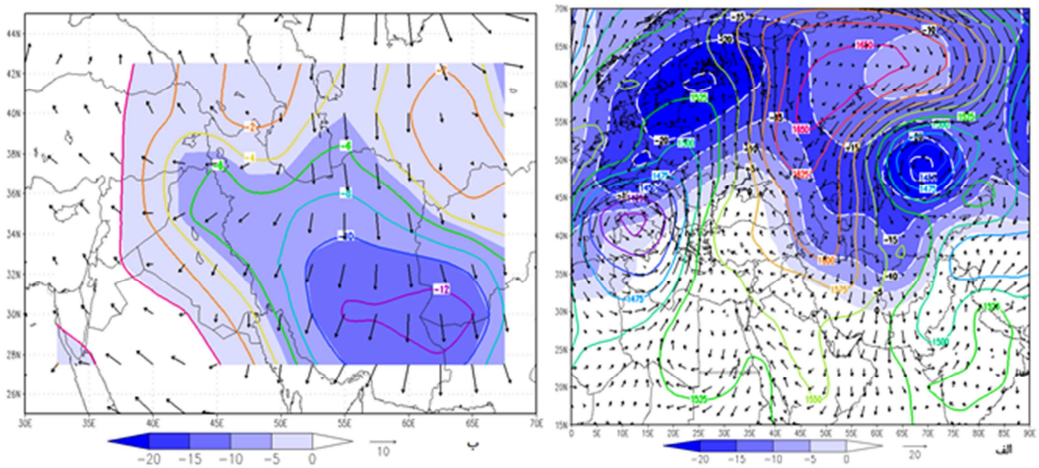
جدول ۴: ویژگی‌های هر یک از الگوهای گردشی رخداد سرماهای فراگیر

الگوی گردشی	روزهای عضو	فراوانی ماهانه	فراوانی سالانه	درصد رخداد	روز نماینده	همبستگی درون گروهی	حداکثر وزش دمایی منفی
۱	۲۳	۲	۵	۱۳/۰۷	۴ فوریه ۲۰۱۲	۰/۷۵	$-C^o$ 6
۲	۳۸	۴	۱	۲۱/۵۹	۱۷ فوریه ۱۹۹۳	۰/۸۳	$-C^o$ 6
۳	۳	۱	۲	۱/۷۰	۱۶ ژانویه ۲۰۰۶	۰/۹۲	$-C^o$ 2
۴	۱۰۵	۴	۱۴	۵۹/۶۶	۱۷ ژانویه ۱۹۹۳	۰/۸۵	$-C^o$ 3
۵	۷	۱	۱	۳/۹۸	۱۴ ژانویه ۱۹۹۶	۰/۷۸	$-C^o$ 4

