

نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۲، شماره ۶۴، تابستان ۱۳۹۷، صفحات ۲۲۸-۲۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۵

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۷/۰۵

تحلیل همدید الگوی جوی فراگیرترین روز سرد ایران طی سال های ۱۳۳۹ تا ۱۳۸۸

حسین عساکره^۱

علی شاهبایی کوتنایی^۲

چکیده

روزهای سرد فراگیر یکی از رخدادهای ناهنجار اقلیمی هستند که تأثیرات زیادی بر محیط زیست و فعالیت‌های انسانی دارند. این رویدادها در نتیجه‌ی شکل‌گیری الگوهای جوی پیچیده‌ای ایجاد می‌شوند. شناخت نحوه‌ی برهمکنش سامانه‌های جوی در این الگوها می‌تواند در پیش‌بینی شرایط مشابه و کاهش خسارات احتمالی مفید باشد. بر این اساس در پژوهش حاضر تلاش شد با استفاده از داده‌های میان‌یابی شده‌ی دمای کمینه در سطح کشور و همچنین داده‌های جوی طی سال‌های ۱۳۳۹ تا ۱۳۸۸، شرایط دمای سطح زمین و شرایط همدید و پوششی ترازهای مختلف جو در روز ۱۳۴۲/۱۱/۱ به عنوان فراگیرترین روز سرد در پهنه‌ی ایران مورد تحلیل قرار گیرد. در این روز ۹۸/۴ درصد از پهنه‌ی کشور تحت تأثیر سرما قرار داشته است. نتایج تحلیل همدید و پوششی سامانه‌های جوی مولد سرمای این روز نشان داد که ایجاد یک سامانه‌ی بندالی در غرب و مرکز اروپا و استقرار یک سامانه‌ی کم ارتفاع در شمال روسیه و حرکات متضاد این دو سامانه نسبت به یکدیگر موجب ریزش هوای سرد جنب قطبی از نواحی شمالی اسکاندیناوی به سمت ایران شده

۱- استاد آب و هواشناسی، زنجان، دانشگاه زنجان

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، زنجان، دانشگاه زنجان (نویسنده مسئول) Email : shahbai2008@yahoo.com

است. همچنین مشخص شد عامل ارتفاع در تشدید سرمای این روز در سطح کشور نقش مهمی ایفا نموده است.

واژگان کلیدی: روز سرد فراگیر، تحلیل همدید، سامانه‌ی بندالی، فرارفت دما، ایران

مقدمه

دما یک متغیر ترمودینامیک و مهم جوی است که تغییر آن منشأ بسیاری از تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیست محیطی بوده و اندازه‌گیری آن در جو در مقایسه با سایر عناصر جوی از سابقه‌ی طولانی‌تری برخوردار است (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۰:۱۶۵). یکی از حالت‌های ویژه‌ی دمایی که در آن مقادیر ناهنجار دما (دماهای بسیار پایین یا بسیار بالا) مشاهده می‌شوند، رویداد های فرین^۳ دمایی می‌باشند. سرماهای فرین به علت شدت و رخداد ناگهانی‌شان تاثیر بسزایی بر زیست‌بوم‌ها و جوامع بشری دارند (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲:۱۷۳). به دلیل کم بودن زاویه‌ی تابش خورشید و سردتر بودن هوا در لایه‌های مختلف جو، شدت و درصد فراگیری سرما در روزهای فصل زمستان بیشتر بوده و نه تنها حیات موجودات زنده را با خطر مواجه می‌نماید بلکه نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای در مسائل اقتصادی، زیست محیطی و عمرانی مانند جاده‌سازی، سدسازی و پل‌سازی دارد (هژبرپور و علیجانی، ۱۳۸۶:۸۹) و می‌تواند موجب ایجاد خسارت به بخش‌های مختلف شود. در نتیجه شناخت الگوهای جوی توأم با سرماهای شدید و فراگیر زمستانه در پهنه‌ی کشور می‌تواند به افزایش آگاهی ما از نحوه‌ی برهمکنش سامانه‌های جوی در ایجاد این شرایط ویژه و افزایش دقت پیش‌بینی شرایط مشابه و همچنین کاهش خسارات احتمالی کمک کند. در رابطه با شناسایی الگوهای مولد سرما در دوره‌های آماری با طول مختلف، مطالعات زیادی در ایران و سایر نقاط جهان انجام شده است که در این بخش به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است:

