

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۱

صص ۱۲۳-۱۰۷

تحلیل هم‌دیدي امواج سرمايي در شمال شرق ايران

سلیمان صادقی - استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

سیدرضا حسین زاده - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

رضا دوستان - استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

زهرا آهنگرزاده^۱ - کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۱۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

هدف این پژوهش، تحلیل هم‌دیدي وقوع امواج سرمايي به عنوان یکی از مخاطرات محیطی در منطقه شمال شرق ایران است. از این رو آمار حداقل دمای روزانه شش ماه سرد سال در ۱۳ ایستگاه سینوپتیک منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری ۸۹-۱۳۶۸ استفاده و با توجه به آستانه در نظر گرفته شده، نمره استاندارد دمای حداقل کمتر از ۱/۲- برای هر ایستگاه، تعداد ۲۰۳ روز به عنوان روزهای با سرمای شدید در منطقه انتخاب شده است. سپس داده‌های روزانه فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال به صورت رقمی و با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه از سایت مرکزی پیش بینی محیطی آمریکا برای روزهای انتخاب شده، استخراج گردیده است. برای به دست آوردن الگوهای سینوپتیکی مؤثر بر سرماهای حدی، داده‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای انتخاب شده با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی کاهش یافته و سپس با استفاده از روش آماری خوشه‌بندی و روش ادغام وارد، به شش گروه تقسیم شده است. این الگوها نشان می‌دهد، ۹۰ درصد از سرماهای شدید منطقه، علت سینوپتیکی یا انتقالی دارند. به طوری که ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر منجر به وقوع سرما در منطقه شده است. در شدیدترین سرماها، ریزش هوای سرد در شرق پشته بسیار قوی بر روی کوه‌های اورال باعث عمیق شدن ناوه در شرق دریاچه آرال گردیده و حرکت کند ناوه و ایستایی آن، تداوم موج سرما به مدت چندین روز در منطقه را موجب می‌شود. در اکثر الگوها مهم‌ترین پدیده سینوپتیکی و عامل اصلی وقوع سرما در منطقه، قرارگیری منطقه در پشت ناوه عمیق واقع در دریاچه آرال است که تا عرض‌های پایین گسترش یافته و همچنین منجر به تقویت فرابار سبیری در سطح زمین می‌گردد. این فرابار، هوای سرد را با امواج سرما از عرض‌های بالا به منطقه شمال شرق ایران منتقل می‌کند. در بقیه موارد، علت سرماهای شدید منطقه، سرمایش سطح زمین و تأثیر توپوگرافی محلی است.

کلیدواژه‌ها: الگوهای سینوپتیکی، موج سرما، خوشه بندی، شمال شرق ایران

مقدمه

تغییر اقلیم از مسائل مهم زیست محیطی است که در چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از نشانه‌های تغییر اقلیم، افزایش تعداد یا فراوانی وقوع و نیز شدت رویدادهای حدی اقلیمی، مانند: خشکسالی، سیل، طوفان، گرما- سرماهای ناهنجار و بارش‌های سنگین است. هر کدام از این رویدادهای حدی، با توجه به شدت، تداوم و گسترش، به عنوان یک مخاطره محیطی اثرات زیان‌بار بر حیات و زندگی موجودات زنده وارد می‌نماید. از میان مخاطرات محیطی، وقوع سرماهای شدید در هر سال و یا در برخی از سال‌ها، در نقاط مختلف ایران و از جمله شمال شرق آن، باعث بروز اثرات زیان‌بار در ابعاد مختلف شده و برنامه ریزی برای توسعه را دچار رکود نموده و بحران‌های اقتصادی و اجتماعی را موجب می‌شود. از آنجا که دماهای حدی حاصل اندرکنش بین گردش‌های جوی و ویژگی‌های توپوگرافی محلی است (کیونت چو^۱، ۲۰۰۷؛ به نقل از مسعودیان، ۱۳۹۰)، تبیین ارتباط بین تغییرات و ساختار الگوهای جوی با ناهنجاری‌های اقلیمی می‌تواند در کاهش اثرات و پیش‌آگاهی مخاطرات اقلیمی کمک شایانی نماید. مطالعات بسیاری در مورد پدیده سرما و یخبندان در سرتاسر جهان و ایران صورت گرفته و نتایج تمام مطالعات تأکیدی بر این مطلب است که هیچ پدیده محیطی وجود ندارد که الگویی خاص از توزیع فشار عامل ایجاد آن نباشد (علیجانی، ۱۳۸۵: ۱۹). از جمله مطالعات قبلی می‌توان به تحقیق تاکاهاشی^۲ (۱۹۹۰) اشاره نمود که در مطالعه خود، منطقه دریاچه بایکال مغولستان را مهم‌ترین محل پرفشار سرد بر شمرده و معتقد است وقتی پرفشار سرد و قوی از آن منطقه به سمت جنوب نفوذ و گسترش می‌یابد به عنوان یک فرآیند جوی باعث ورود سرمای شدید می‌شود.

زانگ^۳ و همکاران (۱۹۹۶)، ضمن بررسی اقلیم شناسی موسمی ها و امواج سرد در شرق آسیا دریافتند که شدت بالای پرفشار سیبری در ماه‌های دسامبر و ژانویه رخ می‌دهد در صورتی که بیشترین فراوانی امواج سرد در شرق آسیا مربوط به ماه‌های نوامبر و مارس است. پرایتو^۴ و همکاران در سال ۲۰۰۲، تأثیر نوسان اطلس شمالی بر دماهای فرین زمستانی در مادرید را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد بین دماهای فرین سرد با شاخص نوسان اطلس شمالی ارتباط غیرخطی وجود دارد. وان دی بیسلر^۵ و همکاران (۲۰۰۹)، اثر الگوهای گردشی بر دماهای فرین را در اروپا بررسی کردند و در تحقیق آنها ارتباط بین فراوانی الگوی گردشی و شاخص دما با استفاده از رگرسیون چند متغیره طی دوره بیست و هفت ساله منتهی به سال ۱۹۷۴ مدل سازی شد و برای دوره بعدی (۲۰۰۰-۱۹۷۴) آزمون شد. تفاوت بین شاخص‌های مشاهده شده و محاسبه شده در دومین دوره بیانگر اثر

۱ Guentchev

۲ Takahashi

۳ Zhang

۴ Prieto

۵ Van De Besselaar

گرمایش برای زمستان و تابستان است. همچنین در ایران نتایج تحقیق براتی (۱۳۷۵) بر روی یخبندان‌های بهاره ایران نشان داد که همه یخبندان‌ها از نوع انتقالی (سینوپتیک) بوده و تقریباً در تمامی موارد جابه جایی محور فرود در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و حرکت پرفشار مهاجر سطح زمین در غرب مدیترانه، به سمت ایران و ادغام با پرفشار سیبری به وقوع یخبندان‌های بهاره می‌انجامد. چوخاچی مقدم در سال ۱۳۷۶، در بررسی آثار سینوپتیکی پرفشار سیبری بر دمای شمال‌شرق ایران نتیجه گرفت ماه اکتبر همزمان با تشکیل پرفشار سیبری بوده، ولی از ماه نوامبر با افزایش تعداد روزهای تشکیل آن و افزایش فشار مرکزی و گسترش نصف النهاری زبانه‌های جنوب غربی آن موجب کاهش شدید دما در منطقه می‌شود. پاک نظر (۱۳۸۳) به بررسی موقعیت تاوه قطبی و اثر آن بر سرماهای شدید شمال‌شرق می‌پردازد و بیان می‌کند که تغییرات مساحت تاوه قطبی در نیمکره شرقی بر تغییر دمای شمال‌شرق ایران مؤثر است. لشکری (۱۳۸۷) در بررسی علل سینوپتیکی موج سرمای فراگیر آذر ماه ۱۳۸۲ در کشور، هماهنگی و انطباق سامانه‌ها در ترازهای زیرین و میانی جو را علت سرمای فراگیر در بخش اعظم کشور می‌داند و عامل اصلی افت دما نفوذ زبانه‌هایی از پرفشار سیبری در سطح زمین است که در اطراف دریایچه بایکال شکل گرفته است. علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷) در بررسی الگوهای سینوپتیکی منجر به سرماهای شدید شمال غرب ایران، به این نتیجه رسیدند که در ۷۰ درصد از موارد سرماهای شدید رخ داده در شمال غرب ایران، اکثراً با استقرارناوهای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقه در قسمت عقب آن و همچنین وجود یک پرفشار در سطح زمین رخ می‌دهد و در بقیه موارد، سرمایش تابشی سطح زمین عامل اصلی سرماهای شدید است. کاویانی و همکاران (۱۳۸۷)، رفتار زمانی - مکانی پرفشار سیبری در تراز دریا را شناسایی کردند. بررسی ایشان نشان داد، آرایش مکانی پرفشار سیبری از یک سو با موقعیت مکانی، وسعت و شدت کم‌فشار جنب قطبی وابسته است و از سوی دیگر به فلات تبت و پامیر بستگی دارد. به همین دلیل پرفشار سیبری شکلی همانند مثلث نامنظم دارد. بر این اساس نقش پرفشار سیبری در آب و هوای ایران در نیمه سرد سال، نه تنها به شدت این سامانه بلکه به شدت کم‌فشار جنب قطبی و به تبع آن رانده شدن پرفشار سیبری و زبانه‌های آن به داخل ایران بستگی دارد. فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸) الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار سیبری و پرفشار اروپای شرقی، بیشترین تأثیر را در رخداد یخبندان‌های شدید و فراگیر ایران داشته‌اند، به طوری که این تیپ‌های هوا، جریانات هوای سرد قطبی را از عرض‌های بالا به سوی عرض‌های پایین منتقل کرده و به دنبال آن یخبندان‌های شدید و فراگیر در ایران به وقوع می‌پیوندد. مسعودیان و دارند (۱۳۹۰) در بررسی سرماهای فرین ایران به این نتیجه رسیدند که سرماهای فرین ایران حاصل ۵ الگوی گردشی پرفشار سیبری، اروپا، پرفشار سیبری - کم فشار ایسلند، پرفشار سیبری، پرفشار شمال خزر - سیبری و پرفشار شمال خزر می‌باشند. ایشان همچنین تأکید داشتند سامانه پرفشار سیبری نقش مهمی در شکل‌گیری رخداد سرماهای فرین ایران دارد و نیز شدت سرما در الگوی پرفشار سیبری بیشتر از دیگر