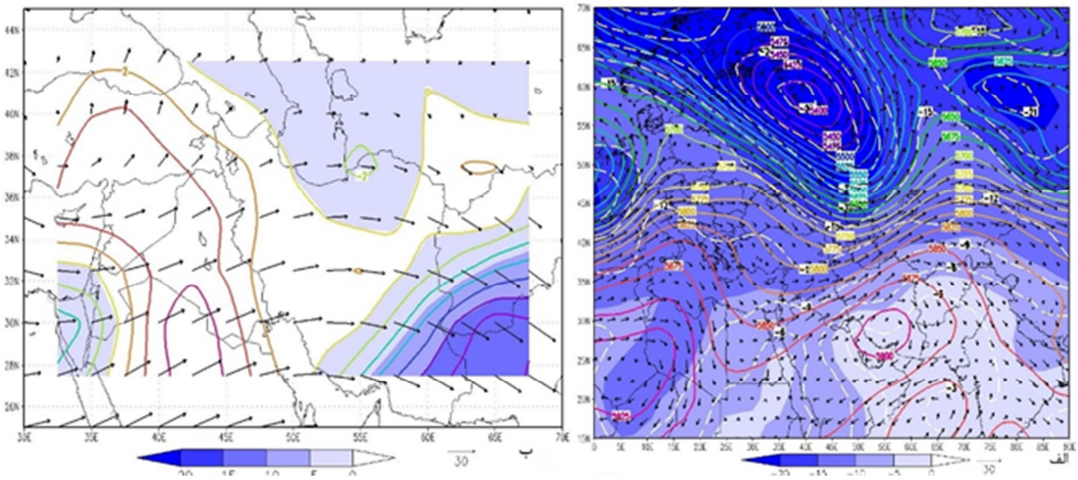
الگوی گردشی ۱

این الگو ۲۳ روز از سرماهای فراگیر را نمایندگی می‌کند که ۱۳ روز در ماه ژانویه و ۱۰ روز در ماه فوریه رخ داده است. با توجه به همبستگی میان روزهای عضو این الگو، روز ۴ فوریه ۲۰۱۲ به عنوان نمایندهٔ این الگو انتخاب شد که دارای همبستگی ۰/۷۵ با روزهای دیگر است. در شکل ۷.الف و ۸.الف موقعیت قرارگیری مراکز ارتفاع ژئوپتانسیل (m)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هـ‌پ نمایش داده شده است. درتراز ۸۵۰ هـ‌پ یک هستهٔ کم‌ارتفاع بر روی اروپا تشکیل شده است که ضمن حرکت چرخندی خود، هوای گرم عرض‌های پایین را به سمت عرض‌های بالا منتقل می‌کند. از طرف دیگر پرفشار سیبری نیز در موقعیت ۵۰ تا ۸۰ درجه شرقی و ۴۵ تا ۶۵ درجهٔ شمالی مکان‌گزینی کرده و یک مرکز کم ارتفاع در پایین آن تشکیل شده است. نفوذ زبانهٔ پرفشار از سیبری، موجب ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی به سمت پایین شده است. همچنین حرکت چرخندی مرکز کم‌ارتفاع باعث شده است تا جهت جریانات هوای سرد، شمالی شود. بردارهای جهت و سرعت باد و هسته‌های کمینهٔ دما در تراز ۸۵۰ هـ‌پ نشان می‌دهد که هوای سرد در امتداد شمالی و از سمت شمال شرق به داخل کشور نفوذ یافته است. در مجموع حاکمیت این شرایط باعث شده است تا دما در منطقهٔ پژوهش (0 C^o تا ۵-) کاهش بیابد و خط همدمای صفر درجه بر روی منطقهٔ پژوهش تا عرض‌های تقریبی ۳۴ درجه نفوذ کند. در تراز ۵۰۰ هـ‌پ یک پشته بر روی ایران و یک کم ارتفاع بر روری ترکیه قرار دارد. حرکت چرخندی این کم‌ارتفاع، هوای سرد عرض‌های بالا را به روی ایران منتقل کرده است و حرکت واچرخندی پرارتفاع نیز هوای سرد را به عرض‌های پایین‌تر منتقل می‌کند. جهت جریانات نیز غربی و جنوب غربی می‌باشند و دما در منطقه پژوهش به (24 $-C^o$) نیز رسیده است. در شکل ۷.ب و ۸.ب وزش دمایی منفی (10-5s-1 C^o*) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هـ‌پ ترسیم شده‌اند. در تراز ۸۵۰ هـ‌پ یک هسته‌ای از وزش دمایی منفی با بیشینهٔ شدت C^o 6- در غرب ایران وجود دارد. بردارهای سرعت و جهت باد نیز وزش جریاناتی را نشان می‌دهد که در ابتدا دارای جهت شمالی می‌باشند و با ورود به داخل کشور از سمت شمال شرق، جهت شمال شرقی گرفته و موجب فرارفت سرد به سمت بخش‌های غربی کشور ایران شده است. در تراز ۵۰۰ هـ‌پ وزش دمایی منفی در منطقهٔ غرب ایران

وجود ندارد و جهت جریانات غربی می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت در این الگو، شرایط سرمایی در اثر حرکت سامانه-ها در ترازهای پایین جو رخ داده است.



شکل ۷ (الگوی گردشی۱): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۸۵۰ هــپ، ۴ فوریه ۲۰۱۲

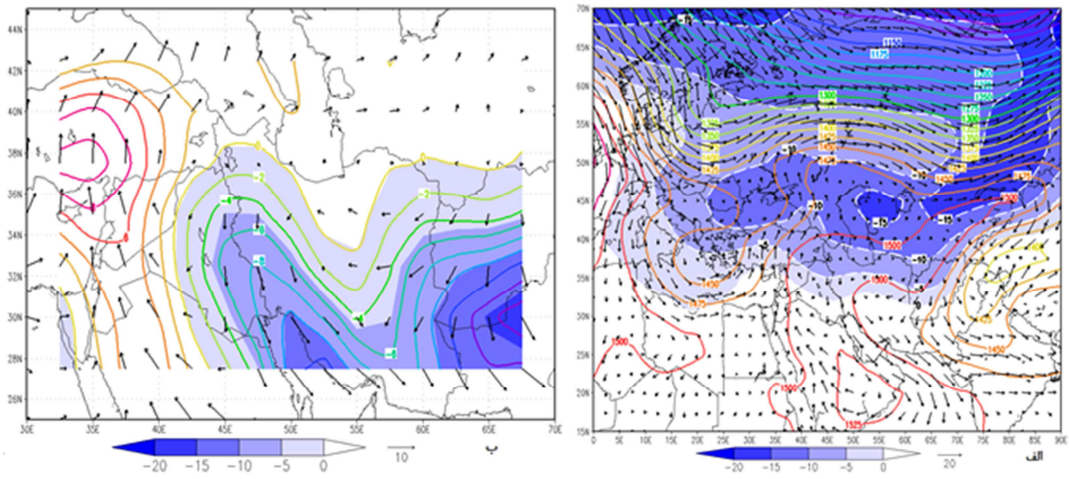


شکل ۸ (الگوی گردشی۱): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۵۰۰ هــپ، ۴ فوریه ۲۰۱۲