³ - Extreme

دینگ^۴ و کریشنامورتی^۵ (۱۹۸۷) به منظور مطالعه‌ی موسمی‌های زمستانی و امواج سرمای‌ی در چین به شناسایی و تحلیل الگوهای بزرگ‌مقیاس موثر در انتقال توده‌های هوای سرد و نفوذ زبانه‌های سرد به سمت استوا پرداختند. تاکاهاشی^۶ (۱۹۹۰) در مطالعات خود دریاچه‌ی بایکال را به عنوان مهم‌ترین مکان استقرار توده‌های هوای سرد و پرفشار برشمرده و نشان داد نفوذ و گسترش پرفشارهای سرد از این منطقه به سمت عرض‌های جنوبی‌تر باعث ریزش هوای بسیار سرد به آن نواحی می‌شود. گارسیا^۷ (۱۹۹۶) با تحلیل همدید یخبندان‌های شمال و شمال شرق کشور مکزیک به این نتیجه رسید که عامل اصلی ایجاد این یخبندان‌ها، ایجاد سامانه‌های بندالی^۸ در مسیر بادهای غربی و وجود مراکز سیکلون‌زایی در شمال شرق ایالات متحده بوده است. زانگ^۹ و همکاران (۱۹۹۶) با بررسی موسمی‌ها و امواج سرد زمستانی در شرق آسیا به این نتیجه رسیدند که زمان بیشینه فعالیت سامانه‌ی پرفشار سیبری با حداکثر وقوع امواج سرمای‌ی در شرق آسیا هماهنگ نیست. به گونه‌ای که زمان حداکثر فعالیت این پرفشار در ماه‌های دسامبر و ژانویه بوده اما بیشینه‌ی تعداد امواج سرمای‌ی در ماه‌های نوامبر و مارس رخ داده‌اند. پیزا^{۱۰} و آمبریزی^{۱۱} (۲۰۰۵) با بررسی همدید و پویشی امواج سرمای‌ی در مناطق گرمسیری آمریکای جنوبی نشان دادند که سیکلون‌های برون‌حاره‌ای نقش مهمی در ایجاد امواج سرمای‌ی در این نواحی ایفا می‌کنند. همچنین آن‌ها به این نتیجه رسیدند که وقوع امواج سرمای‌ی در منطقه با تغییرات امواج سطوح فوقانی جو در مناطق شرقی اقیانوس آرام ارتباط دارد. دان گودگل^{۱۲} (۲۰۰۵) موج سرمای‌ی روزهای ۲۹ نوامبر تا ۴ دسامبر ۲۰۰۴ در کانادا را با استفاده از روش تحلیل همدید مورد مطالعه قرار داد

⁴ - Ding

⁵ - Krishnamurti

⁶ - Takahashi

⁷ - Garcia

⁸ - Blocking system

⁹ - Zhang

¹⁰ - Pezza

¹¹ - Ambrizzi

¹² - Gudgel

و دریافت که استقرار یک سامانه‌ی کم‌ارتفاع در منطقه‌ی مورد مطالعه، عامل ایجاد این موج سرمای‌ی بوده است. علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷) به منظور شناسایی الگوهای همدید سرماهای شدید شمال غرب ایران اقدام به انجام تحلیل عاملی و خوشه‌ای بر روی داده‌های دمای حداقل روزانه برای ماه‌های زمستان در دوره‌ی ۲۰۰۳-۱۹۸۶ نمودند و با بررسی الگوهای بدست آمده به این نتیجه رسیدند که حدود ۷۰ درصد از سرماهای شدید شمال غرب کشور به دلیل استقرار ناوهای عمیق بر روی شمال ایران و قرارگرفتن مناطق شمال غرب در قسمت عقب آن و همچنین وجود یک پرفشار در سطح زمین رخ می‌دهد. عزیزی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از داده‌های دمای حداقل، ارتفاع ژئوپتانسیل^{۱۳} و فشار تراز دریا^{۱۴} به بررسی موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶ در ایران پرداختند و دریافتند که در سرتاسر ژانویه‌ی ۲۰۰۸، یک سامانه‌ی بندالی در منطقه حاکمیت داشته است و باعث ایجاد فرارفت شدید هوای سرد به سمت نیمه‌ی شمالی کشور شده است. لشکری و کیخسروی (۱۳۸۹) با بررسی موج سرمای ۸ تا ۱۵ دی ماه ۱۳۸۵ در ایران نشان دادند که عامل ایجاد این موج سرما نفوذ زبانه‌ای از هوای سرد در سطح زمین از نزدیکی قطب تا نیمه‌ی جنوبی ایران و استقرار مرکز کم‌ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در نزدیکی سیبری و قرارگیری ناوهای مربوط به آن بر روی کشور بوده است. جهانبخش و همکاران (۱۳۹۰) الگوهای ایجادکننده‌ی یخبندان‌های بهاره‌ی تبریز را با روش همدید مطالعه نمودند و عامل اصلی ایجادکننده‌ی این یخبندان‌ها را عمیق شدن ناوهای کم‌فشار شمال دریای خزر تشخیص دادند. عزیزی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا و سطوح ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نتیجه گرفتند که فعالیت سامانه‌ی پرفشار در شمال دریای خزر و مساعد بودن شرایط میدان باد در لایه‌های زیرین جو باعث کشیده شدن هوای سرد به سوی کشور شده و سرما و یخبندان دیررس ۲۳ تا ۲۶ فروردین را در کشور ایجاد کرده است. امیدوار و ابراهیمی (۱۳۹۱) با استفاده از نقشه‌های سطح زمین و سطوح ۸۵۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال و داده‌های جو بالای ایستگاه‌های اصفهان، کرمان و یزد به بررسی موج

^{۱۳}- Geopotential Height

^{۱۴}- Sea Level Pressure

سرما ۱۶ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۸۶ در ایران مرکزی پرداختند و دریافتند که این موج سرما از نوع فرارفتی بوده و قرارگیری سامانه‌ی پرفشار در شمال دریای خزر به همراه ناوهِی مستقر در شرق مدیترانه باعث نفوذ سرما و رطوبت به کشور و ایجاد موج سرما همراه با بارش برف سنگین در این مناطق شده است. کریمی و همکاران (۱۳۹۱) موج سرما ۱۳۸۳ در استان چهارمحال و بختیاری را مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که عامل اصلی ایجاد این موج سرما، هجوم توده هوای سرد سیبری در سطح زمین و قرارگیری بخش شرقی سامانه‌ی پرفشار تراز میانی جو بر روی منطقه بوده است که باعث ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر شده است. خسروی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روش گردشی به محیطی شرایط هم‌دید حاکم در زمان وقوع یخبندان‌های زمستانه‌ی منطقه‌ی سیستان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که افت فشار منطقه در اثر فعالیت سامانه‌ی چرخندی بال‌خاش و همچنین نفوذ همزمان فرود ناشی از جریان‌های غربی به نواحی غرب ایران عامل ایجاد یخبندان و تداوم آن در منطقه‌ی سیستان می‌باشد. محمودی و همکاران (۱۳۹۴) روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر و نیمه فراگیر ایران در دوره‌ی ۱۹۶۲ تا ۲۰۰۴ را بررسی نموده و نشان دادند که به صورت کلی تعداد روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر ایران در دوره‌ی سرد سال دارای روندی کاهشی است. رضازاده و علیجانی (۱۳۹۶) با بررسی و تحلیل امواج فراگیر سرما در شمال غرب ایران به این نتیجه دست یافتند که علت بیشتر یخبندان‌های شدید سطح بالا ناشی از استقرار یک فرود عمیق در غرب ایران بوده که هوای سرد مناطق قطبی را به سمت ایران هدایت نموده است.