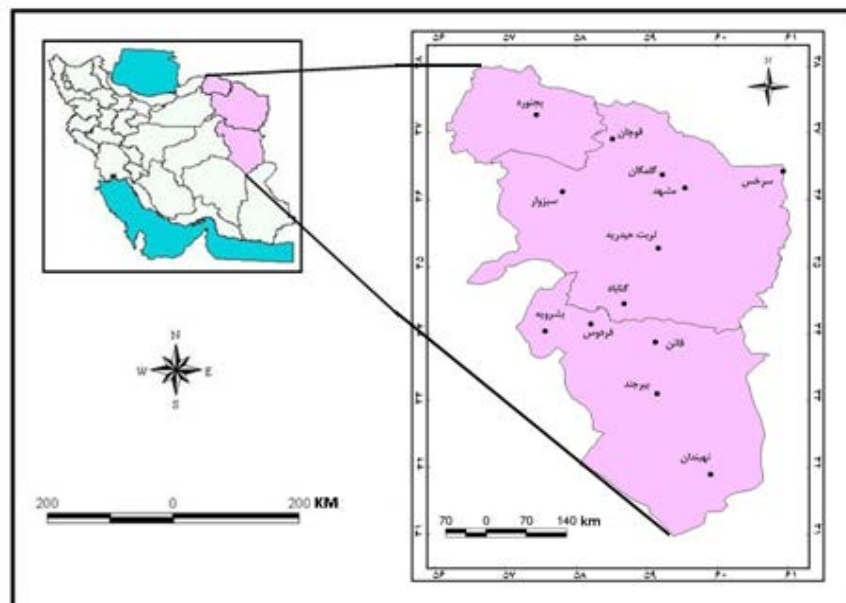
الگوهاست. در این مقاله به بررسی و تحلیل الگوهای سینوپتیکی مؤثر بر وقوع موج‌های سرما در شمال شرق ایران پرداخته‌ایم.

مواد و روش‌ها

هدف از مطالعات هم‌دید، تبیین اندرکنش‌های کلیدی میان جو و محیط سطحی می‌باشد (یارنال^۱، ۱۹۹۳: ۷). از این رو برای انجام این تحقیق همانند تمامی مطالعات هم‌دید، دو نوع داده استفاده شد: یکی داده‌های سطحی و دیگری داده‌های جو بالا. داده‌های سطح زمین شامل دمای حداقل روزانه ماه‌های مهر تا اسفند در ۱۳ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی به شرح جدول شماره ۱ در منطقه شمال شرق ایران طی دوره آماری ۸۹-۱۳۳۸ از سازمان هواشناسی کشور گردآوری گردید.

جدول ۱ ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	بجنورد	بشرویه	یرجند	تربت ح	سبزوار	سرخس	فردوس	قائن	قوچان	گلمکان	گناباد	مشهد	نهبندان
طول	۵۷/۱۹	۵۷/۲۷	۵۹/۱۲	۵۹/۱۳	۵۷/۴۳	۶۱/۱۰	۵۸/۱۰	۵۹/۱۰	۵۸/۳۰	۵۹/۱۷	۵۸/۴۱	۵۹/۳۸	۶۰/۲
عرض	۳۷/۲۸	۳۳/۵۴	۳۲/۵۲	۳۵/۱۶	۳۶/۱۲	۳۶/۳۲	۳۴/۱	۳۳/۴۳	۳۷/۴	۳۶/۲۹	۳۴/۲۱	۳۶/۱۶	۳۱/۳۲
ارتفاع	۱۱۱۲	۸۸۵	۱۴۹۱	۱۴۵۰	۹۷۷/۶	۳۳۵	۱۲۹۳	۱۴۳۲	۱۲۸۷	۱۱۷۶	۱۰۵۶	۹۹۹/۲	۱۲۱۱



شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

متغیرهای جو بالا، داده‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و داده‌های فشارسطح دریا (slp) برحسب هکتوپاسکال برای روزهای بسیار سرد را در برمی‌گیرد. داده‌های این متغیرها از سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا (NCEP/NCAR) به صورت رقومی و با دقت مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه استخراج شدند. محدوده مورد مطالعه ۱۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی انتخاب گردید. در همه مطالعات همیدید دو رویکرد عمده مورد توجه است. در این مطالعه رویکرد محیطی به گردشی از تحلیل‌های سینوپتیک مورد نظر است. یکی از شاخه‌های مهم اقلیم شناسی همیدید، شناسایی حالت‌های فرین ویژگی‌های محیطی مانند آلودگی هوا، سیل، طوفان و سرمای شدید و تعیین الگوهای گردشی مسبب آنها است (علیجانی، ۱۳۸۵: ۲۰۲). در این مطالعه جهت شناسایی و تحلیل سرماهای شدید رخ داده و بررسی الگوهای گردشی مؤثر بر آنها دو روش آماری و سینوپتیکی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا سری‌های زمانی دماهای حداقل روزانه ماه‌های مهر تا اسفند در دوره ۸۹-۱۳۳۸، به نمره استاندارد (Z) تبدیل شدند. در دوره مورد مطالعه روزی به عنوان روز سرمای شدید انتخاب شد که در تمام ایستگاه‌های منطقه، نمره استاندارد دمای حداقل کمتر از $1/2 -$ را دارد (علیجانی، ۱۳۸۷: ۴). براساس آستانه در نظر گرفته شده، از بین حدود ۳۹۰۰ روز، ۲۰۳ روز به عنوان روزهای نمونه (سرمای شدید و فراگیر) انتخاب شدند. از آنجاکه رخداد پدیده‌های محیطی نظیر امواج سرمایی و یخبندان در ارتباط با تکرار سیستم‌های سینوپتیکی و تیپ‌های هواست (فتاحی، ۱۳۸۸: ۲۸) و تکرار، تداوم و تغییر سیستم‌ها از طریق فرآیند طبقه‌بندی یا تعیین الگوهای هوا شناسایی می‌شوند (هوٹ، ۱۹۹۶: ۸۹۸، به نقل از فتاحی، ۱۳۸۸)، برای حصول به هدف مورد نظر در این تحقیق، شناسایی سیستم‌های سینوپتیکی منجر به رخداد امواج سرمایی منطقه شمال شرق ایران، از روش تحلیل مؤلفه اصلی و خوشه‌بندی انجام گرفت. بدین منظور، برای روزهای منتخب، با استفاده از داده‌های رقومی ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده ۱۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی، ماتریسی به ابعاد 203×609 تهیه گردید. در مرحله بعد، به دلیل تعداد زیاد روزها که کار تحلیل و تفسیر نقشه‌ها را مشکل می‌ساخت، با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی، نقاط وابسته به هم ادغام و ابعاد ماتریس کاهش داده شد. در تحقیق حاضر، روش تحلیل مؤلفه اصلی با آرایه S و چرخش واریانس به کار گرفته شد. عامل‌هایی که بیش از ۷۷ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کردند (۷ عامل) انتخاب شدند (جدول ۲). در این فرآیند آستانه انتخاب هر عامل، داشتن حداقل ارزش ویژه یک و حداقل قدرت تبیینی ۵ درصد از واریانس کل داده‌ها به وسیله هر کدام از عامل‌هاست.