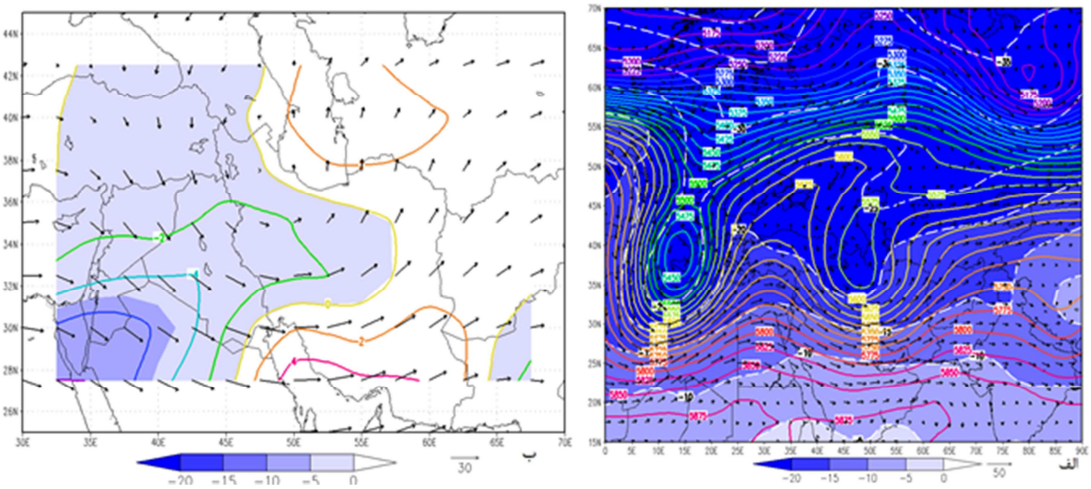
الگوی گردشی ۲

رخداد ۳۸ روز از سرماهای فراگیر در منطقه ناشی از حاکمیت این الگو می‌باشد که ۶ روز آن در ماه دسامبر، ۲۲ روز در ماه ژانویه، ۹ روز در ماه فوریه و ۱ روز در ماه مارس رخ داده است. روز نمایندهٔ این الگو ۱۷ فوریه ۱۹۹۳ می‌باشد که همبستگی ۰/۸۶ با روزهای دیگر دارد. شکل ۹. الف و ۱۰.الف مراکز ارتفاع ژئوپتانسیل (m)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) را در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هـپ به نمایش می‌گذارد. تراز ۸۵۰ هـپ حاکمیت جریانات مداری را در عرض‌های بالاتر از ۴۵ درجهٔ شمالی نشان می‌دهد. در پایین‌تر از این عرض‌ها

حاکمیت با مراکز پرارتفاع می‌باشد. نفوذ یک زبانهٔ پرارتفاع که از روی ایران عبور کرده و تا روی سیبری کشیده شده است، به دلیل حرکت واچرخندی آن هوای سرد را در جهت شمال شرقی وارد ایران کرده است. هسته‌های کمینهٔ دما نیز وجود یک منطقهٔ با دمای کمینهٔ $-۱۵C^{o}$ را بین دریاچهٔ خزر و آرال نشان می‌دهد. سراسر منطقهٔ مطالعاتی در زیر نفوذ خط همدمای ($۰C^{o}$ تا ۵-) قرار دارد. بردارهای جهت و سرعت باد نیز نفوذ هوای سرد را از سمت شمال شرق کشور نشان می‌دهند که در جهت شمال شرقی و با سرعت کم به داخل کشور نفوذ یافته است و سپس جهت شرقی و شمالی یافته‌اند. در تراز ۵۰۰ هـ‌پ یک مرکز کم‌ارتفاع در شمال غرب ایران قرار دارد که تا بخش شمالی منطقهٔ پژوهش نیز کشیده شده و حرکت چرخندی آن موجب ریزش هوای سرد به منطقه شده است. بردارهای سرعت و جهت باد این شرایط را به وضوح بیان می‌کند. بر روی منطقه پژوهش نیز خط همدمای $-۲۰C^{o}$ قرار گرفته است. در شکل ۹.ب و ۱۰.ب مناطق با وزش دمایی منفی ($1s\text{-}5\text{-}10C^{o}*$) و بردارهای جهت و سرعت (m/s) باد روز نمایندهٔ این الگو در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هـ‌پ نمایش داده شده‌اند. مقدار وزش دمایی منفی تراز ۸۵۰ هـ‌پ این روز در منطقهٔ غرب ایران تا $-۶C^{o}$ و بیشتر نیز رسیده است. بردارهای جهت و سرعت باد نشان می‌دهد که جریانات شمال شرقی و شمالی موجب وزش دمایی منفی و ایجاد شرایط سرد شده‌اند. در تراز ۵۰۰ هـ‌پ نیز وزش دمایی منفی تا $-۳C^{o}$ نیز رسیده است و جریانات شمال غربی موجب وزش دمایی منفی به سمت منطقه شده‌اند. بنابراین شرایط در هر دو تراز پایین و میانی جو باعث ایجاد سرمای فراگیر در منطقه شده است.



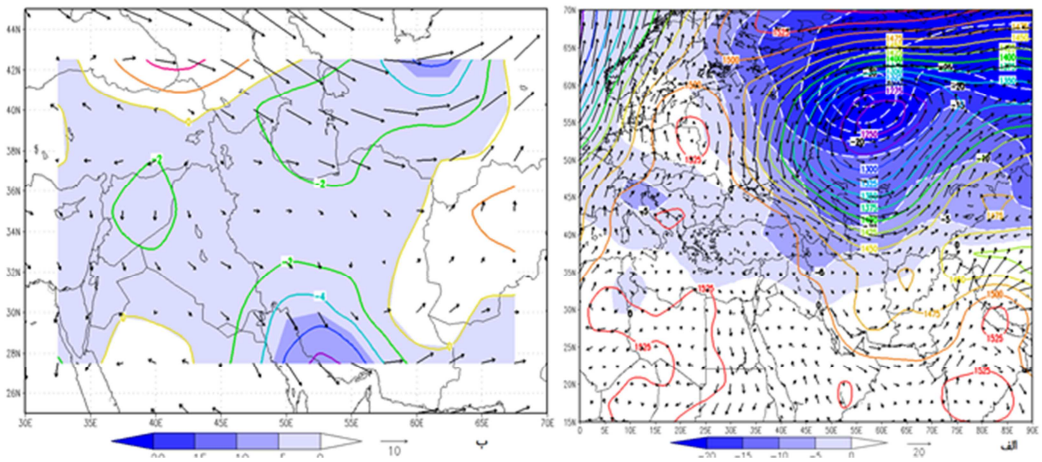
شکل ۹ (الگوی گردشی۲): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^{o}) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۸۵۰ هـ‌پ، ۱۷ فوریه ۱۹۹۳