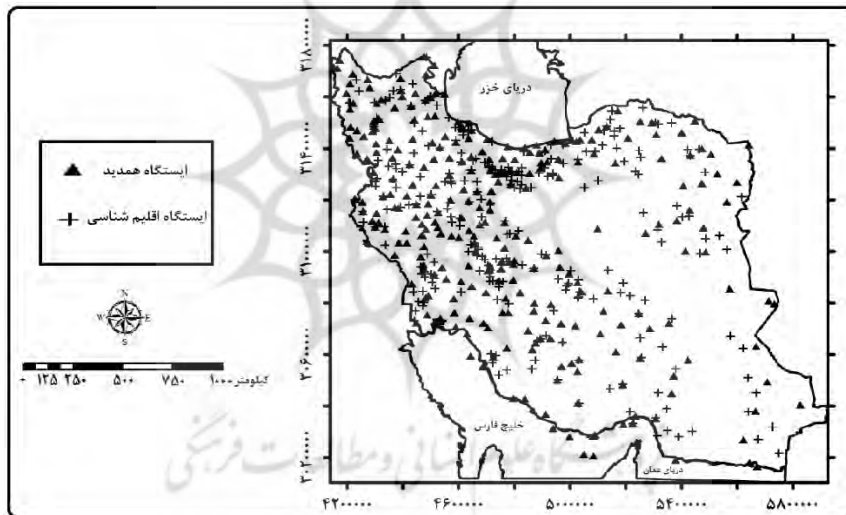
نتایج تحقیقات انجام شده در ایران و سایر نقاط جهان نشان می‌دهد که سامانه‌های پرفشار سطح زمین به همراه ناوهِی تراز میانی جو و همچنین سامانه‌های بندالی از اصلی‌ترین عوامل ایجاد امواج سرمایی در نواحی مورد مطالعه بوده‌اند. منشأ هوای سرد و نحوه‌ی آرایش سامانه‌های جوی در سطح زمین و برهمکنش آن‌ها با سامانه‌های سطوح میانی جو در قدرت و میزان پوشش موج‌های سرمای نفوذی به یک منطقه تاثیر دارد. با توجه به این که شناسایی و تحلیل الگوهای هم‌دید مولد سرماهای شدید و فراگیر از اهمیت

بالایی در شناخت ماهیت و نحوه‌ی عملکرد این سامانه‌ها و همچنین پیش‌بینی شرایط مشابه برخوردار می‌باشد؛ هدف اصلی این پژوهش شناسایی فراگیرترین روز سرد در پهنه‌ی ایران طی زمستان‌های ۱۳۳۹ تا ۱۳۸۸ و تحلیل شرایط دمایی در سطح زمین و شرایط هم‌دید و پویایی لایه‌های مختلف جو طی این روز می‌باشد.

