

Synoptic Survey of the Largest and Most Continuous Glaciers in Northwest Iran

Zaynali, Batol * (Corresponding Author)

Professor of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Email: Zeynali.b@uma.ac.ir

Foroutan, Mahdi

PhD Student in Natural Geography Department, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Okhovat, Sahar

Master's student, Department of Natural Geography, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

Abstract

Frost is one of the natural events whose early and late occurrence can affect different aspects of human life. Therefore, this research has been carried out with the aim of predicting the atmospheric factors of this phenomenon with an environmental approach. For this purpose, the environmental data related to the daily minimum temperature of 2001-2017 for 9 synoptic stations located in Ardabil, Urmia and Tabriz provinces were obtained from the Meteorological Organization of the whole country and the days with temperature below 0 degrees Celsius that cover 40% of the studied area in were selected and using the ward hierarchical clustering method that was applied on the average sea level pressure maps related to ice days, the classification of the free days was done. In order to determine the representative of each class using scripting in the MATLAB environment, Lund's correlation was calculated between the maps of different days of each class of 2 to 5 groups with a coefficient of 0.5; And the days that had a correlation coefficient of 0.5 and the most similarity with the majority of days of that class were introduced as the representative of the group. After determining the representative day, atmospheric data was prepared from the Nova site and maps of sea level pressure, geopotential height, wind vector, temperature of 500 hPa and atmospheric thickness were drawn in Gurdes software. The results of the 4 patterns for ice days showed that the most effective systems on the northwest of Iran were high pressure systems in Siberia, low pressure systems near the Arctic and high pressure systems in Northern Europe, and the studied areas were located in the front of Faraz and the negative circulation of air brought stable conditions. In most of these patterns, the western winds that have moved in the polar ice channel have brought cold air from the northern latitudes into the atmosphere of the study areas and caused low air temperatures.

Keywords: Colloquial analysis, glaciation, environmental approach to circulation, northwest of Iran.

Citation: Zaynali, B.; Foroutan, M.; Okhovat, S. (2023), Synoptic Survey of the Largest and Most Continuous Glaciers in Northwest Iran, Journal of Geography and Environmental Studies, 11 (44), 148-161. Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.44.9.2

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقاله پژوهشی

بررسی همدید وسیع ترین و مستمر ترین یخبندان های شمال غرب ایران

بتول زینالی*

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

مهدی فروتن

دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

سحر اخوت

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

یخبندان یکی از حوادث طبیعی است که رخداد زودرس و دیررس آن می تواند جنبه های مختلف زندگی بشری را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین این پژوهش با هدف پیش بینی عوامل جوی رخداد این پدیده با رویکرد محیطی به گردشی انجام گرفته است. برای این کار داده های محیطی مربوط به دمای کمینه روزانه سال های ۲۰۰۱-۲۰۱۷، برای ۹ ایستگاه سینوپتیکی واقع در استان های اردبیل، ارومیه و تبریز از سازمان هواشناسی کل کشور اخذ گردید و روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی گراد که ۴۰ درصد پهنه مورد مطالعه را دربر گرفته بودند انتخاب شدند و با استفاده از روش خوشه های سلسله مراتبی ward که بر روی نقشه های میانگین فشار تراز دریا مربوط به روزهای یخبندان اعمال شده بود طبقه بندی روزهای فرین انجام گرفت. به منظور تعیین نماینده هر طبقه با استفاده از اسکریپت نویسی در محیط متلب، همبستگی لوند بین نقشه های روزهای مختلف هر طبقه ۲ تا ۵ گروهی با ضریب ۰/۵ محاسبه شد؛ و روزهایی که ضریب همبستگی ۰/۵ و بیشترین شباهت را با اکثر روزهای آن طبقه داشت نماینده گروه معرفی شد. پس از تعیین روز نماینده داده های جوی از سایت نووا تهیه گردید و نقشه های فشار تراز سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، بردار باد، دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ضخامت جو در نرم افزار گرس ترسیم گردید. نتایج ۴ الگو برای روزهای یخبندان نشان داد بیش ترین سامانه های مؤثر بر روی شمال غرب ایران سامانه های پرفشار سیبری، کم فشار جنب قطبی و پرفشار اروپای شمالی بوده است و مناطق مورد مطالعه در قسمت جلوی فراز واقع گشته و چرخندگی منفی هوا شرایط پایداری را به ارمغان آورده است. در بیش تر این الگوها بادهای غربی که در کانال تاوه قطبی حرکت داشته اند هوای سرد عرض های شمالی را وارد جو مناطق مطالعاتی کرده اند و دمای پایین هوا را موجب شده اند.

کلمات کلیدی: تحلیل همدید، یخبندان، رویکرد محیطی به گردشی، شمال غرب ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲

نویسنده مسئول: بتول زینالی، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی. Zeynali.b@uma.ac.ir

مقدمه

یخبندان یکی از حوادث و بلایای جوی زیان‌بار است که تأثیرات جدی و زیادی بر جنبه‌های گوناگون زندگی بشر به ویژه در مسائل کشاورزی، مزارع و باغات و تولید مواد غذایی دارد. وجود یخبندان باعث ایجاد خسارات زیادی در معیشت کشاورزان می‌شود. به عبارتی یخبندان در اثر کاهش شدید دما ایجاد می‌شود و اگر مستمر و شدید باشد می‌تواند به اقتصاد کشور ضربه وارد کند. (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹).

یخبندان‌های فرین ایران در سه گروه یخبندان‌های معمول، زودرس پاییزی و دیررس بهاری تقسیم‌بندی می‌شود یخبندان‌های زمستانه زمانی که پوشش گیاهی فلات ایران در خواب زمستانی است، برای نابود کردن تخم آفات گیاهی مفید می‌باشد. اما یخبندان‌های بهاره و پاییزه از مخاطرات آب‌وهوای ایران تلقی می‌شود؛ و عوامل به وجود آورنده آن‌ها را باید در خارج از مرزهای کشور پیدا نمود. از نظر منشأ تشکیل این یخبندان‌ها آن‌ها را به چهار گروه تقسیم‌بندی می‌نمایند: ۱) یخبندان‌های کم‌فشاری؛ ۲) یخبندان‌های پرفشار شمالی؛ ۳) یخبندان‌های پرفشار مهاجر اروپایی؛ ۴) یخبندان‌های پرفشار سبیری (سلیقه، ۱۳۹۶).

یخبندان می‌تواند در دو نوع سفید (شبنم یخ‌زده) و یا سیاه باشد. یخبندان سفید زمانی رخ می‌دهد که رطوبت جو به شکل بلورهای کوچک بر روی سطوح جامد یخ‌بندد در مقابل، یخبندان سیاه موقعی تشکیل می‌شود یا بلورهای یخ نباشد یا مقدار کمی وجود داشته باشد چون که هوا در جو پایینی بسیار خشک است. یخبندان در طی فرایندهای فیزیکی تابش یا فرارفت سرما تشکیل می‌شود. مورد اول زمانی رخ می‌دهد که آسمان صاف و جو آرام باشد که در این حالت وارونگی دمایی گسترش می‌یابد و دمای نزدیک سطح زمین تا زیر نقطه انجماد افت می‌کند. اما مورد دوم زمانی به وقوع می‌پیوندد که یک توده هوای سرد ناگهان به منطقه نسبتاً گرمی وارد شود (محمدی، ۱۳۸۸).

