

الگوبندی و تحلیل همدید رخداد کولاک برف‌های شدید شمال غرب ایران

علی‌اکبر شمسی‌پور^۱; دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

ایوب جعفری؛ دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

حسام الدین بستانچی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶
پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۱/۰۴

چکیده

رخداد کولاک برف یکی از مخاطرات اقلیمی است که از ترکیب سایر عوامل اقلیمی مانند دما (دما زیر صفر)، برف و باد (سرعت ۱۵ متر بر ثانیه) رخ می‌دهد. در این تحقیق شرایط رخداد کولاک برف در شمال غرب ایران با روش‌های آماری و همدیدی و اکاوی شده است. با تحلیل کدهای هواشناسی کولاک (۳۶، ۳۷، ۳۸ و ۳۹) در دوره آماری ۱۹۸۷-۲۰۱۶ برای ۱۱ ایستگاه همدید منطقه مورد مطالعه، کدهای با کولاک شدید برف (۳۷، ۳۹) انتخاب گردید. سپس با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، باد و دمای ترازهای ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال اخذ شده از پایگاه داده‌های باز تحلیل جوی NCEP/NCAR، الگوهای همدیدی رخداد کولاک برف شدید و اکاوی گردید. تحلیل‌های آماری در مورد ارتباط اثر عوامل جغرافیایی بر کولاک شدید برف نشان داد که عامل ارتفاع بیشترین تأثیر را در شدت، افزایش و تفاوت‌های مکانی رخداد این پدیده دارد. بررسی الگوهای همدید رخداد پدیده کولاک نشان داد که ۵ الگوی اصلی در ایجاد آن در منطقه نقش دارد. الگوهای همدیدی ایجاد کننده شامل تشکیل یک مرکز کم ارتفاع بریده، عبور ناوه بلند از ایران، شکل‌گیری ناوه‌ی نسبتاً عمیق و کشیده شده شرق مدیترانه، سامانه بندالی از نوع رکس و تشکیل سامانه‌های بندالی امگایی است. در بین الگوهای به دست آمده، سامانه‌های بندالی مهم‌ترین نقش را در ماندگاری و انتقال جریانات توأم با سرما داشته و سایر الگوها علیرغم فراوانی بالا، به صورت موجی دارای شدت و ضعف بودند.

واژه‌های کلیدی: کولاک برف، شمال غرب، سرعت باد، دمای زیر صفر، الگوهای همدید.

^۱. نویسنده مسئول:

مقدمه

زندگی بشری همواره تحت تأثیر پدیدههای اقلیمی بخصوص مخاطرات ناشی از متغیرهای بارندگی، دما و باد است. از مهمترین پدیدههای همزمان حاصل از این متغیرها، کولاک برف^۱ است که ناشی از بارش برف سنگین، بادهای توفانی (پرباد) و دمایی خیلی پایین است. این مخاطره اقلیمی می‌تواند سبب خسارت‌هایی در بخش‌های مختلف باعدهای، کشاورزی، شهرنشینی، ترابری و ... شود. تاکنون تعاریف مختلفی از پدیده کولاک برف ارائه شده که به طور مختصر در زیر آورده شده است:

- ۱- طوفان همراه با برف و یا قطعات ریز یخ است که گاه، قدرت دید را تا صفر کاهش می‌دهد. برف موجود در این طوفان مربوط به ریزش‌های جوی است، یا از زمین برداشته می‌شود (شايان، ۱۳۷۸).
- ۲- برفی که باد آن را از سطح زمین تا ارتفاع ۲ متر یا بیشتر به هوا بلند می‌کند و دید افقی را به کمتر از ۱۱ کیلومتر کاهش می‌دهد (فرهنگ واژه‌های فرهنگستان، ۱۳۸۶).
- ۳- کولاک یا توفان برف وضعیت جوی نامساعد ناشی از ریزش برف شدید و وزش باد در دماهای بسیار پایین که به برخاستن و پراکنده شدن برف از سطح زمین و کاهش دید منجر می‌شود (واژه نامه فرهنگستان، ۱۳۸۰).
- ۴- طبق تعریف سازمان هوشناسی کشور، کولاک برف از جمله پدیدههای جوی است که ریزش برف توأم با باد (سرعت ۱۵ متر بر ثانیه) و دماهای زیر صفر درجه در منطقه به وقوع پیوسته باشد (ملازاده و همکاران، ۱۳۹۳). این پدیده در مناطقی چون کانادا و شمال آمریکا همراه با موج هوای سردی است که از آشفتگی واچرخندهای زمستانی ناشی می‌شود و به چمن زارهای این مناطق زیان وارد می‌سازد. در مناطق قطبی بوران‌های محلی زیادی وجود دارد و تا چند روز به طول می‌انجامد. برای مثال وزش باد در سرزمین‌های آدلی^۲ در قطب جنوب به حدی شدید است که این ناحیه به نام سرزمین بوران معروف شده است (محمدی، ۱۳۸۶). در کشور ایران، مهمترین رخداد کولاک را می‌توان به بوران ایران در اواسط بهمن ماه سال ۱۳۵۰ اشاره کرد که منجر به مرگ بیش از ۴۰۰۰ نفر در سراسر کشور شده است (روزنامه اطلاعات، ۱۳۵۰).

در ایران آرایش فضایی، توزیع مکانی و فراوانی رخداد وقوع دمای حداقل و مخاطرات آن، تابع عرض جغرافیایی و ارتفاع است. بیشترین روزهای یخبندان در مناطق کوهستانی البرز، زاگرس، آذربایجان و خراسان منطبق بر ارتفاعات می‌باشد. همچنین بیشترین فراوانی موج‌های سرد و انواع یخبندان‌ها به ترتیب بیشتر در مناطق شمال غرب، دامنه‌های میانی البرز، غرب، شمال شرقی و مناطق مرکزی رخ داده است (فرج‌زاده و حسینی، ۱۳۸۹ و عساکری و همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین با توجه به کوهستانی بودن و قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی بالا، منطقه شمال غرب ایران هر ساله پتانسیل رخداد انواع مخاطرات اقلیمی همچون کولاک برف را دارد.

