

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۴

وصول مقاله: ۱۳۹۳/۲/۱۹

تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۹

صفحات: ۱۱۸ - ۱۰۳

## اندرکنش سامانه کم فشار اسکاندیناوی با سامانه‌های فشار زیاد سیبری - اروپا و شمال غرب ایران (پرفشار تلفیقی) در رخدادهای موج یخبندان آذر ۱۳۸۲ در ایران

دکتر حمید نظری پور<sup>۱</sup>، اله بخش ریگی<sup>۲</sup>

### چکیده

این بررسی در پی بازکاوش علل رخداد موج یخبندان سخت و گسترده آذرماه ۱۳۸۲ ایران است. بر پایه مطالعات پیشین، علت ایجاد دوام این موج یخبندان شدید، حاکمیت سامانه فشار زیاد سیبری معرفی شده است. برای این منظور از داده‌های شبکه‌ای دمای کمینه ایران، داده‌های شبکه‌ای فشار تراز دریا و سری‌های زمانی الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی استفاده شده است. بر پایه نمایه‌های آغاز، پایان و دوام موج سرما و با لحاظ گستره، الگوهای مکانی و زمانی موج یخبندان آذرماه ۱۳۸۲ شناسایی گردید. بر این اساس، زمان آغاز آن ۲۰ آذر (۱۱ دسامبر ۲۰۰۳) و پایان آن ۲۵ آذر (۱۶ دسامبر ۲۰۰۳) شناسایی گردید که دوام آن ۶ روز در گستره ایران بود. الگوی مکانی موج سرما نیز دارای آرایش شرق سو بوده و در بیش از ۷۵ درصد از گستره ایران را در اوج شدت خود حاکم بوده است. بیشترین دوام موج سرما در فلات داخلی ایران ثبت شده است؛ در حالی که کرانه‌های شمالی خلیج فارس و دریای عمان در دامنه‌های جنوبی ناهمواری‌های زاگرس این موج سرما را دریافت ننموده‌اند. روند افزایش و کاهش گستره مکانی موج سرما نشانگری برای همراهی برخی از سامانه‌های شناخته شده فشار تراز دریا با سامانه فشار زیاد سیبری در رخداد آن است. برای این منظور، سری‌های زمانی بلندمدت (۲۰۱۰-۱۹۵۰) از الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی در اکتبر تا دسامبر بررسی گردید. به عنوان نمونه، هم‌پیوندی هم‌فاز میان الگوهای دریای شمال - خزر، نوسان شمالگان و نوسان اطلس شمالی و هم‌پیوندی ناهم‌فاز الگوی شرق اقیانوس اطلس - غرب روسیه و شمال اقیانوس آرام با شاخص استاندارد شده شدت پرفشار سیبری از دلایل همراهی سایر سامانه‌های فشار در تراز دریا سامانه فشار زیاد سیبری در رخداد موج یخبندان مزبور است. بررسی آرایش مکانی - زمانی سامانه‌های فشار تراز دریا در زمان‌های پیش از رخداد (پیش‌روی و پس‌روی) موج سرما نشان داد که سامانه فشار زیاد ترکیبی (پرفشار اروپا، پرفشار شمال غرب ایران و پرفشار سیبری) در اندرکنش با سامانه کم فشار اسکاندیناوی سبب رخداد و دوام موج یخبندان مزبور بوده است. نوع آرایش مکانی سامانه کم فشار اسکاندیناوی نقش بارزی در شکل‌گیری، دوام، شدت و از هم‌گسیختگی سامانه پرفشار ترکیبی دارد. کلید واژگان: موج یخبندان، الگوهای فشار تراز دریا، پرفشار ترکیبی، ایران.

۱- استادیار آب و هواشناسی، گروه محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان (نویسنده مسؤول)  
h.nazaripour@kgut.ac.ir  
allahbakhsh.rigi@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

## 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 است. هر کدام از این رویدادهای حدی با توجه به شدت، تداوم و گسترش، به‌عنوان یک مخاطره محیطی، اثرات زیانباری بر حیات و موجودات زنده وارد می‌نمایند. مطالعه سرماهای شدید (و گسترده) به‌عنوان یکی از مخاطرات طبیعی به‌خاطر مسائلی که برای جوامع به وجود می‌آورد و وقوع واژگونی‌های گرمایی و تشعشی دارای اهمیت کاربردی است (قویدل رحیمی و خوشحال دستجردی، ۱۳۸۹: ۱۸۱). شدت و ضعف سامانه‌های فشار و الگوهای گردشی جوی مجاور و نیز چگونگی تعامل آنها با یکدیگر در تبیین شرایط اقلیمی یک قلمرو جغرافیایی نقشی اساسی ایفا می‌کند. ایران به دلیل شرایط خاص جغرافیایی یعنی موقعیت کشور در رابطه با گردش عمومی جو و قرار گرفتن در عرض‌های میانه، در طول سال مورد هجوم توده‌های هوا با منشأ مختلف و خصوصیات فیزیکی گوناگون قرار می‌گیرد که با ایجاد تغییرات مکانی-زمانی، موجب نوسان‌های آب و هوایی در سطح کشور می‌شوند. تحقیقات متعددی بر روی سرماهای شدید مناطق مختلف جهان برای شناسایی منشأ و مکانیسم‌های بوجود آورنده آن‌ها انجام شده است.

نقش پرفشار سیبری بر تغییرات اقلیمی عرض میانه توسط شاخص شدت مرکزی پرفشار سیبری بررسی شده است. میانگین فشار تراز دریا در چارچوب ۷۰ تا ۱۲۰ درجه شرقی و ۴۰ تا ۶۰ درجه شمالی به‌عنوان معیار شدت پرفشار سیبری لحاظ شده است. نتایج این بررسی نشانگر ارتباط معنی‌دار ناهنجاری‌های دمای تراز دریا در اوراسیا با شاخص شدت مرکزی پرفشار سیبری بوده است (گونگ و هو، ۲۰۰۲: ۷۶). حرکت جنوب‌شرق سوی توده‌های سیبری منجر به افت ناگهانی دما و رخداد موج سرما در شرق آسیا می‌گردد (نینومیا، ۱۹۷۴: ۴۵۲؛ چانگ و همکاران،

۱۹۷۹: ۲۹۸؛ ژانژ و همکاران، ۱۹۹۷: ۲۰۶۵؛ نینوما و همکاران، ۲۰۰۶: ۴۷). ارتباط معنی‌داری بین ناهنجاری دمای سطح آب‌های ساحلی اقیانوس اطلس و آرام جنوبی با رخداد دماهای فرین در آرژانتین وجود دارد (روستیکوسکی و همکاران، ۲۰۰۳: ۴۶۷). آنتی سیکلون‌های نسبتاً ضعیف اقیانوس اطلس و شمال اروپا، کم‌فشارهای متوالی در غرب و مرکز اروپا، بادهای غربی، شرایط بارومتریک در ناحیه مدیترانه و کم‌فشارهای لیتوانی و استونی که شرایط سرما را به مرکز اروپا مستقر می‌سازند، عوامل اصلی امواج سرد اروپا هستند (کانی و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۸۹). اثر نوسان قطبی بر دماهای فرین شمال شرق ایالات متحده و کانادا بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داده است که در فصل زمستان، دماهای بسیار پایین در کبک و کانادا در اثر شاخص نوسان قطبی افزایش می‌یابد (ویتستین و میارنس، ۲۰۰۲: ۳۵۸۶). پیکربندی گردش‌های جو بالا نقش مهمی در رخداد موج‌های سرما در شرق آسیا دارد (پارک و همکاران، ۲۰۰۸: ۷۹۱). دماهای فرین پایین در لهستان در اثر تیپ واچرخندی همراه با جریان‌های شرقی ایجاد می‌گردند (آسترنال و همکاران، ۲۰۱۰: ۴۲۹). شش الگوی گردشی فشار تراز دریا مسئول رخداد یخبندان‌های آمریکای جنوبی است (مولر و همکاران، ۲۰۰۳). ناهنجاری واچرخندی بر روی آمریکای جنوبی منجر به جریان‌های جنوبی و وزش هوای سرد به سمت آمریکای جنوبی و منجر به یخبندان‌های بادوام و گسترده در آمریکای مرکزی می‌گردد (مولر و بری، ۲۰۰۷: ۱۲۶۸).

