Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ودوم، شماره‌ی ۸۰
زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۱۷۰-۱۵۱

DOI:10.52547/GeoSpa.22.4.151

سحر غیاثی قروه[۱]
*فیروز مجرد[۲]
سمیرا کوشکی[۳]

بررسی شاخص سوزباد و ارتباط آن با پرفشار سیبری در استان‌های مجاور رشته‌کوه البرز

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰٤/۰۹

چکیده

سوزباد، احساس دمای سردتر به دلیل از دست دادن گرما از طریق باد است. این پدیده تأثیرات مهمی بر زندگی انسان به خصوص در دورهٔ سرد سال به جا می‌گذارد و وابستگی زیادی به الگوهای فشار جوی که باعث تغییر در دمای هوا و سرعت باد می‌شوند، دارد. پژوهش حاضر به بررسی سوزباد و اثر پرفشار سیبری بر روی آن در استان‌های مجاور رشته‌کوه البرز پرداخته است. به این منظور ابتدا داده‌های روزانهٔ دما و باد ۱۳ ایستگاه سینوپتیک مجاور رشته‌کوه البرز در بازهٔ زمانی ۳۱ ساله (۱۹۸٦-۲۰۱٦) از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. سپس شاخص سوزباد در ایستگاه‌ها به صورت روزانه محاسبه گردید. برای بررسی اثر پرفشار سیبری بر روی سوزباد، ۳۰ رخداد نمونه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از داده‌های فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۵۰۰، ۷۰۰، ۹۲۵ هکتوپاسکال، بردار باد تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال پایگاه دادهٔ NCEP/NCAR استفاده و نقشه‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزار GrADS رسم شد. نتایج نشان داد که در ایستگاه‌های جنوب رشته‌کوه البرز سوزباد با تعداد و شدت بیش‌تری رخ می‌دهد. ایستگاه‌های قزوین و آبعلی در جنوب به‌ترتیب با میانگین سالانهٔ ۱٦ و ۱۵ روز، بیش‌ترین و ایستگاه‌های بابلسر و انزلی در شمال به‌ترتیب با میانگین سالانهٔ ۰/۵۸ و ۱/۱ روز کم‌ترین فراوانی سوزباد را دارند. بیش‌ترین تعداد روزهای سوزباد شدید (شاخص کم‌تر از ۱۰-) در ایستگاه‌های آبعلی و قزوین (به‌ترتیب ۵/۳۹ و ۳/٦۵ روز در سال) رخ داده است؛ در حالی که

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی.
*۲- گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی. (نویسنده مسئول). E-mail: f_mojarrad@yahoo.com
۳- دانش‌آموختهٔ دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

ایستگاه‌های شمالی اساساً سوزباد شدید را تجربه نکرده‌اند. در مقیاس ماهانه، بیش‌ترین فراوانی رخداد پدیده مربوط به ماه‌های ژانویه و فوریه است. تلفیق داده‌های ایستگاهی با داده‌های فشار نشان داد که از بین ۳۰ رخداد منتخب، پرفشار سیبری فقط در ٤ رخداد عامل وقوع سوزباد بوده است. در بقیهٔ رخدادهای مورد مطالعه، عواملی مانند تشکیل ناوه، نفوذ زبانه‌های پرفشار از سمت دریای مدیترانه و دریای سیاه، و یا ترکیب عوامل (پرفشار سیبری، تشکیل ناوه و پرفشار مهاجر) باعث وقوع سوزباد شده است؛ اما نقش ناوه پررنگ‌تر بوده است.

کلید واژه‌ها: سوزباد، تغییرات زمانی–مکانی، پرفشار سیبری، رشته‌کوه البرز.

مقدمه

آب‌وهوا تأثیر بسیار مهمی در حیات و گسترش موجودات زنده بر روی کرهٔ زمین دارد. در بین آثار متغیرهای مختلف جوی بر راحتی و آسایش انسان، اثر تلفیقی باد با دما دارای اهمیت ویژه‌ای است (Ranjbar et al., 2016: 67). سوزباد عبارتست از احساس دمای سردتر به دلیل از دست دادن گرما از طریق باد[4]. به عبارت ساده‌تر، هرچه دمای هوا سردتر و سرعت باد بیش‌تر باشد، روی پوست بدن دمای سردتری احساس می‌شود. بنابراین حتی اگر درجه حرارت یکسان باقی بماند، اما سرعت باد افزایش یابد، در واقع برای پوست سردتر به نظر می‌رسد[5]. سوزباد شدید می‌تواند برای سلامتی خطرناک باشد، زیرا از دست دادن بیش از حد گرما از بدن ممکن است منجر به هیپوترمی/سرمازدگی شود. دمای معمول بدن انسان ۳۷ درجه سانتی‌گراد است. گرما در بدن از طریق واکنش متابولیک تولید می‌شود. اگر گرما با سرعتی بیش تر از آنچه تولید می‌شود خارج شود، ممکن است هیپوترمی/سرمازدگی اتفاق بیفتد. همین امر در مورد مخالف نیز صادق است: اگر گرما با سرعت مناسب خارج نشود، ممکن است منجر به هایپرترمی/گرمازدگی شود. در آب‌وهوای سرد، بدن ما یک لایهٔ نازک از گرما ایجاد می‌کند تا ما را گرم نگه دارد. این لایهٔ حرارتی در شرایط وزش باد از بین می‌رود و بدین‌ترتیب سوزباد ایجاد می‌شود. البته احساس راحتی به عوامل متغیر دیگری مانند دما، تابش‌های خروجی و ورودی، جابجایی و سرعت باد، قابلیت انتقال و رطوبت نیز بستگی دارد. عامل سوزباد مستقیماً تحت تأثیر پدیدهٔ انتقال حرارت قرار می‌گیرد (Ahmad et al., 2016: 325). بنابراین شاخص سوزباد می‌تواند معرف خوبی از حساسیت نسبت به سرما باشد و در تصمیم‌گیری در انتخاب نوع لباس و یا برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های بیرون از منزل بسیار سودمند است. در برخی از کشورها از شاخص سوزباد برای صدور پیش‌بینی و هشدار استفاده می‌شود. هنگامی که این شاخص به نقطه‌ای برسد که یخبندان وسرمازدگی رخ بدهد، پیش‌بینی و در هنگام شرایط خطرناک هشدار صادر می‌شود می‌گیرد (Dargahian & Mirzaei, 2006: 19). از جمله عوامل مؤثر در وقوع پدیدهٔ سوزباد، پرفشارهای حرارتی هستند که مهم‌ترین آن‌ها پرفشار سیبری است. «پرفشار سیبری یک سیستم نیمه‌دائمی فشار جوی زیاد است که در نیمهٔ سرد سال در شمال

4- https://learn.weatherstem.com/modules/learn/lessons/112/17.html
5- https://www.weather.gov/ama/windchill

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

شرقی سیبری متمرکز است. این پرفشار به دلیل سرمایش شدیدِ لایه‌های سطحی هوا، در فصل سرد بر روی سیبری تشکیل می‌شود. از نظر عمودی معمولاً کم‌ضخامت است و به ندرت تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری امتداد می‌یابد»[6]. در مجموع می‌توان چنین استنباط کرد که پرفشار سیبری یک آنتی‌سیکلون گسترده است که بخشی‌های وسیعی از عرض‌های میانه و بالای قارهٔ آسیا را در فصل زمستان می‌پوشاند و در تابستان ناپدید می‌شود (Smith, 2006: 130). خصوصیات منحصربه‌فرد این سامانه، از جمله پهنهٔ گسترش، شدت فشار مرکزی، خصوصیات دمایی و رطوبتی و پهنهٔ نفوذ زبانه‌های آن، توجه اکثر محققان را به خود جلب کرده است. ایران به دلیل همجواری با این سامانهٔ قوی بیش از نیمی از سال به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از این سامانه متأثر می‌شود و ورود آن به کشور با افت شدید دما، یخبندان‌های دور از انتظار و گاه خسارت‌های گسترده‌ای همراه است (Lashkari & Yarmoradi, 2014: 200). توزیع مکانی میانگین دمای روزانه به‌شدت تحت تأثیر سامانه پرفشار سیبری قرار دارد به‌طوری‌که در زمان سیطرهٔ این سامانه بر اقلیم ایران، در اکثر نقاط ایران دما به‌شدت کاهش‌یافته است که در این بین سهم ماه دی بیش تر می‌باشد (Dargahian et al., 2021: 99). سوزباد کاربردهای وسیعی در فعالیت‌های ورزشی مانند مطالعهٔ خطر آسیب‌دیدگی در محیط‌های سرد، کاهش خطر ابتلا به هیپوترمی و سرمازدگی و همچنین جلوگیری از بدتر شدن شرایط موجود در محیط‌های سرد (Fudge et al., 2015: 63)، مطالعات در زمینهٔ پوشاک در فضای باز و مدیریت پزشکی سرمازدگی و پیدا کردن بهترین درمان (Cauchy et al., 2016: 92)، ارتباط تراکم ساختمان در مناطق مسکونی بلند و زاویهٔ طرح باد، با احساس حرارتی عابران پیادهٔ زمستانی (Liu et al., 2019: 51)، رخداد برخی ناهنجاری‌های جسمانی مانند فلج بل (شایع‌ترین نوع اختلال عملکرد عصب صورت) در یونان (Kokotis & Katsavos, 2015: 44) و سایر فعالیت‌ها دارد. امروزه مطالعات زیست‌اقلیمی انسانی پایه و اساس بسیاری از برنامه-ریزی‌ها به ویژه در زمینهٔ مسائل شهری، توسعهٔ پایدار، سکونتگاهی، معماری، گردشگری، آسایش و راحتی انسان است (Darvishi, 2015: 19). در این مطالعات، طیف گسترده‌ای از نمایه‌ها و روش‌ها که در بردارندهٔ متغیرهای تأثیرگذار هستند، بسط و گسترش و پیاده‌سازی شده است و نیازهای دمایی و آستانه‌های مختلف آن برای رشد و نمو بسیاری از موجودهای زنده مشخص شده است (Ghasemi et al., 2007: 15). از اینرو مطالعهٔ سرمایش شدید همراه با باد به عنوان یکی از مقوله‌های مهم تحقیقات منطقه‌ای به حساب می‌آید. هدف مطالعهٔ حاضر بررسی وضعیت سوزباد و الگوهای همدید مؤثر بر آن در استان‌های مجاور رشته‌کوه البرز است.