در تحقیقات داخلی، اکثر مطالعات انجام شده در مورد مخاطرات محیطی چون سیل (نجف‌پور، ۱۳۹۲؛ قاسمی‌فر و همکاران، ۱۳۹۶)، بارش‌های سنگین (شمی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷؛ خورشیددوست و همکاران، ۱۳۹۵)، یخبندان (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ قویدل و همکاران، ۱۳۹۵)، طوفان گرد و خاک (بحیرایی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ملکوتی و

^۱ Blizzard

^۲ Adelie Land

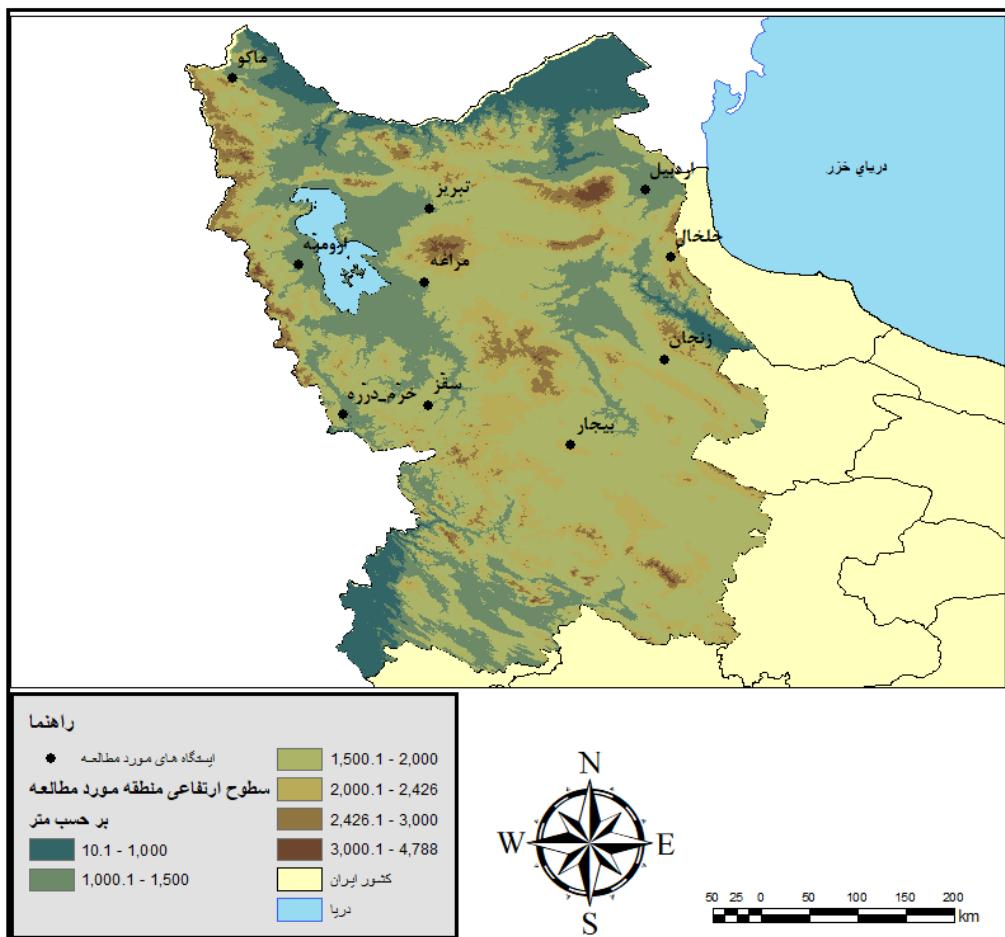
همکاران، ۱۳۹۲) بوده است و در مورد مخاطراتی مثل موج گرما (کرمپور و همکاران، ۱۳۹۶)، کولاک برف (شکیبا و همکاران، ۱۳۹۴) و سوزباد (ایمان روستا، ۱۳۹۳) مطالعات کمتری انجام شده است. در مورد کولاک برف می‌توان به تحقیق باقدم و همکاران (۱۳۸۴) اشاره کرد که با استفاده از GIS، نقاط کولاک گیر در مسیر سنندج - مریوان مشخص گردیده است. همچنین اکثر پژوهش‌های انجام شده در مورد کولاک برف، با دیدگاه آماری و همدیدی به صورت مطالعه موردى و با روش چشمی صورت گرفته است که برای نمونه می‌توان به تحقیقات انجام شده در مناطق شمال‌غرب (هوشیار و عاشری، ۱۳۹۰)، استان کردستان (اصغری و علیجانی، ۱۳۹۴؛ اصغری و کریمیان، ۱۳۹۴)، استان آذربایجان شرقی (ملازاده و همکاران، ۱۳۹۳) و مناطق شمال‌غرب (خوشحال دستجردی و کامیار، ۱۳۹۶) اشاره نمود. خوشحال دستجردی و کامیار (۱۳۹۶) به شناسایی و تحلیل الگوهای همدید موجود کولاک فراگیر برف در شمال‌غرب ایران پرداختند که با بررسی چشمی ۱۱ مورد کولاک فراگیر، دو الگوی نهایی را با عنوانین بندهای امگایی و کم ارتفاع شمالی- مدیترانه‌ای مشخص نمودند. براساس نتایج این پژوهش، عامل ناپایداری در ترازهای زیرین، شیو فشار بین پرفشار شمال اروپا و کمفشار مدیترانه بوده و در ترازهای میانی جو نیز گسترش ناوه شمال روسیه سبب واگرایی بالایی شده است. مطالعات خارجی صورت گرفته در رابطه با کولاک، اکثراً در مناطقی انجام شده که شدیدترین و با دوام‌ترین این رخدادها را دارد مانند مناطق سواحل شرق ایالت متحده (Kocin et.al, ۲۰۱۶)، دره رودخانه اوهايو (Changnon et.al, ۲۰۰۸)، شمال شرق آمریکا (Karvetski et.al, ۲۰۰۹)، کل آمریکا (Houston & Changnon, ۲۰۰۹)، نیو انگلند جنوبی (Jankot, ۲۰۰۹)، رومانی شرقی (Niacsu, ۲۰۱۹).

مطالعات همدیدی انجام شده در این زمینه شامل مطالعه (Dickinson et.al, ۱۹۹۷) در خلیج مکزیک، (Ganetis, ۲۰۱۱) در مطالعه کولاک ۲۶ و ۲۷ دسامبر ۲۰۱۰ شهر نیویورک و مناطق مجاور آن، به تشکیل یک چرخند ساحلی اشاره نموده که به وسیله یک جت‌باد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال تقویت شده است. (Fischer et.al, ۲۰۱۳) و قوع کولاک برف مارس در سال ۱۸۸۸ در منطقه نیواینگلند در شمال شرق آمریکا را ناشی وجود یک جابه جایی پرفشار سطح زمین و چرخندی می‌دانند که به دلیل وجود همگرایی توده‌های گرم و مرتبط از آتلانتیک و توده‌های هوای سرد از سرزمین‌های شمال غرب، باعث افزایش گرادیان شدید دما و سرعت باد شده است. (Danciu-Ciurlău, ۲۰۱۴) و قوع دیرهنگام کولاک ۲۵ و ۲۶ مارس ۲۰۱۳ در رومانی بررسی کرد و به این نتیجه رسید که توده هوای سرد قطبی در تراز سطح زمین و ۸۵۰ هکتوپاسکال، مهم‌ترین تأثیر را در گسترش هوای سرد دارد و باعث جابه جاشدن هوای گرم شده است. (Ciurlau and Schiopu, ۲۰۱۴) شرایط همدیدی رخداد کولاک برف نوامبر ۱۹۹۳ و اثرات آن در پروازهای هوایی در جنوب شرقی رومانی بررسی نموده که بر اساس نتایج، قوع یک کم فشار در سطح زمین و پرفشار در سطح بالا سبب انتقال هوای گرم و مرتبط از جنوب و هوای سرد از شمال شده است.