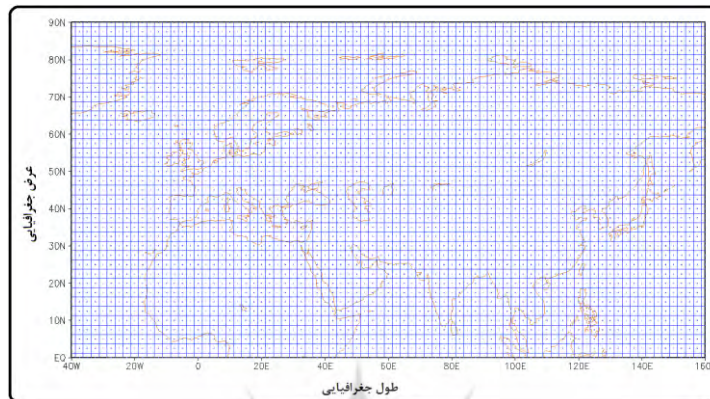
داده‌ها و روش‌های پژوهش

در پژوهش حاضر تلاش شده است تا با استفاده از رویکرد محیطی به‌گرددشی، الگوی هم‌دید موثر در ایجاد فراگیرترین سرمای زمستانی در ایران شناسایی شود. سرزمین ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع، مابین ۲۵ تا ۴۰ درجه‌ی عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه‌ی طول شرقی واقع شده است. ایران کشوری است ناهموار و ارتفاع میانگین آن از تراز دریا حدود ۱۲۵۰ متر است و نقش ناهمواری‌ها در آرایش مکانی دمای ایران کاملاً آشکار است؛ به طوری که در همه جا با افزایش ارتفاع از دمای هوا کاسته می‌شود. با این حال دخالت دیگر عناصر جوی به ویژه رطوبت سبب می‌شود تا افت‌انگ محیطی دما در همه‌جای ایران یک اندازه نباشد (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۱۱-۱۰). میانگین دمای ایران ۱۸ درجه‌ی سلسیوس و میانگین دمای کمینه‌ی آن ۱۱ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۸۰). به منظور دستیابی به اهداف مشخص شده در این پژوهش از دو پایگاه داده‌ی محیطی و جوی استفاده شده است. داده‌های محیطی شامل داده‌های دمای کمینه‌ی زمستان‌های ۱۳۳۹ تا ۱۳۸۸ (۴۴۶۲ روز) می‌باشند. این گروه از داده‌ها از دو منبع تامین شده‌اند. اولین منبع، داده‌های میان‌یابی شده‌ی دمای کمینه بوده که از پایگاه داده‌ی اسفزاری مربوط به دوره‌ی ۱۳۴۰/۱۰/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ (۳۸۴۸ روز) تامین شده است. به منظور تکمیل دوره‌ی آماری ۵۰ ساله در این پژوهش، داده‌های دمای کمینه‌ی ۵۵۱ ایستگاه هم‌دید و اقلیم‌شناسی برای تاریخ‌های ۱۳۳۹/۱۰/۱ تا ۱۳۳۹/۱۲/۲۹ و ۱۳۸۳/۱۰/۱۲ تا ۱۳۸۸/۱۲/۲۹ (۶۱۴ روز) از سازمان هواشناسی کشور دریافت و میان‌یابی شده است (شکل ۱). با ترکیب دو گروه داده‌ی فوق‌ماتریس داده‌های محیطی با ابعاد ۴۴۶۲×۷۱۸۷ تشکیل شده است. داده‌های جوی استفاده شده در این پژوهش شامل داده‌های فشار تراز دریا (هکتوپاسکال) و ارتفاع

ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (متر)، باد مداری و نصف‌النهاری ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (متر بر ثانیه) بوده که از پایگاه داده‌ی NCEP/NCAR برای دوره‌ی ۱۳۳۹/۱۰/۱ تا ۱۳۸۸/۱۲/۲۹ دریافت شده است. قدرت تفکیک مکانی این داده‌ها $2/5 \times 2/5$ درجه‌ی قوسی می‌باشد و در این پژوهش از داده‌های ساعت ۰۰ این پایگاه به وقت گرینویچ (۳/۳۰ بامداد به وقت ایران) استفاده شده است. محدوده‌ی مورد بررسی داده‌های جو بالا از ۴۰ درجه‌ی طول غربی تا ۱۶۰ درجه‌ی طول شرقی و ۰ تا ۹۰ درجه‌ی عرض شمالی انتخاب شده و این محدوده با ۲۹۹۷ یاخته پوشش پیدا کرده است (شکل ۲). ماتریس داده‌های جوی با ابعاد 2997×4462 تشکیل شده است.



شکل ۱: پراکنش ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش



شکل ۲: محدوده‌ی مورد بررسی متغیرهای جوی با ۲۹۹۷ یاخته در ابعاد $۲/۵ \times ۲/۵$ درجه

در این پژوهش براساس تحقیق علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷) روز سرد به روزی اطلاق شد که نمره‌ی استاندارد صدک دهم دمای کمینه‌ی هر یاخته در آن روز برابر یا کمتر از $۱/۲-$ باشد. با تعریف این شرط ۴۸۷ روز سرد جهت ادامه‌ی مراحل پژوهش شناسایی شدند. در گام بعدی نسبت یاخته‌های دارای سرما به کل یاخته‌های کشور (۷۱۸۷ یاخته) در روزهای سرد محاسبه شد. نتایج محاسبات نشان داد که در روز $۱۳۴۲/۱۱/۱$ فراگیرترین پوشش سرما در دوره‌ی ۵۰ ساله‌ی مورد بررسی رخ داده است. در این روز $۹۸/۴$ درصد از پهناهی کشور زیرپوشش سرما قرار داشته است. در مرحله‌ی بعد نقشه‌های دما و ناهنجاری دمایی در سطح کشور، فشار تراز دریا و ناهنجاری آن، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به همراه ناهنجاری آن مورد بررسی قرار گرفتند.

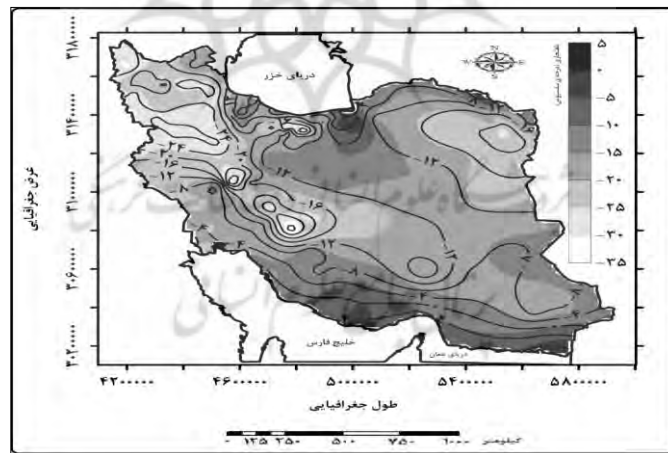
همچنین به منظور مطالعه‌ی مسیر و نحوه‌ی حرکت توده‌های هوای سرد به سوی کشور از نقشه‌های وزش (فرارفت) دما برای سطوح ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده شده است. فرارفت دما که حرکت توده‌های هوای سرد و گرم در مناطق مختلف را نشان می‌دهد، در دستگاه مختصات دکارتی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$(-\vec{V} \cdot \nabla)T = \left(-u \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \left(-v \frac{\partial T}{\partial y}\right) \quad (۱)$$