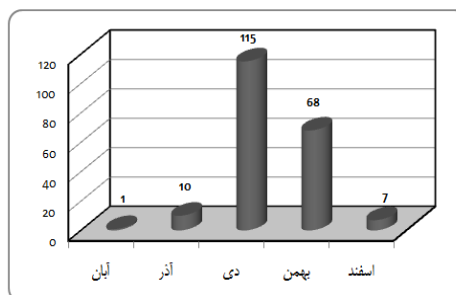
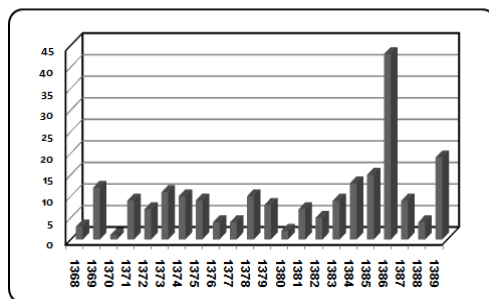
جدول ۲ توزیع واریانس تحلیل عاملی

مؤلفه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
واریانس	۲۱	۱۹	۹/۳	۸/۸	۷/۶	۶/۳	۵/۱
واریانس تجمعی	۲۱	۴۰	۴۹/۳	۵۸/۱	۶۵/۷	۷۲	۷۷/۱

در ادامه از این مؤلفه‌ها برای خوشه‌بندی روزهای منتخب استفاده شد. و داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل مربوط به روزهای نمونه بر اساس نمرات عاملی آنها با روش آماری خوشه‌بندی^۱ و با استفاده از روش ادغام وارد^۲ به ۶ گروه یا الگو تقسیم شدند. در مرحله آخر نقشه‌های میانگین برای داده‌های فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تهیه گردید.

بحث و نتایج

در بین ماه‌های مورد بررسی (شش ماهه سرد سال)، بیشترین سهم از روزهای بسیار سرد (۵۷ درصد) مربوط به دی‌ماه با ۱۱۵ روز، ۳۳ درصد مربوط به بهمن ماه (۶۸ روز)، ۵ درصد مربوط به ماه آذر با ۱۰ روز و ۵ درصد باقی‌مانده مربوط به آبان ماه (۱ روز) و اسفندماه (۷ روز) می‌باشد (شکل ۲). در سال‌های مورد مطالعه، سال ۱۳۸۶ با ۴۳ روز، بیشترین سهم را از ۲۰۳ روز منتخب دارا بوده است. در سال ۱۳۸۶، حدود یک ماه و نیم در تمام نقاط منطقه دماهای حداقل بحرانی گزارش شده است (شکل ۳). بر اساس جدول ۳، در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه رکورد جدیدی از برودت به ثبت رسیده است.



شکل ۳ سهم هر سال از روزهای منتخب

شکل ۲ سهم هر ماه از تعداد روزهای منتخب

جدول ۳ حداقل دمای ثبت شده هر یک از ایستگاه‌های منطقه (دوره آماری ۸۹-۶۸)

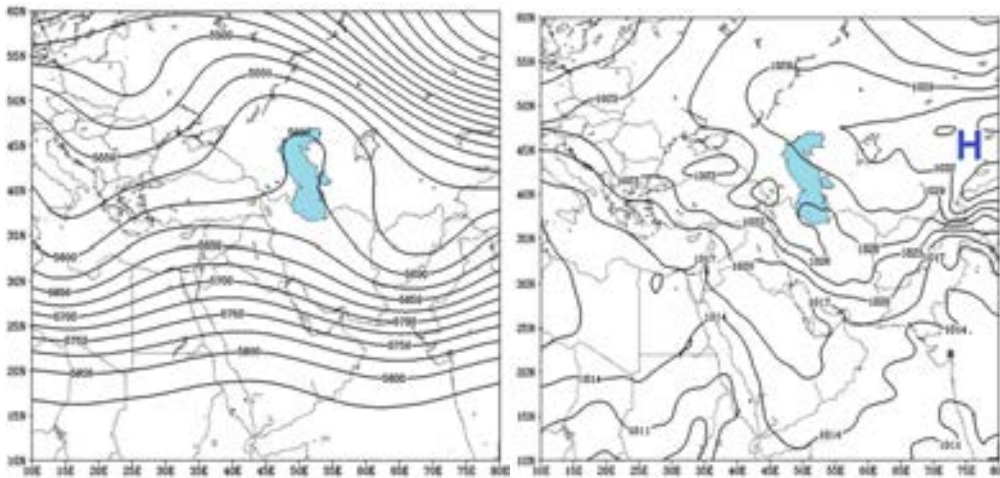
سال شمسی			حداقل دمای ثبت شده (C)	ایستگاه
سال	ماه	روز		
۱۳۶۹	دی	۹	-۲۵	بجنورد
۱۳۸۶	بهمن	۳	-۲۰/۸	بشرویه
۱۳۷۱	دی	۲۶	-۲۱/۵	بیرجند
۱۳۸۶	دی	۳۰	-۲۴/۶	ترت حیدریه
۱۳۸۶	بهمن	۱۸-۱۷	-۲۰/۸	سبزوار
۱۳۸۶	بهمن	۴	-۲۲/۴	سرخس
۱۳۸۶	دی	۳۰	-۲۰/۶	فردوس
۱۳۸۶	دی	۳۰	-۲۷/۲	قائن
۱۳۸۶	دی	۱۸	-۲۵/۴	قوچان
۱۳۸۶	دی	۲۴	-۲۲	گلمکان
۱۳۸۶	دی	۱۸	-۱۹/۶	گناباد
۱۳۸۶	دی	۱۸	-۲۱	مشهد
۱۳۷۴	دی	۲۵	-۱۲/۴	نهبندان

با انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال طی ۲۰۳ روز نمونه، ۶ الگوی فشار در مسبب امواج سرمایی در منطقه شمال شرق ایران شناسایی شدند که در زیر به بررسی آنها پرداخته می‌شود.

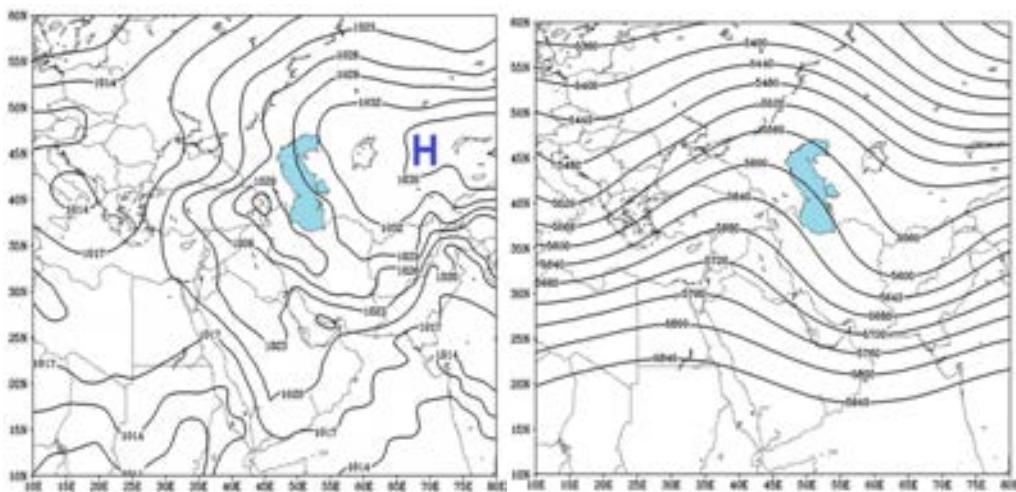
الگوی ۱: این الگو، شامل ۲۲ روز از روزهای منتخب دارای دماهای حداقل فرین می‌باشد و ۲۱ درصد واریانس را توجیه می‌کند. در بین ماه‌های مورد بررسی، بیشترین فراوانی وقوع این الگو مربوط به ماه دی می‌باشد (جدول ۴). بررسی نقشه میانگین فشار سطح دریا (شکل ۴)، نشان دهنده گسترش فرابارسبیری به روی خراسان است. فشار مرکزی این فرابارد در شمال شرق دریاچه بایکال برابر با ۱۰۳۵ هکتوپاسکال است. وجود این پرفشار و گسترده‌گی آن در جهت شمال شرقی - جنوب غربی باعث حرکت و اچرخندی و ریزش هوای سرد و خشک به منطقه مورد مطالعه شده است. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵)، بیانگر وجود ناوهای در شمال دریای سیاه و مدیترانه و نیز پشته‌ای قوی که محور آن در امتداد شمالی - جنوبی از شمال دریای خزر تا شمال اروپا و عرض‌های جنب قطبی کشیده شده است و نیز ناوهای واقع در شرق ایران که محور آن با جهت شمالی - جنوبی از شرق دریاچه آرال تا جنوب شرق ایران کشیده شده است. منطقه مورد مطالعه در قسمت پشت ناوه شرقی و جلوی پشته شمال خزر قرار دارد. گردش و اچرخندی پشت تراف همراه با جریانات شمالی، باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر به منطقه مورد مطالعه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شده است. گسترش فرابارسبیری در شمال شرق کشور و استقرار فراز بادهای غربی که پیشاپیش آن حاوی هوای سرد می‌باشد بر شدت فعالیت و اچرخندی افزوده شده و مدت فعالیت و تداوم سرما را افزایش داده است. همراهی الگوهای دو سطح میانی و تراز پایین باعث وقوع امواج سرما و ثبت دماهای حداقل فرین در منطقه مورد مطالعه شده است.