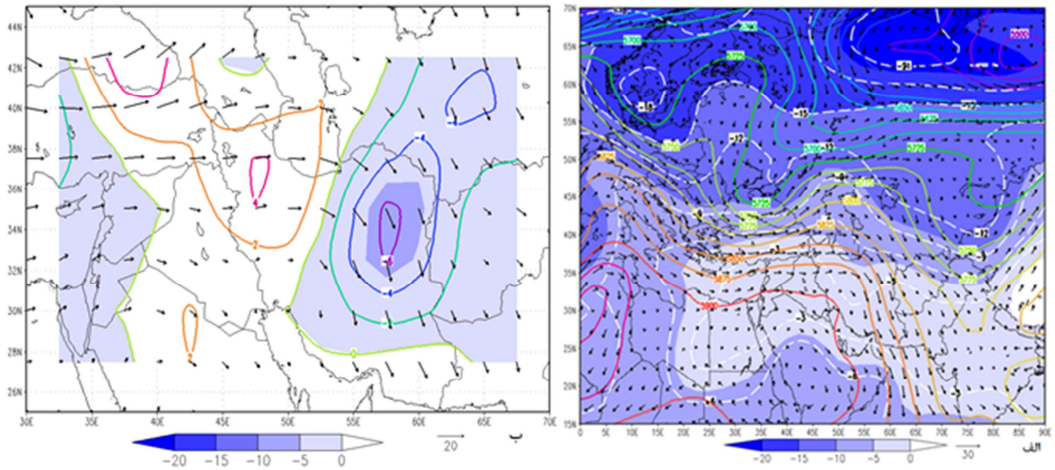
شکل ۱۰ (الگوی گردشی۲): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۵۰۰ هــپ، ۱۷ فوریه ۱۹۹۳

الگوی گردشی ۳

این الگو نیز ۳ روز از وقوع سرماهای فراگیر را در منطقه نمایندگی می‌کند که هر ۳ روز آن در ماه ژانویه رخ داده است. روز ۱۶ ژانویه ۲۰۰۶ با همبستگی ۰/۹۴ به عنوان روز نمایندهٔ این الگو انتخاب شده است. در شکل ۱۱.الف و ۱۲.الف مراکز ارتفاع ژئوپتانسیل (m)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هــپ ترسیم شده‌اند. در تراز ۸۵۰ هــپ یک هستهٔ کم ارتفاع قوی در شمال دریای خزر مکان‌گزینی کرده و تا عرض‌های قطبی کشیده شده است. حاشیهٔ جنوبی این کم ارتفاع تا روی دریای خزر کشیده شده و حرکت چرخندی این کم ارتفاع، هوای سرد عرض‌های بالا را به سمت پایین منتقل می‌کند. در نهایت یک زبانهٔ هوای سرد از سمت شمال غرب وارد غرب ایران شده و باعث افت دما و حاکمیت شرایط سرمایی (C^o صفر تا ۵-) در منطقهٔ پژوهش شده است. بردارهای جهت و سرعت باد وجود جریانات شمال غربی و غربی با سرعت متوسط را بر روی غرب ایران نشان می‌دهد. در تراز ۵۰۰ هــپ یک پرارتفاع گسترده بر روی آفریقا و منطقه خاورمیانه قرار گرفته است که نقش آن در انتقال سرما به شرق ایران محسوس است. در این تراز جهت جریانات بر روی منطقه غربی می‌باشد و بر روی منطقه پژوهش خط همدمای ($3C^o$-) قرار دارد. شکل ۱۱.ب و ۱۲.ب مناطق با وزش دمایی منفی ($*10C^o$-5-1s) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) را در روز نمایندهٔ این الگو در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هــپ نشان می‌دهد. در تراز ۸۵۰ هــپ یک منطقهٔ با وزش دمایی منفی در بیشتر مناطق ایران حاکمیت دارد که قدرت زیادی ندارد. مقدار این وزش دمایی منفی در غرب کشور ایران $2C^o$- می‌باشد. یک هستهٔ بیشینهٔ وزش منفی دمایی نیز بر روی خلیج فارس تشکیل شده است. بردارهای جهت و سرعت باد گویای این است که جریانات غربی و شمال غربی با سرعت کم باعث وزش دمایی منفی بر روی منطقهٔ غرب ایران شده‌اند. در تراز ۵۰۰ هــپ فرارفت سرد بر روی منطقهٔ غرب ایران صورت نگرفته است و جریانلت در امتداد غربی-شرقی قرار گرفته‌اند. بنابراین در این الگو، نقش ترازهای پایینی جو در وقوع سرماهای فراگیر در منطقه مشهود است.



شکل ۱۱ (الگوی گردشی۳): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۸۵۰ هــپ، ۱۶ ژانویه ۲۰۰۶

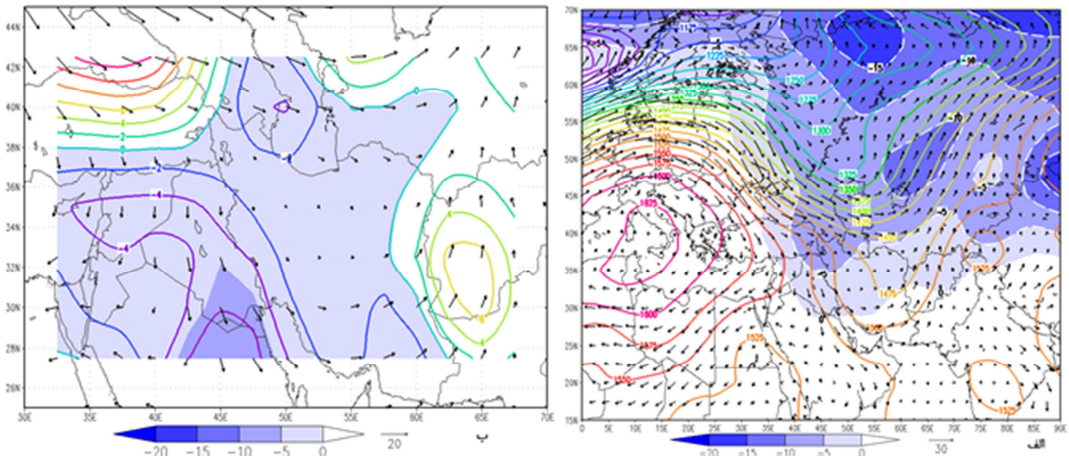


شکل ۱۲ (الگوی گردشی۳): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۵۰۰ هــپ، ۱۶ ژانویه ۲۰۰۶