پیشینه پژوهش

در ایران یکی از مطالعات اولیه در زمینهٔ سوزباد مربوط به مطالعهٔ Rasouli & Azizzadeh (2006: 30) در زمینهٔ توزیع مکانی سوزباد در شمال‌غرب کشور است. نتایج مطالعه نشان داد که این پدیده در فصول سرد سال یکسان توزیع نشده است. همچنین نواحی خاصی از منطقه برای ایجاد و توسعهٔ سرمایش بادی مستعدتر از بقیه است. در

6- https://www.britannica.com/science/Siberian-anticyclone

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

این میان نقش توپوگرافی در روند گسترش مناطق ریسک نسبت به سایر عوامل اقلیمی از اهمیت بیش تری برخوردار است. در تحقیقی که Ghasemi et al (2007: 22) در مورد سوزبادهای ایران انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که کاهش دما از اواسط دی تا اواسط اسفند به بیش ترین مقدار خود می‌رسد و این کاهش بیش‌تر در نیمهٔ غربی کشور رخ می‌دهد. مطالعهٔ Heydari & Saeedabadi (2008: 93) در شمال‌غرب و غرب کشور بین ماه‌های نوامبر تا آوریل منتهی به ناحیه‌بندی منطقه از نظر رخداد سوزباد و ارائهٔ نقشه‌های مربوطه شد. در پژوهش دیگری، Shariatmadari et al (2016: 224) در استان لرستان مشخص کردند که بیش‌ترین رخداد سوزبادها در فصل سرد سال و در ایستگاه‌های مرتفع، از جمله الیگودرز، نورآباد و بروجرد رخ داده است. همچنین از نظر ارتباط با الگوهای دورپیوندی، وقوع سوزبادهای بیش تر و شدیدتر در استان با سال‌های رخداد فاز لانینا همزمان بوده است. Ranjbar et al (2016: 67) سطح ایران را از نظر رخداد سوزباد پهنه‌بندی و ماه‌های آبان و فروردین را به ترتیب ماه‌های شروع و پایان سوزباد معرفی کردند. آنان بیان نمودند که تفاوت بین دمای کمینه و دمای احساسی (سوزباد) به خوبی معنی‌دار است. بیش‌ترین فراوانی سوزباد مربوط به سال ۱۳۹۰ و کم ترین آن مربوط به سال ۱۳۷٤ بوده است. بهمن-ماه بیش‌ترین و آبان‌ماه کم‌ترین فراوانی وقوع سوزباد را داشته‌اند.

از آنجا که نحوهٔ تشکیل و توسعهٔ زبانه‌های پرفشار سیبری بر روی مناطق مختلف آسیای میانه اهمیت ویژه‌ای دارد، پژوهشگران از دیدگاه‌های مختلف به این سامانه توجه کرده‌اند. مطالعات زیادی به بررسی وضعیت کمّی و کیفی استقرار سامانه‌های همدید سطوح بالا و پایین جو در هنگام رخداد دماهای بسیار پایین پرداخته‌اند. به عنوان مثال دلیل اصلی رخداد دماهای پایین در اروپا، استقرار انواع آنتی‌سیکلون‌ها در اقیانوس اطلس و شمال اروپا ذکر شده است که با ارسال هوای سرد به مرکز اروپا، خساراتی را به کشورهای این منطقه وارد کرده است (Cony et al., 2008: 389). بین تقویت پرفشار سیبری در سطح زمین با وقوع بندالی در اتمسفر فوقانی رابطه وجود دارد. همچنین برهمکنش بین امواج راسبی سطح بالا و ناهنجاری‌های سرد موجود در سطح زمین برای تقویت پرفشار سطح زمین ضروری است (Takaya & Nakamura, 2005: 4423). در همین ارتباط ثابت شده است که در منطقهٔ شمال‌غرب ایران سوزباد تحت تأثیر دو الگوی ناوهٔ عمیق و بندالی اتفاق افتاده و فرارفت هوای سرد در هر دو الگو از سه منبع تأمین شده است که عبارتند از: ۱- پرفشار واقع در شمال آفریقا و جنوب اروپا، ۲- ناوهٔ عمیق واقع در روی سیبری (شمال دریای سیاه) و ۳- پرفشار ضعیف واقع در جنوب دریای سیاه (Azizi et al., 2012: 37). البته در رخداد سوزباد، موقعیت نسبت به آب‌ها یا خشکی‌ها نیز مهم است. مثلاً در ترکیه و سایر کشورهای مدیترانه‌ای، زمستان فصل معتدلی است. اما در مناطق مرکزی این کشور به خاطر برخورداری از شرایط اقلیمی قاره‌ای، سوزباد در قسمت‌های غرب، شمال و مرکز آناتولی شدیدتر از سایر مناطق رخ می‌دهد (Toros et al., 2005: 107). در دهه‌های اخیر برخی از مناطق دنیا مانند آلاسکا و شمال کانادا و شمال آسیا تحت شرایط گرمایش جهانی با روند افزایشی دمای سوزباد مواجه شده‌اند (Keimig & Bradley, 2002: 1؛ Ma et al., 2016: 3138). میانگین دمای زمستانهٔ سوزباد در چین در طی دورهٔ ۱۹۵٦-۲۰۰۵، به میزان ۳/۲ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافته است (Feng et al., 2009:

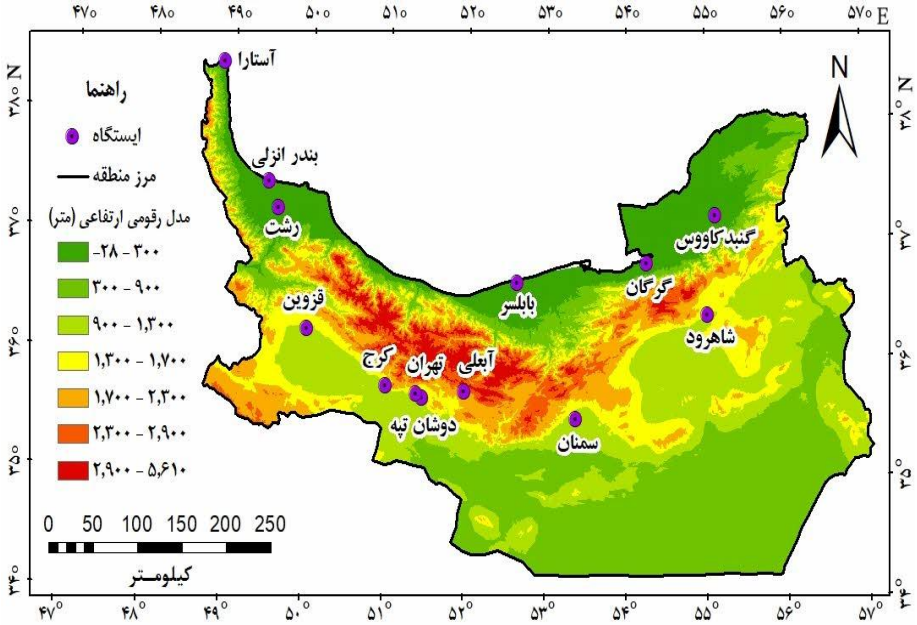
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

1071). همچنین دمای سوزباد زمستانه در چین روندهای افزایشی برجسته‌تری را نسبت به دمای هوا نشان می‌دهد. سرعت باد و روزهای سرد توأم با سوزباد کاهش یافته و این کاهش در مناطق پرجمعیت و دارای شهرهای زیاد قابل توجه‌تر بوده است (Lin et al., 2019: 389).

با مرور مطالعاتی که تاکنون انجام شده است، مشخص می‌شود که به اثر پرفشار سیبری بر رخداد سوزبادها و دماهای پایین در استان‌های مجاور رشته‌کوه البرز توجه نشده است. در این پژوهش سعی شده است تا این شکاف مطالعاتی پر شود.

منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه در این تحقیق، استان‌های حاشیهٔ رشته‌کوه البرز، شامل هفت استان گلستان، گیلان، مازندران، سمنان، تهران، البرز و قزوین است. این منطقه تقریباً بین عرض‌های جغرافیایی ′۴۰°۳۴ تا ′۲۷°۳۸ شمالی و طول‌های جغرافیایی ′۴۵°۴۸ تا ′۰۴°۵۷ شرقی قرار گرفته است و از شمال به دریای خزر، از شمال‌غرب به کشور آذربایجان و استان اردبیل، از شمال‌شرق به کشور ترکمنستان و استان خراسان شمالی، از شرق به استان خراسان رضوی، از جنوب به استان‌های یزد، اصفهان، قم و مرکزی، از جنوب‌غرب به استان همدان و از غرب به استان زنجان محدود می‌شود. قسمت شمالی منطقه منطبق بر جلگهٔ ساحلی خزر، قسمت مرکزی منطبق بر ارتفاعات البرز و پایکوه‌های آن و قسمت جنوبی مشرف بر فلات ایران است. شکل (۱) مدل رقومی ارتفاعی منطقه و موقعیت ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مدل رقومی ارتفاعی منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

Figure 1: Digital elevation model of the region and the studied stations

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

مواد و روش‌ها

یکی از یافته‌های مهم مربوط به آسایش انسان در ارتباط با محیط جوی این است که آسایش به بیش از یک متغیر جوی بستگی دارد. بنابراین احساس گرما یا سرما به متغیرهای دیگری به جز دمای اندازه‌گیری‌شده بستگی دارد. این مشاهدات منجر به توسعهٔ شاخص‌های بیومتئورولوژیکی شده است که سعی در پیش‌بینی واکنش‌های مختلف انسان به احساس گرما و سرما را دارد. یکی از این شاخص‌ها سوزباد است. اصطلاح «سوزباد» توسط کاوشگر قطب جنوب، پل ا. سایپل[۷]، برای توصیف قدرت خنک‌کنندگی باد در ترکیب‌های مختلف دما و سرعت باد ابداع شد. بعدها در سال ۱۹٤٥ سایپل به همراه چارلز اف. پاسل[۸] مقاله‌ای را برای ارائه روش محاسبهٔ سوزباد منتشر کردند. فرمول سوزباد سایپل-پاسل، که بر اساس آزمایشات انجام‌شده در قطب جنوب تهیه شده بود، میزان یخ‌زدگی آب را در دماها و سرعت‌های باد مختلف اندازه‌گیری می‌کرد. کاربرد اصلی فرمول سایپل-پاسل پیش‌بینی شرایط ایجاد یخ‌زدگی بود. با این حال از این شاخص به طور گسترده به عنوان شاخصی برای احساس سرما استفاده شده است (Yan & Oliver, 1996: 1046-1047). شاخص سوزباد سایپل-پاسل با رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود.

$$WCI = (10.45 + 10V^{\frac{1}{2}} - V)(33 - T_{air})$$ رابطهٔ (۱)

که در آن WCI شاخص سوزباد بر حسب $(kCal/m^2h)$، V سرعت باد بر حسب متر در ثانیه و T_{air} دمای محیط بر حسب درجهٔ سانتی‌گراد است و فرض بر این است که دمای پوست ۳۳ درجه سانتی‌گراد است (Ahmad et al., 2016: 326).