در رابطه‌ی بالا ∇ عملگر دل، \vec{V} بردار سرعت باد، u مولفه‌ی مداری باد، v مولفه‌ی نصف‌النهاری باد و T بیانگر دما می‌باشد. با توجه به این معادله می‌توان گفت که فرارفت هر کمیتی به اندازه‌ی بردار باد، گرادیان آن کمیت و زاویه‌ی بین دو بردار بستگی دارد و هر چه مقدار مولفه‌های باد بیشتر، آهنگ تغییرات آن کمیت در راستای محورهای طولی و عرضی بیشتر و زاویه‌ی بین دو بردار به ۹۰ درجه نزدیک‌تر باشد، فرارفت آن کمیت نیز بزرگتر می‌شود. فرارفت هوای سرد و گرم به ترتیب موجب کاهش و افزایش دما در منطقه می‌شود و این فرآیند در هواشناسی از اهمیت بالایی برخوردار است. در رابطه‌ی ۱ هرگاه $(-\vec{V} \cdot \nabla)T > 0$ باشد فرارفت هوای گرم و هرگاه $(-\vec{V} \cdot \nabla)T < 0$ شود فرارفت هوای سرد رخ خواهد داد (مرادی، ۱۳۹۰:۳۲).

یافته‌ها و بحث

شکل ۳ توزیع مکانی کمینه دمای روز ۱۳۴۲/۱۱/۱ در پهنه‌ی کشور را نمایش می‌دهد. در این شکل طیف تیره-روشن پس زمینه، ناهنجاری دمای این روز نسبت به میانگین بلندمدت دما در روز اول بهمن سال‌های ۱۳۳۹ تا ۱۳۸۸ را نشان می‌دهد.

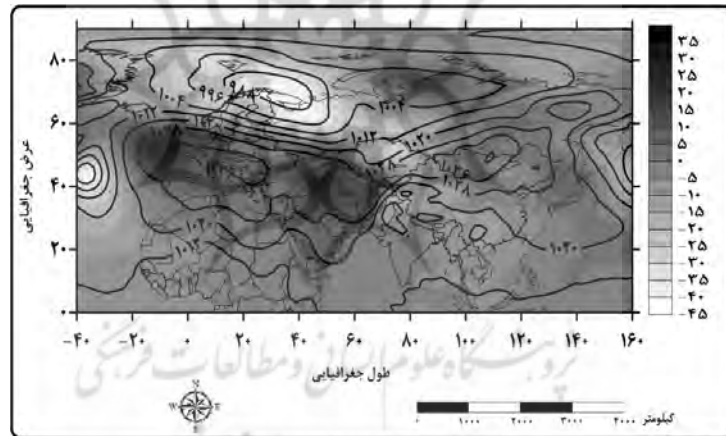


شکل ۳: توزیع مکانی دمای روز ۱۳۴۲/۱۱/۱ و ناهنجاری آن (درجه‌ی سلسیوس)

با توجه به این شکل، طی این روز ۹۸/۴ درصد از پهنه‌ی کشور تحت تاثیر سرما قرار داشته است و فراگیری سرما به حدی بوده که خط هم‌دمای صفر درجه در فاصله‌ی کمی از سواحل جنوبی کشور قرار گرفته است. پایین‌ترین اندازه‌ی دمایی در روز مورد بررسی ۲۸- درجه‌ی سلسیوس بوده است که در بخش‌هایی از شمال‌غرب کشور و دامنه‌های مرکزی رشته کوه زاگرس رخ داده است. همچنین در نواحی البرز مرکزی و شمال‌شرق کشور نیز دماهای بسیار پایینی مشاهده شده است. در این نواحی کمینه‌ی دما بین ۲۰- تا ۲۴- درجه در نوسان بوده است. بالاترین میزان دمای کمینه ۸ درجه بالای صفر بوده که در بخش کوچکی از جنوب‌شرق استان سیستان و بلوچستان مشاهده شده است. ناهنجاری دما در سطح کشور طی این روز مقادیر پایینی داشته است. کمترین مقادیر ناهنجاری دمایی در شمال‌غرب، دامنه‌های زاگرس و شمال‌شرق کشور وجود داشته است. بیشترین میزان ناهنجاری دما نیز در قسمت‌هایی از نوار ساحلی جنوب، جنوب‌شرق دریای خزر و نوار مرزی شمال‌شرق کشور دیده می‌شود. نکته‌ی کاملاً مشخص در این نقشه، انطباق توزیع مکانی خطوط هم‌دما با اشکال ارتفاعی در کشور می‌باشد؛ به گونه‌ای که پایین‌ترین اندازه‌های دما و ناهنجاری دمایی در مناطق مرتفع شمال‌غرب، دامنه‌های زاگرس و البرز همچنین شمال‌شرق کشور مشاهده می‌شود و سرمای مناطق پست و جلگه‌ای به اندازه‌ی مناطق مرتفع شدید نیست. در برخی نواحی کشور از جمله دامنه‌های البرز، غرب و جنوب‌غرب کشور بر تراکم خطوط هم‌دما افزوده شده است؛ به گونه‌ای که در فاصله‌ای کوتاه شاهد وجود چند درجه اختلاف دما در این نواحی هستیم. این موضوع نشانه‌ی بالا بودن میزان تغییرات مکانی دما در این نواحی می‌باشد که علت آن قرارگیری محیط‌های متضاد دمایی در مجاورت یک‌دیگر است؛ به گونه‌ای که هوای سرد ارتفاعات البرز و زاگرس در مجاورت هوای گرم‌تر نواحی جلگه‌ای قرار داشته و همین امر موجب فشردگی خطوط هم‌دما و تغییرات مکانی زیاد دما در این نواحی شده است.