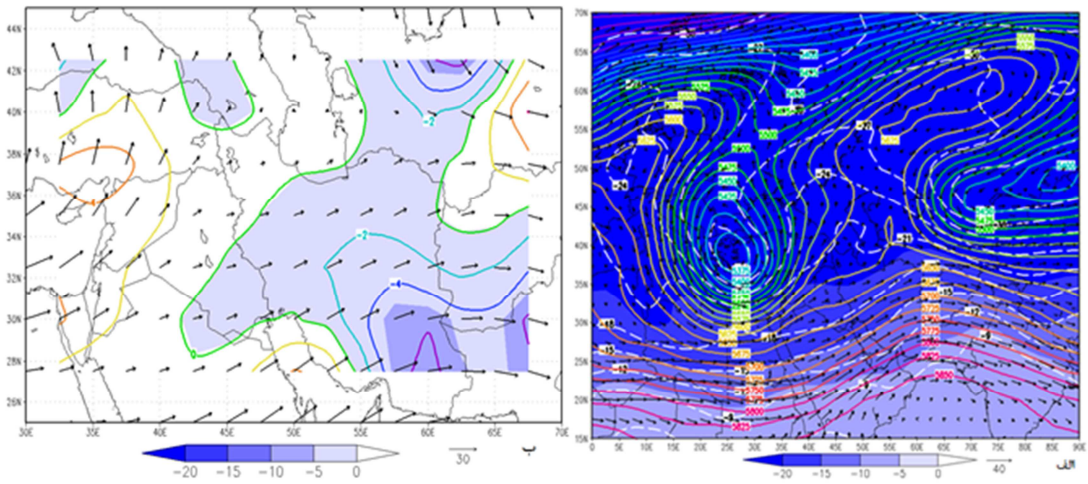
الگوی گردشی شماره ۴

این الگو ۱۰۵ روز از سرماهای فراگیر را در منطقه ایجاد کرده است که ۲۵ روز در ماه دسامبر، ۴۹ روز در ماه ژانویه، ۲۹ روز در فوریه و ۲ روز در ماه مارس رخ داده است. روز ۱۷ ژانویه ۱۹۹۳ با همبستگی ۰/۸۶ با روزهای دیگر این گروه، به عنوان روز نمایندهٔ این الگو انتخاب شد. از روز ۱۴ تا ۲۲ ژانویه این الگو تکرار شده و نشان دهندهٔ نقش بلاکینگ در رخ داد این سرماها است. شکل ۱۳.الف و ۱۴.الف مراکز ارتفاع ژئوپتانسیل (m)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) را در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هــپ نشان می‌دهد. تراز ۸۵۰ هــپ حاکمیت یک پرارتفاع گسترده را در شمال آفریقا و روی اروپا نشان می‌دهد که یک مرکز کم‌ارتفاع نیز در بالاتر از آن قرا دارد. حرکت چرخندی این کم‌ارتفاع هوای سرد را از عرض‌های قطبی به سمت پایین می‌آورد و با حرکت واچرخندی مرکز پرارتفاع که در عرض‌های پایین‌تر قرار دارد، این هوای سرد به عرض‌های پایین‌تر کشیده شده است. زیرا برخورد

حاشیهٔ جنوبی و شمالی این کم ارتفاع و پرارتفاع و نوع چرخش آن‌ها باعث می‌شود که کم ارتفاع به سمت عرض‌های بالا و پرارتفاع به سمت عرض‌های پایین هوا را منتقل کنند. نفوذ یک منطقهٔ کمینهٔ دما از سمت شمال غرب ایران و حاکمیت شرایط سرمایی (C^o صفر تا ۵-) در غرب ایران و نفوذ آن تا عرض ۳۰ درجه نشان دهندهٔ این وضعیت است. بردارهای جهت و سرعت باد نیز وجود جریانات شمال غربی و شمالی را در غرب ایران و نفوذ هوای سرد را نشان می‌دهد. در تراز ۵۰۰ هـپ نیز یک مرکز کم‌ارتفاع روی دریای مدیترانه قرار گرفته است. حرکت چرخندی این مرکز کم ارتفاع نقش مهمی درانتقال سرما از عرض‌های بالا به منطقه داشته است. بردارهای جهت و سرعت باد نشان‌دهندهٔ نفوذ جریانات غربی و جنوب غربی به سمت منطقه می‌باشد. بر روی منطقهٔ پژوهش نیز خط همدمای (C^o۱۸-) قرار گرفته است. این الگو نشان دهندهٔ نقش بلاکینگ در رخداد سرماهای منطقه است. در شکل ۱۳.ب و ۱۴.ب مناطق با وزش دمایی منفی (C^o*۱۰-۵-۱s) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) روز نمایندهٔ این الگو در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هـپ ترسیم شده است. تراز ۸۵۰ هـپ حاکمیت وزش دمایی منفی با شدت C^o۳- را در غرب ایران نشان می‌دهد. بیشینهٔ این هستهٔ منفی در غرب خلیج فارس قرار دارد. بردارهای جهت و سرعت باد نیز حاکمیت جریانات شمال غربی و به طور عمده شمالی با سرعت پایین را در غرب ایران و بخصوص روی عراق نشان می‌دهد که موجب فرارفت سرد شده است. در تراز ۵۰۰ هـپ نیز وزش دمایی منفی به مقدار C^o۱- بر روی غرب ایران وجود دارد و جهت جریانات غربی و جنوب غربی می‌باشد. بنابراین در این الگو هر دو تراز پایین و میانی جو در ایجاد سرماهای فراگیر نقش داشته‌اند.