الگوی ۲: تعداد ۳۷ روز از روزهای مورد بررسی از الگوی ۲ پیروی می‌کنند و شامل ۱۹ درصد واریانس است، بیشترین فراوانی وقوع این الگو نیز مربوط به دی ماه می‌باشد (جدول ۵). بررسی نقشه متوسط فشار سطح دریا (شکل ۶) نشان می‌دهد، گسترش زبانه فرابارسبیری با فشار مرکزی ۱۰۳۸ هکتوپاسکال از جنوب دریاچه بایکال، باعث شده بخشی از وسعت ایران را در برگیرد. گسترش شمال شرقی - جنوب غربی این پرفشار باعث شده تا هم فشار ۱۰۲۹ هکتوپاسکال منطقه مورد مطالعه را فرا بگیرد. فرابار با حرکت و اچرخندی خود هوای سرد محدوده سبیری را به منطقه مورد مطالعه انتقال می‌دهد. بررسی نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷) مبین تشکیل پشته قوی با محور شمالی - جنوبی در شرق دریای مدیترانه و دریای سیاه می‌باشد که محور این پشته تا عرض‌های جنب قطبی در اروپای شرقی ادامه می‌یابد. عمق این پشته و فرارفت هوای سرد جنب قطبی در قسمت شرقی آن، باعث عمیق شدن ناوه واقع در سبیری (شرق آرال) تا عرض‌های جنوبی شده است. امتداد محور این

ناوه با جهت شمالی - جنوبی تا جنوب خراسان تداوم یافته است. منطقه مورد مطالعه در قسمت جلوی پشته و عقب ناوه، محل گردش و اچرخندی و ریزش هوای سرد شمالی محدوده جنب قطبی است. الگوی تراز میانی (۵۰۰ هکتوپاسکال) و نحوه آرایش خطوط هم فشار آن، باعث تقویت شرایط در تراز پایینی شده و به افزایش شدت پرفشار سیبری کمک می‌کند. جریانات دو سطح زیرین و میانی در منطقه مورد مطالعه، بخوبی وقوع موج سرما در خراسان را توجیه می‌کند.



شکل ۴ نقشه فشار سطح دریا در الگوی ۱ شکل ۵ نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی ۱



شکل ۶ نقشه فشار سطح دریا در الگوی ۲ شکل ۷ نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی ۲

جدول ۴ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۱

تاریخ شمسی			حد اقل دما
روز	ماه	سال	
۱۴	دی	۱۳۷۷	-۱۳
۱۸	بهمن	۱۳۸۶	-۲۲/۲
۲۱	دی	۱۳۷۲	-۱۱/۶
۲۱	دی	۱۳۷۴	-۱۲/۸
۲۱	دی	۱۳۷۸	-۱۲
۲۲	دی	۱۳۷۲	-۱۲/۲
۲۲	دی	۱۳۷۴	-۱۳/۲
۲۲	دی	۱۳۷۸	-۱۲
۲۳	دی	۱۳۷۲	-۱۱/۸
۲۳	دی	۱۳۷۴	-۱۱/۸
۲۳	دی	۱۳۷۸	-۱۳/۴
۲۴	دی	۱۳۷۴	-۱۵/۸
۲۴	دی	۱۳۷۸	-۱۳
۲۵	دی	۱۳۷۴	-۲۳
۲۵	دی	۱۳۷۸	-۱۳/۸
۴	دی	۱۳۸۹	-۱۱/۸
۵	دی	۱۳۸۹	-۱۱/۲
۶	بهمن	۱۳۷۴	-۱۰/۶
۶	دی	۱۳۸۹	-۱۱/۴
۷	دی	۱۳۸۹	-۱۲/۲
۸	دی	۱۳۸۹	-۱۱/۲
۹	دی	۱۳۸۹	-۱۱

جدول ۵ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۲

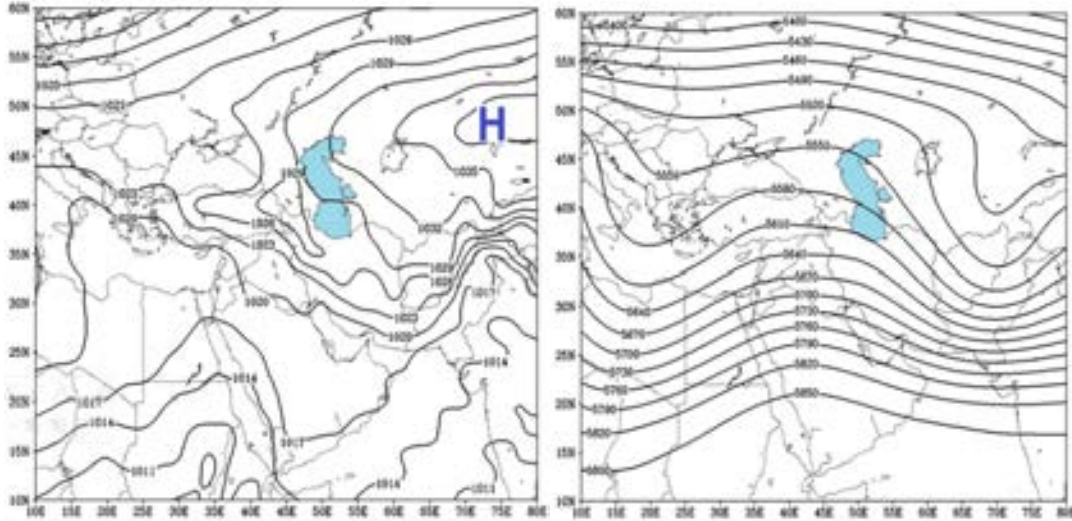
تاریخ شمسی			حد اقل دما	تاریخ شمسی			حد اقل دما
روز	ماه	سال		روز	ماه	سال	
۱۰	دی	۱۳۸۴	-۱۲/۴	۱۰	دی	۱۳۸۴	-۱۲/۴
۹	دی	۱۳۸۴	-۱۳/۲	۹	دی	۱۳۸۴	-۱۳/۲
۱۱	دی	۱۳۸۴	-۱۴	۱۱	دی	۱۳۸۴	-۱۴
۱۶	دی	۱۳۸۴	-۱۳/۴	۱۶	دی	۱۳۸۴	-۱۳/۴
۲۷	دی	۱۳۸۴	-۱۶	۲۷	دی	۱۳۸۴	-۱۶
۲۸	دی	۱۳۸۴	-۱۲/۴	۲۸	دی	۱۳۸۴	-۱۲/۴
۲۹	دی	۱۳۸۴	-۱۲/۸	۲۹	دی	۱۳۸۴	-۱۲/۸
۳۰	دی	۱۳۸۴	-۱۲/۸	۳۰	دی	۱۳۸۴	-۱۲/۸
۹	دی	۱۳۸۵	-۱۴/۶	۹	دی	۱۳۸۵	-۱۴/۶
۱۰	دی	۱۳۸۵	-۱۲	۱۰	دی	۱۳۸۵	-۱۲
۱۱	دی	۱۳۸۵	-۱۰	۱۱	دی	۱۳۸۵	-۱۰
۱۲	دی	۱۳۸۵	-۱۶/۶	۱۲	دی	۱۳۸۵	-۱۶/۶
۱۳	دی	۱۳۸۵	-۱۷	۱۳	دی	۱۳۸۵	-۱۷
۳	دی	۱۳۸۶	-۱۱	۳	دی	۱۳۸۶	-۱۱
۲۶	دی	۱۳۸۷	-۱۳/۴	۲۶	دی	۱۳۸۷	-۱۳/۴
۲۷	دی	۱۳۸۷	-۱۴/۸	۲۷	دی	۱۳۸۷	-۱۴/۸
۲۱	دی	۱۳۸۸	-۱۰/۲	۲۱	دی	۱۳۸۸	-۱۰/۲
۲۶	بهمن	۱۳۸۸	-۱۱/۶	۲۶	بهمن	۱۳۸۸	-۱۱/۶
۱۱	بهمن	۱۳۸۲	-۸/۲	۱۱	بهمن	۱۳۸۲	-۸/۲