وقوع یخبندان سبب ایجاد صدمات و خسارات و هزینه‌های هنگفتی می‌شود. از جمله خسارات یخبندان: تصادفات اتومبیل‌ها و سخت شدن تردد، آسیب به گیاهان و باغات و مراتع و... و در نتیجه کمبود مواد غذایی و ده‌ها مشکل دیگر است. همچنین به منظور مدیریت خسارات ناشی از پدیده‌ی یخبندان در کشاورزی و بهره‌برداری هوشمندانه از توان محیطی مناطق، ابعاد دقیق این پدیده باید شناسایی شود ولی این نوع روش، زمان‌بر و پرهزینه خواهد بود لذا با توجه به این مشکلات، استفاده از پهنه‌بندی و شناخت تجانس و عدم تجانس در بین مناطق و نواحی می‌تواند کمک شایانی در حل این مشکل کرد و با ارائه‌ی برنامه‌ی هماهنگ و یکسان برای ناحیه‌های متجانس از تکرار کارها و دوباره کاری‌ها بکاهد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

هدف کلی این پژوهش بررسی وسیع‌ترین و مستمرترین یخبندان‌های شمال غرب ایران، به منظور پیش‌بینی زمان دقیق یخبندان و کاهش هزینه‌ها و خسارات ناشی از یخبندان و عدم ایجاد خسارت وارده بر محصولات باغی و زراعی و اتخاذ تدابیر لازم برای جلوگیری از خسارات احتمالی است. مطالعه‌ی یخبندان همراه با زمان و مکان وقوع آن‌ها ما را در مدیریت، پیشگیری‌های قبل از وقوع یخبندان و اقدامات بعد از یخبندان یاری می‌کند که بدین وسیله دچار حوادث و خسارات ناشی از یخبندان نشده و یا می‌توان حتی‌الامکان از وقوع بعضی خسارات جلوگیری به عمل آورد و با رعایت استانداردهای لازم و مدیریت پیشگیرانه خسارت‌ها را به حداقل‌ترین شکل ممکن رساند. مطالعاتی در این خصوص توسط اندیشمندان علوم جغرافیایی انجام گرفته از قبیل: یارنال^۱ (۱۹۸۴)، رابطه الگوهای سینوپتیک با توده یخچال‌های طبیعی در جنوب غرب کانادا را مورد بررسی قرار داد و نشان داد الگوهای سینوپتیک کوچک‌تر تعادل توده یخچال‌های طبیعی را در ساحل بریتیش کلمبیا کنترل می‌کنند درحالی‌که تجمع یخچال‌های طبیعی در رشته‌کوه‌های صخره‌ای کانادا بیشتر با جریان جوی در مقیاس بزرگ‌تر مرتبط بوده است.

¹ - Yarnal

گارسیا^۱ (۱۹۹۶) یخبندان‌های شدید رخ داده در شمال شرق و شرق مکزیک را مورد مطالعه سینوپتیکی قرار دادند و نشان دادند عامل ایجاد این نوع یخبندان‌ها یک چرخندزایی قوی در شمال شرق ایالات متحده و بلو کینگ بادهای غربی در شمال شرق اقیانوس آرام بوده است. کاسومنوس^۲ و همکاران (۱۹۹۷) در مارس ۱۹۹۴ در یک مطالعه‌ی موردی، در یخبندانی که در ناحیه‌ی کشاورزی در مقدونیه مرکزی اتفاق افتاده بود را توسط مدل عددی سه بعدی ارزیابی و شبیه‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که عامل به وجود آورنده‌ی این یخبندان، وجود گرادیان ضعیف فشار در منطقه و وجود یک جریان ضعیف باد که منشأ آن گردش آنتی سیکلونی بوده است.

اسکولتز^۳ و همکاران (۱۹۹۸)، به واکاوی همید ۱۷۷ مورد از امواج سرما در آمریکای مرکزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند ۷۵ درصد از امواج سرما طول عمری بین ۲ تا ۶ روز داشته و امواجی که به عرض‌های جغرافیایی پایین نفوذ داشته ماندگاری کم‌تری داشته‌اند همچنین بیان داشتند امواج بلند در سطح سیاره‌ای حرکت کندی داشته‌اند و با تشدید سرعت بادهای تجاری بر فراز شمال شرقی اقیانوس آرام ارتباط داشته است. تایت^۴ و ژانگ^۵ (۲۰۰۳) ویژگی‌های اوتاگو در کشور نیوزلند را توسط داده‌های ماهواره‌ای تحلیل کردند و برای این منطقه، به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌ی ابتدا و انتهای یخبندان را تهیه کردند.

مولر^۶ و همکاران (۲۰۰۳) درباره‌ی الگوهای تراز دریا که مرتبط با یخبندان‌های آمریکای جنوبی بود، مطالعه‌ای انجام دادند نخست یخبندان‌ها را با الگوی گسترش آن‌ها در پیمونگه به سه دسته تقسیم کردند. به دلیل شناخت الگوی همید ساعت ۱۲ گرینویچ داده‌ی فشار تراز دریا را به کمک تحلیل مؤلفه‌ی مبنای دوران یافته و بدون دوران خوشه‌بندی را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که الگوی فشار تراز دریا، عامل اصلی یخبندان آمریکای جنوبی است. مدیلن^۷ و بلتراند^۸ (۲۰۰۵) در ناحیه‌ی تاکوادی شمال فرانسه پراکندگی مکانی یخبندان دیررس بهاره و عوامل مؤثر بر روی آن را تحلیل و ارزیابی کرده و عوامل مؤثر بر آن را به دو مقیاس ماکروکلیم و توپوکلیم در نظر گرفتند.

پزا^۹ و آمبریزی^{۱۰} (۲۰۰۵)، شرایط دینامیکی و مسیرهای سینوپتیک مرتبط با انواع مختلف موج سرما در مناطق گرمسیری آمریکای جنوبی را مورد بررسی قرار دادند نتایج به دست آمده نشان داد در همه الگوها میانگین جبهه سرد از استوا عبور نموده، و طوفان‌های فرا گرمسیری نیز نقش مهمی در وقوع یخبندان در سائوپائولو داشته‌اند.

گیلیز^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۲)، رژیم بارش زمستانی در ایالت یوتا را با استفاده از دمای روزانه، بارش، و داده‌های سنجش از راه دور مبتنی بر مشاهده، و همچنین با استفاده از روش دمایی آستانه بارش برف (RST)، مورد بررسی قرار دادند و مشخص نمودند که نسبت بارش زمستانی (ژانویه تا مارس) که به صورت برف بوده است، در طول نیم قرن گذشته ۹ درصد کاهش یافته است همچنین تعداد سیستم‌های آب‌وهوایی با پتانسیل ایجاد بارش در یوتا نیز کاهش یافته است. آناگنوستوپولو^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۷)، دوره سرمای شدید ۵ ژانویه تا ۱۲ ژانویه سال ۲۰۱۷ در شبه جزیره بالکان را مورد تحلیل همید قرار دادند و بیان داشتند شیوع قابل

1 - Garsia

2 - Kassomenos

3 - Schultz

4 - Tait

5 - Zhang

6 - Muller

7 - Medelin

8 - Beltrand

9 - Pezza

10 - Ambrizzi

11 - Gillies

22 - Anagnostopoulou

توجهی از توده‌های هوای قطب شمال به اروپای شرقی - مرکزی و بالکان و کاهش سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در سطح بالکان مسبب ایجاد این امواج سرما بوده است.