مطالعات انجام شده بیشتر گویای تأکید و نمرکز پژوهشگران به تحلیل‌های همدیدی در مطالعه کولاک در مقیاس جهانی است، در ایران فقط به تحلیل آماری و همدیدی یک نمونه موردى از کولاک پرداخته شده و تا کنون، مطالعه جامع بر روی الگوهای جوی شکل‌گیری پدیده کولاک انجام نشده است. بنابراین مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که شناخت ویژگی‌های پدیده کولاک در زمان رخداد مثل شدت، تداوم، گسترش و زمان وقوع در ایران ضروری است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی مطالعه آماری و تعیین الگوهای همدید مؤثر در زمان رخداد در شمال‌غرب ایران می‌باشد.

داده ها و روش کار

منطقه شمال غرب ایران در عرض های جغرافیایی ۳۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۵۱ درجه طول های جغرافیایی شرقی قرار گرفته است. از نظر تقسیمات سیاسی، منطقه مورد مطالعه شامل ۶ استان (اردبیل، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، زنجان، کردستان، کرمانشاه، همدان) است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت ایستگاه های مورد مطالعه

دو رویکرد عمده مطالعات آب و هواشناسی همدید، رویکردهای گردشی به محیطی و محیطی به گردشی می باشد. در این مطالعه از طبقه بندی و رویکرد محیطی به گردشی استفاده می گردد (Yarnal & Draves, ۱۹۹۳). با توجه به این رویکرد، ابتدا داده روزهای همراه با پدیده کولاک با فاصله ۳ ساعت در قالب کدهای مربوط به این پدیده، از زمان تأسیس ایستگاه های مورد مطالعه تا ۲۰۱۶ از سازمان هواشناسی اخذ گردید. در ادامه برای بررسی دقیق، ایستگاه هایی که دارای ۳۰ سال آمار از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ بوده مشخص گردید و به مطالعه آماری (میزان فراوانی روزانه، ماهانه و سالانه) کدهای ۳۷ و ۳۹ پرداخته شد (جدول ۱). در نهایت ارتباط پدیده کولاک برف با عرض جغرافیایی و ارتفاع (بدلیل تأثیرگذاری بالای آنها در پدیده) در ایستگاه های مورد مطالعه مشخص شد. برای ارزیابی نتایج آماری به دست آمده از شاخص های ضریب همبستگی^۱ (R) و ضریب تعیین^۲ (R^۲) استفاده شد (شکل ۲).

^۱ Correlation Coefficient

^۲ Coefficient of Determination

جدول ۱: کدهای هوای حاضر (۳۶ تا ۳۹) پدیده کولاک برف (سازمان هواسنایی، ۱۳۹۶)

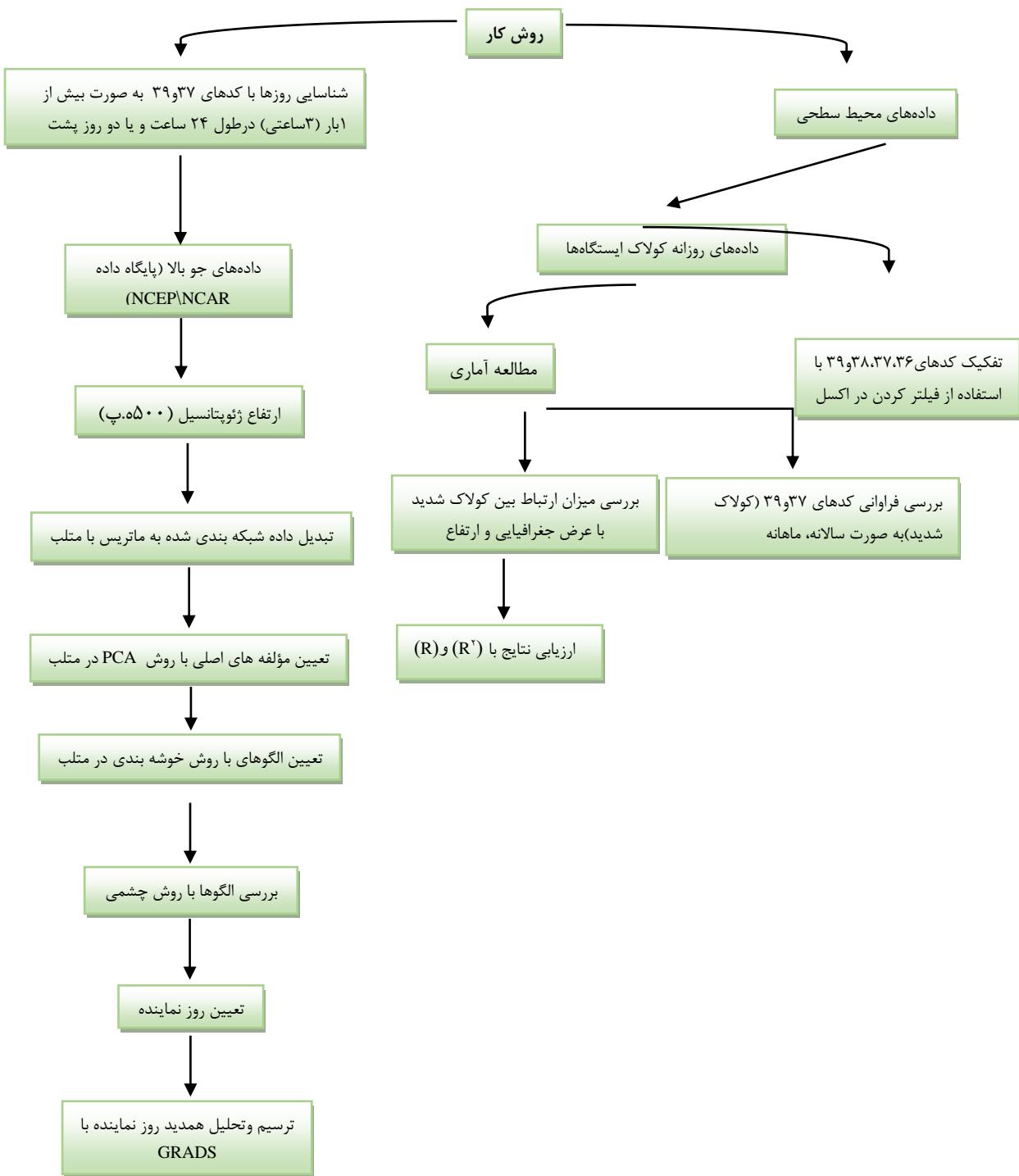
کد	شرح پدیده
۳۶	کولاک خفیف یا متوسط برف - معمولاً پایین (زیر سطح افقی چشم دیدبان)
۳۷	کولاک شدید برف - معمولاً پایین (زیر سطح افقی چشم دیدبان)
۳۸	کولاک خفیف یا متوسط برف - معمولاً بالا (بالاتر از سطح افقی چشم دیدبان)
۳۹	کولاک شدید برف - معمولاً بالا (بالاتر از سطح افقی چشم دیدبان)