بر اساس شکل ۴ در این روز یک مرکز پرفشار گسترده در بخش‌هایی از غرب و مرکز اروپا، خاورمیانه و آسیای مرکزی قرار گرفته است. این سامانه دارای دو هسته‌ی مرکزی بوده است. هسته‌ی غربی با فشار ۱۰۳۶ هکتوپاسکال در غرب و مرکز اروپا قرار داشته و

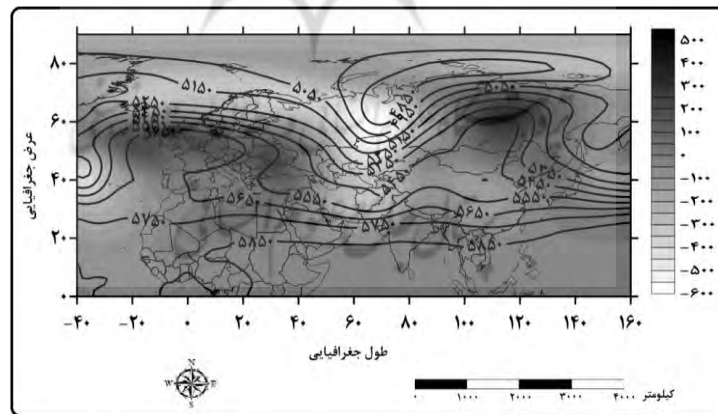
هسته‌ی شرقی آن با کانون ۱۰۴۴ هکتوپاسکال بر روی مغولستان استقرار یافته است. سامانه‌ی کم‌فشاری نیز در شمال اسکان‌دیناوی و نزدیک قطب شمال استقرار یافته و فشار بخش مرکزی آن ۹۸۸ هکتوپاسکال می‌باشد. پراکندگی مقادیر ناهنجاری فشار در سطح منطقه نشان می‌دهد که در مناطق استقرار سامانه‌های پرفشار، میزان ناهنجاری فشار مثبت بوده و مقدار آن بین ۵ تا ۳۵ هکتوپاسکال می‌باشد. همچنین مقادیر منفی ناهنجاری فشار در بخش‌هایی از غرب اروپا و شمال روسیه مشاهده می‌شود. طی این روز در پهنه‌ی ایران، ناهنجاری فشار مثبت بوده و میزان آن حداکثر ۱۵ هکتوپاسکال است. با توجه به شکل ۴ می‌توان گفت قرارگیری سامانه‌ی کم‌فشار در شمال اسکان‌دیناوی و حرکات پادساعتگرد جریانات هوا در آن به همراه حرکات ساعتگرد هوا ناشی از پرفشار مستقر در اروپا باعث شده است تا در این روز هوای سرد از قطب شمال به سمت مناطق شمالی کشور کشیده شود.



شکل ۴: فشار تراز دریا و ناهنجاری آن (هکتوپاسکال) در روز ۱۳۴۲/۱۱/۱

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵) یک پراارتفاع امگا شکل با ارتفاع ۵۶۵۰ ژئوپتانسیل‌متر در بخش‌های غربی اروپا مشاهده می‌شود. ناهنجاری ارتفاع جو در محل قرارگیری این سامانه مثبت می‌باشد و میزان آن تا ۴۰۰ متر نیز می‌رسد. در دو سوی این سامانه، دو ناوه مشاهده می‌شوند که ناوه‌ی قسمت شرقی دارای محوری مورب

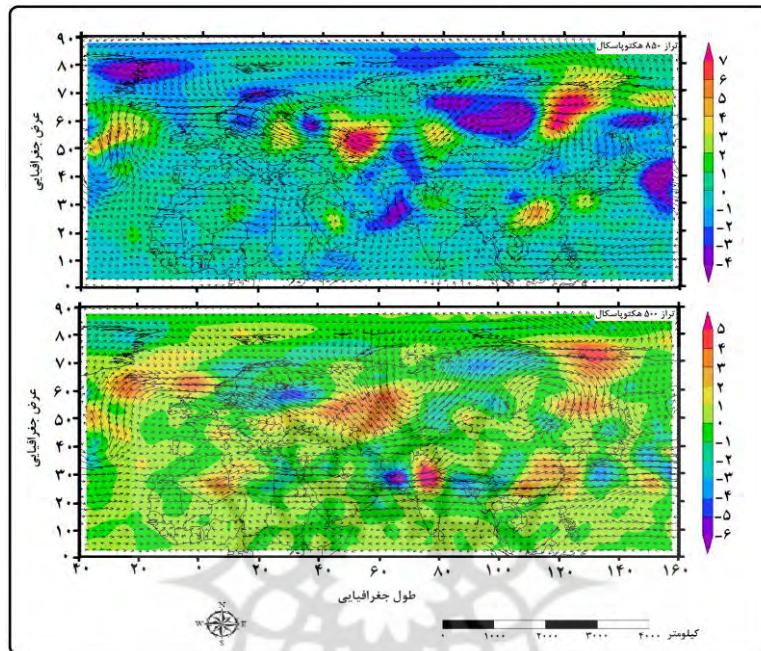
(شمال شرقی - جنوب غربی) بوده و بر روی قسمت‌هایی از شرق اروپا، آسیای میانه، نیمه‌ی شمالی ایران و بخش‌هایی از خاورمیانه قرار گرفته است. در قسمت‌های شمالی روسیه یک سامانه‌ی کم‌ارتفاع در نواحی نزدیک به قطب استقرار یافته است و ارتفاع جو در مرکز آن ۴۸۵۰ ژئوپتانسیل متر می‌باشد. بر اساس این شکل کم‌ارتفاع مستقر در نواحی قطبی با ایجاد حرکات پادساعتگرد و ایجاد واگرایی در جریانات هوای تراز میانی جو موجب حرکت هوای سرد این نواحی به سمت عرض‌های جنوبی‌تر شده است. از سوی دیگر سامانه‌ی پراارتفاع مستقر در اروپا که از نوع سامانه‌های بندالی می‌باشد جریان طبیعی بادهای غربی را سد نموده و موجب شده است تا هوای سرد قطبی از قسمت‌های شمالی این سیستم به بخش‌های شرقی آن هدایت شود و با جهتی شمالی - جنوبی به قسمت عقب ناوه‌ی مستقر در منطقه وارد شده و به سمت نواحی شمال شرقی کشور قرار داشته و خط هم‌ارتفاع ۵۴۵۰ متر در مجاورت مرزهای شمال شرقی کشور قرار داشته و خط ۵۵۵۰ متر در نیمه‌ی کشور قرار گرفته است. همچنین در این روز ناهنجاری ارتفاع جو در بخش‌های غربی کشور بین ۵۰- تا ۱۵۰ متر در نوسان بوده است؛ اما در سایر مناطق کشور این مقدار کاملاً منفی بوده و به ۲۵۰- متر نیز رسیده است که حاکی از مناسب بودن شرایط جهت قرارگیری ناوه‌ی شرقی سامانه‌های بندالی در این نواحی می‌باشد.