نوحی و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی زمان شروع و پایان یخبندان در ۱۲ ایستگاه سینوپتیک آذربایجان بر مبنای دمای حداقل و در دوره‌ی ۱۳ ساله پرداخت. ایشان یخبندان‌های تابشی-فرارفتی را جدا نمودند و به این نتیجه رسیدند که یخبندان‌های فرارفتی به طور میانگین ۶ - ۴۰ روز از یخبندان‌های تابشی دیرتر شروع می‌شوند و در فصل بهار ۱ - ۲۵ روز زودتر تمام می‌شوند. هژبرپور و علیجانی (۱۳۸۶) درباره‌ی یخبندان‌های استان اردبیل پژوهش کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که بیش‌ترین یخبندان‌های استان از نوع انتقالی بوده و در دوره‌ی سرد سال است و یخبندان‌های گسترده و بادوام استان ناشی از استقرار یک پرفشار در این ناحیه از سطح زمین بوده و یک ناوه‌ی عمیق در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی را به وجود آورده است.

ویسی (۱۳۸۷) با مطالعات هم‌دید دوره‌های یخبندان را در استان کردستان تحلیل نمود و به این مهم پی برد که اصلی‌ترین عامل وقوع یخبندان‌های فراگیر در استان کردستان، سیستم‌های بلو کینگ و شبه بلو کینگ می‌باشد و یخبندان‌های شدید چند روزه و ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا به سمت منطقه‌ی مورد مطالعه به علت جابه‌جایی نصف‌النهاری و نوع استقرار آن است. فتاحی و صالحی‌پاک (۱۳۸۸)، الگوی سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانی ایران را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در وقوع یخبندان‌های فراگیر و شدید، تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شرقی مهم‌ترین و مؤثرترین عامل است که وجود این نوع تیپ‌های هوا باعث می‌شود که جریان هوای سرد قطبی از عرض‌های بالای جغرافیایی به سمت عرض‌های پایین انتقال یابد و در نتیجه باعث وقوع شدیدترین و فراگیرترین یخبندان‌ها در ایران شود.

عزیزی و همکاران (۱۳۸۸)، سرمایه غیرنرمال دی‌ماه ۱۳۸۶ ایران را مورد تحقیق قرار دادند و علت هم‌دید آن را متأثر از تشکیل سامانه بندالی روی دریای مدیترانه و ریزش هوای سرد توسط جریان‌های شمالی که از این سامانه منشأ می‌گرفت دانسته‌اند. علیجانی و همکاران (۱۳۸۹)، با توجه به مطالعاتی که در زمینه‌ی یخبندان دسامبر ۲۰۰۶ استان زنجان به انجام رساندند، به این نتیجه دست یافتند که عامل هدایت توده هوای سرد به استان زنجان، پرفشار سیبری و چرخش آنتی سیکلونی غربی و همچنین بلو کینگ ارتفاعات بالا و سردچال‌ها هستند که در اکثر موارد بلو کینگ باعث هدایت توده هوای سرد به زنجان می‌شود.

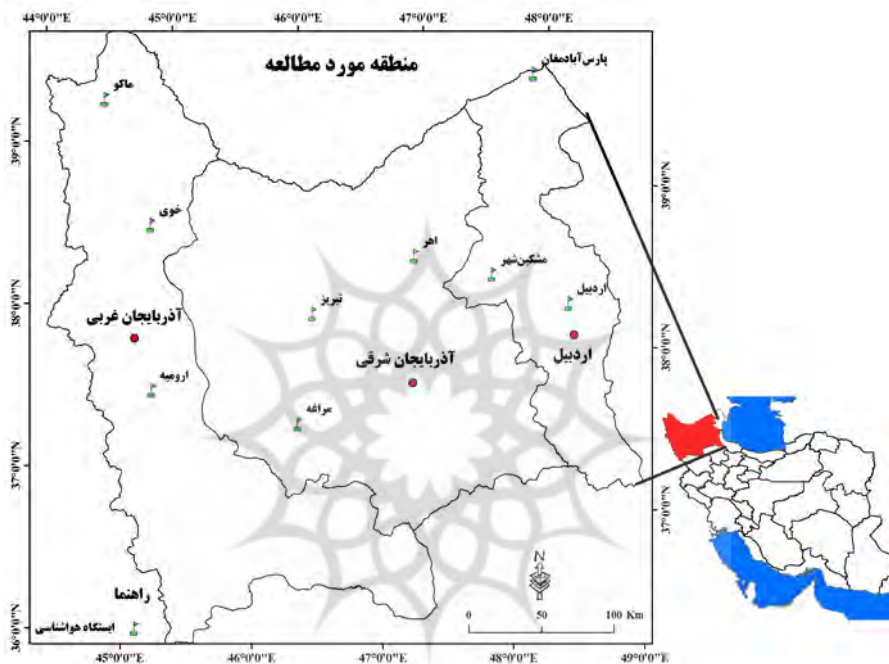
منتظری و مسعودیان (۱۳۸۹)، در مطالعاتشان الگوهای فرارفت زمین را در دوره سرد سال در ایران مورد بررسی قرار دادند و آن‌ها را دو دسته تقسیم کردند که شامل گردش فرارفت شرقی ناشی از گسترش فرابار سیبری و فرارفت غربی که در نتیجه استقرار بادهای غربی کشور ایران را در بر می‌گیرند. مسعودیان و دارند (۱۳۹۲)، در پژوهشی در مورد تحلیل هم‌دید یخبندان‌های گسترده و پایدار ایران که با استفاده از داده‌های روزانه‌ی دما تحقیق و بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که پنج الگوی فشار تراز دریا با آرایش‌های مختلف مسئول رخداد این دسته از یخبندان‌ها در ایران هستند. محمدی و همکاران (۱۳۹۴)، درباره‌ی روند روزهای یخبندان در ایران با استفاده از داده‌های دمای حداقل روزانه‌ی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور تحقیق کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که تغییر در روزهای یخبندان یکی از پیامدهای گرمایش جهانی می‌باشد.

علیجانی و همکاران (۱۳۹۵)، با استخراج روزهای ذوب - انجماد، به بررسی توزیع زمانی و مکانی این ویژگی از یخبندان در مقیاس سالانه و ماهانه در ایران پرداختند و پس از ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی به این نتیجه دست یافتند که در مقیاس سالانه حداکثر فراوانی روزهای ذوب - انجماد، با بیش از ۷۰ روز در غرب و شمال‌غرب و ایستگاه‌های مرتفع میانی رشته‌کوه البرز مشاهده می‌شود و اوج فراوانی وقوع روزهای ذوب - انجماد در ماه ژانویه بوده است. حسن‌زاده و همکاران (۱۳۹۸)، الگوهای اصلی سینوپتیکی تراز دریا یخبندان‌های بهاره در استان کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی و

روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی ward، ده الگوی هم‌دید حاکم بر سرماهای دیررس بهاره را برای منطقه مورد مطالعه شناسایی نمودند که ۸ خوشه آن مربوط به پرفشار سیبری بوده و دو خوشه آن در اثر پرفشار شمال مدیترانه و پرفشار دریاچه وان بوده است.