مدل سوزباد سایپل-پاسل قدرت خنک‌کنندگی باد و دمای پایین را بر روی پوست برهنه توصیف می‌کرد و به دلیل حذف مقدار و نوع پوشش لباس مورد انتقاد قرار گرفت. بعدها استیدمن[۹] در سال ۱۹۷۱ یک فرمول جدید سوزباد را ارائه کرد که شامل تأثیر لباس نیز می‌شد. از آنجا که یک فردِ لباس‌پوشیده مد نظر قرار گرفته بود، متغیرهای تنفس و انتقال حرارت به واسطهٔ لباس‌پوشیدن در نظر گرفته شد. مدل سوزباد استیدمن مبتنی بر مفهوم تعادل حرارتی بدن است. برای حفظ تعادل حرارتی، میزان تلفات حرارتی نباید از حرارت تولید شده بیش‌تر باشد. تعادل حرارتی با پوشیدن لباس با ضخامت مناسب به‌دست می‌آید. این مدل تمام شکل‌های از دست دادن گرما را برای یک فرد در نظر می‌گیرد. اما اگرچه فرمول استیدمن در اندازه‌گیری احساس سرما واقع‌بینانه‌تر بود و حتی توصیه شد که جایگزین فرمول سایپل-پاسل شود، ولی به دلیل داشتن معادلهٔ پیچیده باعث شد که نسبت به فرمول سایپل-پاسل محبوبیت کم‌تری داشته باشد و کم‌تر مورد استفاده قرار گیرد (Yan & Oliver, 1996: 1046-1047).

شاخص سوزباد به شرح رابطهٔ ۲ برای سرمایش صورت انسان به کار گرفته شده است (Osczevski, 1995: 375-376).

7- Paul A. Siple
8- Charles F. Passel
9- Steadman

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

رابطهٔ (۲)
$$WCI = 4.2\left(\frac{37-T_{cheek}}{R_{cheek}}\right) - f(T_{air})$$

که در آن WCI شاخص سوزباد بر حسب $(kCal/m^2h)$، T_{cheek} دمای پوست در ناحیهٔ گونه، R_{cheek} مقاومت حرارتی پوست بر حسب (m^2K/W) و T_{air} تابعی بر اساس دمای محیط است.

بعدها Osczevski & Bluestein (2005: 1457) یک مدل جدید سوزباد را ارائه کردند که به طور گسترده از سوی بخش‌های مختلف سازمان‌های هواشناسی سراسر جهان مورد پذیرش و استفاده قرار گرفت. مدل یاد شده، دمای ناشی از سوزباد را که تحت عنوان دمای مؤثر یا دمای احساسی نیز شناخته می‌شود، با استفاده از سرعت باد و دمای محیط محاسبه می‌کند (رابطهٔ ۳).

رابطهٔ (۳)
$$WCT = 13.2 + 0.6215\,T - 11.37V^{0.16} + 0.3965TV^{0.16}$$

که در آن WCT دمای سوزباد بر حسب درجهٔ سانتی‌گراد، T دمای هوای محیط بر حسب درجهٔ سانتی‌گراد و V سرعت باد بر حسب کیلومتر در ساعت است.

اگر هدف، محاسبهٔ شاخص سوزباد با واحدهای درجهٔ فارنهایت و مایل در ساعت باشد، از رابطهٔ ٤ استفاده می‌شود (Osczevski & Bluestein, 2005: 1465).

رابطهٔ (٤)
$$WCT = 35.74 + 0.6215\,T - 35.75V^{0.16} + 0.4275TV^{0.16}$$

که در آن WCT دمای سوزباد بر حسب درجهٔ فارنهایت، T دمای هوای محیط بر حسب درجهٔ فارنهایت و V سرعت باد بر حسب مایل در ساعت است. توضیح این‌که روابط ۳ و ٤ تفاوتی با هم ندارند و فقط واحدهای اعدادشان با یکدیگر متفاوت است.

شاخص جدیدِ سوزباد فوق از پیشرفت‌های هواشناسی، بیومتئورولوژی و مدل‌سازی رایانه‌ای برای ارائهٔ فرمول دقیق‌تر و مفیدتری جهت محاسبهٔ خطرات ناشی از بادهای زمستانی و دماهای انجماد استفاده می‌کند. علاوه بر این، آزمایشات بالینی انجام و از نتایج این آزمایشات برای تأیید و بهبود دقت فرمول جدید استفاده شده است[۱۰]. سرویس هواشناسی ملی[۱۱] (NWS) ایالات متحده از فرمول فوق که مبتنی بر فرمول سایپل-پاسل است، استفاده می‌کند. در تحقیق حاضر نیز از فرمول فوق (رابطهٔ ۳) استفاده و شاخص سوزباد بر پایهٔ ارقام میانگین روزانهٔ دما و سرعت باد در ایستگاه‌ها برای تمام روزهای دورهٔ آماری محاسبه شد. منتها از آنجا که برای رسیدنِ سوزباد به مرحلهٔ تأثیرگذاری، ضرورت دارد دمای هوا برابر یا کم‌تر از ۵۰ درجهٔ فارنهایت (۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و سرعت باد بیش‌تر از ۳ مایل در ساعت (٤/۸۲۸ کیلومتر در ساعت یا ۱/۳٤ متر در ثانیه) باشد[۱۲]، از اینرو تمام روزهایی در ایستگاه‌ها که در طول دورهٔ آماری حائز این دو شرط نبودند، از محاسبات کنار گذاشته شدند و بدین‌ترتیب عملاً روزهای دارای

10- https://www.weather.gov/ffc/wci
11- National Weather Service
12- https://www.ksla.com/2019/01/16/weather-or-not-what-is-wind-chill/

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

سوزباد، محدود به پنج ماه نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس شد. جدول (۱) طبقه‌بندی شدت سوزباد را از دیدگاه آسایش بر پایهٔ آستانه‌های رابطهٔ ۳ نشان می‌دهد.

جدول ۱- طبقه‌بندی شدت سوزباد بر پایهٔ آستانه‌های شاخص WCT (Hejazizadeh & Karbalaee, 2016: 234)

Table 1- Classification of wind chill intensity based on WCT index thresholds (Hejazizadeh & Karbalaee, 2016: 234)

ردیف	طبقه	توصیف	شرایط زیست‌اقلیمی
۱	بیش تر از ۱۰-	کم	افزایش اندک در ناراحتی
۲	۱۰- تا ۲۵-	ملایم، متوسط	ناراحت‌کننده، پوست آزاد احساس سرما می‌کند، خطر ابتلا به هیپوترمی بدون حفاظت کافی
۳	۲۵- تا ٤٥-	سرد	خطر یخ‌زدگی، بررسی صورت و اندام‌ها (مانند انگشتان پا، گوش) یا بی‌حسی یا سفیدی، خطر ابتلا به هیپوترمی
٤	٤٥- تا ٦٠-	خیلی سرد	سطح هشدار، پوست آزاد در چند دقیقه یخ می‌زند، خطر جدی هیپوترمی
٥	کم تر از ٦٠-	بی‌نهایت زیاد	سطح خطر، شرایط در فضای باز خطرناک است، پوست آزاد در دو دقیقه یخ می‌زند.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق به طور کلی به دو دستهٔ داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک برای محاسبهٔ شاخص سوزباد و داده‌های پایگاه NCEP/NCAR برای بررسی اثر پرفشار سیبری بر روی سوزباد تقسیم می‌شود. داده‌های مورد استفاده برای محاسبهٔ شاخص سوزباد شامل داده‌های روزانهٔ دما و سرعت باد در یک دورهٔ مشترک آماری ۳۰ ساله (۱۹۸٦-۲۰۱٦) در ۱۳ ایستگاه سینوپتیک منطقه (شکل ۱) است که از سازمان هواشناسی کشور اخذ شده است. با توجه به احداث ایستگاه‌های هواشناسی در سال‌های مختلف و نیاز به دورهٔ آماری یکسان، ایستگاه‌هایی که دارای آماری طولانی مدت و همگن بودند، انتخاب شدند.

همچنین برای بررسی ارتباط وقوع سوزباد با پرفشار سیبری، با توجه به اینکه تعداد سوزبادهای رخ‌داده در منطقه در دورهٔ مطالعاتی خیلی زیاد بود و امکان مطالعهٔ همه آن‌ها وجود نداشت، با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی از بین روزهای هر پنج ماهِ دارای سوزباد (نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس)، تعداد ۳۰ رخداد سوزباد انتخاب و تحلیل شد. برای هر رخدادِ منتخب چهار نقشه رسم شد: ۱) نقشهٔ میان‌یابی‌شدهٔ ارزش شاخص سوزباد (WCT) در ایستگاه‌ها که با نرم‌افزار ArcGIS و روش درونیابی IDW تهیه شده است؛ ۲) نقشهٔ تلفیقی فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال؛ ۳) نقشهٔ تلفیقی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۷۰۰ و ۹۲۵ و بردار باد تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال؛ و ٤) نقشهٔ وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال. نقشه‌های بندهای ۲ تا ٤ با استفاده از داده‌های جوی پایگاه NCEP/NCAR با نرم‌افزار GrADS رسم شدند.

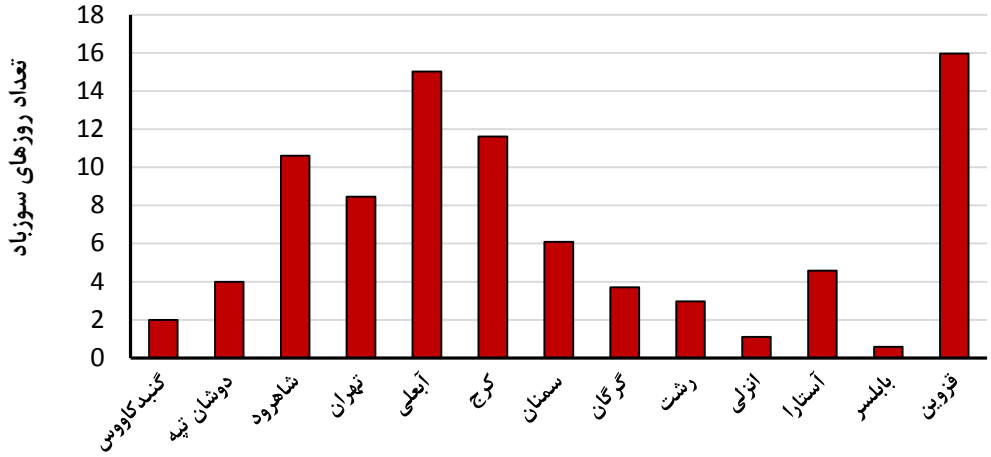
یافته‌ها و بحث

تغییرات زمانی و مکانی ماهانه و سالانهٔ رخداد سوزباد در منطقه

بررسی فراوانی سالانهٔ سوزباد (شکل ۲) نشان می‌دهد که به طور متوسط سالانه ۸٦ روز توأم با سوزباد در سطح منطقهٔ مورد مطالعه رخ داده است. به طور کلی بیش ترین میانگین سالانهٔ تعداد روزهای سوزباد در دورهٔ مطالعاتی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

مربوط به ایستگاه‌های قزوین، آبعلی و کرج به‌ترتیب با ۱٦، ۱۵ و ۱۱ روز و کم‌ترین آن متعلق به ایستگاه‌های بابلسر، بندر انزلی و گنبدکاووس بوده است.