یخبندان‌های بهاره ایران با توسعه پرفشار اروپا از غرب به ایران و ادغام شدن آن با زبانه‌های قوی پرفشار سیبری روی می‌دهد (علیجانی و براتی، ۱۳۷۵: ۱۲۱). قریب به ۷۰ درصد از سرماهای شمال غرب ایران به‌خاطر استقرار ناوهای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در عقب آن و وجود یک پرفشار در سطح زمین بوده است (علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷: ۱). موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶

تراز دریا، تقریباً ۹۳ درصد گستره ایران از نظر دمای کمینه تحت تأثیر سامانه پرفشار سیبری هستند (حلیبان و شبانکاری، ۱۳۹۱: ۱۵۱). تحلیل زمانی - مکانی روند روزهای فرین سرد ایران، نشان داده است که گستره روند منفی رخداد تعداد روزهای فرین سرد بیشتر از گستره روند مثبت آن است (مسعودیان و دارند، الف ۱۳۹۱: ۳۷). زمان آغاز و پایان بخش گرم و سرد سال در پهنه ایران بررسی شد و دوره سرد ایران از ۴ آبان تا ۲۷ فروردین و دوره گرم ایران از ۲۸ فروردین تا ۳ آبان به وقوع می‌پیوندد، اوج سرما و گرما در همه جای ایران همزمان آغاز نمی‌شود. اوج سرما در سراسر ایران همزمان و با ۱۵ روز فاصله رخ می‌دهد و اوج گرما در ایران در نقاط مختلف با ۷۰ روز فاصله به وقوع می‌پیوندد (منتظری و مسعودیان، ۱۳۹۲: ۱). در شناخت پهنه‌های همدید فشار مؤثر بر اقلیم ایران در نیمه سرد سال دو پایگاه جداگانه برای فصل زمستان و پاییز ایجاد و روی داده‌های مربوط به هر فصل تحلیل خوشه‌ای با فواصل اقلیدیسی به روش وارد انجام شده است. نتایج نشان داده که در هر فصل، هفت پهنه اصلی فشار تراز دریا وجود دارد (محمدی و یزدانی، ۱۳۹۲: ۱۲۵). تحلیل همدید یخبندان‌های فراگیر و بادوام ایران به کمک داده‌های دمای کمینه ایران (پایگاه اسفزاری) نشان داده است که ۵ الگوی گردشی سطحی با آرایش‌های متفاوت منجر به رخداد یخبندان‌های فراگیر و بادوام ایران زمین می‌شوند. شدت یخبندان در مناطق مختلف ایران هماهنگ با مسیر زبانه‌های سامانه‌های جوی واچرخندی است و نحوه قرارگیری، شدت و جابجایی کم‌فشار جنب قطبی مهم از شدت سامانه‌های واچرخندی سیبری و اروپایی است (مسعودیان و دارند، ب ۱۳۹۲: ۱۲۹). ارتباط بین دو الگوی دریای شمال - خزر و شرق اروپا - شمال شرق ایران با بسامد رخداد سرماهای فرین ایران زمین در بازه زمانی ۲۰۰۴-۱۹۶۲ در دوره سرد سال بررسی شده است. نتایج مبین آن است که رخداد سرماهای فرین نیمه غربی کشور ارتباط مستقیم و معنی‌داری با الگوی دریای شمال - خزر دارد. فاز مثبت الگوی دریای

ایران در اثر تشکیل یک سامانه بندالی زوجی که باعث فرارفت شدید هوای سرد به داخل کشور گردیده روی داده است (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱). تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار سیبری و پرفشار اروپای شرقی، بیشترین تأثیر را در یخبندان‌های شدید و فراگیر ایران داشته‌اند، به‌طوری که این تیپ‌های هوا، جریان‌ات هوای سرد قطبی را از عرض‌های جغرافیای بالا به سوی عرض‌های پایین منتقل و به دنبال آن یخبندان‌های شدید و فراگیر در ایران به وقوع می‌پیوندد (فتاحی و صالحی پاک، ۱۳۸۸: ۱۲۷). ایران را از نظر سرماهای فرین به شش ناحیه تقسیم می‌گردد و آرایش جغرافیایی این نواحی به‌گونه‌ایست که همسایگی با توده‌های بزرگ آب و موانع کوهستانی در منطقه‌بندی نواحی دمای فرین سرد ایران نقش بازی می‌کنند و آرایش جغرافیایی این نواحی بازتاب دهنده مسیرهای نفوذ هوای بسیار سرد به ایران است (مسعودیان و دارند ۱۳۸۹: ۴۳). بررسی تحلیل همدید سرماهای فرین ایران نشان داده است که سرماهای فرین ایران حاصل ۵ الگوی گردشی هستند: ۱- الگوی پرفشار سیبری-اروپا ۲- الگوی پرفشار سیبری-کم فشار ایسلند ۳- الگوی پرفشار سیبری ۴- الگوی پرفشار شمال خزر-سیبری و ۵- پرفشار شمال خزر (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۰: ۱۸۵). واکاوی ناهنجاری‌های فشار تراز دریا در روزهای همراه با رخداد سرماهای فرین ایران نشان داده است که چهار الگوی متمایز منجر به سرماهای فرین می‌شوند. بیشتر سرماهای فرین در برج دی (حدود ۲۹ درصد) دیده شده است. الگوی دوقطبی ضعیف دریای شمال - شمال روسیه در آذر بیشترین رخداد را دارد. دو الگوی اسکاندیناوی - اطلس و اطلس - اسکاندیناوی تمرکز زمانی رخداد بیشتری دارند و بیشتر در ماه‌های سرد سال دیده می‌شوند (مسعودیان و دارند، ب ۱۳۹۱: ۱). نقش پرفشار سیبری در پراکنش دماهای کمینه روزانه ایران با استفاده از شاخص استاندارد شده شدت پرفشار سیبری نشان داده است که روزهای حضور پرفشار سیبری کمتر از روزهای نبود این سامانه بوده است. در

(خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱). رخدادهای بلاکینگ، عامل اصلی ایجاد سرمای شدید ژانویه ۱۹۶۴ و ۲۰۰۸ در ایران و مناطق همجوار بوده است که سبب فرارفت هوای سرد بر روی ایران و مناطق همجوار آن شده و تداوم سرما را سبب شده است (عزیزی و خلیلی، ۱۳۹۰). امواج سرمای گسترده دی و بهمن ۱۳۸۳ در استان چهارمحال بختیاری ناشی از غالب بودن پرفشار سیبری بوده است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶). کوتیل و همکاران (۲۰۰۲) نقش الگوی دریای شمال - خزر را بر اقلیم شرق مدیترانه بررسی نموده‌اند. نتایج آنها روشن ساخته است که فاز منفی شاخص منجر به افزایش و فاز مثبت منجر به کاهش دما در منطقه می‌گردد.

الگوی گسترش زمانی و مکانی موج سرمای آذرماه ۱۳۸۲ که در ایران از امواج سرمای سخت و فراگیر تلقی می‌شود بر پایه اطلاعات دمایی ۲۴۲ ایستگاه در گستره ایران و همچنین عامل رخداد آن در مقیاس سینوپتیک تحلیل گردیده است. این موج سرما که از ۲۰ الی ۲۵ آذرماه ۱۳۸۲ دوام داشته در بیش از ۷۰ درصد گستره ایران نیز حاکم بوده است. نفوذ زبانه‌ای از سامانه فشار زیاد سیبری که در اطراف دریاچه بایکال شکل گرفته، عامل سینوپتیک آن معرفی شده است (لشکری، ۱۳۸۷). مطالعه حاضر در پی آن است تا با داده‌های شبکه‌ای دمای کمینه ایران و با ایجاد معیاری از آغاز، دوام و پایان موج سرما با لحاظ گستره مکانی، گسترش مکانی و زمانی رویداد موج سرمای آذرماه ۱۳۸۲ در ایران تحلیل و سپس الگوهای فشار حاکم در تراز دریا برای تبیین علت رخداد آن شناسایی گردد.

### داده‌ها و روش‌شناسی

داده‌های مورد استفاده در این بررسی، سه دسته هستند: ۱- داده‌های زمینی که دمای کمینه را در محدوده ایران شامل و برای دوره زمانی ۱۰/۰۹/۱۳۸۲ الی ۱۳۸۲/۰۹/۳۰ (برابر با ۰۱ الی ۲۱ دسامبر ۲۰۰۳) است. این داده‌ها، بخشی از پایگاه داده