در قسمت دوم، الگوهای همدید به روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱ (PCA) در نرم افزار متلب و روش چشمی شناسایی گردید. با هدف افزایش دقیق در شناسایی الگوهای همدیدی، روزهایی که کدهای ۳۷ و ۳۹ (کولاک شدید) در آن بیش از یکبار (۳ ساعتی) در طول ۲۴ ساعت و یا دو روز پشت سرهم در ایستگاه‌های مورد مطالعه ثبت شده، انتخاب گردید. در ادامه بررسی الگوها، داده‌های میانگین ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال^۲ از ۲۰۱۶ تا ۱۹۸۷ از محدوده ۷۰–۱۰ درجه عرض شمالی و ۸۰–۰ درجه طول شرقی با تفکیک مکانی ۲/۵*۲/۵ از داده‌های بازکاوی شده NCEP/NCAR اخذ گردید. جهت شناسایی الگوهای همدید با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی مراحل زیر انجام شده است.

- ۱- تشکیل ماتریس اولیه با آرایش S
- ۲- استفاده ماتریس همبستگی
- ۳- تعیین مقادیر ویژه ماتریس همبستگی
- ۴- تعیین تعداد عامل‌ها مقادیر ویژه بزرگتر از یک (Janson & Vichern ۱۹۸۰).
- ۵- استفاده از دوران متعامد (Yarnal & Draves, ۱۹۹۳)
- ۶- محاسبه ماتریس ضرایب عامل‌ها و ضرب نمودن آن در ماتریس استاندارد شده داده‌ها به منظور محاسبه ماتریس نمرات عاملی یک ماتریس $p \times n$ (تعداد روزها و p تعداد عامل‌ها)
- ۷- تعیین مقادیر بردارهای ویژه با استفاده از انتخاب عامل‌های اصلی با تبیین پراش بیش از یک درصد (بر این اساس بردارهای ویژه‌ای که کمتر یک درصد پراش کل را نشان می‌دادند، حذف می‌گردند)
- ۸- تحلیل خوش‌ای با محاسبه فواصل اقلیدسی و روش ادغامی Ward بر روی مولفه‌های اصلی ماتریس $n \times p$ در گام نهایی الگوهای استخراجی با روش چشمی پس پردازش شده و درنهایت با محاسبه ماتریس همبستگی درون‌گروهی، روزهایی نماینده هر الگو مشخص شدند. در ادامه جهت ترسیم روزهای نماینده با استفاده از نرم افزار گردس، از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ه.پ، باد مداری، نصف‌النهاری و دما در تراز ۸۵۰ ه.پ، استفاده شد.

^۱ Principal Component Analysis

^۲ در ادامه، واژه هکتوپاسکال و ژئوپتانسیل متر جهت کوتاه نویسی به صورت «ه.پ» و «ژ.پ.م» نوشته شده است.