الگوی ۳: سومین الگوی شناسایی شده شامل ۳۹ روز می‌باشد که ۹/۳ درصد واریانس را توجیه می‌نماید. در بین ماه‌های مورد بررسی، بیشترین فراوانی از آن ماه بهمن می‌باشد (جدول ۶). فرابار سیبری با فشار مرکزی ۱۰۳۸ هکتوپاسکال در شرق دریاچه آرال (شکل ۷) تا شرق دریای سیاه گسترش دارد و بر روی ارتفاعات شمال غرب ایران و ارتفاعات آارات به دلیل ارتفاع زیاد منطقه و سرمای‌ش سطح زمین نیز یک فرابار محلی تشکیل و با فرابار

سیبری ادغام گردیده که باعث تشکیل فرابار سراسری شده است. جهت گسترش این فرابار شمال شرق - جنوب غربی بوده و با توسعه خود پهنه وسیعی از ایران از جمله منطقه شمال شرق را تحت حاکمیت خود در آورده است به طوری که هم فشار ۱۰۲۹ هکتوپاسکالی این پرفشار از منطقه مورد مطالعه گذشته است. در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۸)، وجود پشته‌ای در شمال سیبری که محور این پشته در شمال دریاچه آرال قرار دارد و جهت آن شمال شرق - جنوب غربی است و نیز وجود ناوهای دیگر در شرق دریاچه آرال، باعث ایجاد جریان‌های شمالی در پشت ناوه و فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا به منطقه مورد نظر که در قسمت عقب ناوه قرار دارد، شده است. فشردگی خطوط ارتفاعی در پشت ناوه، وزش بادهای شدید شمالی به منطقه را در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. در این الگو، آرایش توپوگرافی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ریزش هوای سرد عرض‌های بالا در قسمت عقب ناوه شرق آرال، باعث تقویت بیشتر فرابار سیبری و گسترش آن به سمت خراسان شده است.

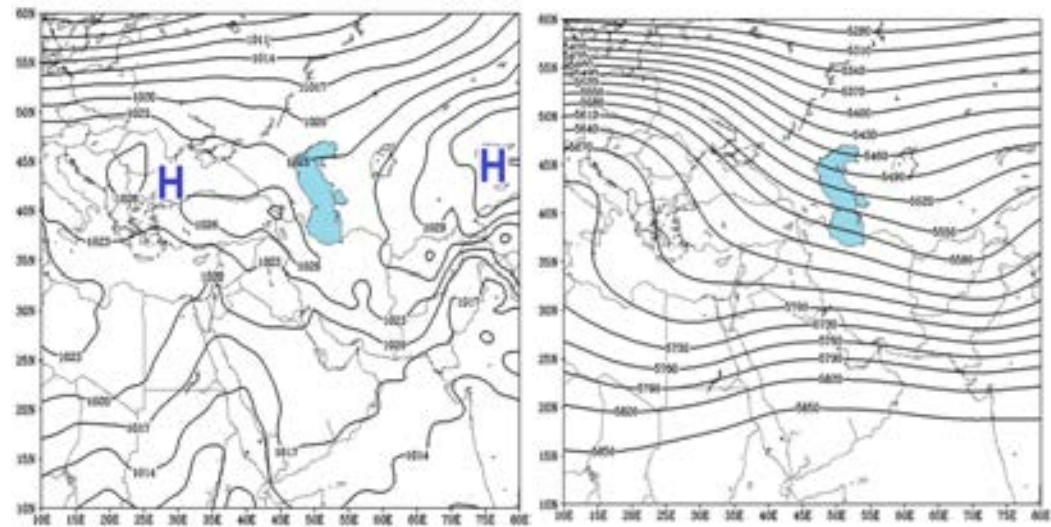
الگوی ۴: این الگو دارای بیشترین فراوانی در بین الگوهای شناسایی شده می‌باشد. به طوری که تعداد ۴۵ روز از روزهای مورد بررسی از این الگو پیروی می‌کنند. در بین ماه‌های مورد بررسی، بیشترین فراوانی این الگو مربوط به دی ماه، آذر ماه می‌باشد (جدول ۷) این الگو ۸/۸ درصد از واریانس را تبیین می‌کند. در نقشه متوسط فشار سطح دریا (شکل ۹)، کمربندی از سلول‌های پرفشار در عرض‌های ۳۵ تا ۴۵ درجه شمالی دیده می‌شود به طوری که، فرابار سیبری با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال که در شرق دریاچه آرال دیده می‌شود، در راستای شمال شرقی - جنوب غربی گسترش یافته و زبانه‌های آن بخش‌های شمال شرق و شرق ایران را در بر گرفته است. پرفشار دیگری از سمت اروپای شمالی با مرکزیت ۱۰۲۹ هکتوپاسکال در راستای شمال غرب - جنوب شرق گسترش یافته و بخش‌هایی از شمال غرب و غرب ایران را در بر گرفته است. همچنین زبانه‌های این پرفشار با فرابار سیبری ادغام شده و گستره وسیعی از ایران را پوشش داده است. منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر زبانه‌های فرابار سیبری می‌باشد. این پرفشار با حرکت و اچرخندی باعث ایجاد جریان‌های شمالی و شمال شرقی و نفوذ هوای سرد و خشک به منطقه مورد مطالعه شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۰)، پشته شرق اروپا با محور شمالی - جنوبی، از غرب دریای مدیترانه تا عرض‌های جنب قطبی و در ضلع شرقی خود با تقویت مؤلفه نصف النهاری باعث گسترش ناوه به عرض‌های پایین‌تر شده است به طوری که ناوهای با محور شمال - جنوب در خارج از مرز شرقی کشور بر روی افغانستان و پاکستان مشاهده می‌شود. با توجه به شرایط تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی، ریزش هوای سرد از قسمت شرقی پشته اروپا، توسط جریان‌های شمال غربی، بر روی منطقه مورد تأیید می‌باشد که این شرایط باعث

تشدید و تقویت شرایط تراز پایین و وقوع سرمای شدید در منطقه مورد مطالعه شده، به طوری که رخداد این الگو باعث وقوع دماهای کمتر از -24 درجه در خراسان شده است.