شمال - خزر منجر به افزایش رخداد سرماهای فرین در نیمه غربی کشور می‌شود. همچنین نقش الگوی شرق اروپا - شمال شرق ایران به مراتب بیشتر از الگوی دریای شمال خزر است (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲). در طبقه‌بندی همدید الگوهای گردشی مؤثر بر آب و هوای ایران در تراز دریا الگوی سرد بارشی، سرد کم بارش، معتدل کم بارش، بسیار سرد پر بارش و گرم بسیار کم بارش معرفی گردیده است (عزیزی و علیزاده، ۱۳۹۲). یخبندان‌های شدید و فراگیر استان اردبیل ناشی از استقرار یک پرفشار در سطح زمین و یک ناوه عمیق در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی بوده است که در روزهای سرد شدید زبانه پرفشار سیبری عامل اصلی یخبندان بوده است (هژرپور و علیجانی، ۱۳۸۶). دمای فرین (پایین) دوره سرد سال در منطقه آذربایجان تحت تأثیر آرایش توپوگرافی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی قرار دارد (قویدل رحیمی، ۱۳۹۰)، همچنین استقرار یک الگوی گردشی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به همراه تضعیف باد مداری و شمالی شدن جهت باد نصف‌النهاری، زمینه فرارفت منفی یا انتقال دمای سرد عرض‌های جغرافیایی بالا را به ایستگاه مراغه فراهم می‌نماید (قویدل رحیمی، ۱۳۹۰). نتایج حاصل از روند هسته‌های زمانی موج‌های دمای حداقل در شمال غرب ایران نشان داده است که هسته‌های زمانی شاخص سالانه از اوایل ماه فوریه و اواخر ماه ژانویه به سوی اوایل ژانویه و حتی اواخر ماه دسامبر جابه‌جایی نشان داده است (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰). علت رخداد ۹۰ درصد امواج سرمای شدید در شمال شرق ایران، سینوپتیکی است. به گونه‌ای که در بیشتر موارد، ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا در شرق پشته بسیار قوی بر روی کوه‌های آرال باعث عمیق شده ناوه شرق دریاچه آرال شده و حرکت ناوه و ایستایی آن، تداوم موج سرما را در منطقه سبب می‌گردد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱)، همچنین، سامانه بندالی علت ۷۰ درصد سرماهای شدید خراسان در موارد دیگر استقرار ناوه عمیق بر روی شمال ایران عامل اصلی فرارفت سرماهای شدید شمال خراسان بوده است

اندرکنش سامانه‌ها را در تبیین رخداد موج یخبندان آذرماه ۱۳۸۲ آشکار سازد.

در آغاز، گسترش مکانی - زمانی موج یخبندان آذر ۱۳۸۲ با تعریف نمایه‌های آغاز، دوام و پایان دوره سرد، با لحاظ گستره مکانی شناسایی گردید. نمایه‌های مزکور به شرح زیر هستند:

۱- **نمایه آغاز موج یخبندان:** دمای کمینه در حداقل ۲۰ درصد گستره ایران کمتر از صفر درجه سلسیوس برای سه روز پیاپی با افزایش گستره حداقل ۲۰ درصد.

۲- **نمایه پایان موج یخبندان:** در صورت برقراری شرایط آغاز موج سرما، دمای کمینه در حداقل ۲۰ درصد از گستره ایران بیشتر از صفر درجه سلسیوس برای سه روز پیاپی با افزایش گستره حداقل ۲۰ درصد.

۳- **نمایه دوام موج یخبندان:** تعداد روزهای پیاپی که دمای کمینه در حداقل ۲۰ درصد گستره ایران کمتر از صفر درجه سلسیوس قرار دارد.

بر پایه نمایه‌های مزبور، می‌توان زمان آغاز، دوام و پایان موج یخبندان را جهت تحلیل‌های زمانی - مکانی موج یخبندان شناسایی نمود.

در مرحله دوم، جهت شناخت سامانه‌های همید فشار تراز دریا در زمان رویداد موج یخبندان، سری‌های زمانی نمایه‌های پیوند از دور (عمدتاً نیمکره شمالی) برای دوره زمانی بلندمدت (۲۰۱۰-۱۹۵۰) اکتبر تا دسامبر فراهم و با روش‌های معمول همبستگی و رگرسیون هم‌پیوندی آنها آشکارسازی گردیده است. در مرحله سوم از چگونگی آرایش فشار تراز دریا از چند روز قبل از رخداد موج سرما مورد بررسی قرار گرفته است.

### یافته‌ها و بحث

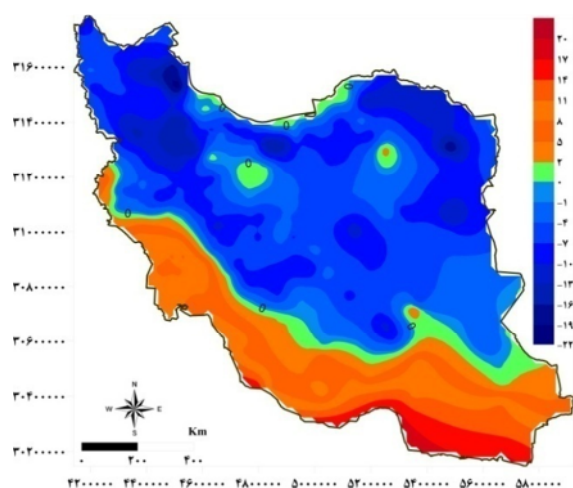
#### گسترش زمانی - مکانی موج سرما

بر پایه نمایه آغاز موج سرما، زمان آغاز سرما در گستره ایران ۲۰ آذر ۱۳۸۲ (۱۱ دسامبر ۲۰۰۳) است. در این هنگام، دمای کمینه در بیش از ۲۰ درصد

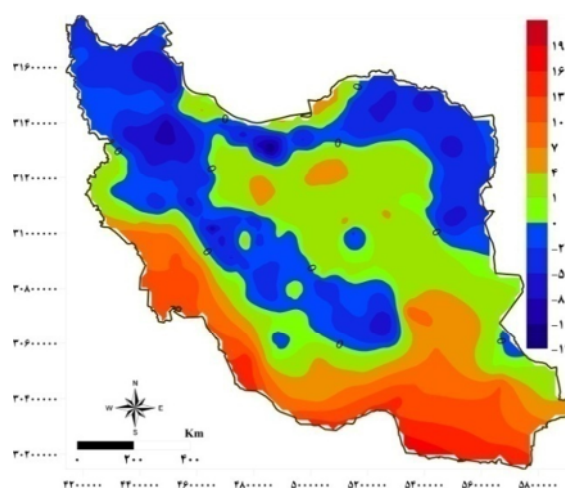
شبکه‌ای ایران (آسفزاری) است که در دانشگاه اصفهان تولید شده است. در این پایگاه داده که بر اساس اطلاعات داده‌های کمینه ایستگاه‌های هواشناسی و با روش‌های زمین آمار تهیه شده است، اطلاعات عناصر اقلیمی مانند بارش، دما و غیره برای ۷۱۸۷ یاخته (کل ایران) موجود است. ابعاد یاخته‌ها در ارتباط با تغییرپذیری عنصر اقلیمی و فراوانی ایستگاه‌های هواشناسی بوده و برای دمای کمینه  $15 \times 15$  کیلومتر است. حداقل ویژگی این پایگاه داده، فراهم نمودن امکان لحاظ نمودن گستره مکانی در تبیین ویژگی یک رویداد مانند موج سرما در برنامه‌نویسی‌های کامپیوتری است. ۲- دسته دوم داده‌ها شامل اطلاعات فشار تراز دریا است که برای سه چارچوب مکانی متفاوت شامل: ۱- ۲۵ تا ۸۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۱۲۰ درجه طول شرقی ۲- ۲۰ تا ۸۰ درجه عرض شمالی و ۴۰ تا ۱۶۰ درجه طول شرقی و ۳- ۴۰ تا ۵۵ درجه عرض شمالی و ۹۰ تا ۱۲۰ درجه طول شرقی. این داده‌ها محصول بازکاوی دوم مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی پژوهش‌های جوی ایالات متحده است. پوشش زمانی داده‌های فشار تراز دریا، چهار زمانه و برای ساعت‌های ۰۰، ۰۶، ۱۲ و ۱۸ جهانی و برای  $2/5$  طول  $2/5 \times$  درجه عرض جغرافیایی است. ۳- دسته سوم داده‌ها، شامل شاخص‌های الگوی پیوند از دور است. لازم به ذکر است که داده‌های دسته دوم و سوم برای دوره درازمدت (۲۰۱۰-۱۹۵۰) اکتبر تا دسامبر (OND) فراهم شده است. این شاخص‌ها عبارتند از: ۱- شاخص استاندارد شده شدت پرفشار سیبری SSHI (حلبیان و شبانکاره، ۱۳۹۱: ۱۵۵-۱۵۴)، شاخص دریای شمال - خزر NCPI (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲: ۱۷۶)، شرق اقیانوس اطلس / غرب روسیه EA/WR، شمال اقیانوس آرام NP، امریکای شمالی - اقیانوس آرام PNA، نوسان شمالگان AO، نوسان اطلس شمالی NAO، اسکاندیناوی SCA، الگوی اوراسیا - قطبی POL، غرب اقیانوس آرام WP و شرق اقیانوس اطلس EA. بررسی ارتباط این نمایه‌های پیوند از دور که عمدتاً از آن نیمکره شمالی هستند، می‌تواند

ندارند (شکل ۴). کاهش گستره موج سرما از روز پنجم آغاز می‌شود (شکل ۵). در این روز، کاهش گستره موج سرما از نوار شمالی ایران منطبق با ارتفاعات البرز و همچنین غرب و جنوب غرب ایران آغاز و گستره سرما در غرب و شمال غرب ایران محدود می‌شود. روز ششم، بر پایه نمایه پایان موج سرما، روز پایان است (شکل ۶). در این روز، گستره موج سرما محدود به نیمه شرقی ایران می‌گردد. با این وجود، مناطق پراکنده‌ای در غرب ایران با دمای کمینه کمتر از صفر درجه سلسیوس مواجه هستند. در روز پایان موج سرما شدت سرما کمتر از روز آغاز است. نگاهی اقلیم‌شناختی به نوسانات مکانی موج سرما، بیانگر آنست که عوامل اصلی آن در مقیاس همدید در غرب و شمال غرب ایران قرار دارند؛ بنابراین، بایستی به نقش سامانه پرفشار سبیری در ایجاد آن با تردید نگریم. البته سامانه فشار زیاد سبیری می‌تواند در دوام و تشدید آن سهیم باشد.