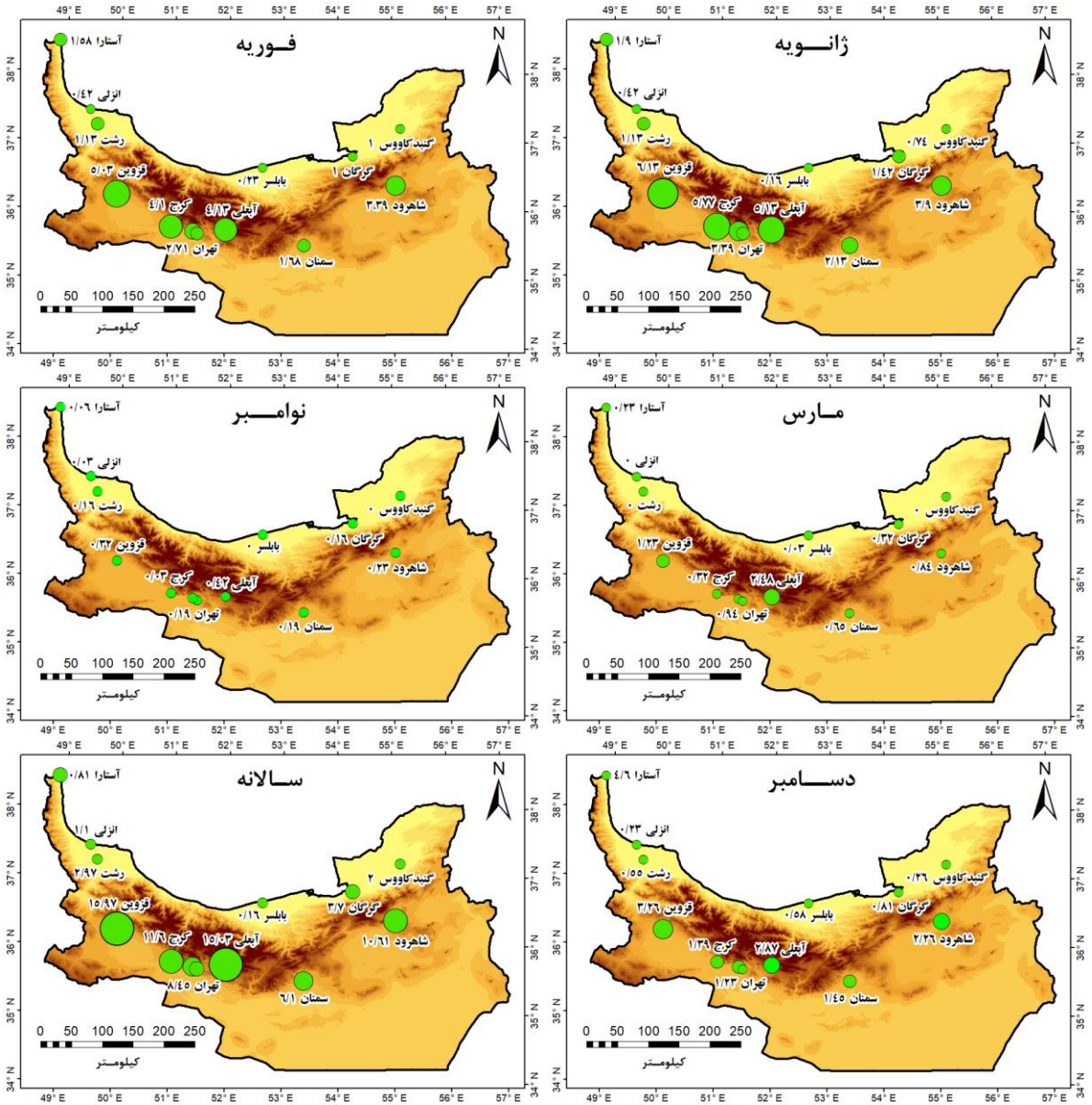


شکل ۲: فراوانی سالانهٔ روزهای توأم با سوزباد در ایستگاه‌های مجاور رشته‌کوه البرز (میانگین ۱۹۸٦-۲۰۱٦)

Figure 2: Annual frequency of days with wind chill in the stations near the Alborz mountain range (average of 1986-2016)

شکل (۳) نقشه‌های میانگین ماهانه و سالانهٔ تعداد روزهای توأم با سوزباد را در منطقه نشان می‌دهد. طبق این شکل، بیش‌ترین فراوانی رخداد سوزباد در منطقه، مربوط به ماه‌های ژانویه و فوریه با حداکثر ایستگاه‌های قزوین (٦/۱۳ روز در ژانویه، ۵/۰۳ روز در فوریه)، آبعلی (۵/۱۳ روز در ژانویه، ٤/۱۳ روز در فوریه) و سپس کرج و شاهرود در جنوب منطقهٔ مورد مطالعه است. این ایستگاه‌ها به لحاظ قرارگیری در ارتفاعات بالاتر و بادگیر بودن، شاهد رخداد سوزبادهای بیش‌تری است. در سایر ایستگاه‌های پستِ قسمت شمالی منطقه واقع در کرانه‌های دریای خزر، به دلیل قرارگیری در ارتفاع پایین‌تر و در نتیجه دارا بودن دمای بیش‌تر از یک سو و اثر تعدیلی آب دریا بر روی دماهای حداقل از سوی دیگر، سوزبادهای کم تری رخ می‌دهد، به نحوی که در اغلب ایستگاه‌های این قسمت، میانگین تعداد سوزبادها در این دو ماه (ژانویه و فوریه)، به ۰/۵ هم نمی‌رسد. در ماه‌های قبل و بعد از این دو ماه یعنی ماه‌های دسامبر و مارس، متعاقب افزایش نسبی دمای هوا و کاهش نفوذ سیستم‌های فشاری که موجب فراررفت هوای سرد و تولید باد می‌شوند، تعداد سوزبادها کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند. اما کماکان ایستگاه‌های آبعلی، قزوین و شاهرود به خاطر شرایط خاص ارتفاعی و توپوگرافی دارای بیش‌ترین تعداد سوزباد هستند. در ماه نوامبر، به سبب عملکرد ضعیف‌تر عوامل ایجادکنندهٔ سوزباد، تعداد سوزبادها کاهش زیادی پیدا می‌کند، تا جایی که در اغلب ایستگاه‌های واقع در کرانه‌های خزر تعداد آن به صفر می‌رسد. ایستگاه‌های مرتفع جنوب منطقه نیز در این ماه سوزباد قابل ملاحظه‌ای ندارند و تعداد آن‌ها عمدتاً کم‌تر از ۰/۲ روز است. فقط در ایستگاه آبعلی شاهد ۰/٤۲ روز سوزباد هستیم. در سایر ماه‌های سال به دلیل گرمای هوا سوزبادی رخ نمی‌دهد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

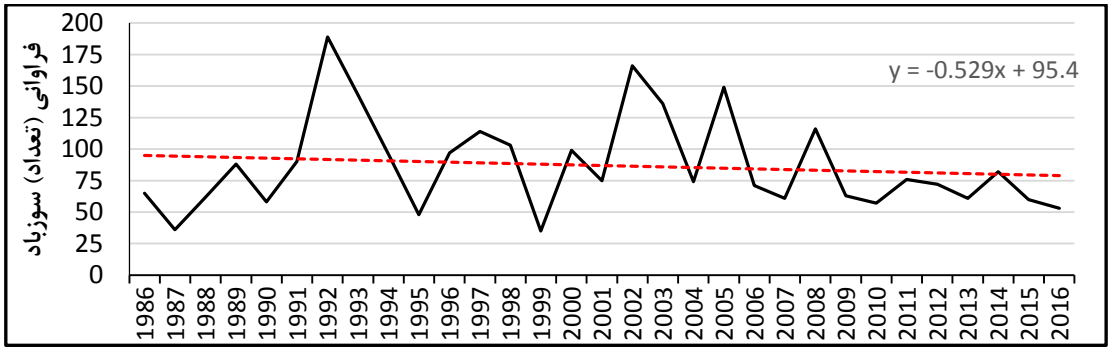


شکل ۳: میانگین ماهانه و سالانهٔ تعداد روزهای توأم با سوزباد در ایستگاه‌های مجاور رشته‌کوه البرز (۱۹۸۶-۲۰۱۶)

Figure 3: Monthly and annual average number of days with wind chill in stations near the Alborz mountain range (1986-2016)

شکل (٤) تغییرات سالانهٔ میانگین تعداد روزهای سوزباد را در ایستگاه‌های منطقه به همراه روند زمانی آن در دورهٔ ۳۱ ساله نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعداد روزهای سوزباد با شیب رگرسیونی ۰/۵۳ روز در سال کاهش می‌یابد. بیشینهٔ فراوانی سالانهٔ سوزباد مربوط به سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵ به‌ترتیب با ۱۸۹، ۱٦٦ و ۱٤۹ روز بوده است. ناهنجاری‌های منفی در سال‌های ابتدایی و انتهایی دورهٔ مورد بررسی به خوبی مشخص است. به طور کلی افزایش ناهنجاری‌های پیاپی منفی در سال‌های پایانی دورهٔ آماری موجب گرایش به روند منفی در سری زمانی شده است. بیش‌ترین ناهنجاری منفی مربوط به سال ۱۹۹۹ با ۳۵ روز بوده است.