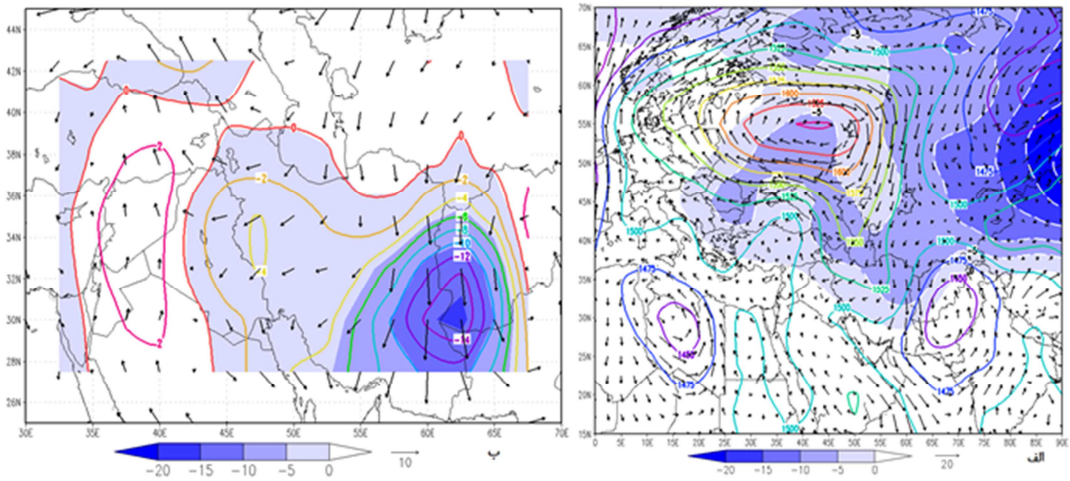
شکل ۱۳ (الگوی گردشی ۴): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۸۵۰ هـپ، ۱۷ ژانویه ۱۹۹۳



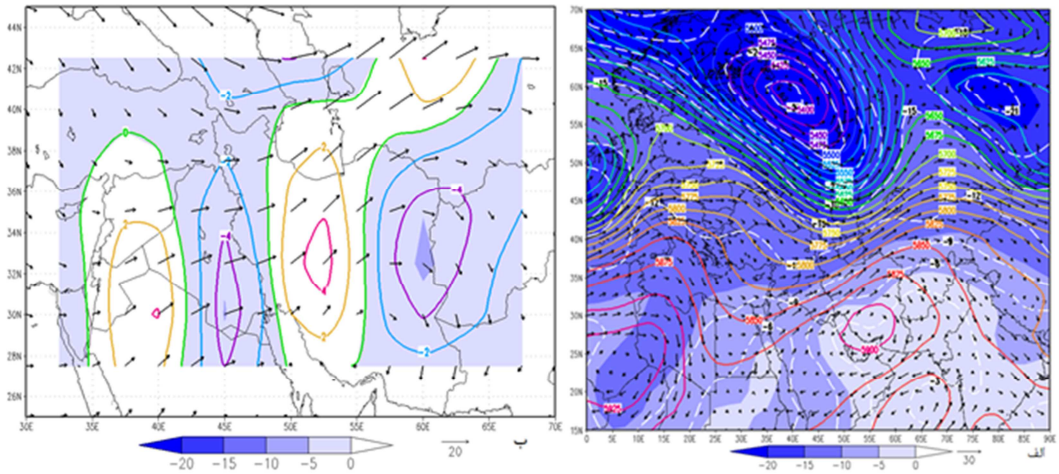
شکل ۱۴ (الگوی گردشی ۴): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۵۰۰ هــپ، ۱۷ ژانویه ۱۹۹۳

الگوی گردشی ۵

تعداد روزهای این الگو ۷ روز است که در ماه ژانویه به وقوع پیوسته است. روز ۱۴ ژانویه ۱۹۹۶ به عنوان روز نمایندهٔ این الگو می‌باشد که دارای همبستگی ۰/۷۸ با روزهای دیگر می‌باشد. در شکل ۱۵.الف و ۱۶.الف مراکز ارتفاع ژئوپتانسیل (m)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هـپ ترسیم شده‌اند. در این الگو یک مرکز پرارتفاع در عرض‌های ۵۰ تا ۶۰ درجهٔ شمالی و در محدودهٔ کوه‌های اورال و مرکز کم-ارتفاعی بر روی افغانستان و پاکستان (جنوب شرق) باعث ایجاد جریانات شمالی-شمال شرقی و فرارفت سرد بر روی ایران و منطقه پژوهش شده است. در تراز ۵۰۰ هـپ یک مرکز پرارتفاع در نیمه جنوبی ایران و یک مرکز کم‌ارتفاع در شمال ایران قرار دارد. بر روی آفریقا نیز یک مرکز پرارتفاع قرار دارد. نحوهٔ چرخش این مراکز و برخورد حاشیهٔ آن‌ها، باعث ایجاد جریانات با جهت غربی شده است. خط همدمای $-9C^o$ بر روی منطقه پژوهش قرار گرفته است. شکل ۱۵.ب و ۱۶.ب مناطق با وزش دمایی منفی ($*C^o10-5-1s$) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) را در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هـپ نمایش می‌دهد. در تراز ۸۵۰ هـپ یک منطقهٔ با وزش دمایی منفی با شدت $-4C^o$ بر روی منطقهٔ غرب ایران وجود دارد. بردارهای جهت و سرعت باد نشان می‌دهد که بر روی این منطقه جریانات باد در جهت شمال شرقی موجب فرارفت سرد شده‌اند. در تراز ۵۰۰ هـپ نیز در غرب ایران وزش دمایی منفی با مقدار صفر تا $-3C^o$ قرار دارد و جهت جریانات نیز غربی می‌باشد. بنابراین دو تراز میانی و پایینی جو در ایجاد شرایط سرمایی در منطقه مؤثر بوده اند.