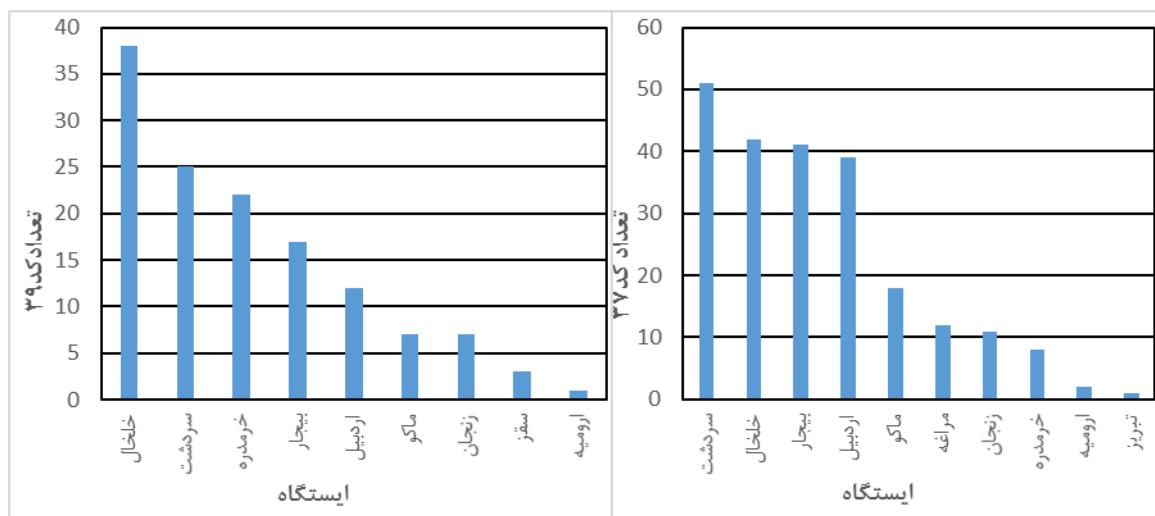


شکل ۲: نمودار مراحل انجام پژوهش

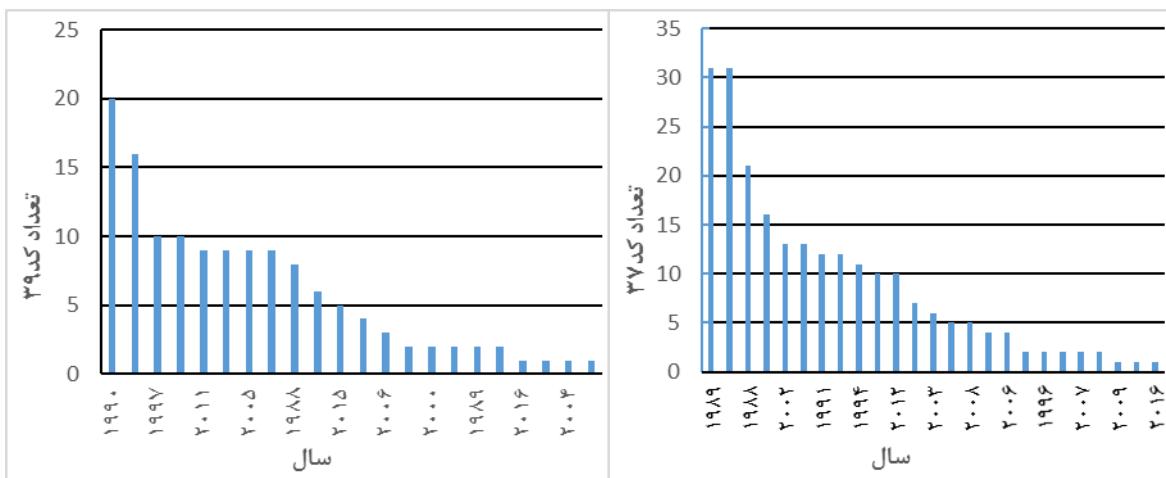
شرح و تفسیر نتایج

• مطالعه آماری

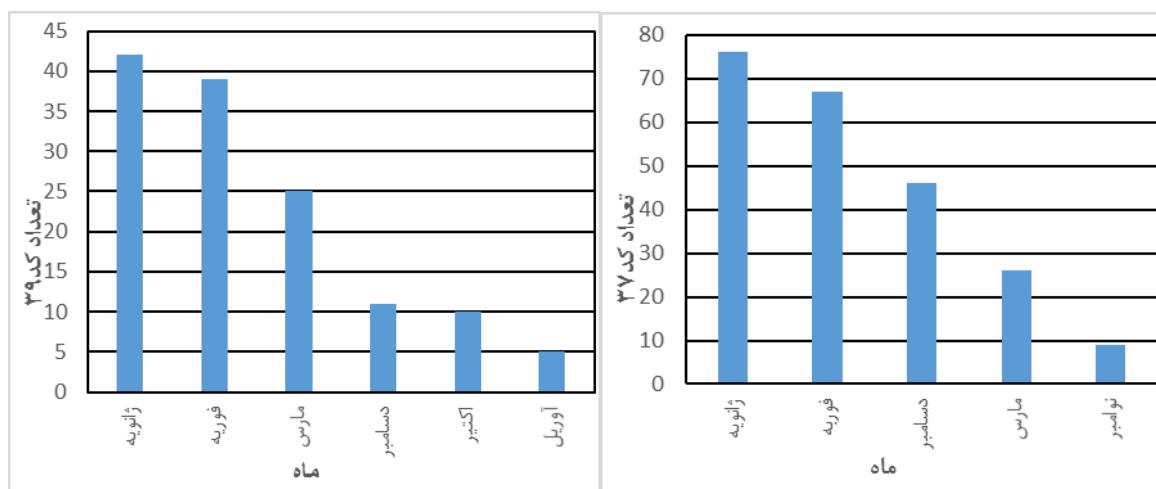
نتایج بررسی وقوع کدهای ۳۷ و ۳۹ در طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ نشان داد که بیشترین فراوانی رخداد کدهای ۳۷ و ۳۹ به ترتیب در ایستگاه سردهشت با ۵۱ مورد و ایستگاه خلخال با ۳۸ مورد بوده است (شکل ۳). مطالعه آماری فراوانی وقوع سالانه و ماهانه هریک کدها نشان داده که بیشترین رخداد کد ۳۷ در سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۰ با ۳۱ مورد و کد ۳۹ در سال ۱۹۹۰ با ۲۰ مورد بوده است (شکل ۴). بیشترین فراوانی تعداد رخداد کدهای ۳۷ و ۳۹ در ماه ژانویه به ترتیب با ۷۶ و ۴۲ مورد بوده است (شکل ۵).



شکل ۳: فراوانی رخداد پدیده کولاک (کد ۳۷ و ۳۹) در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل ۴: فراوانی رخداد پدیده کولاک (کد ۳۷ و ۳۹) در سال‌های مورد مطالعه



شکل ۵: فراونی رخداد پدیده کولاک (کد ۳۷ و ۳۹) در ماه های مورد مطالعه

نتایج آماری نشان داده که همبستگی (R) کد ۳۷ به ترتیب با ۲ عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی باهم (۰/۵۱) و با ارتفاع (۰/۵۰) می باشد. نتایج ضریب تبیین (R^2) نشان داد که ۲ عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی با هم در درصد وقوع کولاک برف و عامل ارتفاع نیز به تنها ۴۰/۸۰ درصد وقوع آن اثرگذار می باشد. همچنین نتایج آماری نشان داده که همبستگی کد ۳۹ به ترتیب با ۲ عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی باهم (۰/۵) و با ارتفاع (۰/۴۹) می باشد. نتایج آماری اثرگذاری عوامل جغرافیایی مانند ارتفاع و عرض جغرافیایی در کد ۳۹ نشان داد که این ۲ عامل باهم در ۲۵ درصد وقوع این پدیده تأثیرگذار هستند و عامل ارتفاع نیز به تنها ۲۰/۲۴ درصد وقوع آن اثرگذار می باشد. نتایج آماری حاصل از این ۲ کد نشان داده که ۷۵ درصد وقوع کولاک برف ناشی از شرایط جوی و الگوهای وارد شده به منطقه است (جدول ۲).

جدول ۲: ارتباط وقوع پدیده کولاک با عوامل جغرافیایی (منبع: یافته های تحقیق)

R	R^2	عوامل جغرافیایی
۰/۴۹	۰/۲۴	رابطه کد ۳۹ با ارتفاع
۰/۱۹	۰/۰۳	رابطه کد ۳۹ با عرض
۰/۵۰	۰/۲۵	رابطه کد ۳۹ با عرض و ارتفاع
۰/۵۰	۰/۲۵	رابطه کد ۳۷ با ارتفاع
۰/۲۶	۰/۰۶	رابطه کد ۳۷ با عرض
۰/۵۱	۰/۲۶	رابطه کد ۳۷ با عرض و ارتفاع

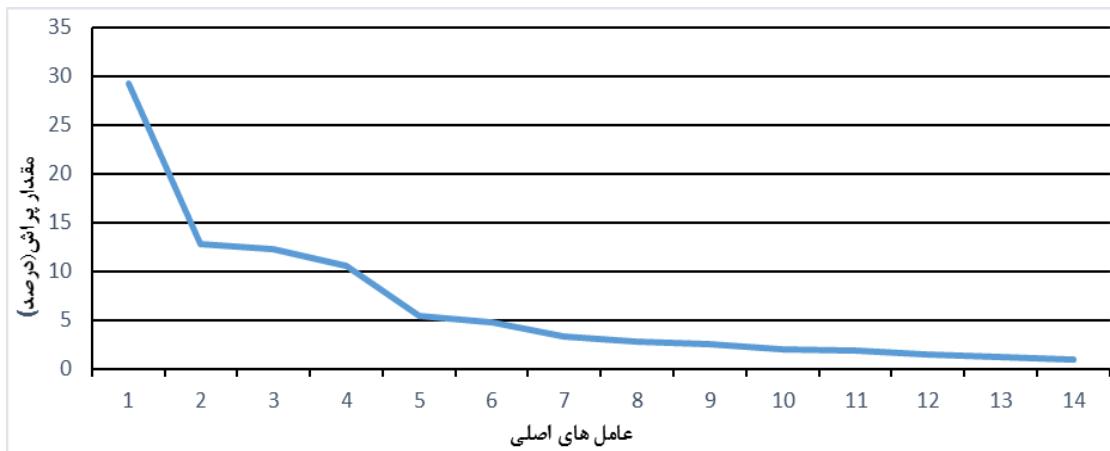
• مطالعه همدیدی

همانطور در بخش مواد و روش ها بیان گردید ۸۷ روز جهت شناسایی الگوهای همدید شناسایی گردید. براساس نتایج به دست آمده از داده های روزانه جوی (جدول ۳)، یک ماتریس در ابعاد ۸۷×۸۲۵ (ماتریس S) تشکیل گردید. پس از محاسبه با روش بردارهای ویژه، مشخص گردید که ۳۱ مقدار ویژه بزرگتر از یک دارد که نشان دهنده ۳۱ عامل می باشد که ۹۸ درصد پراش داده ها را تبیین می نماید. برای کاهش عامل ها، با چرخش واریماکس و با در نظر گرفتن میزان تبیین بیش از یک درصد، تعداد عامل ها به ۱۴ رسید که که حدوداً ۹۲ درصد پراش کل داده ها را تبیین نمود (شکل ۶) و