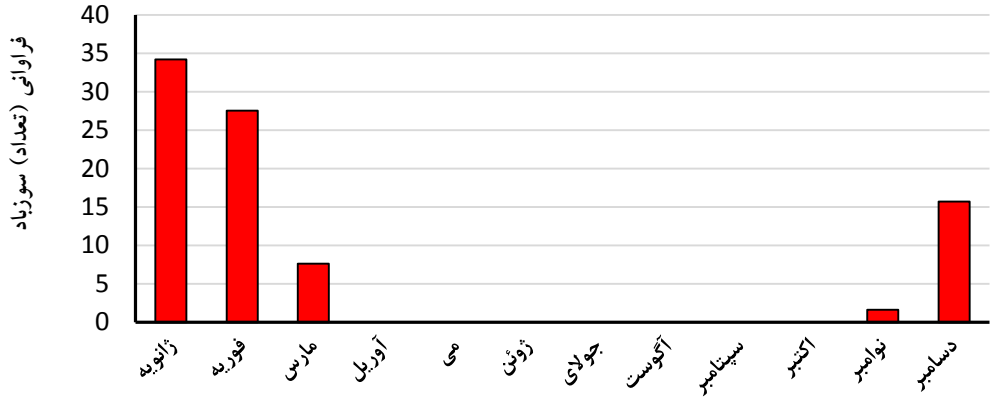
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025



شکل ٤: روند سالانهٔ تعداد روزهای سوزباد در ایستگاه‌های منطقه (۱۹۸٦-۲۰۱٦)

Figure 4: Annual trend of the number of wind chill days in the stations of the region (1986-2016)

فراوانی سوزبادهای ماهانه در ایستگاه‌های منطقه در نمودار شکل (۵) نشان داده شده است. بر اساس این شکل و مشابه وضعیت رخداد سوزباد به تفکیک ایستگاه‌ها در نقشه‌های شکل (۳)، بیش‌ترین تعداد سوزباد مربوط به ماه‌های ژانویه و فوریه به‌ترتیب با میانگین سالیانهٔ ۳٤ و ۲۷ روز (مجموع ۱۳ ایستگاه) در سال بوده است. طی ماه‌های آوریل تا اکتبر به دلیل گرمی هوا، هیچ سوزبادی در منطقه رخ نداده است.

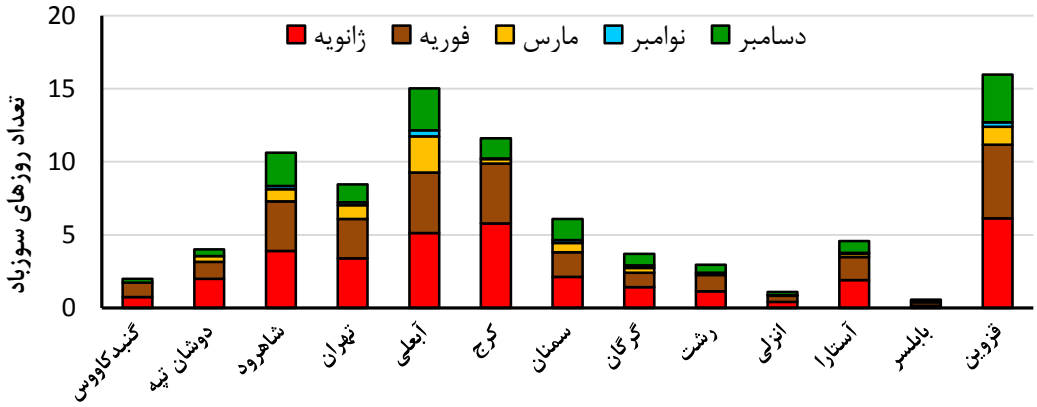


شکل ۵: میانگین ماهانهٔ تعداد روزهای سوزباد در منطقه (۱۹۸٦-۲۰۱٦)

Figure 5: Monthly average number of wind chill days in the region (1986-2016)

بررسی فراوانی هر کدام از ایستگاه‌ها در ماه‌های سال (شکل ٦) نیز مشخص کرد که ایستگاه‌های مناطق مرتفع تعداد سوزباد بیش‌تری دارند. در اکثر ایستگاه‌ها بیش‌ترین تعداد سوزباد متعلق به ماه ژانویه و سپس فوریه، و کم‌ترین آن نیز به ترتیب متعلق به ماه‌های نوامبر و مارس است. اما بیش‌ترین فراوانی رخداد سوزباد در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر مربوط به ایستگاه قزوین، و در ماه‌های مارس و نوامبر مربوط به ایستگاه آبعلی بوده است. سهم ماه‌های ژانویه و فوریه از تعداد سوزبادهای سالانه در همهٔ ایستگاه‌ها چشمگیر است. در ایستگاه‌های واقع در کنارهٔ دریای خزر مانند گنبد کاووس و بابلسر سهم ماه فوریه از سوزبادهای سالانه بیش تر از ماه ژانویه است و این به خاطر تأخیر در رخداد دماهای پایین به علت گرمای ویژهٔ بالای آب است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

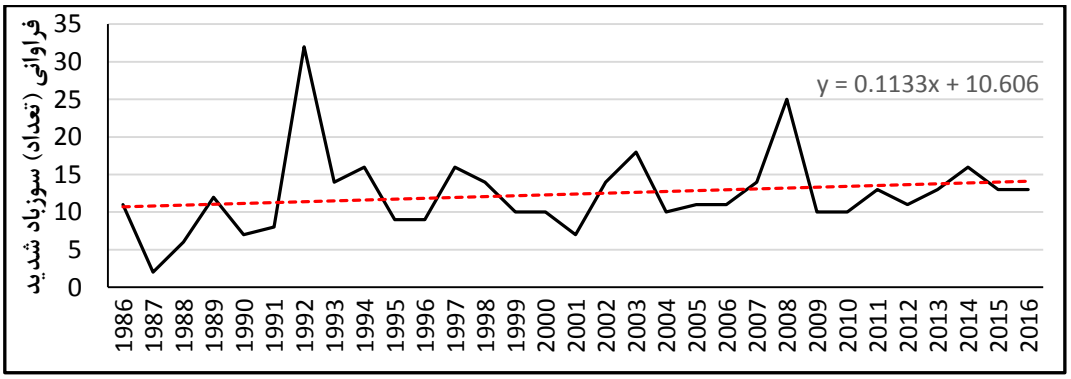


شکل ٦: میانگین ماهانهٔ تعداد روزهای سوزباد در ایستگاه‌های منطقه (١٩٨٦-٢٠١٦)

Figure 6: Monthly average number of wind chill days in the stations of the region (1986-2016)

بررسی سوزبادهای شدیدتر (کم‌تر از ۱۰-)

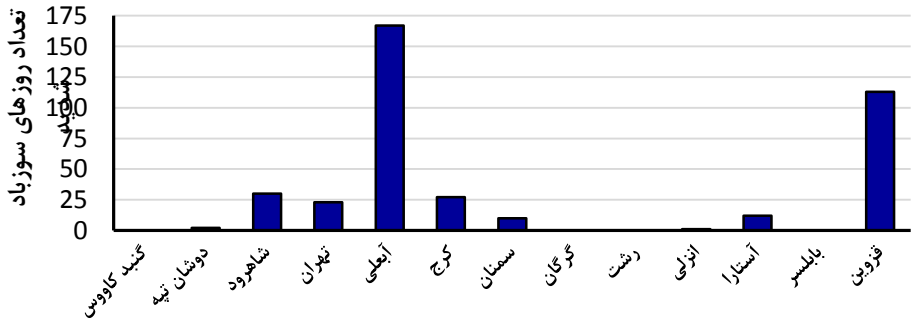
با توجه به طبقه‌بندی جدول (۱)، ارزش شاخص سوزباد کم تر از ۱۰- شامل چهار طبقه (متوسط، سرد، خیلی سرد و بی‌نهایت سرد) می‌شود. در ایستگاه‌های منطقه در مواردی مقدار شاخص بین ۱۰- تا ۲۵- بوده است که در طبقهٔ دوم (متوسط) قرار می‌گیرد. اما در هیچ روزی از دورهٔ مورد بررسی، مقدار شاخص کم‌تر از ۲۵- (یعنی طبقات سرد، خیلی سرد و بی‌نهایت سرد) مشاهده نشده است. تعداد سوزبادهای کم‌تر از ۱۰- در طی دورهٔ آماری با شیب رگرسیونی ۰/۱۱ روز در سال روند افزایشی دارد که خلاف روند کاهشی مجموع سوزبادها در شکل (٤) است. این امر می‌تواند به دلیل افزایش روند رخداد دماهای حدی پایین در سال‌های اخیر باشد. بیشینهٔ رخداد در منطقه مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۸ و کمینهٔ آن مربوط به سال ۱۹۸۷ بوده است (شکل ۷). بیش‌ترین فراوانی رخداد سوزبادهای شدیدتر (کم‌تر از ۱۰-) در طی دورهٔ مطالعاتی مربوط ایستگاه‌های آبعلی و قزوین بوده است (شکل ۸). لازم به ذکر است که برای بررسی سوزبادهای کم‌تر از ۱۰-، از مجموع تعداد آن‌ها در طی ۳۱ سال استفاده شده است.



شکل ۷: روند سالانهٔ تعداد روزهای سوزباد کم‌تر از ۱۰- در ایستگاه‌های منطقه

Figure 7: Annual trend of the number of wind chill days less than -10 in the stations of the region

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025



شکل ۸: مجموع تعداد روزهای سوزباد شدیدتر (کم تر از ۱۰-) در ایستگاهای منطقه در دورهٔ مطالعاتی

Figure 8: The total number of days of stronger wind chill (less than -10) in the stations of the region during the study period

بررسی ارتباط سوزباد با پرفشار سیبری

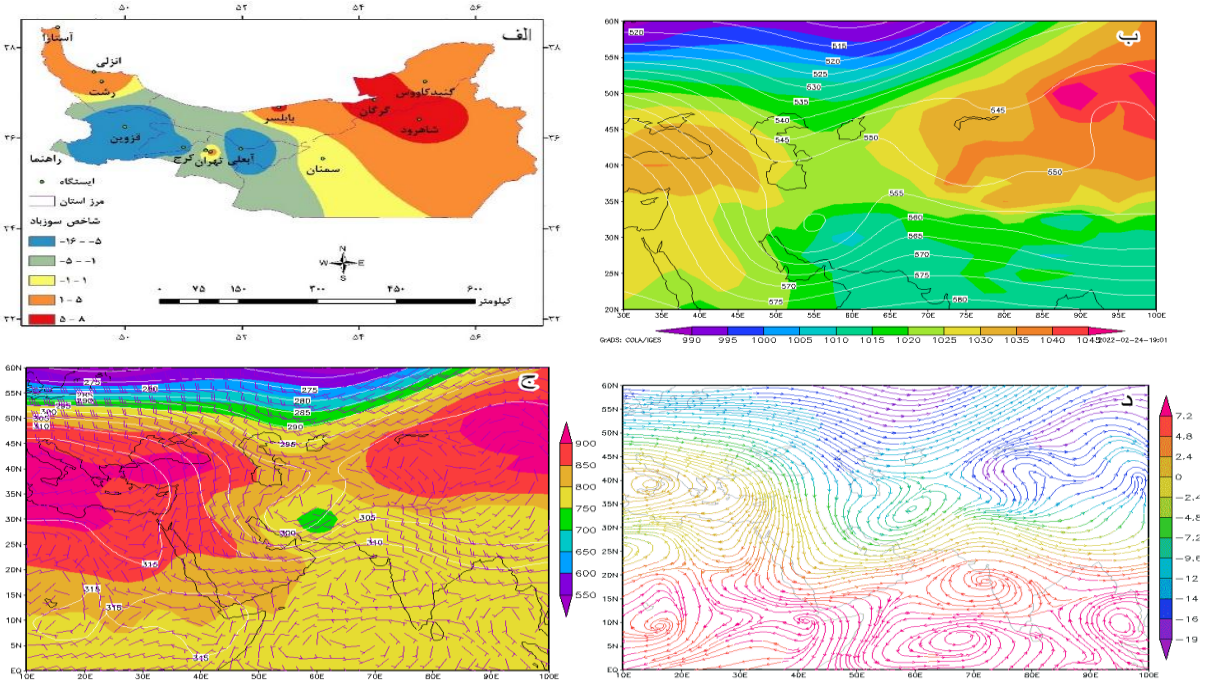
همان‌گونه که گفته شد، برای بررسی اثر پرفشار سیبری بر وقوع سوزباد در منطقه، تعداد ۳۰ رخداد نمونه به صورت تصادفی انتخاب و وضعیت سیستم‌های فشار و باد در روزهای وقوع در نقشه‌های سطح زمین و ترازهای بالا با هم مقایسه و تحلیل شد. بر پایهٔ تشابهات الگوهای فشار، رخدادهای سوزباد منتخب به چهار گروه یا الگوی کلی تقسیم و در شکل‌های ۹ تا ۱۲ آورده شدند. در تحلیلِ مذکور به پنج عامل مهم توجه شد که تقریباً در بیش تر رخدادها ترکیبی از این عوامل سبب وقوع سوزباد شده بودند. این پنج عامل عبارتند از: ۱) تشکیل ناوه در حوالی مناطقی که سوزباد در آنجا رخ داده است، با توجه به نقشه‌های تراز بالا و در برخی موارد شکل‌گیری سردچال‌ها، ۲) گسترش زبانه‌های پرفشار از سمت سیبری، و ۳) گسترش زبانهٔ پرفشار از آناتولی و دریای سیاه، ٤) مسیر وزش باد، و ۵) وزش دمایی. به منظور ارائهٔ تحلیل جزیی‌تر از نحوهٔ تأثیرگذاری متغیرهای جو بالا بر رخداد پدیده، یک نمونهٔ رخداد سوزباد برای هر الگو انتخاب شد و مورد تحلیل سینوپتیکی قرار گرفت.

الگوی اول

در این الگو که بالاترین فراوانی را در بین سوزبادهای مورد بررسی داراست، سه عامل تشکیل ناوه، گسترش زبانه‌های پرفشار سیبری و گسترش زبانه‌های پرفشار از سمت آناتولی به همراه مسیرهای مناسب وزش باد در شکل‌گیری سوزبادها در منطقه نقش داشته‌اند. محل قرارگیری کم‌ارتفاع متفاوت است، ولی در بیش‌تر موارد تشکیل سردچال در شمال دریای خزر عامل مهم در گسیل هوای سرد و شکل‌گیری سوزباد بوده است. نمایندهٔ منتخب این الگو، سوزباد تاریخ ۱۳۷۱/۱۰/۲٤ است (شکل ۹). در این روز یک جریان کم‌ارتفاع بر روی ایران مرکزی بسته شده است. نحوهٔ آرایش خطوط کنتوری منجر به ورود هوای سرد عرض‌های شمالی و اروپای شمالی و شرقی به سمت کشور شده است (شکل ۹، ب). همچنین تشکیل پرفشار بر روی دریای سیاه و آناتولی و ادغام آن با پرفشار قوی ایجادشده بر روی سیبری با فشار مرکزی ۱۰۵۰ هکتوپاسکال به ایجاد دماهای پایین کمک کرده و باعث شده است که یکی از شدیدترین سوزبادهای مورد بررسی به میزان ۱٦- در منطقه رخ دهد (شکل ۹، الف). الگوی سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز مؤید این موضوع است که وجود کم‌ارتفاع بر روی کشور و قرارگیری منطقه در عقب آن باعث ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا به منطقه شده است (شکل ۹، ج). نحوهٔ آرایش بردار باد در این تراز نیز

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

نشان‌دهندهٔ وجود چرخند با حرکت پادساعت‌گرد بر روی کشور و جهت باد شمالی و شمال‌غربی در منطقه است. نقشهٔ وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال هم حاکی از وجود واچرخند بر روی اروپا و دریای مدیترانه است (شکل ۹، د). این واچرخند با ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی به ناوهٔ مستقر بر روی ایران سبب شکل‌گیری چرخند و هم‌گرایی بر روی کشور شده است. در این تاریخ ایستگاه‌های کرج، قزوین و آبعلی سوزباد داشتند. در مجموع در روزهای این الگو، ناوه‌هایی بر روی ایران مرکزی، عراق، سوریه و در برخی موارد بر روی عربستان تشکیل شده و منطقه در عقب ناوه قرار گرفته است. در این موارد معمولاً در بخش جنوبی البرز به خصوص در ایستگاه‌های قزوین و آبعلی سوزباد رخ داده است. در مواردی نیز، علاوه بر ناوه‌های شکل‌گرفته بر روی خراسان و افغانستان، گسترش پرفشار سیبری با رخداد سوزباد در ایستگاه‌های سمنان و شاهرود و گسترش پرفشار بر روی ترکمنستان و حوالی دریاچهٔ آرال با رخداد سوزباد در مناطق شمال‌شرقی همزمان بوده است. همچنین در مواقعی، نفوذ پرفشار از سمت مدیترانه و دریای سیاه باعث وقوع سوزباد در قسمت‌های شمال‌شرقی شده است.



شکل ۹: الف- الگوی مکانی شاخص سوزباد، ب- همدید تلفیقی فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ج- همدید تلفیقی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۷۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال و بردار باد تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، د- وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۳۷۱/۱۰/۲٤

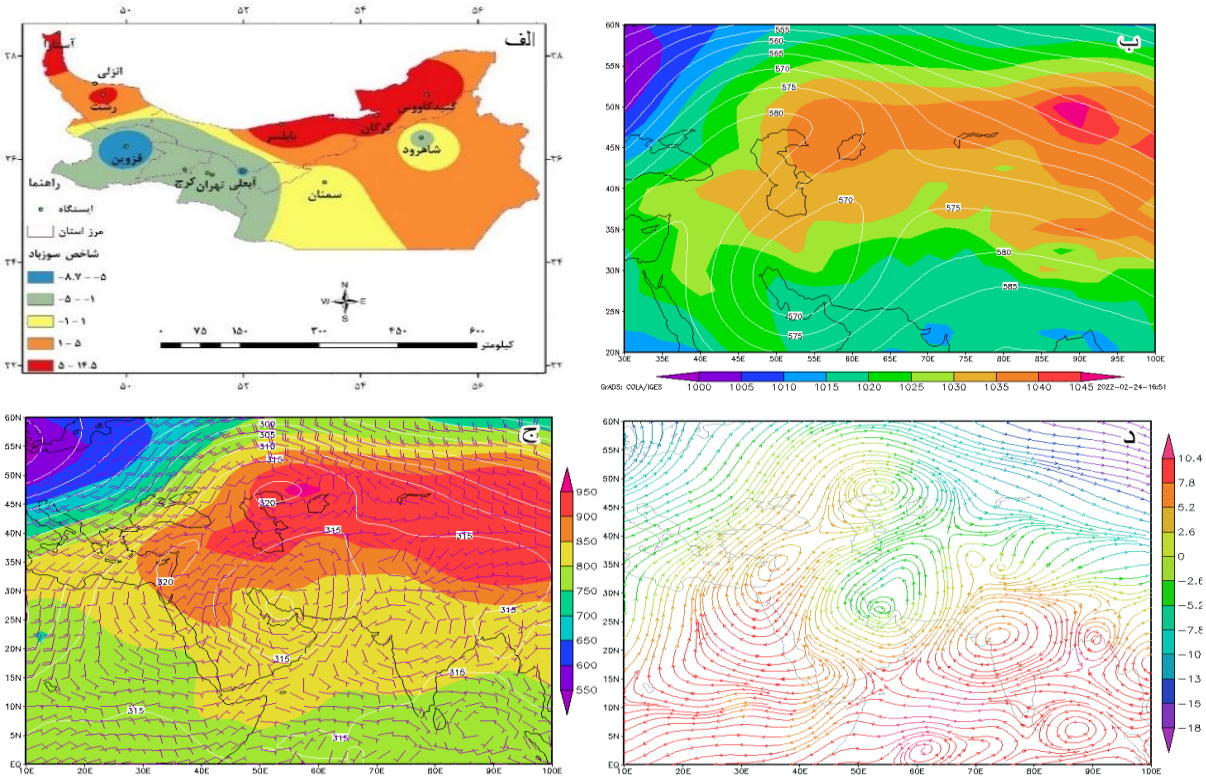
Figure 9: A- Spatial pattern of wind chill index, B- Combined synoptic pattern of sea surface pressure and 500 hPa geopotential height, C- Combined synoptic pattern of 700 and 925 hPa geopotential height and 700 hPa wind vector, D- 700 hPa temperature advection on January 14, 1993

الگوی دوم

در الگوی دوم که بیش‌ترین فراوانی را بعد از الگوی اول دارد، تشکیل ناوه در منطقه و همچنین پرفشار سیبری در شکل‌گیری سوزباد تأثیر داشته است و بر خلاف الگوی اول، نفوذ پرفشار سطحی از سمت آناتولی و دریای سیاه

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

دیده نمی‌شود. در روز نمایندهٔ این الگو (تاریخ ۱۳۸۷/۰۹/۱۵، شکل ۱۰) بر روی منطقهٔ مورد مطالعه جریان‌های شمال‌شرقی حاکم است. در تراز میانی جو بندال امگا با حاکمیت پشتهٔ پرفشار از شمال‌غربی خزر تا آفریقا، اروپا و شبه‌جزیرهٔ عربستان سبب انتقال هوای گرم و خشک به این ناحیه شده است. در بازوی شرقی بندال که ایران را پوشش می‌دهد، یک کم‌ارتفاع بریده از فرود بلند تاوهٔ قطبی با مرکزیت ۵۷۰ هکتوپاسکال بر روی منطقهٔ مورد بررسی استقرار دارد که با گردش پادساعتگرد هوای سرد عرض‌های بالا را به منطقه انتقال می‌دهد. همچنین شکل‌گیری یک مرکز پرفشار قوی بر روی سیبری و گسترش زبانه‌های آن تا ایران در شکل‌گیری رخداد سوزباد در منطقه تأثیر داشته است (شکل ۱۰، ب). در سطح ۹۲۵ هکتوپاسکال، مرکز پرارتفاع بر روی شمال خزر و سیبری واقع گردیده و تا ایران گسترش یافته است. بردارهای باد در منطقه نیز یک واچرخند را بر روی منطقه نشان می‌دهند که نشان‌دهندهٔ وزش بادهای شمال‌شرقی در منطقه است (شکل ۱۰، ج). نقشهٔ وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز ریزش هوای سرد از جانب شمال‌شرق کشور را بر روی منطقه نشان می‌دهد (شکل ۱۰، د). مطابق با این شکل، واچرخند مستقر در شمال‌غرب خزر، اروپا و آفریقا با ریزش هوای سرد به پشت سردچال مستقر بر روی منطقه سبب ثبت دماهای بسیار پایین در منطقه شده است.