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران با مساحت حدود ۹۱ هزار کیلومتر مربع شامل استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی است که در بین مدارهای ۳۶ درجه ۳۲ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی واقع گردیده است. متوسط ارتفاع شمال غرب کشور ۱۶۱۰ متر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد. ارتفاع بلندترین و پست‌ترین نقطه منطقه مورد مطالعه به ترتیب حدود ۴۸۱۰ و ۱۴ متر بالاتر از سطح دریا است. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در سطح ایران

داده‌ها و روش‌ها

به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش که با رویکرد محیطی به گردشی انجام شده ابتدا داده‌های محیطی شامل مشاهدات دمای کمینه روزانه سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۷، برای ۹ ایستگاه سینوپتیکی واقع در پهنه مورد مطالعه که آرایش قرارگیری این ایستگاه‌ها در شکل ۱ نمایش داده شده است از سازمان هواشناسی کل کشور اخذ گردید و روزهای یخبندان که دمای (دمای کمینه) برابر یا کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد داشتند و گستره آن‌ها برابر یا بیشتر از ۴۰ درصد شمال غرب کشور را زیر پوشش خود قرار داده بود به عنوان مرز جدایی رویدادهای محلی از فراگیر انتخاب شد؛ سپس به منظور طبقه‌بندی این روزها از تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی ward استفاده شد. روش یادشده بر روی نقشه‌های میانگین فشار تراز دریا مربوط به روزهای یخبندان فراگیر به طور جداگانه اعمال شد. با استفاده از آزمون و خطا بهترین خوشه‌بندی که نشانگر کم‌ترین پراش درون‌گروهی و بیش‌ترین پراش برون‌گروهی بود انتخاب گردید. بعد از آن به منظور تعیین نماینده هر طبقه با استفاده از اسکریپت‌نویسی در محیط متلب همبستگی بین نقشه‌های روزهای مختلف هر طبقه ۲ تا ۵ گروهی با ضریب ۰/۵ محاسبه شد. برای محاسبه همبستگی از روش لوند استفاده

شده است که در آن از روش همبستگی گشتاوری پیرسون (r_{XY}) استفاده می‌شود و درجه همانندی هر زوج نقشه از رابطه زیر به دست می‌آید:

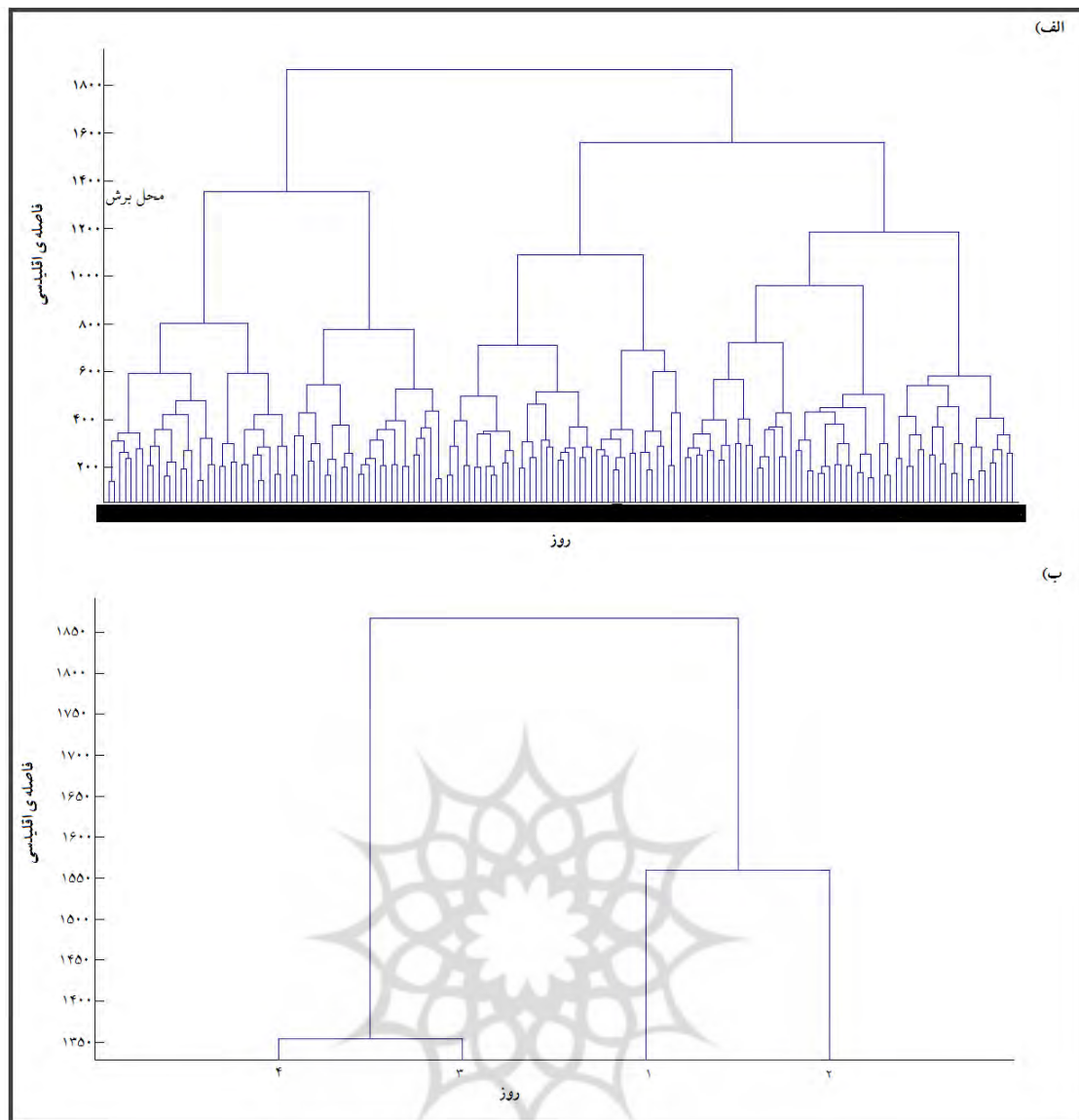
$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه X_i معرف متغیر مورد نظر در هر یک از N نقطه نقشه اول است؛ Y_i مقدار همان متغیر در همان نقطه بر روی نقشه دوم می‌باشد؛ \bar{x} و \bar{y} نیز عبارت‌اند از میانگین همه مقادیر روی نقشه‌های اول و دوم. به همین منظور مقدار ۰/۵ به عنوان ضریب همبستگی انتخاب گردید؛ بنابراین نماینده هر طبقه با ضریب همبستگی ۰/۵ و بیشتر که بیش‌ترین روزهای آن طبقه شبیه می‌باشد شایستگی نمایندگی گروه را خواهد داشت. بدین ترتیب روزهای نماینده هر گروه شناسایی گردید. برای تحلیل همبندی این روزهای فرین، داده‌های جوی سطح بالا که شامل متغیرهای فشار تراز دریا (هکتوپاسکال)، مؤلفه باد مداری و نصف‌النهاری (متر بر ثانیه)، دمای هوا به (درجه سانتی‌گراد) و ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) می‌باشد از سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا (NCEP/NCAR) تهیه شدند و نقشه‌های مربوطه در محیط نرم‌افزار گرس ترسیم گردیدند.