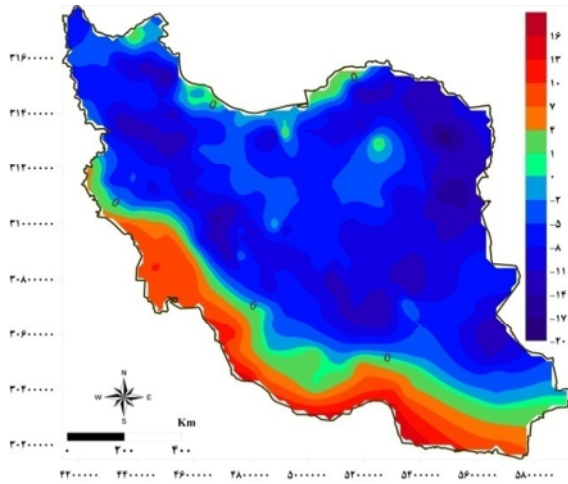
گستره ایران کمتر از صفر درجه سلسیوس است و برای روزهای آینده (حداقل ۳ روز) این شرایط برقرار و گستره آن نیز افزایش یافته است. گسترش مکانی سرما در روز آغازین موج بر آرایش ناهمواری بزرگ ایران (زاگرس، البرز و ارتفاعات شمال شرق) منطبق است (به‌طور پیوسته) (شکل ۱). در روز بعد از آغاز موج سرما، محدوده ایران مرکزی نیز به گستره موج سرما افزوده می‌شود. در این روز، دامنه‌های جنوبی ناهمواری‌های زاگرس در کرانه‌های خلیج فارس و دریای عمان و نوار باریکه‌ای در سواحل دریای خزر در گستره موج سرما قرار ندارند و دمای کمینه در این مناطق بالاتر از صفر درجه سلسیوس قرار دارد (شکل ۲). در روز سوم حاکمیت موج سرما، گستره موج سرما به سمت عرض‌های جنوبی و شرقی کشیده شده است (شکل ۳). در روز چهارم، شرایط روز سوم پایا است. در این روز به مانند روز سوم، مناطق منطبق بر کرانه‌های خلیج فارس و دریای عمان در گستره موج سرما قرار



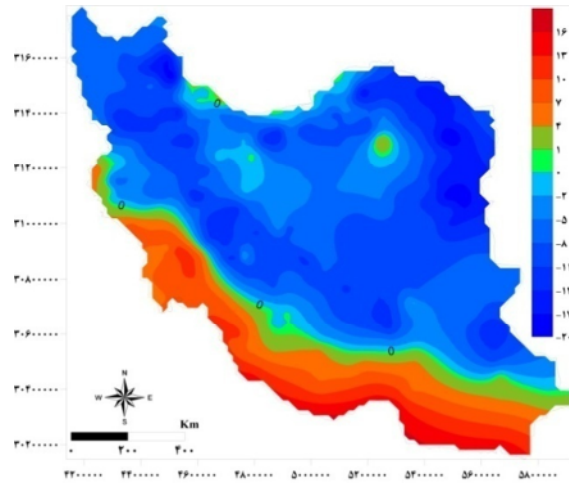
شکل ۲. توزیع فضایی کمینه دمای هوا در ۱۲ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



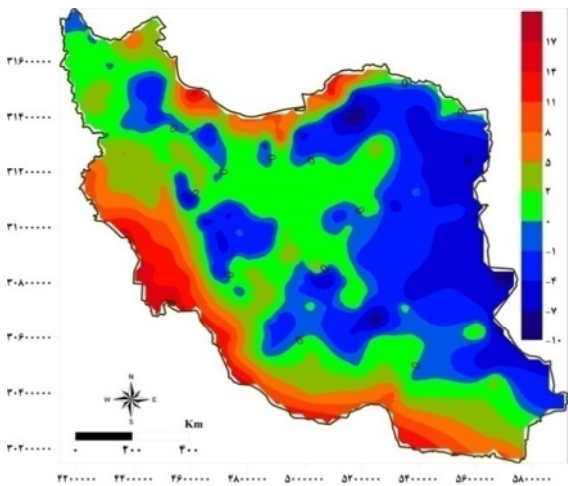
شکل ۱. توزیع فضایی کمینه دمای هوا در ۱۱ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



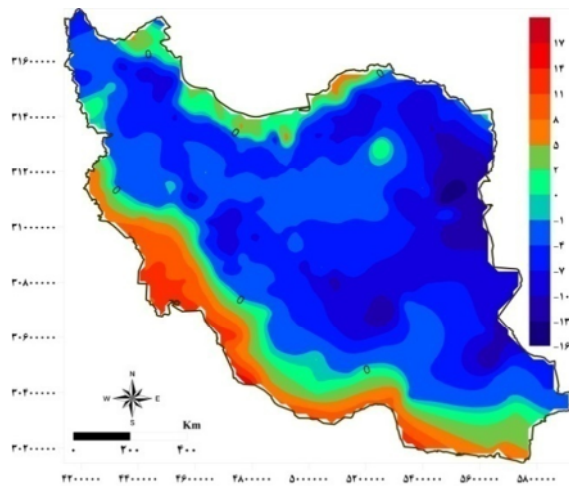
شکل ۴. توزیع فضایی کمینه دمای هوا در ۱۴ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



شکل ۳. توزیع فضایی کمینه دمای هوا در ۱۳ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



شکل ۶. توزیع فضایی کمینه دمای هوا در ۱۶ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان

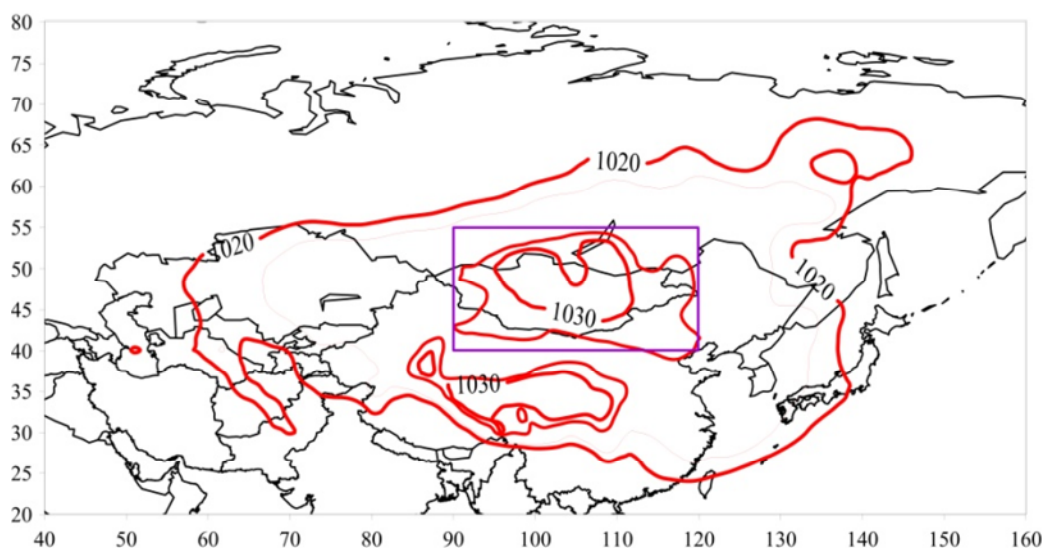


شکل ۵. توزیع فضایی کمینه دمای هوا در ۱۵ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان

درجه شرقی شناسایی گردید (شکل ۷). بر این اساس، شاخص استاندارد شده شدت پرفشار سیبری SSHI (حلبیان و شبانکاره، ۱۳۹۱، ۱۵۵-۱۵۴) محاسبه گردید (شکل ۸). از شاخص استاندارد شده شدت پرفشار سیبری می‌توان به‌عنوان معیاری برای بررسی رفتار زمانی پرفشار سیبری استفاده نمود. بر اساس این معیار، پرفشار سیبری در دسامبر ۲۰۰۳ در فاز مثبت (نمود پرفشار) قرار دارد.