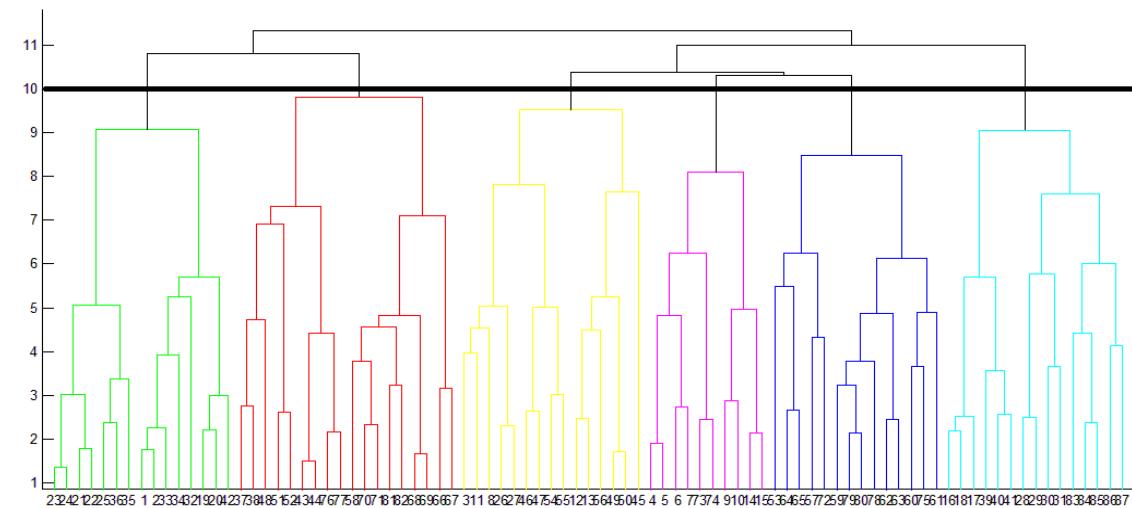
یک ماتریس 87×14 تشکیل داد. در نهایت برای تحلیل خوشه ای بر روی ماتریس مورد نظر و انتخاب تعداد خوشه ها، ابتدا یک برش ۶ خوشه ای انجام شد و سپس با استفاده از روش چشمی، ۵ الگو جوی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال استخراج شد (شکل ۷). در ادامه به بررسی و شناسایی این الگوهای فراوانی و قوع آنها پرداخته شده است (جدول ۴).

جدول ۳: مشخصات خروجی تحلیل مولفه مبنا (منبع: یافته های تحقیق)

ماتریس نمره های عاملی	ماتریس پراش کل	درصد پراش کل	مقدار ویژه > 1 درصد	درصد پراش کل	مقدار ویژه > 1	ماتریس اولیه
87×14	۹۲%	۱۴	۹۸%	۳۱	87×825	



شکل ۴: شکل عامل های اصلی و مقدار پراش



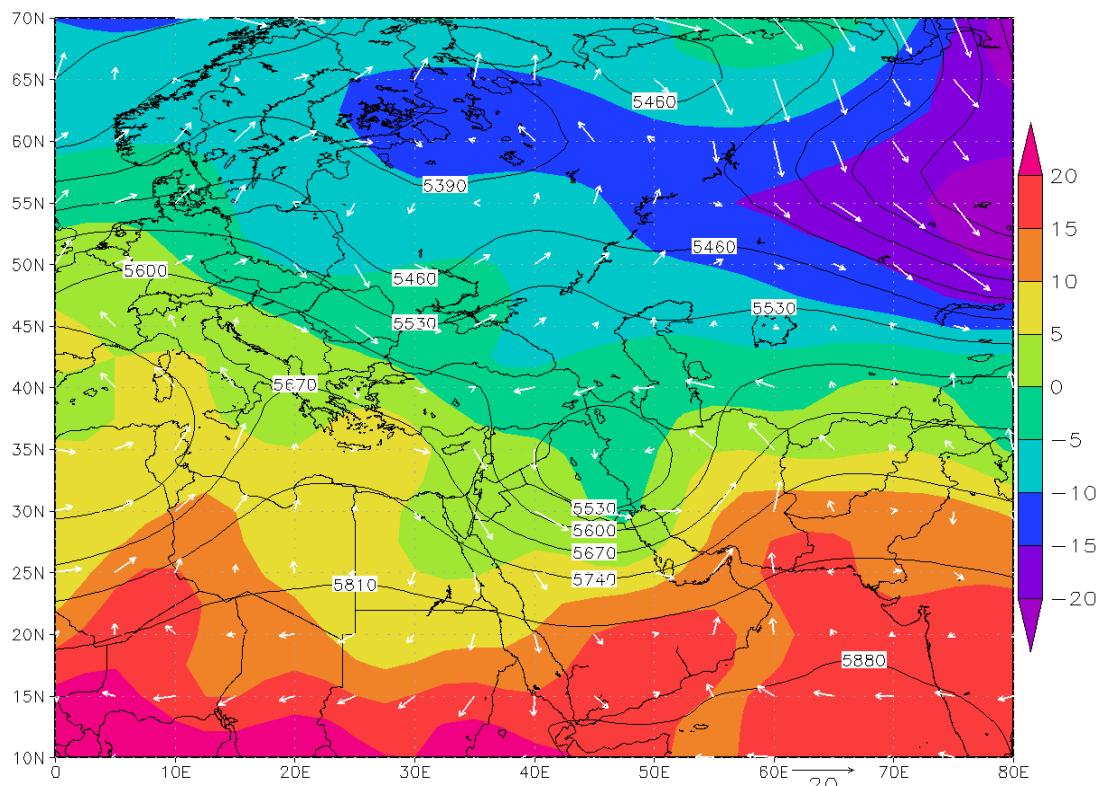
شکل ۷: نمودار درختی خوشه بندی وارد برای شناسایی الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با یک برش ۶ خوشه ای

جدول ۴: ویژگی های هر یک از الگوهای گردشی کولاک برف (منبع: یافته های تحقیق)

الگوی گردشی	درصد	تعداد عضو	روز نماینده
الگوی کم فشار بریده	۳۰	۲۶	۱۸ ژانویه ۱۹۸۸
الگوی ناوه بلند اروپای شرقی	۲۰	۱۸	۲۷ ژانویه ۱۹۹۱
الگوی ناوه عمیق شرق مدیترانه	۱۸	۱۶	۷ فوریه ۱۹۹۲
الگوی بندالی رکس	۱۶	۱۴	۸ ژانویه ۲۰۰۸
الگوی بندال امگابی	۱۵	۱۳	۲۵ دسامبر ۱۹۹۲

• الگوی کم فشار بریده

این الگو دارای ۲۶ عضو است با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۱۸ ژانویه ۱۹۸۸ به عنوان نماینده این الگو انتخاب شد (شکل ۸). در نقشه‌ی همدیدی تراز ۵۰۰ ه.پ کم فشار بریده (سردچال) که نیمه سمت راست آن بر روی منطقه مورد مطالعه واقع شده است. در این نقشه سرعت و جهت باد در تراز ۸۵۰ ه.پ نشان می‌دهد که ریزش هوای سرد از آسیای مرکزی و شرق اروپا باعث کاهش دما در شمال غرب شده است. در این روز، تمام منطقه مورد مطالعه بین محدوده دمایی صفر تا -۵ درجه سلسیوس واقع شده است.