یافته‌ها و بحث

شناسایی گروه‌ها و روزهای نماینده

همان‌طور که قبلاً گفته شد هدف اصلی تحلیل خوشه‌ای پیدا کردن گروه‌های واقعی و کاهش حجم داده‌ها می‌باشد. به‌طوری‌که گروه‌هایی که شباهت بیشتری با یکدیگر دارند در یک گروه قرار می‌گیرند. دسته‌بندی تحلیل خوشه‌ای به روش پایگانی با استفاده از فاصله اقلیدسی و تکنیک وارد انجام شد. تکنیک نام برده بر روی داده‌های فشار تراز دریا مربوط به روزهای یخبندان و سپس با روش آزمون و خطا و مقایسه چشمی بهترین خوشه‌بندی که بیانگر کم‌ترین پراش درون‌گروهی و بیش‌ترین پراش برون‌گروهی بود انتخاب گردید. باهدف شناسایی سامانه‌های جوی توأم با روزهای یخبندان شمال غرب کشور، ابتدا یک تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های فشار تراز دریا در ۱۶۴ روز همراه با یخبندان مستمر انجام شد. با انجام این فرایند که بر اساس روش فاصله اقلیدسی و روش ادغام وارد، بر روی ماتریس داده‌های فشار تراز دریا با ابعاد 164×1537 انجام شد. دارنمای حاصل از این فرایند در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل (۲): الف) دارنمای داده‌های فشار تراز در روزهای یخبندان فراگیر، ب) دارنمای چهار گروه فشار تراز دریا برای یخبندان‌های فراگیر شمال غرب ایران

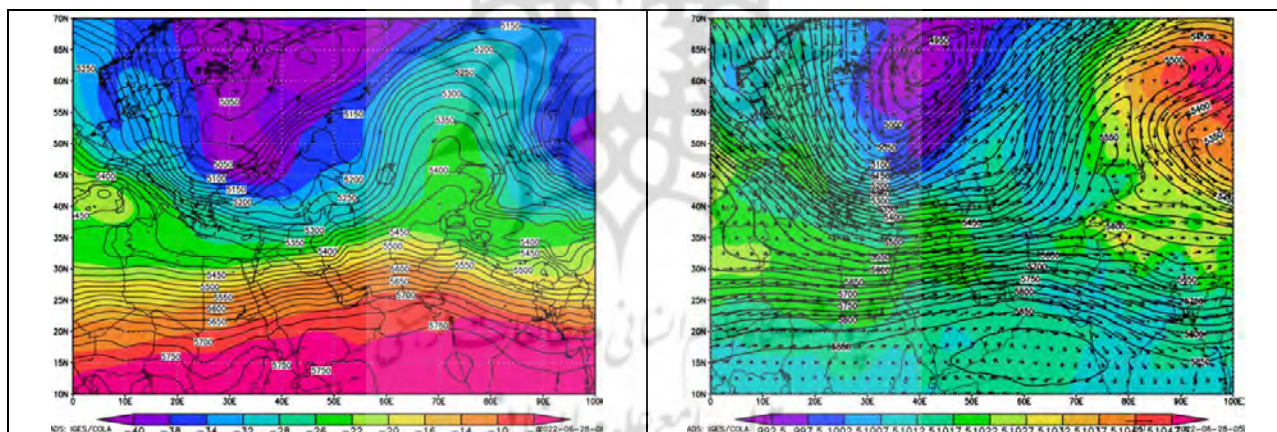
نتیجه به کارگیری فرایند یاد شده بر روی مشاهدات منجر به پذیرش یک تقسیم‌بندی چهار گروهه برای روزهای یخبندان مستمر شد. همچنین روزهای نماینده هر گروه شناسایی گردید که نتایج در جدول ۱، آمده است. ستون‌های اول و دوم جدول، تعداد و عنوان گروه‌های ۴ گانه را بیان می‌کند. برای هر الگو در ستون سوم تعداد روزهای یخبندان که در هر الگو جای گرفته است را می‌توان دید. الگوی دوم بیش‌ترین و الگوی چهارم کم‌ترین روزهای یخبندان را در خود جای داده‌اند همچنین ملاحظه می‌شود که اختلاف تعداد روزها در گروه‌های مختلف چندان زیاد نیست و حداکثر اختلاف ۳۲ روز است که بین گروه‌های دوم و چهارم وجود دارد. ستون چهارم و پنجم جدول، تاریخ روزهای نماینده (به میلادی و شمسی) گروه‌های گوناگون را نشان می‌دهد.

جدول (۱): مشخصات روزهای نماینده برای گروه‌های چهارگانه

گروه	نام گروه	تعداد روز	تاریخ روز نماینده به میلادی	تاریخ روز نماینده به شمسی
گروه اول	پرفشار سیبری - کم‌فشار قطبی	۴۳	۲۰۰۰/۰۱/۲۲	۱۳۷۸/۱۱/۰۲
گروه دوم	پرفشار سیبری	۶۰	۲۰۰۶/۱۲/۲۴	۱۳۸۵/۱۰/۰۳
گروه سوم	پرفشار سیبری - پرفشار اروپا	۳۳	۲۰۰۲/۱۲/۲۸	۱۳۸۱/۱۰/۰۷
گروه چهارم	پرفشار اروپا - کم‌فشار قطبی	۲۸	۲۰۱۳/۰۱/۱۲	۱۳۹۱/۱۰/۲۳

تحلیل روز نماینده الگوی اول (روز ۲۰۰۰/۱/۲۲)

بر اساس شکل ۳، نقشه ترکیبی فشار تراز دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۲ اسفندماه ۱۳۷۸، مشاهده می‌شود یک سامانه کم فشار جنب قطبی از نوع حرارتی مدور و قدرتمندی در غرب روسیه با مرکزیت ۹۹۲/۵ میلی‌بار تشکیل یافته و حرکت پادساعتگرد آن باعث شده در ضلع غربی آن جریانات هوا به صورت نصف‌النهاری باشد و می‌توان گفت جریانات هوا در کانال تاوه قطبی حرکت نموده که امتداد آن از شمال اقیانوس اطلس تا شمال روسیه بوده است. این مسیر انحنایی شکل یک ناوهای را تشکیل داده که محور فرود آن از روی ترکیه گذر کرده است. وجود این ناوه و حرکت درونگرد سامانه مزبور باعث شده قسمتی از بادهای غربی پس از گذر از محور ناوه به سمت شمال غرب ایران هجوم آورند که به نوعی آورنده هوای سرد عرض‌های شمالی بوده‌اند. در این روز نیمه شرقی ایران نسبت به نیمه غربی از فشار کم تری برخوردار بوده و نواحی شمال غرب ایران از پایداری نسبی هوا برخوردار بوده است. اما نقشه ب، برای وضعیت دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد یک هسته دمای بسیار سردی در شمال اروپا با بیشینه ۴۰- درجه سانتی‌گراد ایجاد شده و زبانه‌های آن نواحی شمال غرب ایران را پوشش داده است بنابراین هر چه به سمت شمال غرب ایران پیش می‌رویم درجه حرارت سردتری بر اتمسفر مستولی می‌گردد. نزدیکی به تاوه قطبی و هجوم بادهای غربی حامل هوای سرد عرض‌های شمالی نیز از عوامل دیگری است که دمای هوا را به ۲۸- درجه سانتی‌گراد در تراز مذکور در مناطق مورد مطالعه رسانده است. هم‌زمان با کاهش دمای جو در مناطق مورد مطالعه مقدار ضخامت جو نیز کاسته شده و این انقباض هوا نتیجه هوای سرد اتمسفر می‌باشد.