شکل ۸ نقشه متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی ۳

شکل ۷ نقشه متوسط فشار سطح دریا (هکتوپاسکال) در الگوی ۳



شکل ۱۰ نقشه متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی ۴

شکل ۹ نقشه متوسط فشار سطح دریا (هکتوپاسکال) در الگوی ۴

جدول ۶ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۳

تاریخ شمسی	روز	ماه	روز	ماه	تاریخ شمسی	روز	ماه	تاریخ شمسی	روز	ماه	تاریخ شمسی	روز	ماه
۱۳۶۹	۲۲	بهمن	۱۳۸۶	۱۱	-	۲۵	آذر	۱۳۶۹	۱۶	۶	-	۲۲	آذر
۱۳۷۲	۲۱	بهمن	۱۳۸۶	۱۴/۶	-	۱	اسفند	۱۳۷۲	۱۵	۸	-	۲۱	اسفند
۱۳۷۲	۲۰	بهمن	۱۳۸۶	۱۰	-	۲	اسفند	۱۳۷۲	۱۷	۲	-	۲۰	اسفند
۱۳۷۱	۱۹	بهمن	۱۳۸۶	۹	-	۱۳	دی	۱۳۷۱	۱۹	۲۰	-	۱۹	دی
۱۳۶۹	۱۷	بهمن	۱۳۸۶	۱۵	-	۸	دی	۱۳۶۹	۱۴	۲۳	-	۱۷	دی
۱۳۶۹	۱۶	بهمن	۱۳۸۶	۱۵/۸	-	۷	دی	۱۳۶۹	۱۳	۲۳	-	۱۶	دی
۱۳۶۶	۱۵	بهمن	۱۳۸۶	۱۲	-	۵	اسفند	۱۳۶۶	۱۲	۲۳	-	۱۵	اسفند
۱۳۷۳	۱۴	بهمن	۱۳۸۶	۹	-	۱۹	دی	۱۳۷۳	۱۱	۲۳	-	۱۴	دی
۱۳۸۲	۱۳	بهمن	۱۳۸۶	۱۶/۶	-	۲۳	آذر	۱۳۸۲	۱۰	۲۳	-	۱۳	آذر
۱۳۸۱	۶	بهمن	۱۳۸۶	۱/۲	-	۱۲	اسفند	۱۳۸۱	۹	۲۳	-	۶	اسفند
۱۳۸۱	۵	بهمن	۱۳۸۶	۱۴/۸	-	۱۳	آذر	۱۳۸۱	۷	۲۳	-	۵	آذر
۱۳۸۰	۴	بهمن	۱۳۸۶	۹	-	۱۸	بهمن	۱۳۸۰	۶	۲۳	-	۴	بهمن
۱۳۷۸	۳	بهمن	۱۳۸۶	۱۳	-	۲۱	بهمن	۱۳۷۸	۵	۲۳	-	۳	بهمن
۱۳۷۸	۲	بهمن	۱۳۸۶	۱۱	-	۲۲	بهمن	۱۳۷۸	۴	۲۳	-	۲	بهمن
۱۳۸۳	۱	بهمن	۱۳۸۶	۱۱	-	۲۹	بهمن	۱۳۸۳	۳	۲۳	-	۱	بهمن
۱۳۸۳	۳۰	دی	۱۳۸۶	۱۱	-	۳۰	بهمن	۱۳۸۳	۲	۲۳	-	۳۰	دی
۱۳۸۳	۲۹	دی	۱۳۸۶	۱۱/۲	-	۱	اسفند	۱۳۸۳	۱	۲۳	-	۲۹	دی
۱۳۸۴	۱۲	دی	۱۳۸۶	۱۵/۸	-	۱۵	دی	۱۳۸۴	۰	۲۳	-	۱۲	دی
۱۳۸۴	۱۱	دی	۱۳۸۶	۱۱/۲	-	۳	بهمن	۱۳۸۴	۰	۲۳	-	۱۱	دی
۱۳۸۶		بهمن		۱۵/۴	-	۲۳	بهمن	۱۳۸۶					

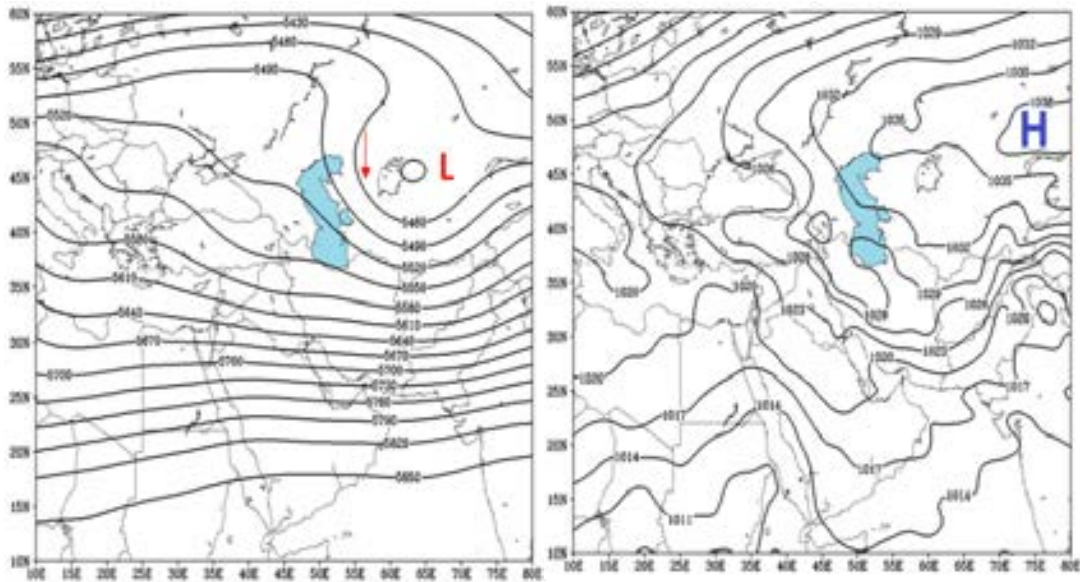
جدول ۷ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۴

تاریخ شمسی	روز	ماه	روز	ماه	تاریخ شمسی	روز	ماه	تاریخ شمسی	روز	ماه
۱۳۶۸	۲۳	دی	۱۳۷۵	۱۲	-	۲۳	دی	۱۳۶۸	۲۲	دی
۱۳۶۸	۲۴	دی	۱۳۷۵	۱۲/۸	-	۲۴	دی	۱۳۶۸	۲۱	دی
۱۳۷۳	۱۹	آذر	۱۳۷۵	۹	-	۱۹	آذر	۱۳۷۳	۲۰	آذر
۱۳۷۳	۲۰	آذر	۱۳۸۳	۹	-	۲۰	آذر	۱۳۷۳	۲۱	آذر
۱۳۷۳	۱۸	آذر	۱۳۸۳	۱۱	-	۱۸	آذر	۱۳۷۳	۲۲	آذر
۱۳۷۲	۱۶	بهمن	۱۳۸۲	۱۱/۸	-	۱۶	بهمن	۱۳۷۲	۲۳	آذر
۱۳۷۲	۱۰	آذر	۱۳۸۲	۹/۶	-	۱۰	آذر	۱۳۷۲	۲۴	آذر
۱۳۷۱	۲	بهمن	۱۳۶۹	۲۰	-	۲	بهمن	۱۳۷۱	۲۵	آذر
۱۳۷۱	۱	بهمن	۱۳۶۹	۱۹/۶	-	۱	بهمن	۱۳۷۱	۲۶	آذر
۱۳۷۱	۳۰	دی	۱۳۶۷	۲۱/۶	-	۳۰	دی	۱۳۷۱	۲۷	آذر
۱۳۷۱	۲۹	دی	۱۳۶۷	۱۳/۶	-	۲۹	دی	۱۳۷۱	۲۸	آذر
۱۳۷۱	۲۸	دی	۱۳۸۵	۲۱	-	۲۸	دی	۱۳۷۱	۲۹	آذر
۱۳۷۱	۲۷	دی	۱۳۸۵	۲۳	-	۲۷	دی	۱۳۷۱	۳۰	آذر
۱۳۷۱	۲۶	دی	۱۳۸۵	۲۲	-	۲۶	دی	۱۳۷۱	۳۱	آذر
۱۳۶۹	۲۳	دی	۱۳۸۵	۱۲/۶	-	۲۳	دی	۱۳۶۹	۳۲	آذر
۱۳۶۹	۲۲	دی	۱۳۸۵	۱۱	-	۲۲	دی	۱۳۶۹	۳۳	آذر
۱۳۶۹	۱۱	دی	۱۳۸۹	۱۶/۴	-	۱۱	دی	۱۳۶۹	۳۴	آذر
۱۳۶۹	۱۲	دی	۱۳۸۹	۱۵/۶	-	۱۲	دی	۱۳۶۹	۳۵	آذر
۱۳۶۹	۹	دی	۱۳۸۷	۲۵	-	۹	دی	۱۳۶۹	۳۶	آذر
۱۳۶۹	۱۰	دی	۱۳۸۷	۲۲	-	۱۰	دی	۱۳۶۹	۳۷	آذر
۱۳۶۶	۴	اسفند	۱۳۸۷	۱۱/۸	-	۴	اسفند	۱۳۶۶	۳۸	آذر
۱۳۶۶	۲۹	بهمن	۱۳۸۶	۱۳/۸	-	۲۹	بهمن	۱۳۶۶	۳۹	آذر
۱۳۶۵	۲۰	بهمن		۱۷	-	۲۰	بهمن	۱۳۶۵	۴۰	آذر