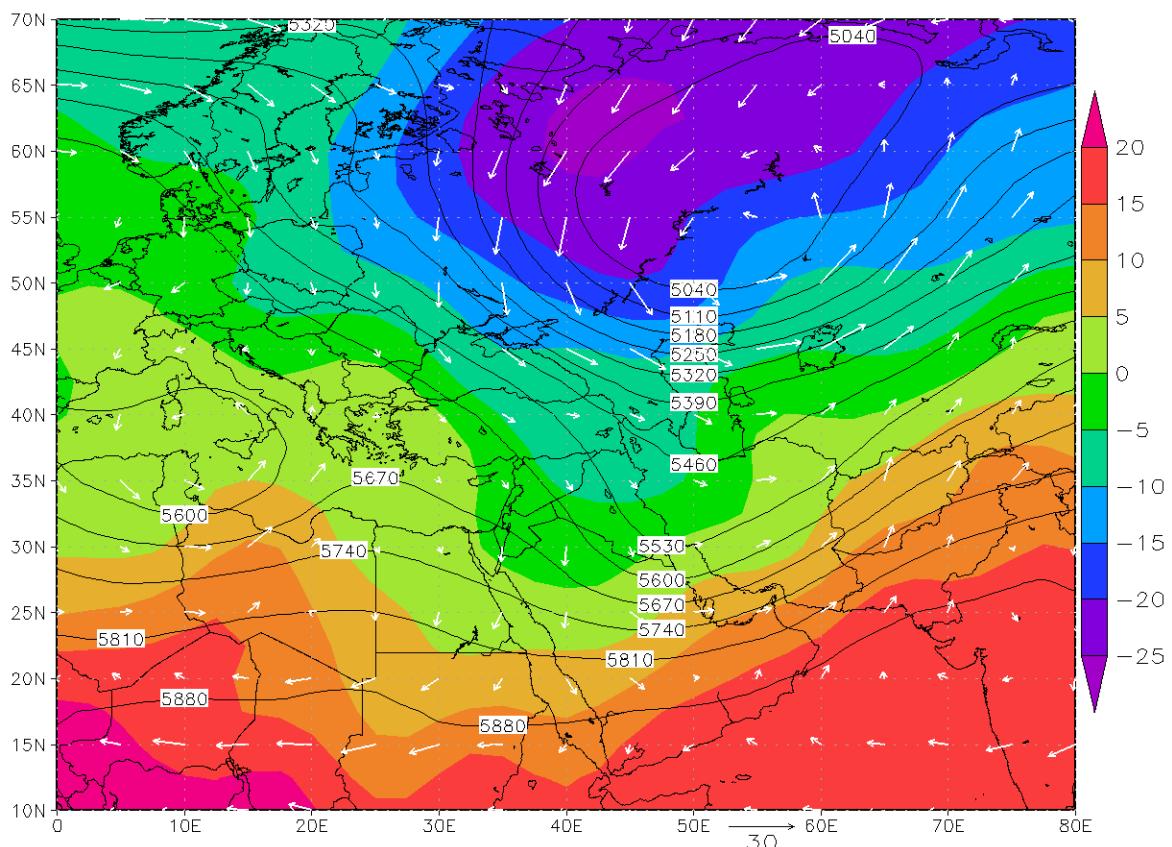


شکل ۸: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ (کنتور)، دما (°C) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز

۱۹۸۸/۰۱/۱۸ ه.پ.

• الگوی ناوه بلند اروپای شرقی

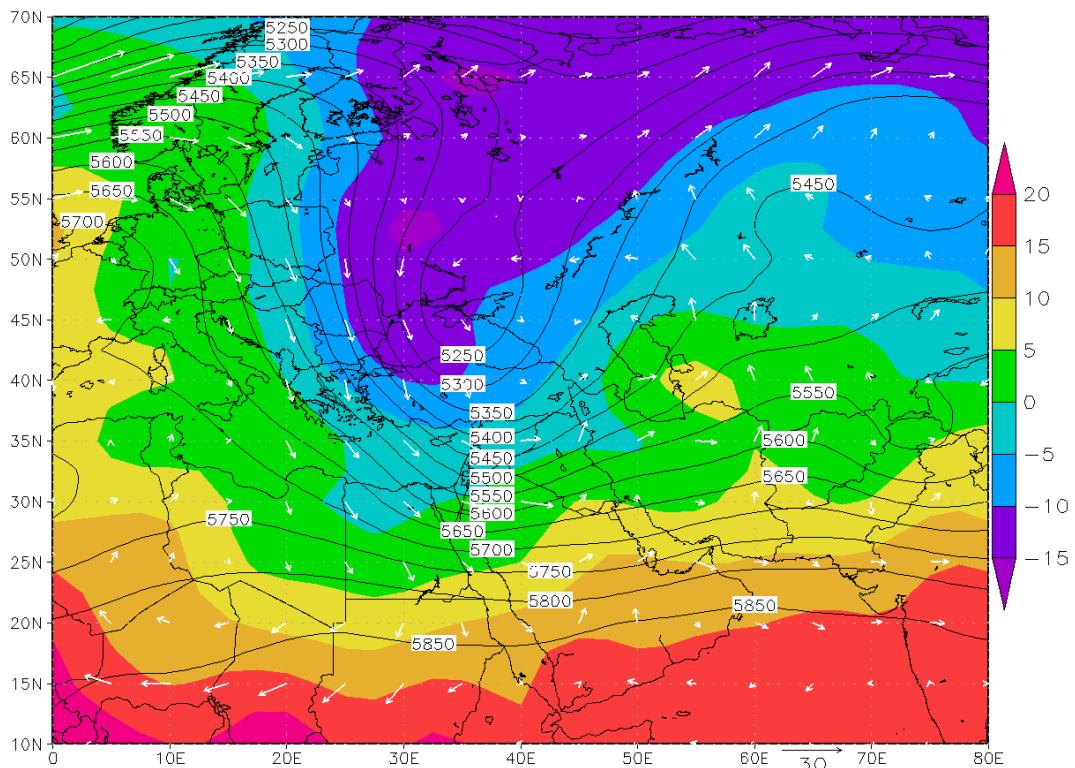
این الگو دارای ۱۸ عضو است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۲۷ ژانویه ۱۹۹۱ به عنوان نماینده این الگو انتخاب شد (شکل ۹). در این الگو، در تراز ۵۰۰ هم‌ارتفاع (۵-۵-۵)، منطقه مورد مطالعه در جلوی ناوه مدیترانه واقع شده است. در این الگو، فرودی بلند از ایران عبور می کند که عبور این فرود از منطقه توأم با جریان و ریزش هوای سرد از اروپا و آسیا مرکزی به سمت ایران است. پشتۀ شرق اروپا با محور شمالی - جنوبی، از غرب دریای مدیترانه تا عرض های جنوب قطبی و در ضلع شرقی خود با تقویت مؤلفه نصف النهاری باعث گسترش ناوه به عرض های پایین تر شده است. ریزش هوای سرد از قسمت شرقی پشتۀ اروپا توسط جریانات شمال غربی، باعث تشدید وقوع سرمای شدید می شود. در این نقشه سرعت و جهت باد در تراز ۸۵۰ هم‌ارتفاع می دهد که ریزش هوای سرد مدیترانه‌ای از عرض های شمالی، باعث کاهش دما در شمال غرب شده است. در این روز، تمام منطقه مورد مطالعه بین محدوده دمایی صفر تا ۱۰ درجه سلسیوس واقع شده است.