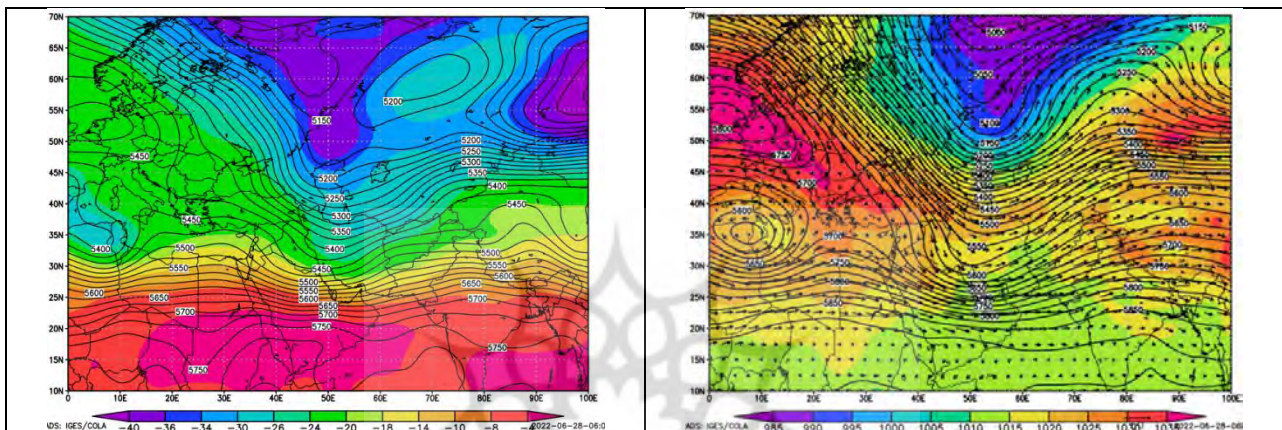


شکل (۳): الف) نقشه ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب) نقشه ترکیبی دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ضخامت جو روز ۲۰۰۰/۱/۲۲

تحلیل روز نماینده الگوی دوم (روز ۲۰۰۶/۱۲/۲۴)

شکل الف از ۴، نقشه ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز ۳ دی‌ماه ۱۳۸۵ نشان می‌دهد. در این روز یک سامانه کم فشار جنب قطبی در شمال روسیه با مرکزیت ۹۸۵ هکتوپاسکال به وجود آمده و یک سامانه پرفشار قدرتمندی در شمال اروپا با کانون ۱۰۳۵ هکتوپاسکال تشکیل یافته است. در میان این دو سامانه جبهه و ناپایداری هوا ایجاد شده است. حرکت برونگرد سامانه پرفشار مذکور باعث هدایت جریان بادهای غربی به سمت جنوب شرق شده و این بادهای سردسیر به سمت مناطق مورد مطالعه شارش شده‌اند. حاکمیت زبانه ۱۰۲۵ میلی‌بار سامانه پرفشار مذکور بر فراز مناطق مورد مطالعه باعث پایداری هوا شده است. وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل نیز نشان می‌دهد در اروپا یک پدیده بلاکینگ دو قطبی ایجاد شده و همچون مانعی بر مسیر حرکت بادهای غربی بوده که منجر به دوشاخه شدن آن شده است. در ادامه بنا به اصل ثابت بودن

چرخندگی مطلق هوا، توده‌های سرد عرض‌های شمالی با قدرت هرچه تمام به سمت مناطق حاره پیش رفته و هوای گرم این محدوده تضعیف گشته و به عرض‌های پایین عقب‌نشینی نموده است و فرود تاوه قطبی نمایان شده است. این پدیده به صورت یک ناوه طولی از قطب شمال تا نزدیک استوا امتداد داشته و محور آن از مرکز ایران گذر کرده است. مناطق مورد مطالعه در قسمت پشت محور فرود واقع گشته و چرخندگی منفی هوا باعث واگرایی در سطوح پایین اتمسفر شده و به نزول هوا منجر شده است. در شکل ب، وضعیت دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ضخامت جو به گونه‌ای بوده که به دلیل نفوذ هوای سرد عرض‌های شمالی از طریق بادهای غربی، حاکمیت سامانه پرفشار بر مناطق مورد مطالعه، پایین آمدن تاوه قطبی در فصل سرد سال همه این شرایط موجب شده دمای هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تا ۲۴- درجه سانتی‌گراد در مناطق مورد مطالعه افت کند و به تبع ضخامت جو نیز با انقباض گنجایش هوا کاهش یابد. وضعیت خطوط هم‌ضخامت جو به خوبی تاوه قطبی را نشان می‌دهد.

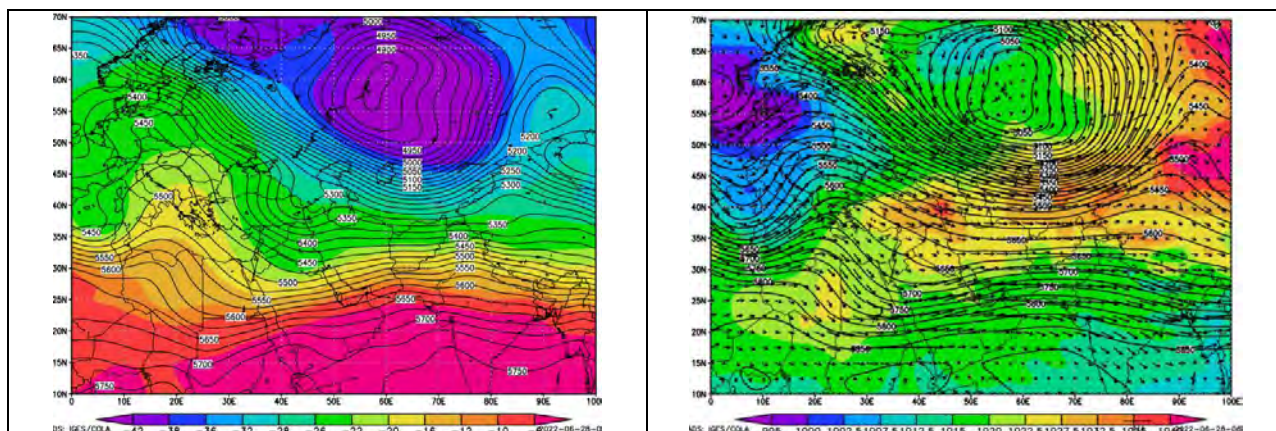


شکل ۴: الف) نقشه ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب) نقشه ترکیبی دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ضخامت جو
روز ۲۰۰۶/۱۲/۲۴

تحلیل روز نماینده الگوی سوم (روز ۲۰۰۲/۱۲/۲۸)

شکل الف از ۵، نقشه ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز ۷ دی ماه ۱۳۸۱ نشان می‌دهد یک سامانه کم‌فشار حرارتی در شمال اروپا با مرکزیت ۹۹۵ میلی‌بار ایجاد شده و در قسمت جنوب شرق آن سامانه پرفشار دینامیکی ایجاد شده و در مرز بین این دو سامانه جبهه‌ای تشکیل یافته و سبب اغتشاش جوی شده است. کانون پرفشار یادشده با مرکزیت ۱۰۴۰ هکتوپاسکال در شمال غرب ایران حاکمیت داشته و حرکات واچرخندی آن به پایداری هوا منجر شده است. از طرفی قرارگیری مناطق مورد مطالعه در قسمت جلوی محور فراز واقع در اروپا و چرخندگی منفی حاصل از آن به تقویت شرایط واگرایی در سطوح پایین اتمسفر انجامیده و فرونشست هوا را در پی داشته است. وضعیت باد نیز به گونه‌ای بوده که خواستگاه حرکت آن‌ها اقیانوس اطلس بوده و در اروپا تحت شعاع حرکت درونگرد کم‌فشار موجود قرار گرفته و به سمت عرض‌های بالا سوق یافته است. این بادهای غربی پس از حمل هوای سرد عرض‌های شمالی در قسمت جلوی محور فراز تحت تأثیر چرخندگی منفی هوا به سمت مناطق شمال غرب ایران هجوم آورده و شرایط باروتروپیک هوا را تشدید نمودند. وضعیت دما و ضخامت جو نیز در نقشه ب، برای این روز نشان می‌دهد با توجه به شرایط فوق‌الذکر ریزش توده هوای سرد عرض‌های شمالی بر شمال غرب ایران کاملاً مشهود بوده و از سویی دیگر یک هسته توده هوای بسیار سردی در روسیه با بیشینه دمایی ۴۲- درجه سانتی‌گراد ایجاد شده و مناطق مورد مطالعه به دلیل نزدیکی به آن دمای بسیار سردی را تجربه نموده است به طوری که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دما