الگوی ۵: تعداد ۴۰ روز از روزهای بسیار سرد متأثر از الگوی ۵ می باشد و ۷/۶ درصد از واریانس را توجیه می کند. این الگو را می توان سردترین الگو در بین ۶ الگوی شناسایی شده معرفی نمود. یکی دیگر از خصوصیات این الگو، تداوم و ماندگاری سرما در هنگام وقوع آن می باشد. به طوری که، چندین روز، کل منطقه دماهای بسیار پایین را تجربه کرده و در بسیاری از ایستگاه های مورد مطالعه پایین ترین حداقل دما به ثبت رسیده است. بیشترین فراوانی در مورد وقوع این الگو، مربوط به دی ماه می باشد (جدول ۸). در نقشه متوسط فشار سطح دریا (شکل ۱۱) پرفشار سیبری با مرکزیت ۱۰۴۰ هکتوپاسکال واقع در شمال دریاچه بایکال، گسترش مداری به سمت غرب و

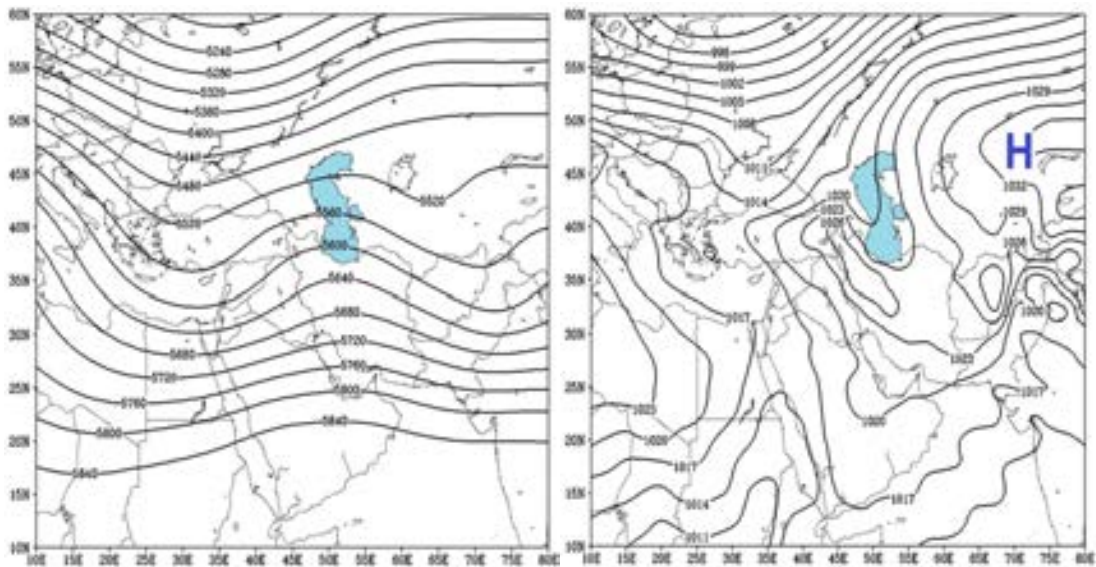
گسترش نصف‌النهاری به سمت جنوب داشته، به طوری که زبانه‌های آن گستره وسیعی از ایران را در برگرفته است. جریانات شمالی و شمال‌شرقی ناشی از گردش و اچرخندی این پرفشار هوای سرد عرض‌های بالا را به منطقه مورد مطالعه گسیل کرده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال درالگوی ۵ (شکل ۱۲)، پشته‌ای برجسته با محوریت شمال‌شرق - جنوب‌غربی بر روی شرق کوه‌های اورال مشاهده می‌گردد. که وجود جریانات شمالی در قسمت شرقی این پشته قوی، باعث فرارفت شدید هوای سرد و ریزش هوای سرد قطبی در پشت ناوه واقع در سیبری شده و در نتیجه باعث عمیق شدن این ناوه سرد به سمت عرض‌های پایین و گسترش آن بر روی ایران شده است. از طرفی گسترش پشته درشمال سیبری تا عرض‌های جنب قطبی و تقویت مؤلفه نصف‌النهاری در ضلع شرقی آن باعث تقویت مؤلفه نصف‌النهاری و ایجاد مرکز کم‌ارتفاعی (سردچال) با ارتفاع ۵۴۳۰ ژئوپتانسیل متر در قسمت جنوبی پشته بادهای غربی واقع در شرق آرال شده است. عمیق شدن و ایستایی پشته اروپای شرقی بر روی این منطقه مانع از حرکت ناوه سیبری به سمت شرق شده و هوای سرد نواحی جنب قطبی به وسیله جریانات شمالی پشت ناوه (واقع در جنوب آرال تا جنوب شرق ایران) به منطقه مورد مطالعه ریزش می‌کند. ایستایی این الگو باعث تداوم سرما به مدت چندین روز در منطقه شده است. شدت یخبندان و وقوع حداقل دمای کمتر از ۲۶- درجه سانتیگراد در این الگو به وسیله فرود عمیق واقع در مرزهای شرقی ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و شدت پرفشار سیبری در نقشه متوسط سطح دریا قابل توجیه است.

الگوی ۶: این الگو دارای کمترین فراوانی روزها می‌باشد. به طوری که ۲۰ روز از روزهای مورد مطالعه از این الگو پیروی می‌کنند. در بین ماه‌های مورد بررسی، بیشترین فراوانی درمورد وقوع این الگو، مربوط به دی ماه می‌باشد نقشه متوسط فشار سطح دریا در الگوی ۶ (شکل ۱۳) گسترش نصف‌النهاری فرابار سیبری به سمت عرض‌های جنوبی را نشان می‌دهد. ایران تا شرق عربستان تحت حاکمیت این پرفشار آسیایی می‌باشد. به طوری که پربند ۱۰۲۵ هکتوپاسکالی این پرفشار از منطقه مورد مطالعه می‌گذرد. مرکز این پرفشار ۱۰۳۵ هکتوپاسکال در شمال دریاچه بایکال قرار دارد. حرکت و اچرخندی این پرفشار با جریانات شمال و شمال‌شرقی همراه بوده که باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به شمال‌شرق ایران شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۴)، ناوه کم‌عمقی با محور شمالی - جنوبی در شرق افغانستان و پاکستان وجود دارد. در این الگو تأثیر خطوط هم ارتفاع در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در سرمای رخ داده در منطقه چندان زیاد نیست. بنابراین احتمال می‌رود سرمای منطقه در نتیجه سرمایش سطح زمین و ارتفاع زیاد در برخی نقاط منطقه باشد. شکل ۱۵ درصد فراوانی هر یک از الگوهای گردشی شناسایی شده در منطقه شمال‌شرق ایران را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ نقشه متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰
هکتوپاسکال در الگوی ۵

شکل ۱۱ نقشه متوسط فشار سطح دریا
(هکتوپاسکال) در الگوی ۵



شکل ۱۴ نقشه متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰
هکتوپاسکال در الگوی ۶

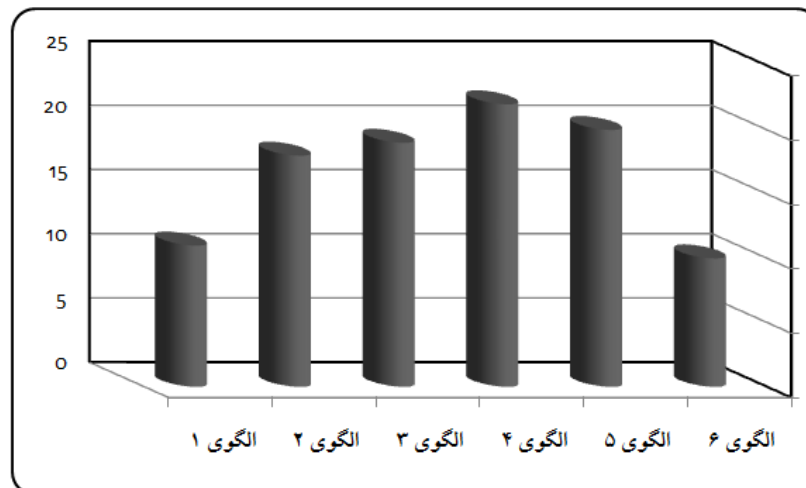
شکل ۱۳ نقشه متوسط فشار سطح دریا
(هکتوپاسکال) در الگوی ۶