شکل ۵: ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ناهنجاری آن (ژئوپتانسیل متر) در روز ۱۳۴۲/۱۱/۱

شکل ۶ فرارفت دما در روز ۱۳۴۲/۱۱/۱ را نمایش می‌دهد. در این نقشه‌ها پیکان‌ها جهت حرکت هوا و طیف رنگ پس زمینه میزان فرارفت دمایی به صورت درجه‌ی سلسیوس در هر ۶ ساعت را نشان می‌دهند. طی روز مورد بررسی، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در اکثر نقاط کشور وزش سرد حاکم بوده است. میزان وزش سرد در مناطق مختلف کشور بین ۱ تا ۳ درجه کاهش دما در هر ۶ ساعت بوده است. تنها در بخش کوچکی از شمال غرب کشور وزش گرم ضعیفی به میزان ۱ درجه افزایش دما در هر ۶ ساعت رخ داده است. در این تراز جهت جریانات هوا در سطح کشور شمالی تا شمال شرقی بوده است. در این تراز دالانی از هوای سرد از بخش‌های شمال غرب اسکاندیناوی و شمال شرق اقیانوس اطلس به سوی شرق اروپا، روسیه و ایران هدایت شده است.

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز در سرتاسر کشور فرارفت هوای سرد وجود داشته است؛ که مقدار آن مانند تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۱ تا ۲ درجه کاهش در هر ۶ ساعت بوده است. بیشترین میزان فرارفت هوای سرد در نیمه‌ی شرقی کشور دیده می‌شود؛ که بر اثر جایگزینی شدید هوای سرد به جای هوای گرمتر مستقر در منطقه به وجود آمده است. در این تراز جهت جریانات هوا در پهنه‌ی کشور شمال غربی بوده است. جهت جریانات هوا در این سطح نشان می‌دهد که منشأ هوای سرد طی این روز، نواحی جنب قطبی شمال اسکاندیناوی و شمال غرب روسیه بوده است. این هوای بسیار سرد در نتیجه‌ی حرکات متضاد دو سامانه‌ی کم‌ارتفاع مستقر در شمال روسیه و پراارتفاع مستقر در غرب اروپا به سوی عرض‌های جنوبی‌تر و ایران حرکت کرده است و کشور را تحت تاثیر قرار داده است.



شکل ۶: فرارفت دما (درجه‌ی سلسیوس در ۶ ساعت) در روز ۱۳۴۲/۱۱/۱

نتیجه‌گیری

موج‌های سرماییی یکی از رخداد‌های فرین اقلیمی هستند که در اکثر مواقع اثرات زیان‌باری بر محیط‌زیست و فعالیت‌های انسانی وارد می‌کنند. شناخت عوامل موثر در ایجاد و تشدید سرمای حاصل از این رویداد می‌تواند به پیش‌بینی دقیق‌تر حالات مشابه و کاهش میزان خسارات احتمالی منجر شود. بر این اساس در پژوهش حاضر تلاش شد الگوی هم‌دید مولد سرمای روز ۱۳۴۲/۱۱/۱ به عنوان فراگیرترین روز سرد در دوره‌ی ۱۳۳۹ تا ۱۳۸۸ مورد تحلیل قرار گیرد.

بر اساس بررسی‌های انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که عامل اصلی ایجاد این سرمای فراگیر در پهنه‌ی کشور، شکل‌گیری یک سامانه‌ی بندالی وسیع در بخش‌های غربی و

مرکزی اروپا و همراهی آن با استقرار سامانه‌ی پرفشار سطح زمین در آن نواحی و همچنین قرارگیری یک سامانه‌ی کم‌ارتفاع در شمال روسیه بوده است. محل استقرار این سامانه‌ها و حرکات متضاد آن‌ها نسبت به یکدیگر موجب شده است تا هوای سرد از مناطق جنب قطبی شمال اسکانندیناوی به سوی عرض‌های جنوبی‌تر و در نهایت به سمت ایران هدایت شود. این هوای سرد تقریباً در اکثر مناطق کشور تاثیرگذار بوده است؛ به گونه‌ای که ۹۸/۴ درصد از پهنه‌ی کشور به صورت مستقیم تحت تاثیر موج سرما قرار گرفته است. بیشترین میزان تاثیرگذاری سرما در مناطق مرتفع و کوهستانی شمال غرب، دامنه‌های زاگرس و البرز مرکزی و همچنین شمال شرق کشور بوده است. این موضوع اهمیت عامل ارتفاع را در تشدید اثر موج‌های سرمایی نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش تا حدود زیادی یافته‌های پژوهش‌های دیگر محققان از جمله علیجانی و هوشیار (۱۳۸۷)، لشکری (۱۳۸۷)، عزیزی و همکاران (۱۳۸۸)، لشکری و کیخسروی (۱۳۸۹)، امیدوار و ابراهیمی (۱۳۹۱) در مورد شرایط همدید وقوع موج‌های سرمایی در دوره‌های مختلف را تایید نموده و نشان داد که استقرار سامانه‌های پرفشار مهاجر به همراه پشته‌ها یا سامانه‌های بندالی تراز میانی جو از یک سو و تشکیل و قرارگیری ناوه‌ی تراز میانی جو بر روی ایران، یکی از عوامل اصلی ایجاد موج سرمای فراگیر در کشور می‌باشد.