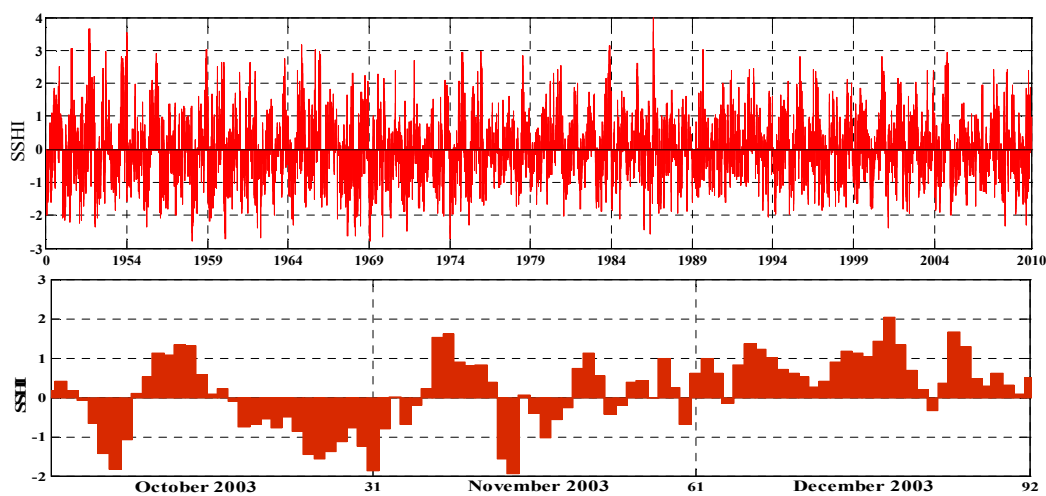
### شناسایی سامانه‌های فشار تراز دریا در مقیاس همدید

در مرحله دوم، نخست به شناسایی رفتار زمانی سامانه فشار زیاد پرداخته شده است. در این بررسی بر پایه میانگین درازمدت (۲۰۱۰-۱۹۵۰) دوره اکتبر تا دسامبر از فشار تراز دریا در محدوده ۲۰ تا ۸۰ درجه شمالی و ۴۰ تا ۱۶۰ درجه شرقی، کانون این فشار زیاد در محدوده ۴۰ تا ۵۵ درجه شمالی و ۹۰ تا ۱۲۰



شکل ۷. اقلیم‌شناختی فشار تراز دریا در فصل پاییز (اکتبر - نوامبر - دسامبر) اوراسیا (  $40^{\circ}E - 160^{\circ}E$   $20^{\circ}N - 80^{\circ}N$  ).  
 $P \geq 1020hPa$  نشان داده شده است.

منبع: نگارندگان



شکل ۸. رفتار زمانی پرفشار سیبری (اکتبر تا دسامبر) ۲۰۱۰-۱۹۵۰ (شکل بالا) و اکتبر تا دسامبر ۲۰۰۳ (شکل پایین).

منبع: نگارندگان

سطح اطمینان ۰/۹۵ دارای ارتباط ناهم‌فاز است. الگوی شرق اقیانوس اطلس - غرب روسیه دارای ارتباط هم‌فاز در سطح اطمینان ۰/۹۹ با الگوی دریای شمال - خزر و در سطح اطمینان ۰/۹۵ با الگوی نوسان شمالگان است. الگوی شمال اقیانوس آرام در سطح اطمینان ۰/۹۹ با الگوهای نوسان شمالگان و غرب اقیانوس آرام دارای ارتباط هم‌فاز و با الگوی آمریکای شمالی - اقیانوس آرام دارای ارتباط ناهم‌فاز است.

ضریب همبستگی میان نمایه‌های پیوند از دور برای دوره اکتبر تا نوامبر ۲۰۱۰-۱۹۵۰ نشان می‌دهد که نمایه استاندارد شده شدت پرفشار سیبری دارای یک ارتباط ناهم‌فاز در سطح اطمینان ۰/۹۹ با نمایه‌های شرق اقیانوس اطلس - غرب روسیه، شمال اقیانوس آرام، غرب اقیانوس آرام و ارتباط هم‌فاز با الگوی اورسیا-قطبی است. همچنین با الگوهای شرق اقیانوس اطلس و الگوی دریای شمال - خزر نیز در

اسکاندیناوی به ترتیب با الگوهای دریای شمال - خزر و الگوی اوراسیا- قطبی در سطح اطمینان ۰/۹۹ دارای پیوند هم فاز هستند.

درک پیوندهای متفاوت میان الگوهای پیوند از دور می تواند در تبیین علل رخداد موج یخبندان آذرماه ۱۳۸۲ از نظر الگوهای فشار تراز دریا مفید باشد.

الگوی آمریکای شمالی- اقیانوس آرام در در سطح اطمینان ۰/۹۹ با الگوی نوسان شمالگان دارای ارتباط ناهم فاز است. نوسان شمالگان در سطح اطمینان ۰/۹۹ با الگوهای نوسان اطلس شمالی، دریای شمال- خزر، غرب اقیانوس آرام و الگوی اوراسیا- قطبی دارای ارتباط هم فاز و با الگوی اسکاندیناوی دارای ارتباط ناهم فاز است. الگوهای نوسان اطلس شمالی و

جدول ۱. ضریب همبستگی برخی از نمایه های پیوند از دور نیمکره شمالی در دوره اکتبر- دسامبر (OND) دوره ۲۰۱۰-۱۹۵۰

Index	SSHI	EA/WR	NP	PNA	AO	NAO	SCA	POL	WP	EA	NCPI
SSHI	1										
EA/WR	-.368**	1									
NP	-.492**	.039	1								
PNA	-.048	.066	-.551**	1							
AO	-.132	.181*	.434**	-.228**	1						
NAO	.050	.082	.030	.022	.612**	1					
SCA	.055	-.065	.064	-.029	-.239**	.057	1				
POL	.204**	.067	.094	-.113	.272**	-.022	.259**	1			
WP	-.206**	.047	.284**	.057	.266**	.126	.021	-.030	1		
EA	-.154*	.066	.021	.061	.050	.012	.005	-.082	-.006	1	
NCPI	-.182*	.630**	.008	.045	.314**	.297**	-.056	-.004	.055	-.043	1

\*\*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

بایکال بارز هستند. گسترش شرق سوی سامانه کم فشار (کم فشار اسکاندیناوی) از گسترش غرب سوی سامانه فشار زیاد سیبری جلوگیری نموده و بیشینه شیو فشار میان این دو سامانه در شمال شرقی قزاقستان واقع است. در این روز یک سامانه فشار زیاد که تقریباً محدود نیز است بر روی اروپای غربی (دریای شمال- بریتانیا) حاکم است و دارای یک شیو فشار با سامانه کم فشار اسکاندیناوی بر روی اروپای مرکزی است. علاوه بر آن یک سامانه فشار زیاد نیز بر روی شمال غرب ایران واقع است. فشار مرکزی سامانه های فشار زیاد اروپا و شمال غرب ایران به ترتیب ۱۰۳۰ و ۱۰۲۵ هکتوپاسکال است.

### سامانه های فشار در تراز دریا

جهت شناخت سامانه های اصلی فشار در تراز دریا و اندرکنش آنها، آرایش مکانی میانگین فشار تراز دریا برای کرنل ۲۵ تا ۸۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۱۲۰ درجه طول شرقی از سه روز قبل تا پایان رویداد موج سرما بررسی شده است.

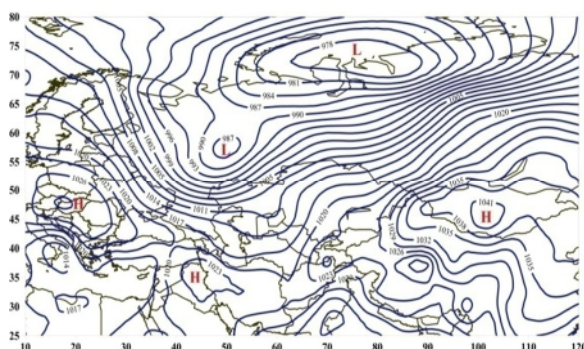
### شرایط فشار در تراز دریا پیش از رخداد موج سرما

در روز ۰۸ دسامبر در چارچوب مورد نظر، سامانه کم فشار قوی با فشار مرکزی ۹۷۵ هکتوپاسکال بر روی گرینلند و سامانه فشار زیاد با فشار مرکزی ۱۰۴۰ هکتوپاسکال بر روی مغولستان در جنوب دریاچه

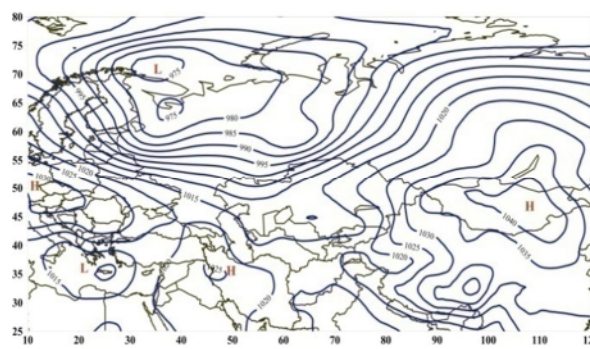
ساعتگرد سامانه فشار زیاد اروپا به سمت ایران سرازیر می‌نماید.