جدول ۸ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۵

تاریخ شمسی			تاریخ شمسی	تاریخ شمسی			تاریخ شمسی	
روز	ماه	سال		روز	ماه	سال		
۱۷	آذر	۱۳۷۳	۱۵	۲۹	۱۳۸۷	۱۳	۲۹	۱۳۸۷
۲۹	بهمن	۱۳۷۱	۱۳	۳۰	۱۳۸۷	۱۱/۶	۳۰	۱۳۸۷
۱۴	بهمن	۱۳۷۵	۱۸/۲	۹	۱۳۸۶	۱۷/۴	۹	۱۳۸۶
۱۵	بهمن	۱۳۷۵	۱۵	۱۰	۱۳۸۶	۱۸	۱۰	۱۳۸۶
۱۶	بهمن	۱۳۷۵	۱۴	۲۸	۱۳۸۶	۲۴	۲۸	۱۳۸۶
۱۷	بهمن	۱۳۷۵	۱۱/۲	۲۷	۱۳۸۶	۲۳/۴	۲۷	۱۳۸۶
۲۶	دی	۱۳۷۴	۲۲/۶	۲۶	۱۳۸۶	۲۴	۲۶	۱۳۸۶
۲۷	دی	۱۳۷۴	۱۹	۲۵	۱۳۸۶	۱۹	۲۵	۱۳۸۶
۲	بهمن	۱۳۷۴	۱۳	۲۴	۱۳۸۶	۲۲/۲	۲۴	۱۳۸۶
۸	بهمن	۱۳۷۴	۹	۲۳	۱۳۸۶	۲۴/۶	۲۳	۱۳۸۶
۷	بهمن	۱۳۷۹	۱۵/۶	۲۲	۱۳۸۶	۱۱/۸	۲۲	۱۳۸۶
۲۶	دی	۱۳۷۸	۹	۲۱	۱۳۸۶	۲۱	۲۱	۱۳۸۶
۲۴	دی	۱۳۸۲	۱۷	۲۰	۱۳۸۶	۲۳	۲۰	۱۳۸۶
۲۶	دی	۱۳۸۳	۱۸	۱۹	۱۳۸۶	۲۵	۱۹	۱۳۸۶
۲۷	دی	۱۳۸۳	۱۶/۶	۱۸	۱۳۸۶	۲۶	۱۸	۱۳۸۶
۱۲	دی	۱۳۸۴	۱۶	۱۷	۱۳۸۶	۱۶	۱۷	۱۳۸۶
۱۳	دی	۱۳۸۴	۱۶/۶	۱۰	۱۳۸۶	۱۳/۲	۱۰	۱۳۸۶
۱۴	دی	۱۳۸۴	۱۶/۸	۸	۱۳۸۶	۱۵	۸	۱۳۸۶
۱۹	بهمن	۱۳۸۸	۱۰/۸	۷	۱۳۸۶	۱۴	۷	۱۳۸۶
20	بهمن	۱۳۸۸	۱۰/۶	۶	۱۳۸۶	۱۳/۶	۶	۱۳۸۶

جدول ۹ روزهای تشکیل دهنده الگوی ۶

تاریخ شمسی			حدائق دما
روز	ماه	سال	
۸	بهمن	۱۳۷۸	۱۴/۲
۲۸	بهمن	۱۳۷۰	۱۳/۶
۲۸	دی	۱۳۷۶	۱۰/۶
۲۵	بهمن	۱۳۷۵	۱۰/۲
۸	دی	۱۳۷۳	۷/۲
۷	دی	۱۳۷۳	۸/۸
۲۴	آذر	۱۳۸۲	۱۶
۳۰	دی	۱۳۸۰	۸/۲
۲۰	بهمن	۱۳۷۸	۱۳/۴
۵	بهمن	۱۳۷۸	۸/۲
۲۵	بهمن	۱۳۸۳	۹/۸
۱۴	دی	۱۳۸۵	۱۸
۱۵	دی	۱۳۸۵	۱۴/۸
۲۲	دی	۱۳۸۵	۱۰
۲۹	دی	۱۳۸۵	۱۳
۳۰	دی	۱۳۸۵	۱۲/۴
۱۶	دی	۱۳۸۷	۸/۴
۱۵	دی	۱۳۸۷	۱۳/۴
۷	بهمن	۱۳۸۶	۱۸
۸	بهمن	۱۳۸۶	۱۶



شکل ۱۵ نمودار درصد فراوانی هریک از الگوهای گردشی در دوره مورد مطالعه (۸۹-۱۳۶۸)

نتیجه گیری

هجوم و گسترش امواج سرمایی به منطقه خراسان ناشی از استقرار الگوهای جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مانند فرود بلند، امواج کوتاه، سردچال ها و فرابار سیبری است. به طور کلی جریانات ورودی به شمال ایران از عرض های بالا با خود سرما را به ارمغان می آورند و این در مطالعات دیگر در ارتباط با سرماهای شدید شمال غرب (علیجانی، ۱۳۷۸؛ عزیزی، ۱۳۸۳)، یخبندان های ایران در نقاط مختلف (براتی، ۱۳۷۵)، سرماهای شدید شمال شرق (پاک نظر، ۱۳۸۳؛ لشکری، ۱۳۸۹، ۱۳۸۷، ۱۳۸۷؛ هژبرپور، ۱۳۸۴) در ارتباط با موج سرمای فراگیر ایران دیده می شود. از بین الگوهای یادشده قریب به ۹۰ درصد از هجوم امواج سرمایی حاصل ورود الگوهایی مانند فرود بلند، امواج کوتاه عمیق و سردچال ها می باشد، ۱۰ درصد از هجوم امواج سرما حاصل گسترش فرابار سیبری به خراسان است؛ در صورتی که فرابار مانع بر روی شمال دریای خزر و دریاچه آرال تشکیل گردد تداوم فعالیت آن بیشتر و شدت سرمایی اش نیز بیشتر می شود.

References

- Alijani, Bahlol; sober, Mahmoud; 2009. identify synoptic patterns of extreme colds in North West of Iran, *Geography Studies* 65, 1-16.
- Alijani, Bahlol, 2006. synoptic climatology, Second Edition, published by Study and preparation of books of Human Sciences (samt Pulisher).
- Azizi, Gh.1383. Synoptic assessment of spring frosts in the Middle West of Iran. *Journal of humanities*, 99-116.
- Barati, G.1375, Design and spring frost prediction of synoptic patterns, Ph.D. thesis, Tarbiat Moallem University of Tehran.
- Chokhachy Moghaddam, Mohammad Baqer; 1989. synoptic analysis of the effect of pressure on the temperature of the North-East of Siberia, PhD Thesis, Tehran University.
- Hzhbrprvr, Gh.; Alijani, Bahlol, 2005. Time tracking of entry Siberian high to the southern coast of the Caspian Sea *Journal of humanities*, (4), 193-213.
- Fattahi, E., Salehi clean, election, 2010, Analysis of synoptic patterns of winter frost, *Geography and Development* 13, 136-127.
- Kaviani, Mohammad Reza; Masoudian, Abolfazl, 2008, identify temporal and spatial variability of Siberian high in sea level, geographically *Research Journal* 87, 48 -27.
- Lashkari, H., 2008. synoptic analysis of cold wave sweeping 2003. *Geography Studies* 66, 1-18.
- Lashkari, H; Keikhosravi, GH, 2010. Synoptic analysis of cold wave in 8-15 January 2006. *Quarterly Agricultural Science* (14), Issue 1151-177.
- Masoudian, Abolfazl; having, M., 2011. Analysis of synoptic of pervasive cold wave at 2003 year in Iran. *Geography and Development* 22, 185-165.
- Sarah, 2004. Study of cold trough position and its effect on the extreme cold weather in eat north of Iran. Meteorological Master's thesis, Islamic Azad University – North Branch of Tehran.
- Prieto, L, et al, 2002. NAO influence on the extreme winter temperature in Madrid (Spain), *Annals Geophysical*, Volume 20.
- Takahashi, H. 1990. Migration of the Cold Air Mass Related to Rain Belt Formation of the Chinese Continent and Atmospheric Systems During the Baiu Season (In apanese). *Geographical Review of Japan*; Series A 64,10-24.

- Yarnal, Brent, 2006. Synoptic climatology and its application in environmental studies translated by Masoudian Abolfazl, first edition, publication in university of Esfahan.
- Zhang, Kenneth R. Sperber and James S. Boyle, 1996. Climatology of East Asian Winter Monsoon and Cold Surges, PCMDI Report 38.
- Van De Besselaar, E.J.M et al, 2009. Influence of circulation types on temperature extreme in Europe, Theoretical Applied Climatology 99.