شکل ۱۵ (الگوی گردشی۵): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۸۵۰ هــپ، ۱۴ ژانویه ۱۹۹۶



شکل۱۶ (الگوی گردشی۵): ارتفاع ژئوپتانسیل (m، کنتورها)، هسته‌های کمینهٔ دما (C^o) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (الف) و مجموع وزش دمایی (کنتورها و هاشورهای رنگی) و بردارهای جهت و سرعت باد (m/s) (ب) تراز ۵۰۰ هــپ، ۱۴ ژانویه ۱۹۹۶

نتیجه‌گیری

رخدادهای سرمایی به عنوان یکی از فرین‌های دمایی و از جمله مخاطرات اقلیمی می‌باشند. در این تحقیق به بررسی رخدادهای سرمایی غرب ایران پرداخته شد و با بررسی این رخدادها، روزهای دارای شرایط سرماهای فراگیر از میان آن‌ها انتخاب شدند. سپس به تجزیه و تحلیل آماری آن‌ها پرداخته شد و در نهایت الگوهای ایجاد کنندهٔ این سرماهای فراگیر استخراج شدند. طبقه‌بندی رخدادهای سرمایی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که در تعدادی از ایستگاه‌ها رخدادهای ابر سرد و بسیار سرد، فراوانی بیشتری دارند. رخدادهای سرد متوسط و ضعیف نیز در ایستگاه‌هایی با شرایط معتدل‌تر از وقوع بیشتری برخوردار بودند. وقوع سرماهای فراگیر در دوره مطالعاتی نشان داد

که با یک دوره افزایش تعداد آن‌ها، مجدداً از تعداد آنها کاسته می‌شود. در سال ۲۰۰۸ و سپس ۲۰۰۵ بیشترین تعداد سرماهای فراگیر رخ داده است. از نظر فراوانی ماهانه نیز ماه ژانویه بیشترین و ماه مارس کم‌ترین تعداد سرماهای فراگیر را داشته‌اند. بررسی الگوهای رخداد این سرماها نشان داد که ۵ الگوی اصلی عامل ایجاد سرماهای فراگیر در منطقه بوده‌اند. الگوی اول در ماه‌های ژانویه و فوریه و در ۵ سال از دورهٔ مطالعاتی به وقوع پیوسته که شروع آن از سال ۲۰۰۱ به بعد است. عامل رخداد این الگو، تشکیل یک مرکز کم ارتفاع روی اروپا و یک مرکز پرارتفاع قوی بر روی سیبری است که هوای سرد را از سمت شمال شرق و در امتداد شمالی بر روی کشور انتقال داده است. الگوی دوم فقط در سال ۲۰۰۶ و در هر چهار ماه دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس به وقوع پیوسته است. این باعث شده تا تعداد روزهای عضو این الگو قابل توجه باشد. در این الگو یک مرکز پرارتفاع در شمال شرق کشور و در عرض پایین‌تر باعث وزش سرد از سمت شمال شرق بر روی کشور شده است، بطوریکه از عرض ۴۵ درجه به بالا جریانات مداری حاکم هستند. الگوی سوم از تکرارپذیری زیادی برخوردار نمی‌باشد. روزهای عضو این الگو ۳ روز می‌باشد که تنها در ماه ژانویه سال ۲۰۰۶ به وقوع پیوسته است. عامل ایجاد این الگو، وجود یک کم ارتفاع قوی در طول جغرافیایی ایران و در عرض‌های ۵۵ درجه است که باعث انتقال هوای سرد از سمت شمال غرب به منطقه شده است. الگوی چهارم تقریباً از ابتدا تا انتهای دورهٔ مطالعاتی به وقوع پیوسته است. این الگو در هر چهار ماه دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس در طول ۱۴ سال از دورهٔ مطالعاتی تکرار شده است. سال ۲۰۰۸ بیشترین میزان رخداد این الگو بوده است. در این الگو یک مرکز کم‌ارتفاع در طول صفر درجهٔ شمالی و در عرض‌های قطبی وجود دارد که هوای سرد را به پایین منتقل می‌کند. یک مرکز پرارتفاع نیز در پایین‌تر از آن قرار دارد که با توجه به نحوهٔ چرخش آن‌ها، هوای سرد از سمت شمال غرب وارد کشور شده است. در واقع این الگو حاکمیت سامانه‌های بلاکینگ را نشان می‌دهد. الگوی پنجم همانند الگوی سوم تنها در ماه ژانویه رخ داده است و تا پایان دورهٔ مورد مطالعه تکرار نشده است. در این الگو یک پرارتفاع در شمال دریای خزر باعث فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا از سمت شمال به داخل کشور و افت دما در منطقه شده است. از بین ماه‌های مورد مطالعه، ماه ژانویه با توجه به شرایط سرمایی آن، بیشترین تعداد سرماهای فراگیر در آن به وقوع پیوسته است و این باعث شده است تا تمام الگوها بیشترین روزهای سرد خود را در این ماه داشته باشند. از بین سال‌های مورد مطالعه نیز علی‌رغم اینکه سال ۲۰۰۸ بیشترین تعداد سرماهای فراگیر در آن رخ داده است، اما سال ۲۰۰۶ با توجه به اینکه دو الگوی متفاوت در این سال رخ داده است، قابل توجه است.

منابع

حیدری حسن؛ سعیدآبادی، رشید (۱۳۸۶). ناحیه‌بندی سوزباد در شمال غرب و غرب ایران، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی (جغرافیای طبیعی)، شماره ۶۲، صص ۹۳-۱۰۷.

صادقی سلیمان؛ حسین‌زاده سیدرضا؛ دوستان رضا؛ آهنگرزاده زهرا (۱۳۹۱). تحلیل همدیدی امواج سرمایی در شمال شرق ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳، صص ۱۰۷-۱۲۳.