در روز دهم دسامبر (روز قبل از رخداد موج سرما)، همراه با گسترش شرق و شمال سوی سامانه کم فشار اسکاندیناوی، سامانه فشار زیاد اروپا گسترش مداری و نصف‌النهاری می‌یابد و زبانه‌های آن مناطقی از دریای خزر را در برمی‌گیرد. در این روز، سامانه فشار زیاد مغولستان (یا سیبری) با افزایش شدت فشار مرکزی نسبت به روز ۰۸ دسامبر همچنان دارای آرایش روزهای قبل است. در میانه این دو سامانه فشار زیاد، سامانه کم فشار اسکاندیناوی با فرودی عمیق قرار گرفته و محور آن متوجه ایران است.

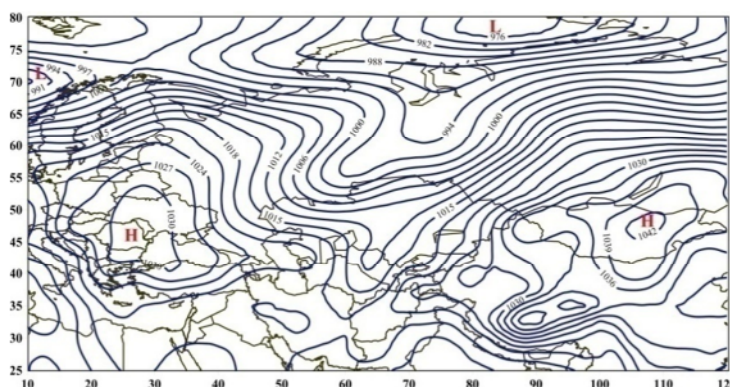
در روز بعد (۰۹ دسامبر)، سامانه کم فشار اسکاندیناوی به سوی شرق جابجا و هسته مرکزی آن بر روی دریای کارا قرار گرفته است. گسترش شرق سوی این سامانه کم فشار سبب گسترش جنوب و غرب سوی همزمان از سامانه فشار زیاد مغولستان گردیده است. در این روز همچنان یک هسته فشار زیاد بر روی شمال غرب ایران قرار دارد. سامانه فشار زیاد اروپا نیز به طرف شرق جابجا شده و محور شیو فشار آن با سامانه کم فشار اسکاندیناوی با جهت شمال غربی - جنوب شرقی از روی دریای سیاه به سمت ایران است. سامانه فشار کم اسکاندیناوی با گردش پادساعتگرد هوای سرد عرض‌های بالا را در همراهی گردش



شکل ۱۰. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۹ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



شکل ۹. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۸ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



شکل ۱۱. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۱۰ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان

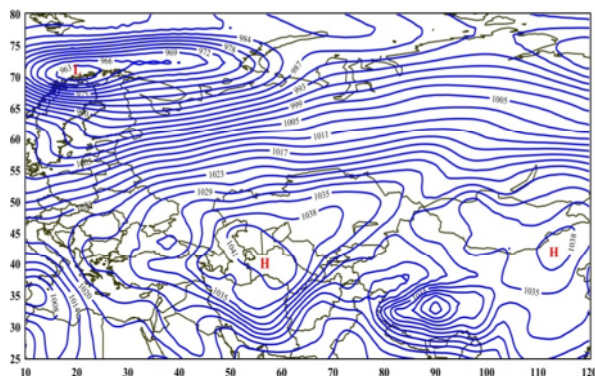
### شرایط فشار در تراز دریا در رخدادهای (پیش روی) موج سرما

در روز نخست رخداد موج سرما در ایران، سامانه مهاجر کم فشار اسکاندیناوی از محدوده تأثیر خارج و سامانه جدید با مرکزیت واقع در تلاقی ۷۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ درجه طول شرقی در حال شکل‌گیری است. در این روز شرایط مناسبی در نبود سامانه کم‌فشار اسکاندیناوی برای افزایش قدرت و گستره سامانه فشار زیاد اروپا فراهم گردیده است؛ به گونه‌ای که فشار مرکزی آن با افزایش ناگهانی (بیش از ۱۰ هکتوپاسکال) مواجه شده و گستره آن افزوده شده است. هسته مرکزی این سامانه فشار زیاد بر روی شمال غرب ایران واقع شده و بخش‌های شمال غربی و شمالی ایران را دربر گرفته است. گسترش شرق سوی این سامانه فشار زیاد برای ادغام احتمالی با سامانه فشار زیاد سیبری در نبود سامانه کم‌فشار مهاجر اسکاندیناوی شدت یافته است. در این روز فشار مرکزی پرفشار سیبری (مغولستان) تغییر محسوسی نداشته و ۱۰۴۱ هکتوپاسکال است، اما گسترش غرب سوی زبانه‌های آن با گسترش شرق سوی زبانه‌های پرفشار اروپا (ادغام با پرفشار شمال غرب ایران) سبب ادغام این دو سامانه فشار زیاد گردیده است.

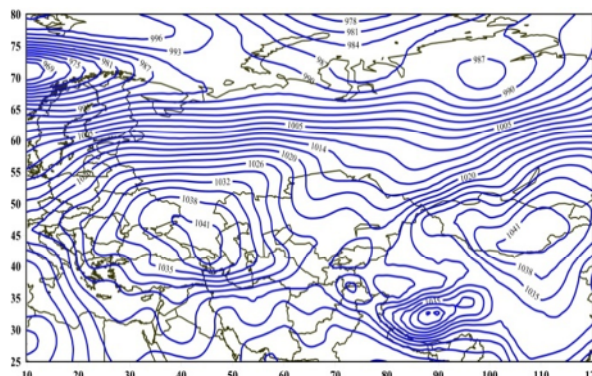
در روز دوم رخداد موج سرما، سامانه غالب همان پرفشار مهاجر اروپایی است که با سامانه فشار زیاد ایران از سمت جنوب و با زبانه‌های فشار زیاد سیبری از شرق ادغام گردیده و شدت یافته است. در این روز هسته مرکزی سامانه فشار زیاد سیبری بر روی جنوب شرق مغولستان واقع و فشار مرکزی آن رو به کاهش است. در این روز بسته‌ای از کم‌فشار مهاجر اسکاندیناوی نیز در شمال غرب چارچوب مطالعه شکل گرفته است. آرایش این سامانه فشار کم شرقی - غربی بوده و در عرض‌های بالاتر از ۶۰ درجه شمالی قرار دارد. چنین آرایشی از سامانه مزبور به گسترش شرق سوی سامانه فشار زیاد مهاجر اروپایی که بر روی ایران واقع شده است، کمک می‌نماید.

روزهای ۱۳ و ۱۴ دسامبر، اوج گسترش موج سرما در ایران است. شرایط فشار در تراز دریا برای این زمان‌ها تقریباً همسان است. در روز ۱۳ دسامبر همچنان پرفشار ترکیبی (اروپا- ایران- سیبری) بر روی محدوده ایران قرار دارد و فشار مرکزی آن نیز نسبت به روز قبل تغییری نکرده است. آرایش مثلثی این سامانه فشار زیاد ترکیبی نیز مبین نقش سه سامانه فشار زیاد در شکل‌گیری آن است؛ به گونه‌ای که قاعده آن به سمت غرب و رأس آن به سوی شرق است. در این روز سامانه جدید از فشار زیاد مهاجر اروپایی شکل گرفته به سوی شرق در حال حرکت است.

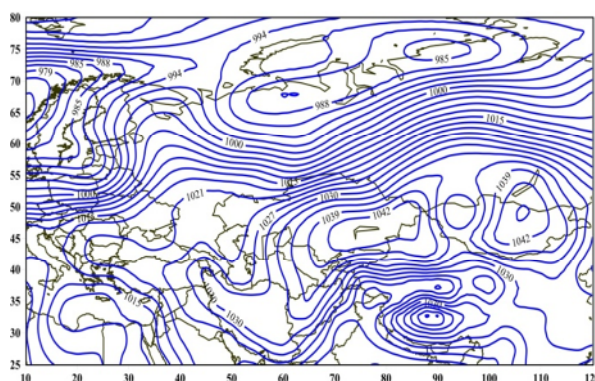
در روز چهاردهم دسامبر همچنان سامانه ترکیبی فشار زیاد مهاجر اروپایی - فشار زیاد ایران و فشار زیاد سیبری بر محدوده ایران حاکم است. علاوه بر این، سامانه جدید فشار زیاد اروپایی نیز در این سامانه ترکیبی ادغام شده است. هسته مرکزی این سامانه فشار زیاد با فشار ۱۰۴۲ هکتوپاسکال بر روی دریاچه بالخاش در کشور قزاقستان واقع شده است و به مانند روز پیش (۱۳ دسامبر) ایران را کاملاً در بر گرفته است. حرکت شرق سوی این سامانه فشار زیاد ترکیبی به سمت مغولستان بر شدت فشار مرکزی سامانه فشار زیاد مغولستان (سیبری) افزوده است. آرایش مکانی این سامانه فشار زیاد ترکیبی با آرایش مکانی سامانه کم‌فشار مهاجر اسکاندیناوی در ارتباط است. در این روز سامانه کم فشار اسکاندیناوی با آرایش شمال شرقی - جنوب غربی در مناطق بالاتر از ۵۵ درجه عرض شمالی قرار دارد. با این حال، سامانه‌ای جدید از کم فشار اسکاندیناوی در حال ورود به محدوده مورد مطالعه است.