منابع

- امیدوار، کمال، ابراهیمی، عاطفه (۱۳۹۱)، تحلیل هم‌دید موج سرمای شدید ۱۶ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۸۶ در ایران مرکزی (استان های اصفهان، کرمان و یزد)، *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، سال ۲۳، پیاپی ۴۵، شماره ۱، صص: ۸۱-۹۸
- جهانبخش، سعید، رضایی، سمیه، قاسمی، احمدرضا، تدینی، معصومه (۱۳۹۰)، تحلیل سینوپتیکی یخبندان های بهاره تبریز (مطالعه موردی: سرمای بهار ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳)، *تحقیقات جغرافیایی*، سال ۲۶، شماره ۳، صص: ۱-۲۴
- خسروی، محمود، صفرزائی، نعمت الله، آرمش، محسن (۱۳۹۴)، تحلیل هم‌دید یخبندان های زمستانه منطقه سیستان (مورد یخبندان ژانویه سال ۲۰۰۸)، *جغرافیا و برنامه ریزی*، شماره ۵۲، صص: ۱۱۳-۱۴۰
- رضا زاده، یعقوب، علیجانی، بهلول (۱۳۹۶)، تحلیل آماری سینوپتیکی امواج سرمای خسارت بار شمال غرب ایران، *جغرافیا و برنامه ریزی*، شماره ۶۱، صص: ۱۸۳-۲۰۲
- عزیزی، قاسم، اکبری، طیبه، داودی، محمود، اکبری، مهری (۱۳۸۸)، تحلیل هم‌دید موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶ ایران، *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، شماره ۷۰، صص: ۱-۱۹
- عزیزی، قاسم، حنفی، علی، سلطانی، محسن، آقاجانی، موسی (۱۳۹۰)، تحلیل سینوپتیکی یخبندان شدید، دیرهنگام و فراگیر فروردین ماه ۱۳۸۸، *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، سال ۲۲، شماره ۱، صص: ۱-۱۴
- علیجانی، بهلول، هوشیار، محمود (۱۳۸۷)، شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران، *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، شماره ۶۵، صص: ۱-۱۶
۸. کریمی، صادق، نگارش، حسین، طاوسی، تقی، علیجانی، بهلول (۱۳۹۱)، تحلیل هم‌دید امواج سرماهای فراگیر ایران (مورد: موج سرمای دی و بهمن ۱۳۸۳ استان چهارمحال و بختیاری)، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۹، صص: ۵۵-۷۶
- لشکری، حسن، کیخسروی، قاسم (۱۳۸۹)، تحلیل سینوپتیکی موج سرمای ۸ تا ۱۵ دی ماه ۱۳۸۵ در ایران، *مدرس علوم انسانی*، دوره ۱۴، شماره ۱، صص: ۱۷۷-۱۵۱

- محمودی، پیمان، خسروی، محمود، مسعودیان، سید ابوالفضل، علیجانی، بهلول (۱۳۹۴)، بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با یخبندان های فراگیر و نیمه فراگیر ایران، *جغرافیا و برنامه ریزی*، شماره ۵۴، صص: ۳۰۳-۳۲۷
- مرادی، محمد (۱۳۹۰)، «مقدمه ای بر هواشناسی دینامیکی (۱)»، چاپ اول، سید باقر حسینی، تهران
- مسعودیان، ابوالفضل، دارند، محمد (۱۳۹۰)، تحلیل همدید سرماهای فرین ایران، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۲، صص: ۱۶۵-۱۸۵
- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۰)، «آب و هوای ایران»، چاپ اول، شریعه توس، مشهد
- مسعودیان، ابوالفضل، دارند، محمد (۱۳۹۲)، ارتباط دو الگوی دریای شمال - خزر (Ncp) و شرق اروپا - شمال شرق ایران (Enei) با بسامد رخداد سرماهای فرین دوره ی سرد سال ایران، *فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۹، شماره ۲، صص: ۱۷۱-۱۸۶
- هژبرپور، قاسم، علیجانی، بهلول (۱۳۸۶)، تحلیل همدید یخبندان های استان اردبیل، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۰، صص: ۸۹-۱۰۶
- Ding y. and Krishnamurti T. N. (1987) , Heat Budget of the Siberian High and Winter Monsoon , *Monthly Weather Review* , Vol. 115 , PP: 2428-2449
- Garcia I.P. (1996) , Major Cold Air Outbreaks Affecting Coffee and Citrus Plantations in the Eastern and North Eastern Mexico, *Atmosfera*, Vol. 9, PP: 47-68
- Gudge (2005) , The Unusual Frost Event of Nov. 29 to Dec. 4 2004, WFO San Joaquin Valley, *National Weather Service*, Hanford,CA, , PP: 2
- Pezza A.B., Ambrizzi T. (2005) , Dynamical Conditions and Synoptic Tracks Associated With Different Types of Cold Surge Over Tropical South America, *International Journal of Climatology*, Vol. 25, PP: 215-241
- 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*, Vol. 64, PP: 10-24
- Zhang K.R.S. and James S.B. (1996) , Climatology of East Asian
Winter Monsoon and Cold Surges, PCMDI Report 38