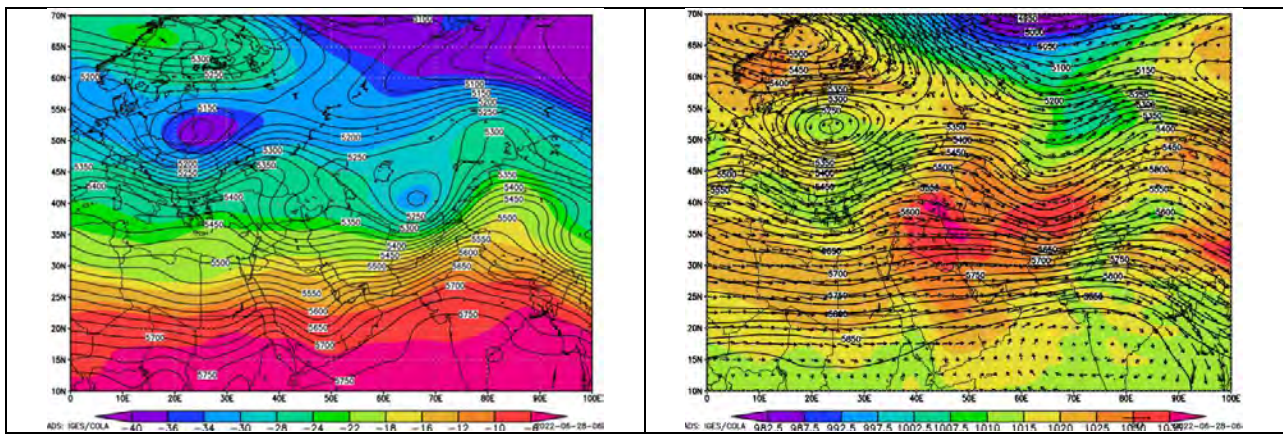
به ۲۲- درجه سانتی‌گراد رسیده است. خطوط هم‌ضخامت جو نیز یک کانال شمال غرب به جنوب شرق را نشان می‌دهد که هوای سرد جنب قطبی از طریق آن به سمت شمال غرب ایران ریزش نموده و به دلیل سردی هوا ضخامت جو نیز کاسته شده است.



شکل (۵): الف) نقشه ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب) نقشه ترکیبی دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ضخامت جو
روز ۲۰۰۲/۱۲/۲۸

تحلیل روز نماینده الگوی چهارم (روز ۲۰۱۳/۰۱/۱۲)

شکل الف از ۶، نقشه ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز ۲۳ دی ماه ۱۳۹۱ نشان می‌دهد. مطابق این شکل یک سامانه پرفشار دینامیکی بزرگی بر کل پهنه جغرافیایی ایران گسترده شده است. هسته آن با بیشینه ۱۰۴۰ میلی‌بار در شمال غرب ایران حاکمیت داشته و باعث تقویت شرایط واچرخندی و پایداری هوا شده است. این سامانه در صورت تغذیه رطوبتی از منابع آبی مجاور می‌تواند به ریزش برف‌های سنگین و در غیر این صورت به سرماهای خشک منجر شود. وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد یک بلو کینگ رکس در اروپا به وجود آمده و در جنوب آن یک ناوه و در ادامه‌ی آن فرازی ایجاد شده و همین عامل منجر به حرکت سینوسی بادهای غربی شده است. محور فراز یادشده در شمال غرب ایران ایجاد شده و مناطق مورد مطالعه در جلوی آن واقع شده و تقویت شرایط واگرایی و چرخندگی منفی هوا در این قسمت منجر به نزول هوا شده است. با فرونشست هوا بادهای غربی نیز حرکت جنوب شرق سو یافته و نقش پررنگی در شار رطوبت دریاها، مدیترانه و دریای سیاه داشته‌اند و این عامل می‌تواند به ریزش برف منتهی شود. وضعیت دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای این روز نشان می‌دهد در محل تشکیل بلو کینگ سردچال هسته دمای منفی با بیشینه ۴۰- درجه سانتی‌گراد در مرکز اروپا به وجود آمده و بادهای غربی با حرکت مداری و شرق سوی خود این توده‌هوای سرد را به سمت شمال غرب ایران هدایت نموده‌اند و دمای هوا در آنجا به ۲۲- درجه سانتی‌گراد در این تراز رسیده است. خطوط هم‌ضخامت جو نیز کانال حرکت بادهای غربی را نیز به خوبی نشان می‌دهد و هرچه به سمت بخش‌های شمالی ایران پیش می‌رویم از میزان ضخامت جو کاسته می‌شود و این نشان‌دهنده سردی هوا در مناطق مورد مطالعه می‌باشد.



شکل (۶): نقشه ترکیبی فشار تراز سطح دریا با ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (ب) نقشه ترکیبی دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ضخامت جو (الف). روز ۲۰۱۳/۰۱/۱۲

نتیجه گیری

در این پژوهش با بررسی های الگوهای همدیدی جو سعی بر آن شد تا حدودی به شناخت عوامل به وجود آورنده یخبندانها در شمال غرب ایران پرداخته شود. بررسی ویژگی های ماهانه دمای کمینه نشان داد، ماه بهمن سردترین ماه در سطح شمال غرب کشور می باشد و میانگین دمای کمینه در این ماه ۳/۴۵- درجه سلسیوس بوده است. بیشترین دامنه تغییرات دمایی نیز در همین ماه وجود داشته که به دلیل افزایش تدریجی تفاوت های مکانی دمایی بین نواحی شمال غرب کشور در این ماه، ایجاد شده است. بررسی های مربوط به ویژگی های زمانی - مکانی دمای کمینه روزهای همراه با یخبندان مستمر با پوشش ۴۰ درصد نشان دادند که از مجموع ۱۶۴ روز همراه با یخبندان، سال ۲۰۰۶ با ۱۹ روز دارای بیشترین فراوانی روزهای یخبندان بوده است. میانگین دمای سالانه روزهای یخبندان ۳/۹۵- درجه سلسیوس بوده است. بیشترین فراوانی ماهانه این روزها در بهمن ماه بوده و در طول این ماه ۱۵۰ روز یخبندان مستمر مشاهده شده است. نتایج حاصل از یافته های تحقیق نشان داد مسیر اکثر سامانه های سرما و یخبندان به کشور از سمت شمال و شمال غرب ایران بوده است. با توجه به این وضعیت ۴ الگوی سینوپتیکی در رخداد این پدیده شناسایی شد. در الگوی اول سامانه بزرگ کم فشار جنب قطبی با حرکت پادساعتگرد خود باعث شد در ضلع غربی آن بادهای غربی حرکت نصف النهاری داشته باشند و این بادهای آورنده هوای سرد عرض های شمالی به سمت مناطق مورد مطالعه بوده اند در الگوی نوع دوم زبانهای سامانه پرفشار اروپای شمالی بر قسمت های شمال غرب ایران سیطره یافته و حرکت برونگرد آن باعث هدایت جریانات سرد شمالی به سمت مناطق مطالعاتی گشته است. در الگوی نوع سوم و چهارم نقش پرفشار سبیری بسیار پررنگ بوده و بر پهنه جغرافیایی ایران تسلط یافته و هوای سرد و پایداری را به ارمغان آورده است. در همه این الگوها ایران و بخصوص مناطق مورد مطالعه در قسمت جلوی محور فراز واقع گشته و حرکات و اچرخندی هوا به فرونشست آن منتهی شده است بادهای غربی نیز در همه این الگوها که در کانال تاوه قطبی حرکت داشته اند و در فرودهای آن به ریزش هوای سرد عرض های شمالی به مناطق مورد مطالعه کمک نموده اند. وضعیت دمای هوا نیز نشان داد با سرد شدن هوا میزان ضخامت جو کاهش یافته و دما در تراز ۵۰۰ میلی بار به طور متوسط بین ۲۵- تا ۳۰- درجه سانتی گراد متغیر بوده است. نتایج به دست آمده از این تحقیق تداعی کننده نتایج کار دیگر محققین بوده است همان طور که فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸)، نشان دادند تیپ های هوای پرفشار اروپای شرقی به عنوان مهم ترین و مؤثرترین عاملی بوده است که باعث انتقال جریان هوای سرد قطبی از عرض های بالای جغرافیایی به سمت عرض های پایین شده و در نتیجه شدیدترین و فراگیرترین یخبندانها در ایران رخ داده است. مسعودیان و دارند (۱۳۹۲)، پنج الگوی فشار تراز دریا با آرایش های مختلف را مسئول یخبندان های ایران دانسته اند. حسن زاده و همکاران (۱۳۹۸)، ده الگوی همدید حاکم بر سرماهای دیررس بهار را برای استان کرمانشاه شناسایی نمودند که از این بین، ۸ خوشه آن مربوط به پرفشار سبیری بوده است.