عزیزی قاسم (۱۳۸۳). ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمهٔ غرب ایران، فصلنامهٔ مدرس علوم انسانی، دورهٔ ۸، شماره ۱، صص ۹۹-۱۱۵.

علیجانی بهلول؛ هوشیار محمود (۱۳۸۷). شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱-۱۶.

قویدل‌رحیمی یوسف (۱۳۹۰). تعیین آستانه آماری و تحلیل سینوپتیک دماهای ابر سرد مراغه، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۲، صص ۴۵-۶۲.

قویدل‌رحیمی یوسف (۱۳۹۰). مدل‌های زمانی تحلیل و پیش بینی دماهای فرین پایین تهران، فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی شماره ۳۷، صص ۱۴۲-۱۵۹.

قویدل‌رحیمی یوسف؛ فرجزاده‌اصل منوچهر؛ مطلبی‌زاد سولماز (۱۳۹۵). تحلیل آماری و سینوپتیک امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۶، شماره ۴۰، صص ۲۹-۴۶.

مرادی حمیدرضا (۱۳۸۰). تحلیل سینوپتیکی تاوهٔ قطبی و اثر آن بر آب و هوای ایران، رسالهٔ دکتری، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

مسعودیان سیدابوالفضل؛ دارند محمد (۱۳۹۰). تحلیل همدید سرماهای فرین ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۲، صص ۱۶۵-۱۸۵.

Ceccherini, G. Russo, S. Ameztoy, I. Romero, CP. Carmona, Moreno C. (2016). "Magnitude and frequency of heat and cold waves in recent decades: the case of South America", Natural of Hazards Earth System Science, No. 16, pp. 821–831.

Cony, M. Del Teso, T. Hernandez. E (2008) Influence of synoptic scale in the generation of extremely cold days in Europe. Atmosfera, 21, pp. 389-401.

Jongsik, H. Yoon, J. Kim, H. (2009). "Relationship between winter temperature and mortality in Seoul, South Korea, from 1994 to 2006", Science of The Total Environment, Volume. 707, pp. 2158-2164.

Kashki, A. Khoshhal, J. (2013). "Investigation of the Role of Polar Vortex in Iranian First and Last Snowfalls", Journal of Geography and Geology; Vol. 5, No. 4, pp. 161-168.

Kiristi, J. Stefan, F. Heikki, T. Timothy R. Carter. Kimmo, R. (2007). "Changes in Frost, Snow and Baltic Sea ice by the end of the twenty-first century based on climate model projections for Europe", Springer Science, Netherlands. No. 86, pp. 441-462.

Konrad, C.E. (1996). "Relationships between the intensity of cold-air outbreaks and the evolution of synoptic and planetary-scale features over North America", Monthly Weather Review, Volume 124, pp. 1067-1083.

Meehl, A. Tebaldi, C. Nychka, D (2004). "Changes in frost days in simulations of twenty-first-century climate", Climate Dynamics Journal, Springer Berlin/ Heidelberg, pp. 495-511.

Park, T.W. Jeong, J.H, Ho, CH.H. Kim, S.J. (2008). "Characteristics of Atmospheric Circulation Associated with Cold Surge Occurrences in East Asia: A Case Study during 2005/06 winter", Advances in Atmospheric Sciences, Volume 25, No. 5, pp.791–804.

Peterson, T.C. Heim, R.R. Hirsch, R.H. Kaiser, D.P. (2013). "Monitoring and understanding changes in heat waves, cold waves, floods, and droughts in the United States", American Meteorological Society, Volume. 1, pp. 821-834.

Prieto, L. Garcia, R. Diaz, J. Hernandez, E. Del Teso, T. (2002). "NAO influence on extreme winter temperature in Madrid (Spain)", Annales Geophysicae, Volume, 20. pp. 2077-2085.

Smolinski, K.K. (2004). "Interrelationship among Large-Scale Atmospheric Circulation Regimes and Surface Temperature Anomalies in the North American Arctic", A Thesis Presented to the Academic Faculty. School of Earth and Atmospheric Sciences, pp. 1-54.

World Bank, (2010). "Natural hazards, unnatural disasters: the economics of effective prevention", The World Bank Publications, Washington, DC. pp. 1-254.

Statistical and Synoptic Analysis of widespread cold patterns in West of Iran

Mostafa Karimi*[1], Syfolah Kaki[2]

Received: 31-05-2017 Accepted: 09-12-2017

Abstract

In this research using the standard score of minimum temperature data, the statistical characteristics of the widespread cold west of Iran and synoptic conditions their occurrence was analyzed for period 1992-2015. first by study of coldness events and their classification and selection a certain threshold for determination of widespread cold, 176-days of intensive cold in the four months of December, January, February and March extraction then using the data of Geo-potential height at 850 hPa and use of correlation method, extracted 5 Circulating pattern in creating this widespread cold. Among these patterns, the fourth pattern with a 105-day occurrence as the main pattern and the third pattern was detected only with 3-days as a random pattern. In terms of monthly and annual frequency, some patterns as the pattern the third in 2006 and fifth pattern in 1996 have occurred only in the month of January. Some others as the second pattern in 2006 and fourth pattern in more years of the study period and occurred every four months. The first pattern also of 2001 onwards and in months of January and February have occurred. Synoptic analysis representatives' days of patterns showed that the main factor creating the widespread cold in the west of Iran according to locating pressure centers, influence coldness from the North East and North West of Iran. Such that in the two case of the patterns from the north-west, the other two case from the northeast and one case from the north, cold air advection has happened into Iran.

Keywords: widespread cold, Circulation pattern, coldness event, thermal airflow, west of Iran.

[1]*- Assistant Professor of Climatology, Department of Physical Geography, University of Tehran, Iran
Email: Mostafakarimi.a@ut.ac.ir

[2]- MSc Student of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran