نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره۱، بهار ۱۳۹۸
صفحات ۱۳۹تا ۱۵۶

الگوهای اصلی سینوپتیکی حاکم بر یخبندان‌های بهاره در استان کرمانشاه

علی حسن‌زاده، گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
هوشمند عطایی،[1] گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
نادر پروین: گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور ایران
امیر گندمکار، مرکز تحقیقات گردشگری، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

دریافت مقاله : ۱۳۹۷/۰۳/۰۷ پذیرش نهایی:۱۳۹۷/۱۰/۲۲

چکیده

در اثر سرمای دیررس بهاره خسارت‌های زیادی به محصولات کشاورزی وارد می‌شود. از آنجایی‌که دماهای پایین اثرات مخربی بر روی تولیدات کشاورزی دارند، بررسی آن‌ها برای پیش‌بینی و جلوگیری از خسارات احتمالی بسیار ضروری است. اغلب تغییرات دمای جو به علت عبور سیستم‌های هوا بسیار ناگهانی است و گیاهان نمی‌توانند خود را با این نوسان‌های شدید سازگار کنند و در نتیجه آسیب می‌بینند. هدف از این تحقیق، تحلیل آماری – همدید یخبندان‌های بهاره استان کرمانشاه، شناسایی الگوهای همدید ۵۰۰ هکتوپاسکال، وقوع یخبندان‌های دیررس بهاره طی دوره آماری۱۹۹۰تا ۲۰۱۵ به منظور تعیین زمان‌های رخداد پدیده یخبندان، دمای حداقل روزانه ۷ ایستگاه کرمانشاه، همدان و ایلام است. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای یخبندان بهاره استان کرمانشاه با استفاده از تکنیک تحلیل مولفه‌های اصلی و روش خوشه بندی سلسله مراتبی وارد، ۱۰ الگوی همدید حاکم بر سرماهای دیررس بهاره منطقه مورد مطالعه شناسایی و تعیین گردید. این الگوهای فشار براساس مکان استقرار آن‌ها نامگذاری شدند. الگوی اصلی سینوپتیکی حاکم در یخبندان‌های مورد بررسی، شکل‌گیری کم فشارها و ناوه‌های‌حاصل از آن‌ها نقش مهمی در یخبندان‌های بهاره منطقه داشته، سردچال‌ها، فرود و فراز موج کوتاه حاکم که حرکات نزولی و صعودی این سامانه‌های همدید باعث هدایت توده هوای سرد و نسبتاً خشک عرض‌های جغرافیایی بالا از سمت شمال و شمال غربی ایران به سمت منطقه شده و افت محیطی دما و یخبندان را سبب شده است.

واژه های کلیدی: یخبندان‌های بهاره، الگوهای سینوپتیک، تحلیل آماری همدید، الگوی ۵۰۰ هکتوپاسکال، استان کرمانشاه.

[1]. نویسنده مسئول : Email hoo_ataei@yahoo.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

مقدمه

از دیدگاه هواشناسی، اصطلاح یخبندان هنگامی به کار می‌رود که دمای حداقل روزانه به زیر صفر درجه سلسیوس نزول کند، در حالی که از نظر فنی رویداد تشکیل کریستال‌های یخ روی سطوحی که دمای آنها زیر صفر درجه سلسیوس قرار داشته و دمای لایه هوای بالای سطوح مزبور به نقطه شبنم رسیده باشد، یخبندان نامیده می‌شود (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۰). در علم کشاورزی، یخبندان به رویداد دمایی گفته می‌شود که سبب خسارت به بافت‌های گیاهی شود. این دمای بحرانی الزاما با دمای صفر درجه سلسیوس هماهنگ نبوده، ممکن است در دمایی بالاتر یا پایین‌تر از آن هم روی دهد. از بین عوامل اقلیمی، پدیده یخبندان نه تنها حیات طبیعی تمامی موجودات زنده را با خطر مواجه می‌نماید، بلکه نقش مهم و تعیین کننده‌ای در مسایل اقتصادی، محیط زیستی و عمرانی مانند جاده‌سازی، سدسازی و پل‌سازی دارد. سرمازدگی و یخبندان در مراحل مختلف رویش برای محصولات کشاورزی و باغی بسیار مهم است زیرا در صورت ایجاد، به محدودیت تولید منجر می‌شود (سیدنژادگل‌خطمی، ۱۳۹۶). هر الگوی گردش اتمسفری شرایط خاص آب و هوایی را برای منطقه تحت سیطره ایجاد می‌کند (پروین، ۱۳۹۴). گاهی شرایط اقلیمی به گونه‌ای است که، این الگوها خساراتی به صورت طوفان، تگرگ، سیل، برف سنگین و به‌ویژه یخبندان به بار می‌آورند که به نوبه خود غالب فعالیت‌های انسانی به ویژه بخش کشاورزی، صنعت، خدمات حمل و نقل، و انرژی و مسایل عمرانی، محیط زیستی، بروز انواع بیماری‌ها، راه‌بندان، تصادفات جاده‌ای و فعالیت‌های زیستی جانداران را مختل می‌کنند. همچنان که پیداست در اثر سرمای دیررس بهاره گاهی خسارت‌های زیادی به محصولات کشاورزی وارد می‌شود و از آنجایی که دماهای پایین اثرات مخربی بر روی تولیدات کشاورزی دارند، بررسی آن‌ها برای پیش‌بینی و جلوگیری از خسارات احتمالی بسیار مفید خواهد بود. اغلب تغییرات دمای جو به علت عبور سیستم‌های هوا بسیار ناگهانی است و گیاهان نمی‌توانند خود را با این نوسان‌ها سازگار کنند و در نتیجه آسیب می‌بینند. بسیاری از دانشمندان پژوهش‌های خود را در این زمینه متمرکز کرده‌اند و سعی در شناخت ویژگی‌های آن‌ها نموده‌اند. در خصوص بررسی اقلیم‌شناسی همدید بادها و شناسایی الگوهای سینوپتیکی مطالعات زیادی صورت گرفته است (مرجانی، ۱۳۷۲؛ حسینی، ۱۳۷۹؛ عابدزاده، ۱۳۸۴؛ مهرشاهی و نکونام، ۱۳۸۸؛ علیجانی و نجفی‌نیک، ۱۳۸۸؛ ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰؛ امیدوار و نکونام،۱۳۹۰؛ علیجانی و رئیس‌پور،۱۳۹۰؛ ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۲؛ امیدوار، ۱۳۹۳؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۵؛ قاسمی‌فر و همکاران، ۱۳۹۶؛ Jahanbakhsh et al., 2011؛ Gandomkar, 2011؛ Huth et al., 201 و Gim et al., 2011). به منظور طراحی الگوهای همدید شدیدترین بادهای کرانه جنوبی دریای خزر از مجموع ۶۱ موج باد شدید،۲۰ موج شاخص در نظر گرفته شد (براتی و عاشوری، ۱۳۸۶). آن‌ها پس از بررسی نقشه‌های هوای روزانه و بررسی الگوی آرایش محورهای فرود تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال طی روزهای اوج سرعت باد چنین نتیجه‌گیری کردند که، بیشتر محورهای فرود طی روزهای اوج باد در غرب دریای خزر متمرکز شده‌اند و آرایش رودبادهای جبهه قطبی میان ۵۰-۴۰ طول درجه شرقی واقع بوده است. در مطالعه‌ای دیگر، با رویکرد محیطی به گردشی و با هدف شناسایی و امکان پیش‌گویی انواع الگوهای آب و هوایی مولد ترازهای توفانی بالاتر از ۵۰ سانتی‌متری در سواحل جنوبی دریای خزر، با استفاده از داده‌های همدیدی و آمارهای ساعتی مآخذ از مرکز CDC و ایستگاه‌های ترازسنجی سواحل خزر از بدو تاسیس تا سال ۱۳۸۵ نتیجه گرفته شد که، همزمان با تورم سطح آب دریا در سواحل جنوبی خزر، پنج الگوی آب و هوایی مشخص که حالات متفاوتی از سامانه‌های چرخندی و واچرخندی را روی دریای خزر و نواحی مجاور دارند (خوشحال و قانقرمه، ۱۳۸۸). ریشه‌یابی این سامانه‌ها حاکی از سرازیر شدن آن‌ها از ۱۰

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

منطقه جغرافیایی به سوی دریای خزر بود. با استفاده از شاخص‌های سینوپتیکی اقیانوس آرام و آمریکای شمالی، تغییرات الگوهای سطح ۵۰۰ میلی‌بار ایالات متحده آمریکا مطالعه شد (Woodhouse, 1997). در پژوهشی دیگر نشان داده شد که نوسان‌های دمای ایران، به ویژه شمال‌غرب و غرب کشور به شدت تحت تاثیر الگوهای فشاری از قبیل AO و NAO است (Ghasemi and Khalili, 2008؛Ghasemi and Khalili, 2006). نتایج مطالعه‌ی شناسایی الگوهای همدید تراز پایین جو بادهای بیش از ۹/۱ و ۱۲/۹ متر برثانیه در غرب منطقه آرکتیک طی ماه‌های آگوست تا نوامبر (۴ ماه) پس از بررسی آمار ۵۵ ساله فشار سطح دریا از پایگاه داده‌ی NCEP/NCAR نشان داد توفان‌های شدید همزمان با حاکمیت دو الگوی عمده زمانی اتفاق می‌افتند که شیب گرادیان فشار بین کم فشار غالب الئوسن در جنوب آسیا و پرفشار غالب روی دریاهای بیوفورت/چکوچی زیاد و بیش از حد معمول می‌باشد (Elizabeth et al., 2011). نتایج شناسایی الگوهای گردش اتمسفری حوادث توفان‌های شدید کاتالونیای اسپانیا با استفاده از دادهای ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح دریا و دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و میزان سرعت باد منطقه طی سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۹۶ نشان داد، هفت الگوی جوی باعث ایجاد توفان‌های شدید بوده‌اند. همچنین جریان شمال‌غربی (الگوی سوم: NW) به دلیل حضور پرفشار جنب حاره آزور و فرود عمیق شمال شبه جزیره ایبریا شدیدترین توفان‌های خسارت بار را باعث شده است. به‌علاوه بیشتر توفان‌های مخرب به استثنای الگوی N-NE در دوره سرد سال به‌ویژه ژانویه اتفاق افتاده است (Péna et al.,2011). نتایج تحقیق (Abatzoglou et al., 2013) در سانتاآنای کالیفرنیا نشان داد که در زمان وقوع بادهای شدید، در تروپوسفر پایینی در راستای شمال شرقی شیب متوسط فشار سطح دریا بسیار زیاد بوده است. آن‌ها همچنین دریافتند که در ترپوسفر پایینی، فرارفت هوای بسیار سرد ابزار آسان و موثر برای تشخیص بادهای شدید در مقیاس همدیدی فراهم کند. وقوع تندبادهای فیوردهای فلات بزرگ شرق گروئیلند را ناشی از حضور سیکلون‌های قوی و وزش شدید هوای سرد و خشک روی صفحات یخی فلات دانسته‌اند (Oltmanns et al., 2014). در مطالعه‌ای دیگر روند آماری بادهای با سرعت بیش از ۲ متر بر ثانیه و الگوهای فصلی بادهای مذکور را در منطقه ساحلی ایالات متحده آمریکا شناسایی و طبقه‌بندی شد (Klink, 2015). در تحقیقی دیگر داده‌های راداری مربوط به ابرها، سرعت باد سوپرترنادو ۲۴ می اوکلاهاما را که از ادغام سه طوفان بوجود آمده بود را در قبل، حین و بعد از ادغام مدل‌سازی شد (Tanamachi et al., 2015). نتایج نشان داد که در طی ادغام، سطوح میانی یک سیکلون بزرگ و ساختار صعود شدید توفان آشفته بوده است و این ادغام تنها در فاصله زمانی ۱۰ دقیقه به وجود آمده است. طی تحقیقی با مطالعه نقشه‌های سینوپتیکی از ۳۰ مارس تا ۴ مه سال ۱۹۸۱، وقوع سرمای ناگهانی و یخبندان روزهای ۱۰ تا ۱۵ فروردین ۱۳۶۰ بررسی شد و نتیجه نشان داد یخبندان‌های شدید بهاری که ایران را زیر پوشش خود می‌گیرند، بیشتر منشأ شمالی دارند (زاهدی، ۱۳۶۲). طی مطالعه‌ای بر روی پرفشار سیبری اثر آن بر روی اقلیم شرق ایران نشان داده شد که پرفشار سیبری پدیده غالب دوره سرد سال آسیا است (علیجانی، ۱۳۶۹). نتایج نشان داد پرفشار سیبری در اوایل دوره سرد در اطراف دریاچه بایکال مستقر بوده، به تدریج همزمان با پیشرفت فصل زمستان گسترده‌تر و قوی‌تر می‌شود. این پدیده در اوج فعالیت خود با ارسال زبانه‌هایی به خاورمیانه اقلیم منطقه و ایران را کنترل می‌کند. الگوهای همدید ایجاد کننده یخبندان‌های بهاره ایران مطالعه شده است، که نتایج نشان داد جابه‌جایی سامانه‌های فشار از عرض‌های بالاتر به سوی ایران، یخبندان‌های شدید و فراگیر را باعث می‌شود (براتی، ۱۳۷۵). همچنین استقرار ناوه در ساحل‌شرقی دریای مدیترانه غالبا نشان دهنده ورود موج یخبندان در همان روز به ایران است. به‌علاوه، جابه‌جایی محورهای فرود در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و پرفشار مهاجر در سطح زمین از غرب مدیترانه به سوی ایران و سپس ادغام

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

آن‌ها با فرود و پرفشار معمول و شدید سیبری به وقوع یخبندان‌های بهاره می‌انجامد. در روزهای اوج یخبندان‌های بهاره محور فرود با جهت شمال‌شرقی، جنوب‌غربی بر روی آذربایجان مشاهده می‌گردد. به منظور بررسی پدیده سرمازدگی در استان چهارمحال و بختیاری از دیدگاه همدیدی دینامیکی و همچنین، شناخت عوامل مؤثر هواشناختی در رخداد این پدیده در استان، سرمازدگی هفتم اردیبهشت سال ۱۳۷۹ بررسی شده است (بهیار، ۱۳۸۲). این مطالعه براساس تحلیل نقشه‌های همدیدی از دور، قبل و پس از رخداد انجام شده است. نتایج نشان داد در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در این استان خسارت سرمازدگی بهاره زیاد بوده، تغییرات ناگهانی فشار و به دنبال آن دما، عامل اصلی وقوع پدیده یخبندان شدید است، زیرا ارتباط زیادی بین افزایش فشار و کاهش دما وجود دارد، به طوری که افزایش ناگهانی فشار، می‌تواند باعث رخ دادن پدیده سرمازدگی شود. نتایج ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر در نیمه غربی ایران نشان داد در تمام روزهایی که پدیده یخبندان رخ داده است، یک سیستم کم ارتفاع در شمال دریای خزر و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود (عزیزی، ۱۳۸۳). این سیستم معمولا با سیستم کم ارتفاع نسبتا قوی در روی مدیترانه همراه است، و در روزهای یخبندان خطوط همدمای ۱۵- تا۳۰- درجه سانتی‌گراد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از روی ایران عبور می‌کند. نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد بیش از ۷۵٪ یخبندان‌های دیررس بهاره ایران در قسمت شمال‌غرب آن، یعنی جایی که شهرستان تبریز در آن قرار دارد، اتفاق می‌افتد (سلمانپور، ۱۳۸۶). نتایج پژوهشی به منظور تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل نشان داد بیشتر یخبندان‌های این استان از نوع انتقالی است که در دوره سرد سال از آبان تا فروردین اتفاق می‌افتد (هژبرپور و علیجانی؛ ۱۳۸۶). یخبندان‌های شدید و فراگیر ناشی از استقرار یک پرفشار در سطح زمین و یک ناوه عمیق در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال است و پرفشار سطح زمین در بیشتر اوقات ناشی از آنتی‌سیکلون‌های مهاجر غربی است، اما در روزهای سرد سال زبانه پرفشار سیبری عامل اصلی یخبندان است. با بررسی سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره نجف‌آباد، علل وقوع یخبندان‌های منطقه مذکور در شکل‌گیری مرکز پرفشار سیبری بر روی سطح دریا در آسیای میانه تشخیص داده شده است که زبانه‌های این سیستم به سمت ایران کشیده شده و آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد (گندمکار، ۱۳۸۷). در خصوص شناسایی الگوهای گردش جوی زمستانه‌ی ایران و ارتباط آن با فازهای گرم، سرد و خنثی شاخص نوسانات جنوبی (انسو) چنین نتیجه‌گیری شد که، الگوهای جوی کم فشار مدیترانه، کم فشار جنب قطبی، پرفشار شرقی، پرفشار شمالی، پرفشار اروپای شرقی و سامانه‌ی تلفیقی پرفشار سیبریایی- اروپایی در فاز ال‌نینو فراوانی بیشتری دارند (فتاحی و رحیم‌زاده، ۱۳۸۸). اما الگوهای پرفشار سیبری و پرفشار مرکزی در دوره‌های لانینا بیشتر ظاهر شده‌اند. در اثر سرمای دیررس بهاره استان کرمانشاه گاهی خسارت‌های زیادی به محصولات کشاورزی وارد می‌شود و از آنجایی که دماهای پایین اثرات مخربی بر روی تولیدات کشاورزی دارند، بررسی آن‌ها برای پیش‌بینی و جلوگیری از خسارات احتمالی بسیار ضروری و مفید خواهد بود. بر اساس آمار سال ۱۳۹۴ در اثر سرمای دیررس بهاره به مساحتی بالغ بر۱۸۱۰۵۰ هکتار از اراضی زراعی و باغی خسارتی بالغ بر هشتاد میلیارد ریال وارد گردید که در حدود ۲۵٪ از سطح اراضی کشاورزی و باغی استان کرمانشاه دچار خسارت گردیده‌اند (بانک کشاورزی، ۱۳۹۴). بنابراین در این تحقیق الگوی اصلی سینوپتیکی حاکم در یخبندان‌ها، شکل‌گیری کم‌فشارها و ناوه‌های حاصل از آن‌ها، نقش آن‌ها در یخبندان‌های بهاره، فرود و فراز موج کوتاه حاکم، حرکات نزولی و صعودی این سامانه‌های همدید و ورود هوای سرد و نسبتاً خشک عرض‌های جغرافیایی بالا از سمت شمال و شمال‌غربی ایران به سمت منطقه مورد مطالعه و افت محیطی دما و یخبندان بررسی خواهد شد.

داده‌ها و روش کار

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

استان کرمانشاه با مختصات جغرافیایی ″۳۹ ′۲۰ °۴۵ شرقی تا ″۵۸ ′۰۱ °۴۸ شرقی طول جغرافیایی ″۰۸ ′۳۷ °۳۳ شمالی تا ″۰۸ ′۱۷ °۳۵ شمالی عرض جغرافیایی می‌باشد. این استان در غرب کشور واقع شده و از شمال به استان کردستان، از جنوب به استان لرستان و ایلام، از شرق به استان همدان و از غرب به کشور عراق محدود می‌شود.



شکل (۱) نقشه موقعیت استان کرمانشاه (ماخذ: استانداری کرمانشاه ۱۳۹۴)

برای انجام این تحقیق ایستگاه‌های هواشناسی کرمانشاه، اسلام‌آبادغرب، کنگاور، روانسر، سرپل‌ذهاب، ایلام و همدان انتخاب شدند. انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی به گونه‌ای انجام شد که بتواند پراکنش مناسبی را در سطح منطقه مذکور داشته و معرف خوبی برای کل منطقه مورد مطالعه باشد. در ضمن انتخاب ایستگاه‌های منتخب بر این اساس بوده که دارای میزان یخبندان دیررس بهاره مورد نظر و آمار بلند مدت می‌باشند. بنابراین داده‌های پایین‌ترین متوسط دمای حداقل روزانه مربوط به فصل بهار طی دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۴ درایستگاه‌های هواشناسی مذکور انتخاب گردید. داده‌ها از سایت سازمان هواشناسی کشور مستقر در استان‌ها تهیه و تنظیم گردید. سپس، داده‌های ساعت صفر گرینویچ ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال واقع در محدوده‌ی بین ۹۰-۰ درجه‌ی عرض جغرافیایی شمالی و ۸۰-۰ درجه‌ی طول جغرافیایی شرقی همان روزها از پایگاه اینترنتی (NCEP/NCAR) اخذ شد. با وارد نمودن مشخصات شامل روز مورد نظر، سال، طول و عرض تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و سایر مشخصات نقشه مورد نظر اخذ و سپس داده‌های متنی اخذ شده وارد محیط اکسل گردید. این داده‌ها مربوط به کل کره زمین در ۹۱ روز است. از طول صفر تا ۳۶۰ درجه و عرض‌های ۹۰- تا ۹۰+ است و برای هر روز اقدامات لازم بایستی در محدوده کاری یعنی طول ۸۰ شرقی و عرض ۹۰ شمالی که با فاصله ۲/۵ × ۲/۵ درجه است لازم است انتخاب گردد. برای این کار، درجهت حرکت عقربه‌های ساعت و از سمت راست داده‌ها و بعد از عرض ۸۰ شرقی، سرستون‌ها را تا ۳۶۰ درجه انتخاب و حذف گردید و برای قسمت پایین داده‌ها سر ردیف‌ها را از صفر تا ۹۰- انتخاب و همه حذف شد. درسمت چپ داده‌ها هر آنچه که وجود دارد را حذف و بدین ترتیب در مرحله آخر قسمت بالا نیز حذف می‌شود و یک محدوده ۸۰ × ۹۰ و با فاصله ۲/۵ × ۲/۵ درجه با ۳۳ ستون و ۳۷ سطر بدست می‌آید

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

که این ماتریس طی مراحلی به یک ستون تبدیل می‌شود. از سمت راست ماتریس، ستون‌ها را یک در میان انتخاب و در پایین ستون سمت چپ قرار می‌گیرد و بدین صورت کار تا تشکیل یک ستون با ۱۲۲۱سطر ادامه داده می‌شود. این عمل برای ۹۱روز تکرار شده و یک ماتریس ۱۲۲۱×۹۱ به‌دست می‌آید.

داده‌های ژئوپتانسیل تراز۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای یخبندان به صورت یک ماتریس در حالت S-mode که برای طبقه‌بندی الگوهای نقشه‌های پراکندگی فشار کاربرد فراوان دارد، تنظیم شد. سپس کل داده‌ها ماتریس هر روز یخبندان به صورت ستونی مرتب شده و در نتیجه ماتریس جدیدی بدست خواهد آمد تا روش آماری تحلیل عاملی در محیط نرم افزار SPSS جهت پردازش داده ها مورد استفاده قرار گیرد.

قبل از شروع انجام تحلیل عاملی اعتبارسنجی آن از طریق محاسبه‌ی دترمینان ضرایب همبستگی بین متغیرها و محاسبه معیار کایزر- میر- آلکاین (KMO[۱]) آزمون گردید. آماره KMO شاخصی برای مقایسه مقادیر ضرایب همبستگی ساده و جزئی بر روی کلیه متغیرهاست و میزان استقلال متغیرها را می‌سنجد و هرچه مقدار این آماره به یک نزدیک‌تر باشد و از طرفی هرچه مقدار آماره محاسبه دترمینان هم به صفر نزدیکتر باشد، انجام تجزیه به عامل‌ها معتبرتر خواهد بود. که در این تحقیق مقدار KMO برابر ۰/۹۸۹ است که برصحت انجام کار تاکید دارد.

برای به دست آوردن الگوهای فشار در منطقه مورد مطالعه، داده‌های فشار روزهای سرد در نرم افزار SPSS با استفاده از برنامه تحلیل عاملی اجرا شد و در نهایت ۴۱ فاکتور بدست آمد که با توجه به بررسی به عمل آمده ۱۶ فاکتوراول درصد تجمعی را نشان می دهد که ۹۰ درصد داده‌ها را تشکیل داده است و بقیه فاکتورها به تعداد ۲۵ فاکتور تاثیری در روند کار ندارند و کمتر از یک درصد داده ها را در بر می‌گیرند و به علت تاثیر کمی که دارند از آن‌ها صرف نظر می‌شود. یکی از اهداف اصلی تکنیک مذکور، کاهش ابعاد داده هاست. بدین ترتیب روشن می‌شود که چرا اولین مؤلفه به خوبی می‌تواند بیشترین سهم را در تبیین واریانس داده‌ها به خود اختصاص دهد. سایر مؤلفه‌ها و عوامل نیز به همین شکل از ماتریس‌های باقی مانده استخراج می‌شوند تا آخرین مؤلفه که کمترین و ناچیزترین سهم را در بین متغیرها دارد مشخص شود.

سپس با استفاده از روش ادغام وارد (Ward) برنامه خوشه‌بندی پراکندگی فشار روزانه ۹۱ روز به ده الگو که در مجموع این الگوها ۱۰۰ درصد عوامل تشکیل دهنده یخبندان بهاره در استان کرمانشاه هستند، به دست آمد.

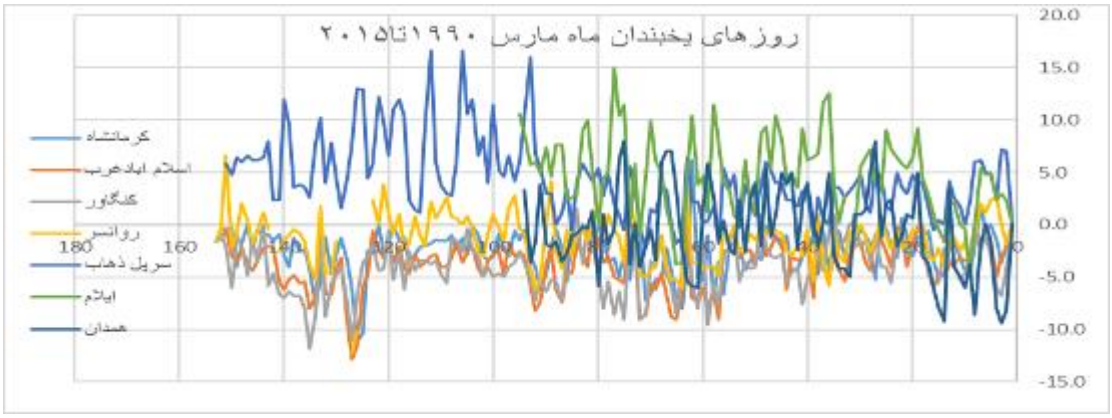
شرح و تفسیر نتایج

بر اساس شاخص‌های تعیین شده، مجموع روزهای یخبندان بهاره در ایستگاه‌های منتخب طی دوره آماری ۲۵ ساله، ۹۱ روز است که تعداد ۷۸ روز آن در ماه مارس و تعداد ۱۳ روز در ماه آوریل رخ داده ولی در ماه می هیچ یخبندانی به ثبت نرسیده است.

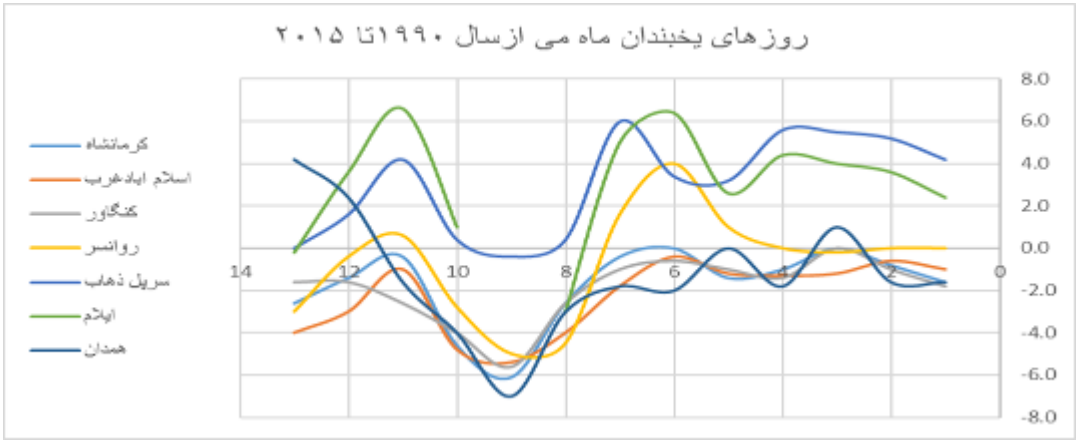
۱ - Ksiser-Meyer-Olkin

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]



شکل (۲) روزهای یخبندان ماه مارس ۱۹۹۰تا۲۰۱۵



شکل (۲) روزهای یخبندان ماه می ۱۹۹۰تا۲۰۱۵

از آنجایی که مولفه اول به تنهایی ۹۰ ٪ از تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را تبیین می‌کند. پس از انجام عمل تحلیل خوشه‌ای به روش "وارد[۱]"بر روی ماتریس نمرات مولفه‌های اصلی الگوها در فاصله اقلیدسی ۱۷ در ۱۰ خوشه از همدیگر تفکیک شدند. با استفاده از نرم افزارSurfer نقشه ده خوشه رسم گردید و الگوی همدید حاکم بر سرماهای دیررس بهاره منطقه مورد مطالعه براساس مکان استقرار آن‌ها به شرح زیر نامگذاری شدند (جدول ۱).

جدول (۱) توزیع فراوانی الگوهای بدست آمده

خوشه‌ها	الگوهای تراز۵۰۰هکتوپاسکال	الگوهای ترازدریا	روزهای یخبندان بهاره	تعداد روزها	٪
۱	سردچال شمال‌غربی روسیه	پرفشارسیبری	۵۰،۵۹،۶۰،۶۱،۶۹،۷۳،۷۴،۷۵	۸	۸/۸
۲	فرود روسیه -جنوب عربستان	پرفشارشمال	۳۶،۳۷،۴۹،۶۳،۶۴،۶۵،۶۶،۶۷،۶۸،۸۳،۸۴	۱۱	۱۲
۳	سردچال روسیه-اروپای شرقی	پرفشارسیبری	۴۵،۴۶،۴۷،۴۸،۷۰،۷۱،۷۲	۷	۷/۷
۴	فرود یونان-شمال سودان	پرفشارسیبری	۲۲،۳۱،۳۲،۳۳،۳۴،۳۵،۳۸،۹۰	۸	۸/۸
۵	فراز دریای سیاه- دریای سرخ	پرفشارسیبری	۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۵۱،۷۷،۷۸	۹	۹/۹
۶	فراز شرق اروپا-دریای سرخ	پرفشارسیبری	۴۳،۴۴،۵۲،۵۳،۵۴،۹۱	۶	۶/۶

[۱]- Ward

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

۷	فرود دریای سیاه-جنوب عربستان	پرفشاردریاچه وان	۲۶،۵۶،۵۷،۵۸،۷۹،۸۰،۸۱،۸۲	۸	۸/۸
۸	سردچال جنوب اروپا	پرفشارسیبری	۴،۵،۶،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶،۱۷،۲۱	۹	۹/۹
۹	سردچال جنوب شرقی اروپا	پرفشارسیبری	۱،۲،۳،۳۰،۶۲،۷۶،۸۵،۸۸،۸۹	۹	۹/۹
۱۰	فرود یونان-شمال سودان	پرفشارسیبری	۱،۲،۳،۳۰،۶۲،۷۶،۸۵،۸۸،۸۹	۱۶	۱۷/۶
		روزهای سرد		۹۱	۱۰۰

- **الگوها، روزهای وقوع، درصد و تداوم یخبندان‌های بهاره ایستگاه‌های منتخب**

تقریباً همه پدیده‌های محیطی سطح زمین از نوع و الگوی خاصی از آرایش و توزیع فشار سطح زمین تاثیر می‌پذیرند و بر این اساس فشار هوا مهمترین فراسنج جوی که در پیش‌بینی هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد. فشار هوا تابع چگالی (وزن) و دینامیسم (نوع حرکت یا سکون آن) هوا می‌باشد. در هوای ساکن هرچه وزن ستون جو یا چگالی هوا بیشتر باشد، یعنی هوا سردتر باشد، فشار هوا در سطح زمین بیشتر است. به این علت بیشتر سامانه‌های پرفشار جوی با هوای سرد و برعکس اغلب سامانه‌های کم‌فشار جوی با هوای گرم توام هستند. بایستی توجه داشت که رابطه مذکور همیشه صادق نیست و رابطه فشار و دما دارای پیچیدگی‌های خاص خود است. در مواردی که هوا از سطوح فوقانی جو به سمت زمین جریان پیدا می‌کند، به علت برخورد با سطح زمین و به وجود آمدن حالت ترمزشدگی، فشار هوا بیشتر از حد معمول بوده و در این وضع امکان دارد که پرفشار هوای گرم توام باشد. دینامیسم سامانه‌های فشار نسبت به سطح زمین در نیمکره شمالی به نحوی است که حرکت و چرخش پادساعتگرد در سیکلون‌ها (کم‌فشارها) و حرکت و چرخش ساعتگرد در آنتی‌سیکلون‌ها (پرفشارها) را موجب می‌شود. وضعیت مذکور در نیمکره جنوبی برعکس می‌شود. معمولاً در نقشه‌های سطح فوقانی جو به ویژه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال سامانه‌های فشار سطح زمین شکل بارزتر و روشن‌تری از دینامیسم سامانه‌های جوی را به نمایش می‌گذارند. بین سامانه‌های فشار سطح زمین و ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای فوقانی روابط جالبی برقرار است که از روابط مذکور به منظور تحلیل دینامیک جو و شناسایی سامانه‌ها و پیش‌بینی هوا استفاده می‌شود. عموماً در عرض‌های میانی کم فشارها و پرفشارها داخل موج‌های غربی تولید شده و با حرکت موج جابجا شده و با تضعیف موج غربی از بین می‌روند. برای تفسیر توام و دقیق سامانه‌های فشار و ارزیابی اثرات محیطی آن در روی زمین نقشه‌های سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بسیار کارآمد هستند. اصولاً در روش‌های مطالعاتی محیطی به گردشی انتخاب سطوح جو بالا از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتو پاسکال کارایی بیشتری دارند. حرکت پاد ساعتگرد یا سیکلونیک هوا در کم‌فشارها موجب ظهور تراف یا ناوه در سطوح فوقانی جو شده و حرکت ساعتگرد یا آنتی سیکلونیک هوا در سامانه‌های پرفشار مثل پرفشار اسکاندیناوی در ترازهای فوقانی جو موجب ایجاد ریج یا پشته می‌شود. مسیر وزش باد در سطوح فوقانی در هماهنگی کامل با آرایش توپوگرافی امکان‌پذیر بوده و انجام می‌گیرد. نقشه‌های سطوح فوقانی جو برای ترازهای مختلف ۱۷گانه جوی از ۱۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تهیه می‌شوند. در نقشه‌های سطوح فوقانی جو برخلاف نقشه‌های تراز دریا ارتفاع سطح هم‌فشار متغیر، اما مقدار فشار ثابت محسوب شده است. متداول‌ترین نقشه‌های سطوح فوقانی جو، نقشه‌های تراز۸۵۰ خصوصاً تراز۵۰۰ هکتوپاسکال (که متغیرترین و در عین حال مهم‌ترین تراز جوی است) هستند. نقشه‌های ژئوپتانسیل مهم‌ترین و کاراترین نقشه‌های جوی در تجزیه تحلیل و تفسیر سینوپتیک هستند. در بسیاری از مطالعات سینوپتیک می‌توان فقط با استناد به نقشه‌های ژئوپتانسیل به صورت دقیق کار تجزیه و تحلیل را به انجام رسانید، زیرا نقشه‌های کم ارتفاع قادرند در آن واحد بسیاری از اطلاعات نقشه‌های دما، باد و آرایش الگوهای فشار را در اختیار مفسر

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

قرار دهند. عوارض توپوگرافی موجود بر روی نقشه‌های فشار سطح دریا بر روی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل نیز قابل مشاهده هستند. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۹۲۵، ۱۰۰۰و تا حدودی ۸۵۰ هکتوپاسکال تقریباً مشابه نقشه‌های فشارسطح دریا هستند. عموماً برای آگاهی از اوضاع جوی سطوح فوقانی از نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ و به ویژه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده می‌شود (قویدل، ۱۳۸۹).

- **تحلیل الگوهای فشارتراز ۵۰۰ هکتوپاسکال**

۱. **الگوی سردچال شمال‌غربی روسیه**

این الگوی فشار ۸ روز از تمام روزهای سرد را که ۸/۸ ٪ از توزیع فراوانی الگوها است را در بر می‌گیرد. محل تشکیل رودباد جبهه قطبی در عرض‌های ۶۰ تا ۸۰ شمالی است و تا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نزول می‌کند (شکل ۴). هسته‌های سرعت در این رودباد بسوی مشرق جابجا می‌شوند بنابراین همچنان‌که جبهه قطبی در شکل‌گیری چرخندها نقش دارد، رودباد جبهه قطبی و هسته‌های سرعت آن در هدایت و مسیر جابجایی چرخندها موثرند. به بیان دیگر موقعیت و شدت چرخندهای عرض میانه به شکل و موقعیت امواجی که در رودباد جبهه قطبی پدید می‌آیند بستگی دارد و مسیر جابجایی آن‌ها نیز تابعی از مسیر رودباد است. چرخندها در بخش شرقی فرودهای رودباد جبهه قطبی تشکیل می‌شوند و در زیر رودباد به سوی شرق جابجا می شوند (مسعودیان، ۱۳۹۰). این الگوی فشار ۸ روز از تمام روزهای سرد را که ۸/۸ ٪ از توزیع فراوانی الگوها را در بر می‌گیرد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و در مسیر حرکت بادهای غربی در عرض ۷۵ درجه شمالی یک مرکز کم ارتفاع بر روی دریای بارنتس به ارتفاع ۵۱۰۰ متر تشکیل شده که مانع حرکت بادهای غربی شده و امواج آن به سوی عرض‌های میانه منحرف می‌کند، که فشردگی منحنی‌های میزان نشان دهنده سرعت زیاد باد و کاهش دما است. منحنی میزان ۵۶۵۰ متر به صورت فرود بلند روسیه – دریای سیاه از روی دریای سیاه عبور می‌کنند. سبب بارش نزولات جوی همراه با کاهش دما در منطقه شمال‌غرب و غرب می‌شود. در بررسی سیستم‌های سینوپتیک درسطح زمین و مرکز کم فشار با فشار مرکزی ۱۰۰۰هکتوپاسکال بر روی سطح زمین در سواحل جنوبی دریای بارنتس و شرق مسکو و یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال در شمال لهستان و یک پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۱۷ هکتوپاسکال درجنوب دریای مدیترانه و یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال به صورت زبانه‌های پرفشار سیبری در سطح زمین بر روی کشور ارمنستان تشکیل شده است. نتیجه اینکه سردچال جوی تشکیل شده در مسیر رودباد جبهه قطبی و به صورت فرود بلند باعث جریان نسبتاً پایدار همراه طوفان، کاهش دما و یخبندان می‌شود. منظور از سرد چال جوی فرود بریده‌ای است که در عرض‌های بالای جغرافیایی از هوای سرد پر شده است و پس از حرکت به سمت عرض‌های پایین‌تر از خانواده اصلی خود جدا شده است. سرد چال‌ها موقعی که در عرض‌های جنوبی تراز مسیر اصلی جریان بادهای غربی بر بالای سرزمین‌های نسبتا گرم قرار گیرند باعث ایجاد ناپایداری جوی شدید می‌شوند.

۲. **الگوی فرود روسیه -جنوب عربستان**

این الگوی فشار ۱۱روز از تمام روزهای سرد را که ۱۲٪ از توزیع فراوانی الگوها می‌باشد را در بر می‌گیرد. در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال (شکل ۵) یک مرکز کم ارتفاع به ارتفاع ۵۲۰۰ متر به صورت یک سلول بسته در عرض‌های ۷۰ تا ۸۰ درجه شمالی‌تشکیل شده که به صورت مانعی در مسیر بادهای غربی قرارگرفته است. منحنی میزان ۵۴۰۰ متر از روی دریای نروژ شروع به انحناء کرده و با عبور از روی اروپا به صورت همگرایی در جنوب روسیه و شمال خزر یک ناوه‌ای به عمق

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

حدود ۱۶۶۵ کیلومتر تشکیل که در عقب فرود هوای سرد که عرض‌های بالا به عرض‌های پایین حرکت می‌کند. منحنی میزان ۵۶۵۰ متر با عبور از روی اروپا به صورت یک موج بلند با عبور از شمال شرق دریای مدیترانه از شمال‌غرب وارد ایران می‌شود. این موج به صورت همگرایی باعث نزول هوای سرد در سطح زمین می‌شود. هماهنگ با تراز۵۰۰ هکتوپاسکال در سطح زمین، پرفشاری با فشار مرکزی ۱۰۲۴ هکتوپاسکال درشمال شرق دریای مدیترانه و یک پرفشار دیگر که ناشی از پرفشار سیبری است در شمال شرق کشور ایران تشکیل گریده است. با توجه به موارد مذکور و اینکه در عقب فرود نزول هوای سرد و در سطح زمین یک فرا بار تشکیل شده است نزول هوای سرد از تراز بالایی جو و عرض‌های بالا همراه با کاهش دما و پایداری در منطقه شاهد هستیم. در بررسی سیستم‌های سینوپتیک در سطح زمین یک پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۶ هکتوپاسکال بر روی دریاچه وان ترکیه تشکیل شده که به صورت زبانه‌ها از فشار سیبری منطقه شمال، شمال‌غرب و مرکز ایران را در برگرفته است و باعث کاهش دما و پایداری هوا می‌گردد.

۳. الگوی سردچال روسیه-اروپای شرقی

این الگوی فشار ۷ روز از تمام روزهای سرد را که ۷/۷٪ از توزیع فراوانی الگوها می‌باشد را در بر می‌گیرد. بررسی نقشه نشان می‌دهد (شکل ۶) یک مرکز کم ارتفاع به صورت یک سلول بسته در عرض ۷۰ درجه شمالی به ارتفاع ۵۴۰۰ متر بر روی شمال‌غرب اروپا و یک در تراز۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵) مرکز کم ارتفاع به ارتفاع ۵۱۵۰ متر بر روی دریای کارا تشکیل گردید که از جریان اصلی بریده شده و به صورت دو سرد چال جدا از هم عمل می‌کنند. منحنی میزان ۵۳۰۰ متر با عبور از عرض ۸۲ درجه‌ی شمالی و طول ۳۵ درجه‌ی شرقی حرکت نصف‌النهاری به خود می‌گیرد به صورت همگرایی، پشته‌ای ایجاد و ناوه‌ای به عمق ۳۰ درجه شکل گرفته است. در عرض ۴۰ درجه‌ی شمالی یک موج بلند با عبور از روی ترکیه از شمال‌غرب وارد ایران می‌شود. با توجه به اینکه آنتی‌سیکلون یا فرابار در سمت راست موج به وجود می‌آید. هوای سرد و پایدار وارد منطقه می‌شود که باعث کاهش دمای محیطی می‌گردد.

در سطح زمین هماهنگ با تراز بالای جو ۵۰۰ هکتو پاسکال، یک مرکز پر فشار با فشار مرکزی۱۰۲۰ هکتوپاسکال در روی شمال شرق ترکیه و یک پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال بر روی شمال‌شرق دریای خزر که به صورت زبانه‌ها از پر فشار سیبری، تشکیل گردیده‌اند. مجموعه این عوامل باعث می‌شود که هوای سرد و پایدار از عرض‌های بالا به کشور وارد شود.

۴. الگوی فرود یونان-شمال سودان

این الگوی فشار ۸ روز از تمام روزهای سرد را که ۸/۸٪ از توزیع فراوانی الگوها می‌باشد را در بر می‌گیرد. در بررسی تراز۵۰۰ هکتوپا سکال (شکل ۷) یک مرکز کم ارتفاع به ارتفاع ۵۱۵۰ متر به صورت یک سلول بسته بر روی دریای بارنتس در مسیر حرکت رودباد جبهه قطبی مشاهده می‌شود. در عرض ۶۰ درجه شمالی یک موج بلند با عبور از شمال اروپا به صورت یک جریان ناپایدار با حرکت مداری از مسیر حرکت غرب به شرق سبب کاهش دما و افزایش سرعت باد در منطقه می‌شود. موج ۵۵۵۰ متر به صورت پشته و ناوه در شمال دریای مدیترانه به صورت جریانات همگرایی و واگرایی تشکیل شده که در جلوی این موج کوتاه بارش به صورت برف و باران و بعد از آن ریزش هوای سرد و کاهش دما در منطقه خواهیم داشت. در بررسی سیستم‌های سینوپتیک سطح زمین نشان می‌دهد، یک مرکز پرفشار با فشارمرکزی ۱۰۲۶ هکتوپاسکال بروی کشور قزاقستان تشکیل شده که زبانه‌ی آن تا شمال و شمال‌غرب و مرکز ایران گسترش یافته است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

۵. الگوی فراز دریای سیاه- دریای سرخ

این الگوی فشار ۹ روز از تمام روزهای سرد را که ۹/۹٪ از توزیع فراوانی الگوها است را در بر می‌گیرد. در تراز۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۸) و در عرض‌های بالاتر از ۷۵ درجه شمالی منحنی میزان ۵۱۰۰ متر به صورت یک پشته و ناوه حرکاتی به صورت همگرایی و واگرایی ایجاد نموده و مانعی در مسیر حرکت رود باد جبهه‌ی قطبی ایجاد نموده است که در نتیجه در عرض‌های پایین‌تر باعث فشردگی امواج بلند و حرکت سریع آن‌ها و در نتیجه کاهش دما و افزایش سرعت باد در منطقه شده است. موج کوتاه ۵۵۰۰ متر بر روی شمال آفریقا و کشور تونس تشکیل شده که بارش برف و باران را به همراه دارد و موج کوتاه ۵۵۵۰ متر از شمال‌غرب وارد کشور شده و حالت همگرایی آن کاملا مشخص است که هوای سرد و پایدار در سطح زمین به وجود می‌آید. بررسی سیستم‌های سینوپتیک سطح زمین، یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۳ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر و شمال‌غرب قزاقستان تشکیل شده است که تمام کشور ایران را در بر می‌گیرد. کم فشارهایی در روی روم و شمال فنلاند با فشار مرکزی۱۰۰۰و ۹۹۹ هکتوپاسکال تشکیل شده است.

۶. فراز شرق اروپا-دریای سرخ

این الگوی فشار، ۶ روز از تمام روزهای سرد را که ۶/۶٪ از توزیع فراوانی الگوها است را در بر می‌گیرد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۹) در عرض‌های محدوده ۷۰ درجه شمالی بادهای غربی با حرکت مداری و به صورت موج بلند در حرکت هستند. یک مرکز کم ارتفاع با ارتفاع ۵۴۰۰ متر به صورت یک سلول بسته بر روی کشور آلمان تشکیل شده است که بر اثر جریان‌های نصف‌النهاری بادهای غربی ایجاد شده و از جریان اصلی آن بریده شده است که با قرار گرفتن در عرض‌های پایین ایجاد ناپایداری کرده و سبب تشکیل ابر و نزولات جوی می‌شود. منحنی میزان ۵۶۰۰ متر به صورت امواج کوتاه از روی دریای سیاه عبور می‌کند. منحنی میزان ۵۶۵۰ متر با عبور از روی دریای مدیترانه و ترکیه به صورت همگرایی از شمال‌غرب کشور وارد ایران شده و منجر به بارش نزولات جوی و کاهش دما می‌شود. در بررسی سیستم‌های سینوپتیک سطح زمین، یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۴ هکتوپاسکال در شرق دریای خزر و بر روی ترکمنستان و یک مرکز پرفشار دیگر با فشار مرکزی ۱۰۲۹ هکتوپاسکال در شمال آستانه پایتخت قزاقستان تشکیل شده که به صورت زبانه‌ها از پرفشار سیبری نواحی شمال، شمال‌غرب و مرکز ایران را در برگرفته است.

۷. الگوی فرود دریای سیاه-جنوب

این الگوی فشار ۸ روز از تمام روزهای سرد را که ۸/۸٪ از توزیع فراوانی الگوها می‌باشد را در بر می‌گیرد (شکل ۱۰). در عرض‌های بالاتر از۶۰ درجه شمالی بادهای غربی با حرکت مداری و به صورت موج بلند در حرکت هستند. منحنی میزان ۵۵۵۰ متر با عبور از روی اروپا و دریای سیاه، در شمال دریای خزر و جنوب غرب قزاقستان به صورت یک سلول بسته که حاوی هوای سرد است در می‌آید. منحنی میزان ۵۶۰۰ متر به صورت یک موج نسبتاً بلند با عبور از روی دریای مدیترانه از شمال‌غرب وارد ایران می‌شود. در بررسی سیستم‌های سینوپتیک سطح زمین، یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۱۵ هکتوپاسکال بر روی آفریقا، یک پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۱۵ هکتوپاسکال بر روی دریاچه وان ترکیه و یک پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۴ هکتوپاسکال در شمال دریاچه بالخاش در کشور قزاقستان تشکیل شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

۸. الگوی سردچال جنوب اروپا

این الگوی فشار ۹ روز از تمام روزهای سرد را که ۹/۹٪ از توزیع فراوانی الگوها است را در بر می‌گیرد. در تراز۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل۱۱) و در عرض‌های بالاتر از ۶۵ درجه شمالی امواج بادهای غربی با حرکت مداری و به صورت موج بلند در مسیر مداری در حرکت هستند. منحنی میزان ۵۴۰۰ متر با عبور از روی اروپا، در شمال دریای خزر، در اثر شدت وزش نصف‌النهاری فرود، هسته‌ای از آن به صورت یک سلول بسته از جریان اصلی که مملو از هوای سرد است بریده شده و منطقه را بشدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. با تشدید حرکت نصف‌النهاری منحنی میزان ۵۵۴۰ متر یک سلول بسته که مملو از هوای سرد است بر روی ایتالیا شکل گرفته و باعث انحراف بادهای غربی به عرض‌های پایین‌تر می‌شود که موج نسبتاً بلند ۵۶۰۰ متر به صورت همگرایی وارد ایران شده و هوای سرد و پایدار در منطقه گسترش می‌یابد. در بررسی سیستم‌های سینوپتیک سطح زمین، یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۶ هکتوپاسکال در شمال دریاچه بالخاش شکل گرفته که امواج آن در سراسر کشور ایران گسترش یافته است. همچنین یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۶ هکتوپاسکال بر روی اروپا شکل گرفته است.

۹. الگوی سردچال جنوب شرقی اروپا

این الگوی فشـــار ۹ روز از تمام روزهای ســـرد را که ۹/۹٪ از توزیع فراوانی الگوها اســـت را در بر می‌گیرد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل۱۲) و در عرض‌های بالاتر از ۵۴ درجه شمالی امواج بادهای غربی با حرکت مداری و به صورت موج بلند در مســـیر مداری قرار دارند. از منحنی میزان ۵۴۰۰ متر به ســـمت قطب شـــمال، کاهش ارتفاع، کاهش حجم هوا و فشردگی خطوط میزان دیده می شود و بادهای غربی دراین مناطق به سرعت رودباد رسیده و به صورت امواج بلند در حرکت هستند. منحنی میزان ۵۶۵۰ متر به صورت پشته و ناوه با حرکات همگرایی و واگرایی از غرب به شرق در شکل امواج کوتاه، بارش‌های متوالی به صورت برف و بوران و جریان‌های پایداری از سرما و یخبندان به همراه دارد. در بررسی سیستم‌های سینوپتیک سطح زمین (شکل ۹)، یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۲ هکتوپاسکال در شمال دریاچه بالخاش شکل گرفته که امواج آن شمال، شمال‌غرب و مرکز ایران را در برگرفته است. همچنین یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۱ هکتوپاسکال بر روی شرق اسپانیا شکل گرفته است.

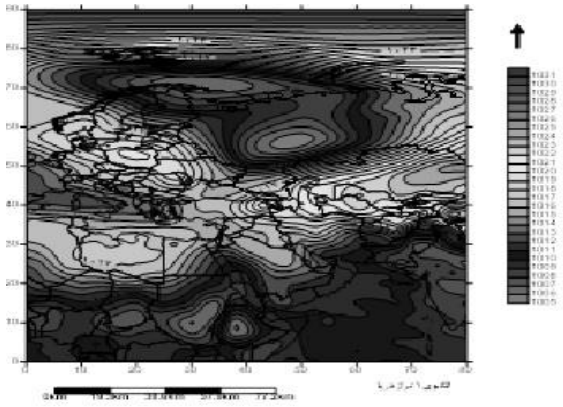
۱۰. الگوی فرود یونان-شمال سودان

این الگوی فشار ۱۶روز از تمام روزهای سرد را که ۱۷/۶٪ از توزیع فراوانی الگوها می‌باشد را در بر می‌گیرد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۳) منحنی میزان‌های۵۱۵۰ تا۵۶۰۰ متر به حالت پشته و ناوه به صورت همگرایی و واگرایی فرودی به عمق۱۰ درجه و ارتفاع ۴۵۰ متر با امواج کوتاه هوای سرد را از تراز میانی جو و قطب شمال به عرض‌های پایین ریزش می‌نماید. منحنی میزان ۵۵۵۰ متر فرودی به عمق ۱۹ درجه با عبور از روی دریای مدیترانه از شمال کشور عبور می‌کند و امواج ۵۶۰۰ و۵۶۵۰ متر به موازات آن از شمال‌غرب وارد کشور ایران شده که بارش نزولات در جوی صعود و ریزش هوای در عقب فرود به حالت پایدار در منطقه گسترش یافته است.

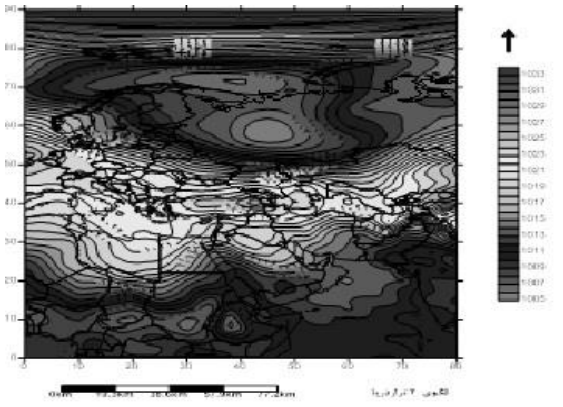
در بررسی سیستم‌های سینوپتیک سطح زمین، یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۲ هکتوپاسکال در شمال دریاچه بالخاش و مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۱۷ هکتوپاسکال بر روی دریاچه وان تشکیل شده که به صورت زبانه‌ها از پر فشار سیبری نواحی شمال، شمال‌غرب و مرکز ایران را در برگرفته است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

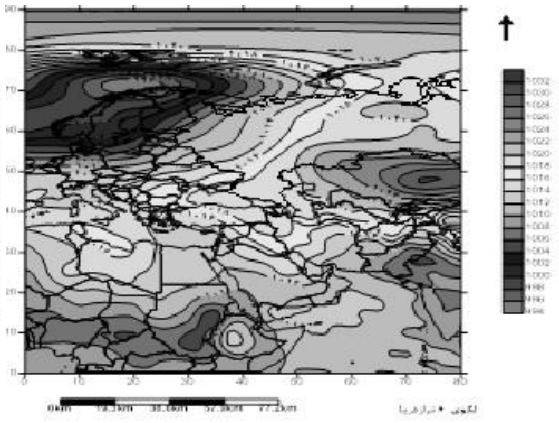
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]



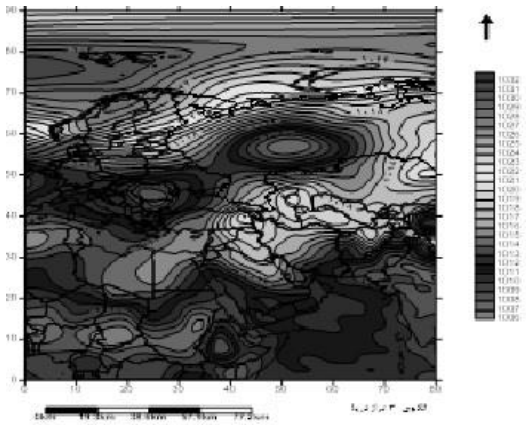
شکل (۳) ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی اول



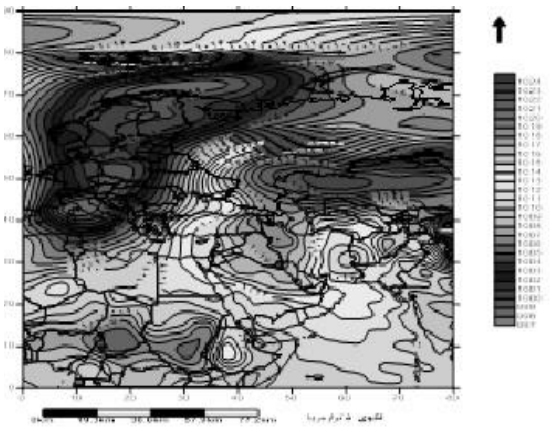
شکل (۵) ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی دوم



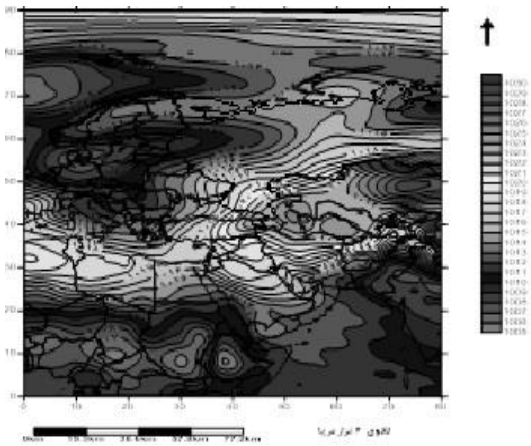
شکل (۴) ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی سوم



شکل (۷) ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی چهارم



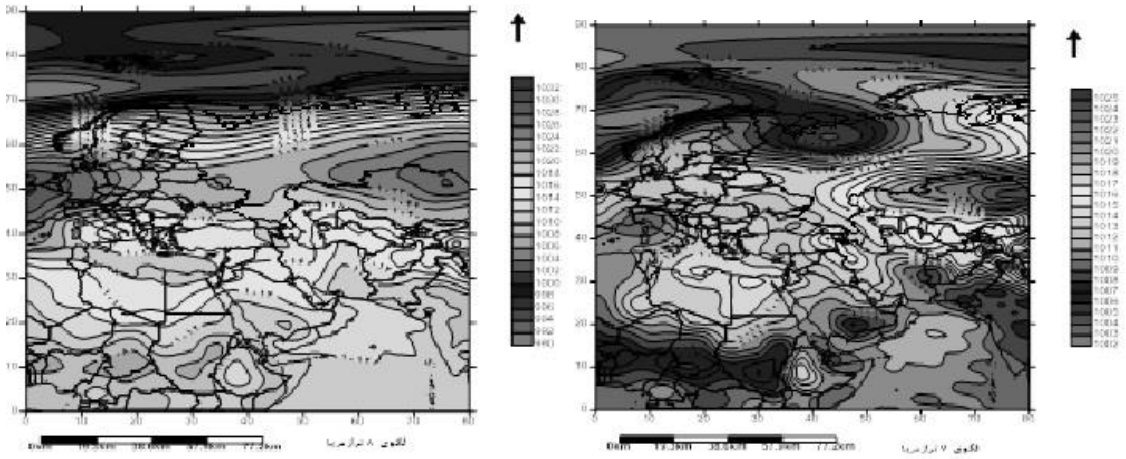
شکل (۵) نقشه سطح دریا slp الگوی پنجم



شکل (۶) ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی ششم

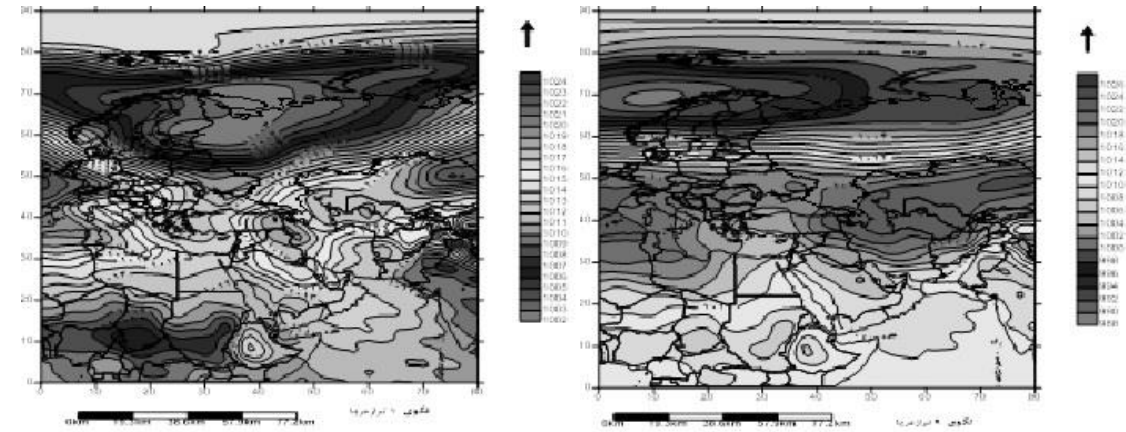
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]



شکل (۷) ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی هفتم

شکل (۱۱) ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی هشتم



شکل (۸) نقشه سطح دریا slp الگوی نهم

شکل (۱۳) ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی دهم

نتیجه‌گیری

از آنجایی‌که سرمای دیررس بهاره اثرات مخربی بر روی تولیدات کشاورزی دارند، بررسی آن‌ها برای پیش‌بینی و جلوگیری از خسارات احتمالی بسیار ضروری است (لشکری و یارمرادی، ۱۳۹۳؛ اسدی و کربلایی، ۱۳۹۴). اغلب تغییرات دمای جو به علت عبور سیستم‌های هوا بسیار ناگهانی است (جهانبخش و همکاران.، ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر با استفاده از روش ادغام وارد و اجرای برنامه خوشه‌بندی ده الگو مشخص شد که مجموعه آن‌ها از عوامل تشکیل دهنده یخبندان‌های بهاره در استان کرمانشاه هستند. بر اساس مکان استقرار آن‌ها به شرح زیر نام‌گذاری شدند.

- سردچال: سردچال شمال‌غربی روسیه با ۸/۸ ٪، سردچال روسیه - اروپای شرقی با ۷/۷ ٪، سردچال جنوب اروپا ۹/۹ ٪ و سردچال جنوب شرقی اروپا با ۹/۹ ٪ در مجموع ۳۶/۶ ٪ در منطقه در ایجاد سرماهای دیررس بهاره تاثیر دارند. با توجه به اینکه آنتی‌سیکلون یا فرابار در سمت راست موج به وجود می‌آید. هوای سرد و پایدار وارد منطقه می‌شود که باعث کاهش دمای محیطی می‌گردند.
- فرود: فرود روسیه-جنوب عربستان با ۱۲٪، فرود یونان-شمال سودان با ۸/۸ ٪، فرود دریای سیاه با ۸/۸ ٪ و فرود یونان -شمال سودان با ۱۷/۶ در مجموع ۴۷/۲ ٪ که در عقب فرود هوای سرد در منطقه ایجاد سرماهای دیررس بهاره تاثیر دارند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

- فراز: فراز دریای سیاه -دریای سرخ با ۹/۹ ٪ و فراز شرق اروپا-دریای سرخ با ۶/۶ ٪ و در مجموع ۱۶/۵ ٪ در منطقه در ایجاد سرماهای دیررس بهاره تاثیر دارند.

ینابراین ۴۷/۲٪ از موارد سرماهای دیررس بهاره به دلیل حاکمیت فرودهای شمالی که اکثراً با استقرار فرود و قرار گرفتن زیرمنطقه همگرایی بالایی و نزول هوا از عرض‌های بالا به سمت عرض‌های پایین که در سطح زمین شرایط آنتی‌سیکلونی حاکم خواهد بود، است که این موضوع توسط براتی (۱۳۷۵) تایید شده است. حاکمیت هوای سیبری بر منطقه در ده الگوی یاد شده کاملاً مشهود است به طوری که الگوی پرفشار سیبری ۷۲ روز از تمام روزهای سرد را که ۷۹/۲٪ از توزیع فراوانی الگوها را در بر می‌گیرد (شکل‌های ۳و ۱۳). در سطح زمین شرایط آنتی‌سیکلونی حاکم شده که از عوامل اصلی در رخداد دماهای پایین در این منطقه است.

با توجه به اینکه سرمای دیررس بهاره در این موقع از سال با اوج شکوفه‌دهی درختان همراه است. ارائه راه‌کارهای اساسی از دیدگاه علوم مختلف ضرورتی اجتناب ناپذیر است. با این توصیف، از دیدگاه اقلیم شناسی همدید در راستای جلوگیری یا کاهش خسارت‌های مالی ناشی از وقوع یخبندان‌های بهاره که همواره یکی از تهدیدهای طبیعی برای ساکنان منطقه است. پیشنهاد می‌گردد، برای اجرای برنامه‌های بلندمدت کشاورزی از بذرگونه‌های دیرگل و کشت در شیب‌های شمالی و دامنه شیب‌ها انجام شود.

منابع

اسدی، اکرم؛ سمیه کربلایی. ۱۳۹۴. گزارش خسارت سرمای دیررس بهاره بر محصولات کشاورزی کشور در سال ۱۳۹۴، گروه پیشگیری و کاهش خسارت عوامل غیر زنده محیطی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۸ ص.

امیدوار، کمال.1380. تحلیل سینوپتیکی سیستم‌های باران‌زا و امکان افزایش بارش آن‌ها به وسیله باروری ابرها در منطقه کرمان، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، **۴۰ (۱۴)**: ۳۲-۱۹.

امیدوار، کمال؛ زری نکونام. 1390. کاربرد گل‌باد و گل‌غبار در تحلیل پدیدهٔ گرد و خاک و تعیین رژیم فصلی بادهای همراه با این پدیده (مطالعه موردی: شهرسبزوار)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی،**۷۶ (۴۳)**: ۸۵- ۱۰۴.

براتی، غلامر ضا. 1375. طراحی و پیش‌بینی الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره در ایران، دان شگاه تربیت مدرس، رساله دکتری اقلیم شناسی

براتی، غلامرضا؛ فاطمه عاشوری. 1386. طراحی الگوهای همدید شدیدترین بادهای کرانه‌های جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیایی، **۴۰ (۱)**: ۸۰-۶۲.

بهیار، محمدباقر. 1382. بررسی پدیده سرمازدگی در استان چهارمحال و بختیاری از دیدگاه همدیدی دینامیکی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، **۱۸ (۲)**: ۱۲۰-۱۰۷.

بانک کشاورزی. 1394. گزارش سالیانه بانک کشاورزی استان کرمانشاه در مورد برآورد خسارت سرمای دیررس بر محصولات کشاورزی و باغی. ۸۰ ص.

پروین، نادر. 1394. بررسی الگوهای بزرگ مقیاس گردش جوی مرتبط با وقوع توفان‌های شدید حوضه‌ی آبریز زاب، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۳۹ **(۱۵)**: ۵۵-۳۳.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

جهان‌بخش، سعید؛ سمیه ر ضائی، احمدر ضا قا سمی، مع صومه تدینی. 1390. تحلیل سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره تبریز (مطالعه موردی سرمای بهار ۱۳۸۲و ۱۳۸۳) ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، **۲۶ (۴)**: ۱۷۲۷۲-۱۷۲۴۸.

ح سینی، سیدعلی ا صغر. (1373). بررسی عوامل آب و هوایی مـــوثر در طغیـــان‌هـــای حوضـــه حبله رود، پایان‌نامه‌کارشناسی ارشد،گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

حسینی، علیر ضا؛ هدیه اکبری قمصری. 1395. شنا سایی الگوهای سینوپتیکی پدید آورنده بارش‌های سنگین حو ضه آبخیز طالقان در استان البرز، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴. ۱۰۰-۸۹.

خوشـحال، جواد؛ عبدالعظیم قانقرمه. 1388. شـناسـایی و معرفی الگوهای همدیدی موجد ترازهای توفانی بالاتر از نیم متر در سواحل جنوبی، تحقیقات جغرافیایی، **۹۵ (۴)**: ۱۳۱-۱۵۲.

ذوالفقاری، حسن؛ حیدر عابدزاده. 1384. تحلیل سینوپتیکی طوفآن‌های گرد و غباری در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، ۶، ۱۸۸-۱۷۱.

ذوالفقاری، حسن؛ جعفر معصوم‌پور سماکوش، آذر جلیلیان، امان‌ا... فتح‌نیا. 1392. تعیین الگوهای سینوپتیک و توده‌های هوای مؤثّر بر فصول اقلیمی غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، **(۱) ۴۵**: ۵۳-۷۰.

زاهدی، مجید. 1362. سیر سرمای ناگهانی فروردین۱۳۶۰و خسارات ناشی ازآن در آذربایجان، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی، **۱**: (۱).

ذوالفقاری، حسن؛ جعفر معصوم‌پور سماکوش، آذر جلیلیان، امان‌ا...فتح‌نیا. 1392. تعیین الگوهای سینوپتیک و توده‌های هوای مؤثّر بر فصول اقلیمی غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، **۴۵ (۱)**: ، ۵۳-۷۰.

سـلمانپور، رقیه. 1386. مطالعات نوسـانات یخبندان و کاربرد نتایج آن در بازدهی محصـولات باغی اهر، آزاد دانشـگاه اهر،پایان نامه کارشناسی ارشد.

سـیدنژاد گل‌خطمی، نفیسـه؛ محبوبه فرزندی، حجت رضـایی پژند. 1396. تحلیل فراوانی رخداد یخبندان‌های زودرس پائیزه مطالعه موردی: ایسـتگاههای همدید خراسـان رضـوی، نشـریه آب و خاک (علوم و صـنایع کشـاورزی) ، **۳۱ (۱)**: ۳۲۰-۳۱۲.

عزیزی، قاســم. 1383. ارزیابی ســینوپتیکی یخبندان های فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران، مجله مدرس، تهران، **۳۲ (۱۸)**: ۹۹-۱۱۶.

علیجانی، بهلول. 1369. چگونگی تشکیل فرابار سیبری و اثر آن بر اقلیم شرق ایران، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، **۱۷**: ۲۵۱-۲۴۱.

علیجانی، بهلول؛ زهرا نجفی‌نیک. 1388. بررســی الگوهای ســینوپتیکی اینورژن در مشــهد با اســتفاده از تحلیل عاملی، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، **۱۲**: ۱۱-۱.

قاسمی‌فر، الهام؛ سمیه ناصرپور، لیلی آرزومندی. 1396. شناسایی الگوهای سینوپتیکیِ بارش‌های سیل‌خیزِ غرب ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، **۲**:۸۶-۶۹.

گندمکار، امیر. 1387. تحلیل سینوپتیکی یخبندان‌های بهاره نجف‌آباد، مجله فضای جغرافیایی، **۲۳**:۱۶۷-۱۴۹.

لشکری، حسن؛ زهرا یارمرادی. 1393. تحلیل همدیدی موقعیت استقرار پرفشار سیبری و مسیرهای ورودی آن به کشور ایران در فصل سرد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، **۴۶ (۲)**: ۱۹۹-۲۱۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

مرجانی، سیدصدرالدین. 1372. بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه (طوفان) در خراسان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده ژئوفیزیک.

مسعودیان، سیدابوالفضل. 1390. آب و هوای ایران، چاپ اول، انتشارات شریعه توس.

مهرشاهی، داریوش؛ زری نکونام. 1388. بررسی آماری پدیدهٔ گرد و غبار و تحلیل الگوی وزش بادهای غبارزا در شهرستان سبزوار، مجله جغرافیا، **۲۲ (۷)**: ۸۳- ۱۰۴.

هژبرپور، قاسم؛ بهلول علیجانی. (1386). تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۰، ۸۹-۱۰۶.

Abatzoglou J.T, Barbero R, Nauslar J.N. 2013. Diagnosing Santa Ana Winds in Southern California with Synoptic-Scale Analysis Wea. Forecasting, **28**: 704–710

Elizabeth N. Cassano, John J. Cassano, Matt Nolan, 2011. Synoptic weather pattern controls on temperature in Alaska, Journal of geophysical research, **116**:1-19.

Huth R, Beck C, Kučerová M. 2015. Synoptic-climatological evaluation of the classifications of atmospheric circulation patterns over Europe, International journal of climatology, **36** (7): 2710-2726.

Gandomkar A. 2011. Mahabad Spring Freezing Forecasting, Using Synoptic Study, International Journal of Agricultural Science, Research and Technology in Extension and Education Systems, **1**(2): 82-93.

Ghasemi R, Khalili D. 2006. The Influence of the Arctic Oscillation on Winter15 Temperature in Iran, Theoretical and Applied Climatology, **85**: 149-164.

Ghasemi R, Khalili D. 2008. The Effect of the North Sea- Caspian Pattern on Winter Temperatures in Iran, Theoretical and Applied Climatology, **92**, 59-74.

Gim H.J, Ho, Kim C.H, Lee E, J. 2018. Urbanization may reduce the risk of frost damage to spring flowers: A case study of two shrub species in South Korea, PLOS one, 1-14.

Jahanbakhsh S, Rezaie S, Ghasemeh A, Tadayoni M. 2011. The synopptical analysis of the spring forests in Tabriz (Case atudy: spring frosts 2003 & 2004), Geographical Research, **3** (102): 1-24.

Klink K. 2015. Seasonal patterns and trends of fastest 2-min winds at coastal stations in the conterminous US.International Journal of Climatology, **14:** 4167-4175.

Oltmanns M, Straneo F, Moore G.W.K, Mernild S.H. 2014. Strong Downslope Wind Events in Ammassalik, Southeast Greenland. Journal of Climate, **27**: 977-993.

Péna J. C, Aran, M, Cunillera J, Amaro J. 2011. Atmospheric circulation patterns associated with strong wind events in Catalonia" Natural Hazards and Earth System Sciences, **11**: 145–155.

Santos E.B, Lucio P.S, Silva C. M. 2017. Synoptic patterns of atmospheric circulation associated with intense precipitation events over the Brazilian Amazon, Theoretical and Applied Climatology, **128** (1–2): 343–358.

Woodhouse C.A. 1997. Winter Climate and Atmospheric Circulation Patterns in the Sonoran Desert, USA, International Journal of Climatology, **17**: 859-873.

Tanamachi R.L, Heinselman, P.L, Wicker, L.J. 2015."Impacts of a storm merger on the 24 May 2011 El Reno, Oklahoma tornadic supercell, Weather and Forecasting, **30**: 501–524.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.8]