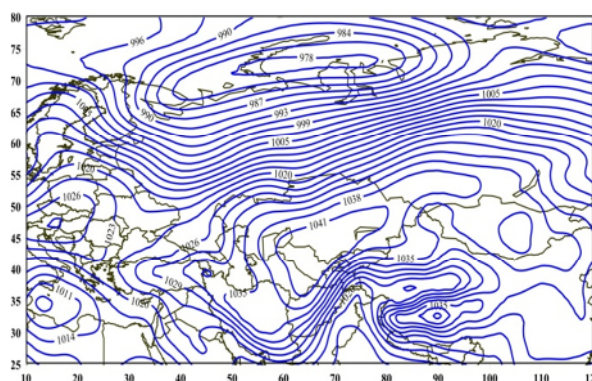
شکل ۱۳. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۱۲ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



شکل ۱۲. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۱۱ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



شکل ۱۵. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۱۴ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان



شکل ۱۴. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۱۳ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان

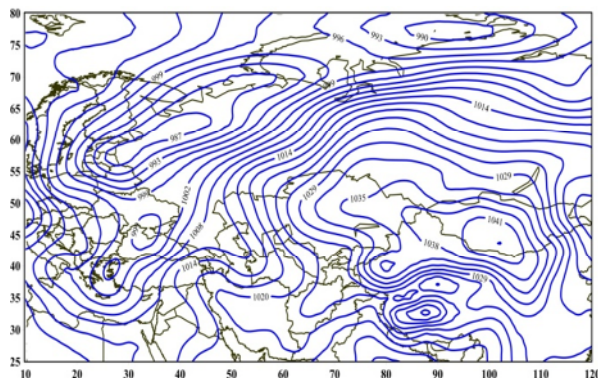
سامانه کم فشار اسکاندیناوی متفاوت بوده و در حال گسترش به عرض‌های جغرافیایی پایین در میانه ۱۰ تا ۴۰ درجه طول شرقی است. این نوع گسترش از سامانه کم فشار، فعالیت سامانه فشار زیاد اروپایی را محدود می‌نماید و آغازی برای پایان موج سرما است.

در روز پایانی موج سرما (۱۶ دسامبر)، مرکز سامانه فشار زیاد ترکیبی بر کاهش فشار (۱۰۴۱ هکتوپاسکال) بر روی نیمه جنوبی مغولستان واقع شده است. در این زمان زبانه ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی فلات داخلی ایران را احاطه نموده است. دوام موج سرما در این نیمه شرقی ایران (شکل ۶) با گستره مکانی زبانه ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی این سامانه فشار زیاد ترکیبی هماهنگ است. گسترش شرق و جنوب سوی سامانه فشار کم اسکاندیناوی سبب حرکت شرق سوی سامانه فشار زیاد ترکیبی شده و مسیر را برای شکل‌گیری یک

### شرایط فشار در تراز دریا در رخدادهای (پس روی) موج سرما

روز ۱۵ دسامبر، آغاز کاهش گستره موج سرما است. این کاهش گستره موج سرما در توزیع مکانی مقادیر دمای کمینه این روز (شکل ۵) نیز مشهود است. کاهش گستره موج سرما از نوار شمالی ایران منطبق با ارتفاعات البرز و همچنین غرب و جنوب غرب ایران آغاز و گستره سرما در غرب و شمال غرب ایران محدود می‌گردد. این آرایش از کاهش گستره موج سرما بیانگر آزاد شدن مناطق مذکور از گستره حاکمیت پرفشار ترکیبی است. در این روز، هسته مرکزی پرفشار ترکیبی با افزایش فشار (۱۰۴۴ هکتوپاسکال) در مرز مغولستان و قزاقستان واقع شده است؛ بنابراین، حرکت شرق و شمال شرق سو از این پرفشار ترکیبی دلیلی بر کاهش گستره سرما در ایران است. در این روز آرایش

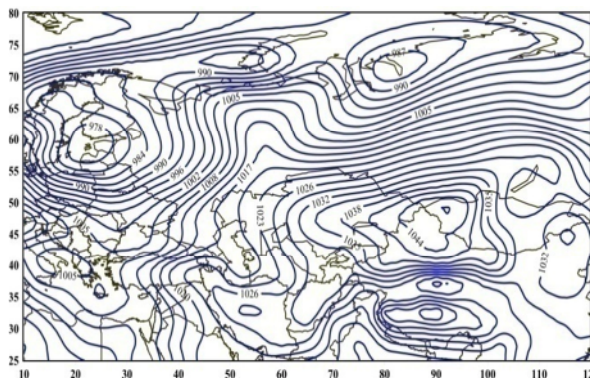
سرما آزاد و بدین ترتیب گستره سرما در ایران کاهش یافته است.



شکل ۱۷. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۱۶ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان

یخبندان، از نوار شمالی ایران منطبق بر ارتفاعات البرز و همچنین غرب و جنوب غرب ایران بوده است و سبب محدود شدن گستره موج در شمال غرب ایران (نواری شدن) گردیده است. نگاه اقلیم‌شناختی به نوسانات مکانی موج سرما، بیانگر آنست که عوامل اصلی آن در مقیاس همدید در غرب و شمال غرب ایران قرار دارند. کنکاش درباره علل رخداد این موج یخبندان به‌وسیله بازکاوش الگوهای فشار تراز دریا در منطقه و الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی انجام شده است. بررسی رفتار زمانی سامانه فشار زیاد سیبری (به‌عنوان مظنون اصلی) در این ایام بیانگر نمود پرفشار سیبری (فاز مثبت) بود. جهت شناخت اندرکنش سایر سامانه‌های فشار تراز دریا با سامانه فشار زیاد سیبری به آشکارسازی هم‌پیوندی نمایه‌های پیوند از دور نیمکره شمالی پرداخته شده است. به‌عنوان نمونه، هم‌پیوندی هم‌فاز میان الگوهای دریای شمال - خزر، نوسان شمالگان و نوسان اطلس شمالی و هم‌پیوندی ناهم‌فاز الگوی شرق اقیانوس اطلس - غرب روسیه و شمال اقیانوس آرام با شاخص استاندارد شده شدت پرفشار سیبری از دلایل همراهی سایر سامانه‌های فشار در تراز دریا با سامانه فشار زیاد سیبری در رخداد موج یخبندان مزبور است. بررسی آرایش مکانی - زمانی سامانه‌های فشار تراز دریا در زمان‌های پیش از رخداد

سامانه جدید فشار زیاد اروپایی مسدود نموده است؛ بنابراین، گستره‌های نیمه غربی ایران از حاکمیت موج



شکل ۱۶. آرایش فضایی فشار تراز دریا در روز ۱۵ دسامبر ۲۰۰۳  
منبع: نگارندگان

### نتیجه‌گیری

هدف این بررسی، بازکاوش علل رخداد موج یخبندان سخت و فراگیر آذرماه ۱۳۸۲ در ایران بوده است؛ بنابراین، با استفاده از داده‌های شبکه‌ای دمای کمینه ایران (پایگاه اسفزاری)، گسترش مکانی و زمانی موج یخبندان مزبور شناسایی گردیده است. بر پایه معیارهای آغاز، دوام و پایان موج یخبندان که با لحاظ نمودن همزمان اندازه دمای کمینه و گستره (درصد مساحت) ایجاد شده بودند؛ این موج یخبندان از ۲۰ آذر ۱۳۸۲ آغاز شده است. در این هنگام، دمای کمینه در بیش از ۲۰ درصد از گستره ایران پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس قرار داشته است. علاوه بر آن، این شرایط برای روزهای آتی (حداقل ۳ روز) دوام داشته و گستره مکانی نیز افزایش یافته است. دوام این موج یخبندان ۶ روز بوده و در ۲۵ آذر ۱۳۸۲ پایان یافته است. گسترش مکانی موج یخبندان در روز آغازین بر آرایش ناهم‌واری‌های بزرگ ایران (زاگرس، البرز و شمال شرق) منطبق بوده است. در روزهای بعد، فلات داخلی ایران نیز به گستره موج افزوده و گستره موج به سمت عرض‌های جنوبی و شرقی کشیده شده است. در تمام ایام حاکمیت موج یخبندان، مناطق منطبق بر کرانه‌های شمالی خلیج فارس و دریای عمان در گستره موج یخبندان قرار نگرفته‌اند. آغاز کاهش گستره موج

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

علیجانی، بهلول، پیمان، محمودی و علی، پناهی، ۱۳۹۰، مطالعه جابه‌جایی هسته‌های زمانی و مکانی دماهای حداقل در غرب و شمال غرب ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۲(۱۱ پایایی ۴۱)، ۶۸-۵۳.