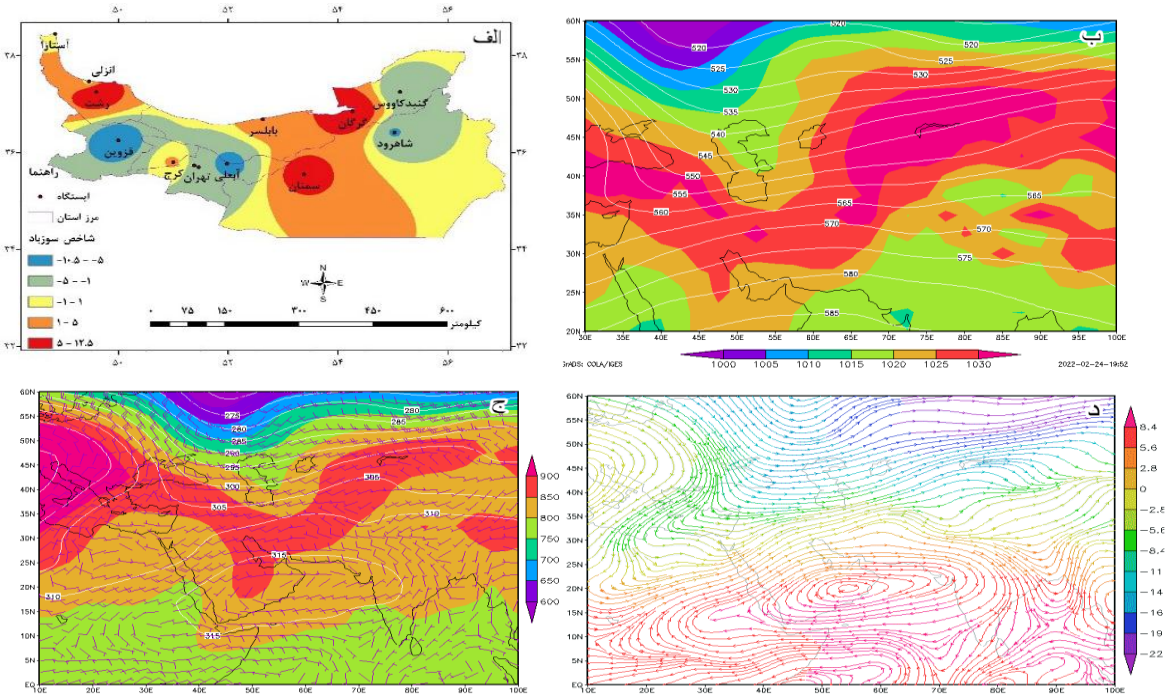
شکل ۱۰: الف- الگوی مکانی شاخص سوزباد، ب- همدید تلفیقی فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ج- همدید تلفیقی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۷۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال و بردار باد تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، د- وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۳۸۷/۰۹/۱۵

Figure 10: A- Spatial pattern of wind chill index, B- Combined synoptic pattern of sea surface pressure and 500 hPa geopotential height, C- Combined synoptic pattern of 700 and 925 hPa geopotential height and 700 hPa wind vector, D- 700 hPa temperature advection on December 5, 2008

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

الگوی سوم

الگوی سوم زمانی است که تنها عامل رخداد سوزباد در منطقه، پرفشار سیبری است. در روز نمایندهٔ این الگو (تاریخ ۱۳٦۷/۱۰/۹، شکل ۱۱) پرفشار قوی و گستردهٔ سیبری باعث وقوع سوزباد در برخی از مناطق شده است. در این تاریخ، فشار در جنوب البرز بین ۱۰۲۵ تا ۱۰۳۵ هکتوپاسکال است و در ایستگاه‌های آبعلی، قزوین، شاهرود، تهران، دوشان‌تپه و گنبدکاووس سوزباد رخ داده است. تا حدی که مقدار شاخص در قزوین به ۱۰/۵- رسیده است (شکل ۱۱، الف). کم‌ارتفاع تراز میانی جو تا جنوب دریای خزر گسترش یافته، اما پشتهٔ پرارتفاع بر روی شبه جزیره عربستان و دریای عرب تا نواحی شمالی کشور کشیده شده است (شکل ۱۱، ب). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال مرکز این کم‌ارتفاع در شمال دریای خزر دیده می‌شود. واچرخند عربستان با انتقال هوای گرم و مرطوب تا یک‌دوم نیمهٔ جنوبی کشور شده است؛ اما در مناطق شمالی‌تر و منطقهٔ مورد بررسی جهت باد، غربی شده است. تزریق هوای گرم و مرطوب از ناحیهٔ واچرخند موجود بر روی عربستان و همچنین تزریق هوای سرد از طریق چرخند موجود بر روی اروپا باعث تقویت همگرایی بر روی دریای سرخ شده است (شکل ۱۱، ج). این مورد در نقشهٔ وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز به خوبی دیده می‌شود که از حاکی از فرارفت هوای گرم و مرطوب جنوبی به منطقه است (شکل ۱۱، د). بدین‌ترتیب گسترش پرفشار حرارتی سیبری در سطح منطقه باعث ثبت دماهای بسیار پایین در منطقه شده است.



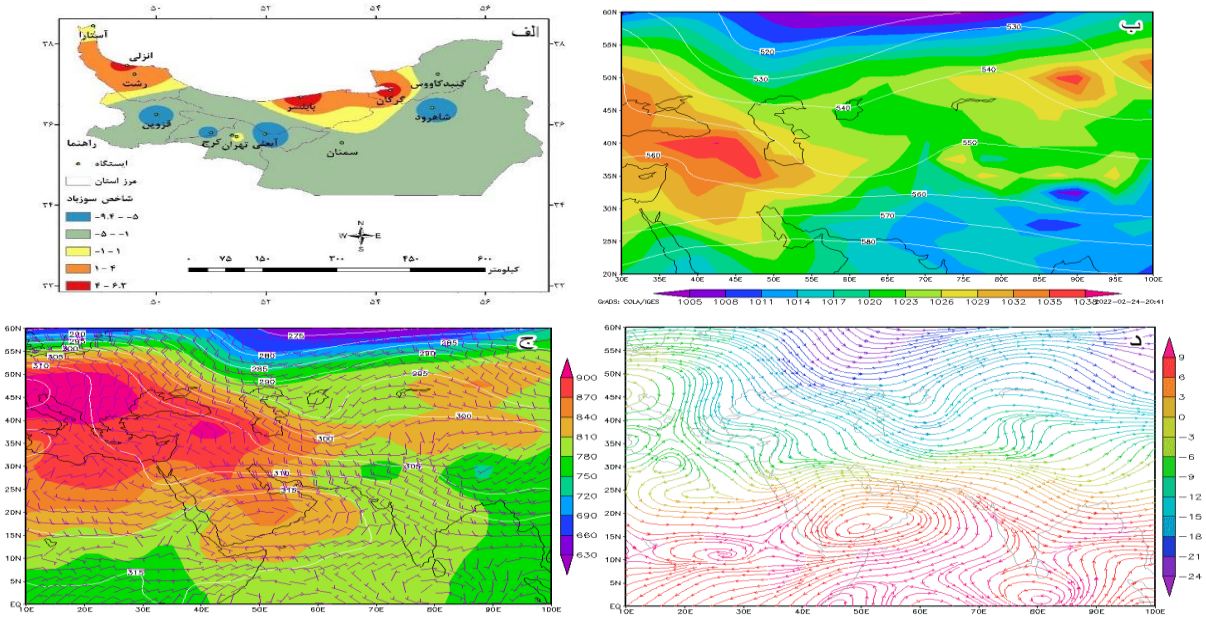
شکل ۱۱: الف- الگوی مکانی شاخص سوزباد، ب- همدید تلفیقی فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ج- همدید تلفیقی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۷۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال و بردار باد تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، د- وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۳٦۷/۱۰/۰۹

Figure 11: A- Spatial pattern of wind chill index, B- Combined synoptic pattern of sea surface pressure and 500 hPa geopotential height, C- Combined synoptic pattern of 700 and 925 hPa geopotential height and 700 hPa wind vector, D- 700 hPa temperature advection on December 30, 1988

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

الگوی چهارم

در الگوی چهارم (تاریخ ۱۳۷۵/۱۱/۱۹، شکل ۱۲) شکل‌گیری یک ناوه همراه با ادغام دو سیستم پرفشار، یکی در شرق کشور که هستهٔ آن بر روی چین قرار دارد و دیگری بر روی کشورهای غربی، سبب رخداد سوزباد در منطقه شده است. در همهٔ ایستگاه‌های جنوب رشته‌کوه البرز به‌اضافهٔ ایستگاه گنبدکاووس سوزباد رخ داده است. نفوذ پرفشار از سمت مدیترانه و دریای سیاه باعث وقوع سوزباد در ایستگاه‌های غربی و ایجاد ناوه‌ای در شرق ایران باعث ناپایداری در مناطق شرقی مورد مطالعه شده است. با این که شدت سوزباد به حد شدید (کم‌تر از ۱۰-) نرسیده است، اما اکثر ایستگاه‌ها سوزباد را تجربه کرده‌اند (شکل ۱۲، الف و ب). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز شرایط مشابهی دیده می‌شود. در این تراز مرکز واچرخند عربستان و دریای عرب به سمت غرب جابه‌جا شده است. آرایش بادها در سراسر کشور غربی و جنوب‌غربی است. در این تراز نیز مرکز کم‌ارتفاع تا جنوب کشور گسترش یافته و باعث شمال‌غربی‌شدن بادها شده که هوای سرد عرض‌های بالا را به منطقه گسیل می‌دارد. در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال نیز مرکز پرارتفاع بستهٔ فشار سطح زمین در منطقهٔ آناتولی دیده می‌شود که پربندهای آن تمام کشور را در بر می‌گیرد و علاوه بر افزایش گرادیان حرارتی، با حرکت واچرخندی موجب افزایش گرما و رطوبت بر روی نواحی جنوبی کشور می‌شود (شکل ۱۲، ج). اما نقشهٔ وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز همانند بردار باد سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال، حاکی از شمال‌سو و شمال‌غرب‌سو بودن جریانات است که پیامد آن پایین‌آمدن درجهٔ حرارات در سطح منطقه است (شکل ۱۲، د).