منابع

- حسن‌زاده، علی؛ عطایی، هوشمند؛ پروین، نادر؛ گندمکار، امیر. (۱۳۹۸)، بررسی الگوهای اصلی سینوپتیکی تراز دریا یخبندان‌های بهار در استان کرمانشاه، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، علمی - پژوهشی، شماره ۶۳، صص ۷۳-۵۵.
- سلیقه، محمد. (۱۳۹۶). آب‌وهواشناسی سینوپتیک ایران، چاپ دوم، انتشارات سمت، تهران.
- عزیزی، قاسم، اکبری، طیبه، داودی، محمود، اکبری، مهری. (۱۳۸۸)، تحلیل هم‌دید موج سرمای شدید دی‌ماه ۱۳۸۶ ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۰، صص ۱۹-۱.
- علیجانی، بهلول؛ تقی‌لو، مهدی؛ افشارمنش، حمیده. (۱۳۸۹)، تحلیل سینوپتیکی یخبندان شدید دسامبر ۲۰۰۶ و ژانویه ۲۰۰۷ در استان زنجان، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، شماره ۱۰، صص ۱۲۷-۱۱۳.
- علیجانی، بهلول؛ محمودی، پیمان؛ ریگی‌چاهی، اله‌بخش؛ خسروی، پرویز. (۱۳۸۹)، بررسی تداوم روزهای یخبندان در ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکف، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، صص ۲۰-۱.
- علیجانی، بهلول؛ محمودی، پیمان؛ کلیم، دوست محمد. (۱۳۹۵)، اقلیم‌شناسی روزهای ذوب - یخبندان ایران، فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره ۵۶، صص ۳۲-۱۹.
- فتاحی، ابراهیم؛ صالحی‌پاک، تهمینه. (۱۳۸۸)، تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صص ۱۳۶-۱۲۷.
- محمدی، حسین. (۱۳۸۸). آب‌وهواشناسی کشاورزی (اصول و کاربردهای مطالعات آب‌وهوا در کشاورزی)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- محمدی، حسین؛ عزیزی، قاسم؛ خوش‌اخلاق، فرامرز؛ رنجبر، فیروز. (۱۳۹۴)، روند روزهای یخبندان در ایران (۱۹۸۲-۲۰۱۲)، جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)، شماره ۴۶، صص ۱۳۶-۱۱۹.
- محمودی، پیمان؛ خسروی، محمود؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۹۲)، اطلس اقلیم‌شناسی و ویژگی‌های آماری یخبندان‌های ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴، صص ۶۶-۵۵.
- مسعودیان، سید ابوالفضل؛ دارند، محمد. (۱۳۹۲)، تحلیل هم‌دید یخبندان‌های فراگیر و بادوام ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۲، صص ۱۴۰-۱۲۹.
- منتظری، مجید؛ مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۸۹)، شناسایی الگوهای فرارفت دمایی ایران در سال‌های سرد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۴، صص ۹۴-۷۹.
- نوحی، کیوان؛ مژده، پدرام؛ صحرایان، فاطمه؛ کمالی، غلام‌علی. (۱۳۸۶)، بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان‌های تابشی - فرارفتی در استان آذربایجان غربی و شرقی، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۵، صص ۸۵-۷۹.
- ویسی، محمد. (۱۳۸۷). تحلیل سینوپتیکی دوره‌های یخبندان در استان کردستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب‌وهواشناسی، دانشگاه تهران.
- هژبرپور، قاسم؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۸۶). تحلیل هم‌دید یخبندان‌های استان اردبیل، جغرافیا و توسعه، شماره ۵، صص ۱۰۶-۸۹.
- Anagnostopoulou, CH., Tolika, K., Lazoglou, G., Maheras, P. 2017. The Exceptionally Cold January of 2017 over the Balkan Peninsula: A Climatological and Synoptic Analysis, Atmosphere Vol. 8. Pp. 1-14.
- Garsia, I.P. 1996. Major cold air out breaks effecting coffee8 citrus plantations in the eastern an northwestern Mexico, atmosfera Vol. 9. Pp. 47-66.
- Gillies, R.R., Wang, Sh.Y., and Booth, M.R. 2012. Observational and Synoptic Analyses of the Winter Precipitation Regime Change over Utah, Journal of Climate Vol. 25. Pp. 4679-4698.
- Kassomenos, P.H.A., Flocass, S.L., and Petrakis, M. 1997. A study of forst events in areas characterized by the absence of observattions . Meteorology and atmospheric physics Vol. 62. Pp. 249-256.
- Medelin, M., and Beltrand, G. 2005. Spatial interpolation based mapping of the spring forst hazard in the champagne vineyards , Meteorological applications Vol. 12. pp. 51-56.
- Muller, G.V. 2003. Surface circulation associate whit forst in the wet pampas international journal of climatology Vol. 23. Pp. 943-961.

Pezza, A.B., and Ambrizzi, T. 2005. Dynamical conditions and synoptic tracks associated with different types of cold surge over tropical South America, International Journal of Climatology, Volume25, Issue2, Pages 215-241.

Schultz, D.M., Braken, W.E., Bosart, L.F. 1998. Planetary- and Synoptic-Scale Signatures Associated with Central American Cold Surges Vol.26. Pp. 5-27.

Tait, A., and Zhang, X. 2003. Mapping forest occurrence using satellite data journal of applied meteorology Vol. 42. Pp. 193-203.

Yarnal, Y. 1984. The effect of weather map scale on the results of A synoptic climatology, Journal of Climatology Vol. 4. Pp. 481-493.

نحوه ارجاع به مقاله:

زینالی، بتول؛ فروتن، مهدی؛ اخوت، سحر (۱۴۰۱)، بررسی هم‌دید وسیع‌ترین و مستمرترین یخبندان‌های شمال غرب ایران، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۱ (۴۴)،

Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.44.9.2، ۱۴۸-۱۶۱

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