علیجانی، بهلول، پیمان، محمودی، اله‌بخش، ریگی چاهی و پرویز، خسروی، ۱۳۸۹، بررسی تداوم‌روزهای یخبندان در ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، شماره ۴۲(۷۳)، ۲۰-۱.

فتاحی، ابراهیم و تهمینه، صالحی پاک، ۱۳۸۸، تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، ۱۳۶-۱۲۷.

قویدل رحیمی، یوسف و جواد، خوشحال دستجردی (۱۳۸۹). جستاری پیرامون سختی اقلیم زمستانی تبریز و ارتباط آن با نوسان شمالگان، برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، ۱۴(۱۱ پایایی ۶۵)، ۱۹۶-۱۷۹.

قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۹۰ الف، تعیین آستانه آماری و تحلیل سینوپتیک دماهای ابر سرد مراغه، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، شماره ۱۹(۲۲) ۶۲-۴۵.

قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۹۰ ب، رابطه دماهای فرین پایین فراگیر دوره سرد آذربایجان با الگوهای گردش‌تری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فضای جغرافیایی، شماره ۱۱(۳۵)، ۱۸۴-۱۵۵.

کریمی، صادق، نگارش، حسین، طاوسی‌تقی، علیجانی، بهلول (۱۳۹۱) تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران. مورد: موج سرمای دی و بهمن ۱۳۸۳ استان چهارمحال بختیاری، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۹، ۷۶-۵۵.

لشکری، حسن، ۱۳۸۷، تحلیل سینوپتیکی موج سرمای فراگیر ۱۳۸۲ در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۰(۶۶)، ۱۸-۱.

محمدی، بختیار و امید، یزدانی، ۱۳۹۲، شناخت پهنه‌های همدید فشار مؤثر بر اقلیم ایران در نیمه سرد سال، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، شماره ۲، ۱۴۴-۱۲۵.

مسعودیان، سید ابوالفضل و محمد، دارند، ۱۳۸۹، شناسایی و پهنه بندی نواحی دمای فرین سرد ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک ایران، شماره ۱(۲)، ۵۴-۴۳.

و رخداد (پیش‌روی و پس‌روی) موج سرما نشان داد که سامانه فشار زیاد ترکیبی (پرفشار اروپا پرفشار شمال غرب ایران و پرفشار سیبری) در اندرکنش با سامانه کم فشار اسکاندیناوی سبب رخداد و دوام موج یخبندان مزبور بوده است. نوع آرایش مکانی سامانه کم فشار اسکاندیناوی نقش بارز در شکل‌گیری، دوام، شدت و از هم‌گسیختگی سامانه پرفشار تلفیقی دارد.

## سیاسگزاری

بدین‌وسیله از محمد دارند (دانشگاه کرستان) بابت همکاری‌های علمی و از سید ابوالفضل مسعودیان (دانشگاه اصفهان) بابت توسعه شبکه داده اسفزاری قدردانی می‌گردد.

## منابع

حلبیان، امیرحسین؛ مهرداد، شبانکاری (۱۳۹۱). نقش پرفشار سیبری در پراکنش دماهای کمینه روزانه ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۲۳، دوره ۴ (پیاپی ۴۸)، صص ۱۶۶-۱۵۱.

خوش‌اخلاق، فرامرز، محمود، داوودی، ایمان، روستا و اسماعیل، حقیقی، ۱۳۹۱، تحلیل همدیدی سرماهای شدید شمال شرق خراسان، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۳(۹)، ۱۲-۱.

صادقی، سلیمان، سیدرضا، حسین‌زاده، رضا، دوستان و زهرا، آهنگرزاده، ۱۳۹۱، تحلیل همدیدی امواج سرمایی در شمال شرق ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱(۳)، ۱۲۳-۱۰۷.

عزیزی، قاسم و تیمور، علیرزاده، ۱۳۹۲، طبقه‌بندی همدید الگوهای گردش‌تری مؤثر بر آب و هوای ایران در تراز دریا، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۴، پیاپی ۵۰، شماره ۲، ۳۸-۲۳.

عزیزی، قاسم، طیبه، اکبری، محمود، داوودی و مهری، اکبری، ۱۳۸۸، تحلیل همدیدی موج سرمای شدید دی‌ماه ۱۳۸۶ ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۱(۷۰)، ۱۹-۱.

عزیزی، قاسم، و مائده، خلیلی، ۱۳۹۰، نقش بلاکینگ در رخداد سرماهای فرین ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۳(۷۷)، ۵۵-۳۹.

علیجانی، بهلول و غلامرضا، براتی، ۱۳۷۵، تحلیل سینوپتیکی یخبندان فروردین ۱۳۶۶، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۰، ۱۳۵-۱۲۱.

- upper level atmospheric teleconnection affecting the eastern Mediterranean—implications on the regional climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 72(3), 173-192.
- Müller, G. V., & Berri, G. J. (2007). Atmospheric circulation associated with persistent generalized frosts in Central-Southern South America. *Monthly weather review*, 135(4), 1268-1289.
- Müller, G. V., Compagnucci, R., Nuñez, M. N., & Salles, A. (2003). Surface circulation associated with frost in the wet Pampas. *International journal of climatology*, 23(8), 943-961.
- Ninomiya, K. (1974). Note on synoptic situation and heat energy budget during the AMTEX'74. *J Meteor Soc Japan*, 52, 452-455.
- Ninomiya, K., T. Nishimura, T. Suzuki, and S. Matsumura, 2006: Polar-air outbreak and air-mass transformation over the east coast of Asia assimilated by an AGCM. *J. Meteor. Soc. Japan*, 84, 47-68.
- Park, T. W., Jeong, J. H., Ho, C. 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*, 25(5), 791-804.
- Rusticucci, M. M., Venegas, S. A., & Vargas, W. M. (2003). Warm and cold events in Argentina and their relationship with South Atlantic and South Pacific Sea surface temperatures. *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978-2012), 108(C11).
- Ustrnul, Z., Czekierda, D., & Wypych, A. (2010). Extreme values of air temperature in Poland according to different atmospheric circulation classifications. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9), 429-436.
- Wettstein, J. J., & Mearns, L. O. (2002). The influence of the North Atlantic-Arctic Oscillation on mean, variance, and extremes of temperature in the northeastern United States and Canada. *Journal of Climate*, 15(24), 3586-3600.
- Zhang, Y., Sperber, K. R., & Boyle, J. S. (1997). Climatology and interannual variation of the East Asian winter monsoon: Results from the 1979-95 NCEP/NCAR reanalysis. *Monthly Weather Review*, 125(10), 2605-2619.
- مسعودیان، سید ابوالفضل و محمد، دارند، ۱۳۹۰، تحلیل همدید سرماهای فرین ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۹(۲۲)، ۱۸۵-۱۶۵.
- مسعودیان، سید ابوالفضل و محمد، دارند، ۱۳۹۱، الف، تحلیل زمانی و مکانی روند روزهای فرین سرد ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۷(۲) (پیاپی ۱۰۵)، ۵۶-۳۷.
- مسعودیان، سید ابوالفضل و محمد، دارند، ۱۳۹۱، واکاوی ناهنجاری‌های فشار تراز دریا در روزهای همراه با رخداد سرماهای فرین ایران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۲۳(۱) (پیاپی ۴۵)، ۱۴-۱.
- مسعودیان، سید ابوالفضل و محمد، دارند، ۱۳۹۲، الف، ارتباط دو الگوی دریای شمال - خزر (NCP) و شرق اروپا - شمال شرق ایران (ENEI) با بسامد رخداد سرماهای فرین دوره سرد سال ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۹، شماره ۲، ۱۸۶-۱۷۱.
- مسعودیان، سید ابوالفضل و محمد، دارند، ۱۳۹۲، تحلیل همدید یخبندان‌های فراگیر و بادوام ایران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۲(۵۰)، ۱۴۰-۱۲۹.
- منتظری، مجید و سید ابوالفضل، مسعودیان، ۱۳۹۲، تقویم روز هنگام ایران، جغرافیا و توسعه، ۱۱ (پیاپی ۳۱)، ۱۴-۱.
- هژبرپور، قاسم و بهلول، علیجانی، ۱۳۸۶، تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل، جغرافیا و توسعه، ۵(۱۰)، ۱۰۶-۸۹.
- Chang, C. P., & Lau, K. M. W. (1980). Northeasterly cold surges and near-equatorial disturbances over the winter MONEX area during December 1974. Part II: Planetary-scale aspects. *Monthly Weather Review*, 108(3), 298-312.
- Cony, M., Hernández, E., & Del Teso, T. (2008). Influence of synoptic scale in the generation of extremely cold days in Europe. *Atmósfera*, 21(4), 389-401.
- Gong, D. Y., & Ho, C. H. (2002). Shift in the summer rainfall over the Yangtze River valley in the late 1970s. *Geophysical Research Letters*, 29(10), 78-1.
- Kutiel, H., Maheras, P., Türkeş, M., & Paz, S. (2002). North Sea-Caspian Pattern (NCP)—an