شکل ۱۲: الف- الگوی مکانی شاخص سوزباد، ب- همدید تلفیقی فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ج- همدید تلفیقی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۷۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال و بردار باد تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، د- وزش دمایی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۳۷۵/۱۱/۱۹

Figure 12: A- Spatial pattern of wind chill index, B- Combined synoptic pattern of sea surface pressure and 500 hPa geopotential height, C- Combined synoptic pattern of 700 and 925 hPa geopotential height and 700 hPa wind vector, D- 700 hPa temperature advection on February 7, 1997

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

نتیجه‌گیری

در این پژوهش رخداد سوزباد و ارتباط آن با پرفشار سیبری در استان‌های مجاور رشته کوه البرز در یک دورهٔ ۳۱ ساله بررسی شده است. به طور متوسط سالانه در سطح منطقه ۸٦ روز توأم با سوزباد که عمدتاً با فصل زمستان به‌ویژه ماه‌های ژانویه و فوریه مطابقت دارد، مشاهده می‌شود که بیش‌ترین آن‌ها در نواحی مرتفع جنوب و کم‌ترین آن‌ها در نواحی پست شمالی واقع در کرانه‌های دریای خزر رخ داده است. از نظر تمرکز فصلی، نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق Rasouli & Azizzadeh (2006: 30) در شمال‌غرب کشور و تحقیق Heydari & Saeedabadi (2008: 93) در منطقهٔ غرب و شمال‌غرب کشور مطابقت دارد. تعداد روزهای سوزباد در دورهٔ آماری روند کاهشی داشته است که به احتمال زیاد منعکس‌کنندهٔ اثرات گرمایش جهانی است. اما افزایش تعداد روزهای سوزباد شدید می‌تواند حکایت از افزایش روند رخداد دماهای حدی پایین در سال‌های اخیر داشته باشد. ناهنجاری‌های پیاپی منفی در سال‌های پایانی دورهٔ آماری کاملاً مشهود است.

با بررسی ٤ الگوی همدیدی سوزباد در این تحقیق مشخص شد که در ایجاد سوزبادهای منطقهٔ البرز فشار سطح دریا با منشاء سیبری و یا دریای سیاه و آناتولی تأثیرگذار بوده است. اما صرف استقرار پرفشار بر روی منطقه، به تنهایی عامل ایجاد سوزباد نبوده، بلکه گسترش زبانه‌های فشار از سمت دریای مدیترانه و دریای سیاه، تشکیل ناوه‌ها در منطقه یا اطراف آن که باعث ریزش هوای سرد شده و وزش بادهای شمالی و شمال‌غربی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز علی‌رغم فرارفت دمایی از جانب جنوب، در رخداد سوزبادها مؤثر بوده‌اند. عوامل محلی مانند تفاوت دمای مناطق ساحلی و غیرساحلی و ارتفاع نقش تشدید یا تضعیف‌کننده را بازی کرده‌اند. به رغم تلقی اولیه مبنی بر اثرگذاری بیش‌تر پرفشار سیبری، معلوم شد که از بین ۳۰ رخداد مورد بررسی، پرفشار سیبری تنها در ٤ رخداد به تنهایی عامل ایجاد سوزباد بوده است. در برخی موارد، حاکمیت همزمان پرفشار سیبری با تشکیل یک ناوه، و در برخی موارد دیگر حاکمیت همزمان مراکز فشار سیبری و آناتولی باعث رخداد سوزباد شده است. مهم‌ترین عامل در رخداد سوزبادها همان گسترش کم‌ارتفاع بر روی منطقه بوده که با حرکت چرخندی سبب گسیل هوای سرد عرض‌های بالا به منطقه شده است. الگوهای دیگر مؤثر در ایجاد سوزباد مانند الگوی بندالی، که Azizi et al., (2012: 49) در شمال‌غرب ایران مطالعه کرده‌اند، در این تحقیق مشاهده نشد. برای مقایسهٔ شرایط همدید در روزهای دارای سوزباد و بدون سوزباد، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی در همهٔ ماه‌های دورهٔ آماری که سوزباد رخ داده است، روزهای بدون سوزباد نیز استخراج و الگوی آن با الگوهای روزهای دارای سوزباد همان ماه‌ها مقایسه شود.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

References

- Ahmad, T., Rashid, T., Khawaja, H., Moatamedi, M., (2016), "Study of wind chill factor using infrared imaging", ***International Journal of Multiphysics***, 10 (3): 325-341.
- Azizi, Gh., Mohammadi, H., Roosta, I., Davodi, M., (2012), "Synoptic analysis of chill winds in the West and Northwest of Iran During 1980-2005", ***Geographical Space***, 39: 37-58. [In Persian].
- Cony, M. A., Hernández, E., Del Teso, T., (2008), "Influence of synoptic scale in the generation of extreme cold days in Europe", ***Atmósfera***, 21(4): 389-401.
- Cauchy, E., Davis, C. B., Pasquier, M., Meyer, E. F., Hackett, P. H., (2016), "A new proposal for management of severe frostbite in the austere environment", ***Wilderness & Environment Medicine***, 27 (1): 92-99.
- Dargahian, F., Mirzaei, H., (2006), "Wind chill index as a climate index effective on human comfort", ***Nivar***, 31 (60-61): 19-30. [In Persian].
- Dargahian, F., Poodineh, M., Doustkamian, M., (2021), "Analysis of winter temperature at the time of the rule of siberian high-pressure situation in Iran", ***Geographical Space***, 21 (76): 99-118. [In Persian].
- Darvishi, A., (2015), "Assessment of climatic discomfort based on the wind chill index (Case study of Qaimshahr, Pol Sefid and Alasht)", M. Sc., Thesis Faculty of Humanities and Social Sciences, Mazandaran University. [In Persian].
- Feng, S., Gong, D., Zhang, Z., He, X., Guo, D., Lei, Y., (2009), "Wind-chill temperature changes in winter over china during the last 50 years", ***Acta Geographica Sinica***, 64 (9): 1071-1082.
- Fudge, J. R., Bennett, B. L., Simanis, J. P., Roberts, W. O., (2015), "Medical evaluation for exposure extremes: cold", ***Wilderness & Environment Medicine***, 26 (4): 63-68.
- Ghasemi, A. R., Eslamian, S. S., Nazem-ol-Sadat, S. M. J., (2007), "The effect of wind chilling on the level of human comfort in different regions of Iran", ***Isfahan University Research Magazine***, 1 (1): 13-26. [In Persian].
- Hejazizadeh, Z., Karbalaee Doree, A., (2016), "***An introduction to thermal comfort climate and its indicators***", Tehran, Geographical society of Iran pub. [In Persian].
- Heydari, H., Saeedabadi, R., (2008), "Regionalization of windchill in northwest and west of Iran", ***Geographical Research Quarterly***, 40 (1): 93-107. [In Persian].
- Keimig, F. T., Bradley, R. S., (2002), "Recent changes in wind chill temperatures at high latitudes in north America", ***Geophysical Research Letters***, 29 (8): 1-12.
- Kokotis, P., Katsavos, S., (2015), "Effects of wind chill factor, temperature and other meteorological parameters on the incidence of bell's palsy: results based on a retrospective, 7-year long, greek population study", ***Neuro-epidemiology***, 45 (1): 44-49.
- Lashkari, H., Yarmoradi, Z., (2014), "The synoptic analysis of siberian high pressure situation and its paths of entrance into iran during cold season", ***Physical Geography Research Quarterly***, 46 (2): 199-218. [In Persian].
- Lin, L., Luo, M., Chan, T., Ge, E., Liu, X., Zhao, Y., Liao, W., (2019), "Effects of urbanization on winter wind chill conditions over China", ***Science of the Total Environment***, 688: 389–397.
- Liu, Z., Zhao, X., Jin, Y., Jin, H., Xu, X., (2019), "Prediction of Outdoor human thermal sensation at the pedestrian level in high-rise residential areas in severe cold regions of China", ***Energy Procedia***, 157: 51-58.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 13:36 IRST on Friday November 28th 2025

- Ma, Y., Mao, R., Feng, S., Gong, D., Kim, S., (2016), "Does the recent warming hiatus exist over Northern Asia for winter wind chill temperature?", ***International Journal of Climatology***, 37 (7): 3138–3144.
- Osczevski, R. J., (1995), "The basis of wind chill", ***Arctic***, 48 (4): 372-382.
- Osczevski, R., Bluestein, M., (2005)", The New wind chill equivalent temperature chart", ***Bulletin of the American Meteorological Society***, 86 (10): 1453-1458.
- Ranjbar, S., Kamali, Gh., Ataei, H., Gandomkar, A., (2016), "Determination of wind chill index based on the climatic data in Iran", ***Journal of Physical Geography***, 9 (3): 67-81. [In Persian].
- Rasouli A. A., Azizzadeh, M. R., (2006), "Spatial modelling of wind chill phenomenon in the north west of Iran", ***Geographical Research***, 21 (1): 30-50. [In Persian].
- Shariatmadari, S. H., Arvin, A., Ataei, H., (2016), "Evaluation of the occurrence of wind chill bio-climatic phenomenon in lorestan province", 3rd International Conference on Modern Researches in Agricultural Science and Environment, Singapore, pp 224-246.
- Smith, J., (2006), "***The facts on file dictionary of weather and climate***", Facts on file inc: New York.
- Takaya, K., Nakamura, H., (2005), "Mechanisms of intraseasonal amplification of the cold siberian high", ***Journal of the Atmospheric Sciences***, 62 (12): 4423-4440.
- Toros, H., Deniz, A., Şaylan, S., Sen, O., Baloğlu, M., (2005), "Spatial variability of chilling temperature in turkey and its effect on human comfort", ***Meteorology and Atmospheric Physics***, 88 (1): 107-118.
- Yan, Y. Y., Oliver, J. E., (1996), "The clo: A utilitarian unit to measure weather/climate comfort", ***International Journal of Climatology***, 16: 1045-1056.