شکل ۹: نقشه ترکیبی ارتفاع ز.پ تراز ۵۰۰ هم‌ارتفاع (کنتور)، دما (°C) (پنهان رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز ۸۵۰ هم‌ارتفاع (پنهان رنگی) تاریخ ۱۹۹۱/۰۱/۲۷

• الگوی ناوه عمیق شرق مدیترانه

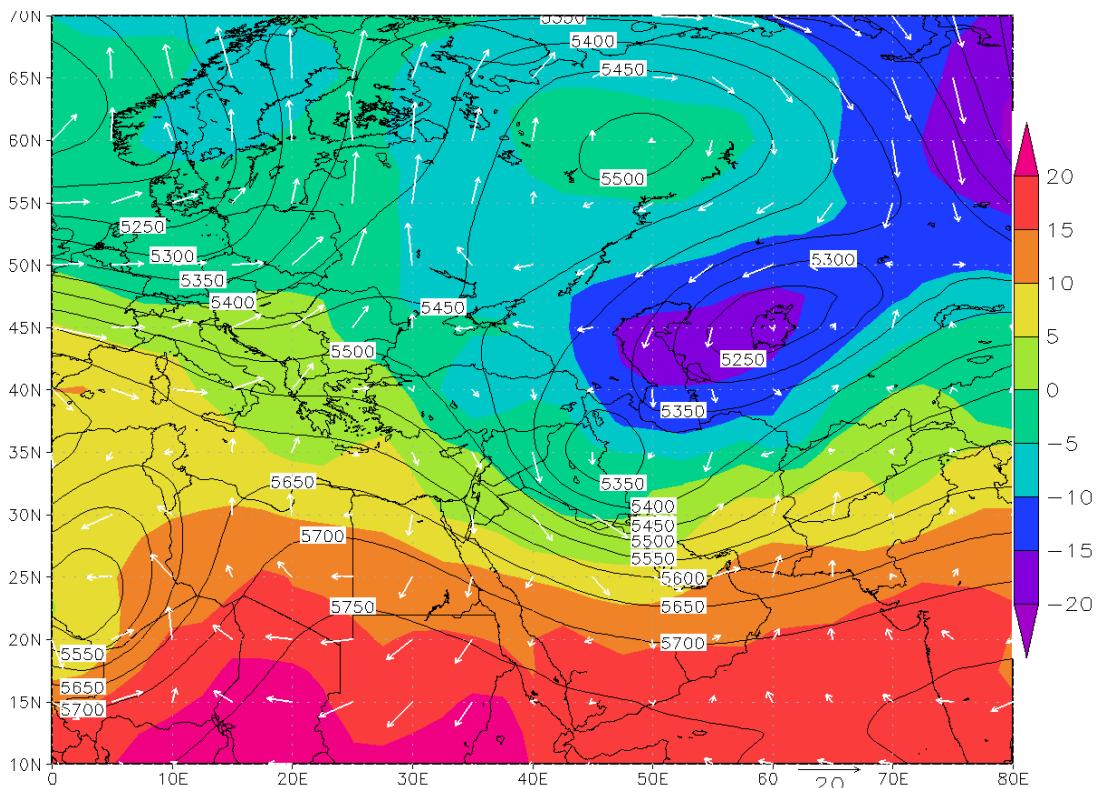
این الگو دارای ۱۶ عضو است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۷ فوریه ۱۹۹۲ به عنوان نماینده این الگو انتخاب شد (شکل ۱۰). در نقشه ز.پ تراز ۵۰۰ ه.پ ناوه‌ی نسبتاً عمیق با جهت شمالی-جنوبی از عرض‌های ۶۰ درجه تا عرض‌های ۲۰ درجه شمالی کشیده شده است. در این الگو، پشت‌های اروپای شرقی باریش هوای سرد عرض‌های بالا بر روی دریای سیاه و مدیترانه، باعث تقویت ناوه شرق مدیترانه شده که منطقه مورد مطالعه در قسمت جلو محور ناوه قرار دارد. در این نقشه سرعت و جهت باد در تراز ۸۵۰ ه.پ نشان می‌دهد که ریزش هوای سرد مدیترانه‌ای از شمال دریای سیاه، باعث کاهش دما در شمال غرب شده است. در این روز، منطقه مورد مطالعه بین محدوده دمایی صفر تا -۵ درجه سلسیوس واقع شده است.



شکل ۱۰: نقشه ترکیبی ارتفاع ز.پ تراز ۵۰۰ ه.پ (کنتور)، دما (°C) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز ۱۹۹۲/۰۲/۰۷ ه.پ تاریخ ۰۸۵.

• الگوی بندالی رکس

این الگو دارای ۱۴ عضو است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۱۲ فوریه ۱۹۸۹ به عنوان نماینده این الگو انتخاب شد (شکل ۱۱). در این الگو نحوه آرایش خطوط ارتفاعی تراز میانی جو به گونه‌ای است که وزش نصف النهاری بادهای غربی و ایجاد فرود عمیق بر بالای سرزمین‌های بین شرق دریای مدیترانه تا غرب دریای خزر، یک سامانه سردچال جو بالایی به شکل بیضی کشیده شده، تشکیل شده است. در این الگو، سرعت و جهت باد در تراز ۸۵۰ ه.پ نشان می‌دهد وجود بلوکینگ از نوع رکس بر روی مدیترانه باعث انتقال هوای سرد از اروپای شرقی و عرض‌های بالا شده است. در این روز، تمام منطقه مورد مطالعه بین محدوده دمایی صفر تا -۱۰ درجه سلسیوس واقع شده است.

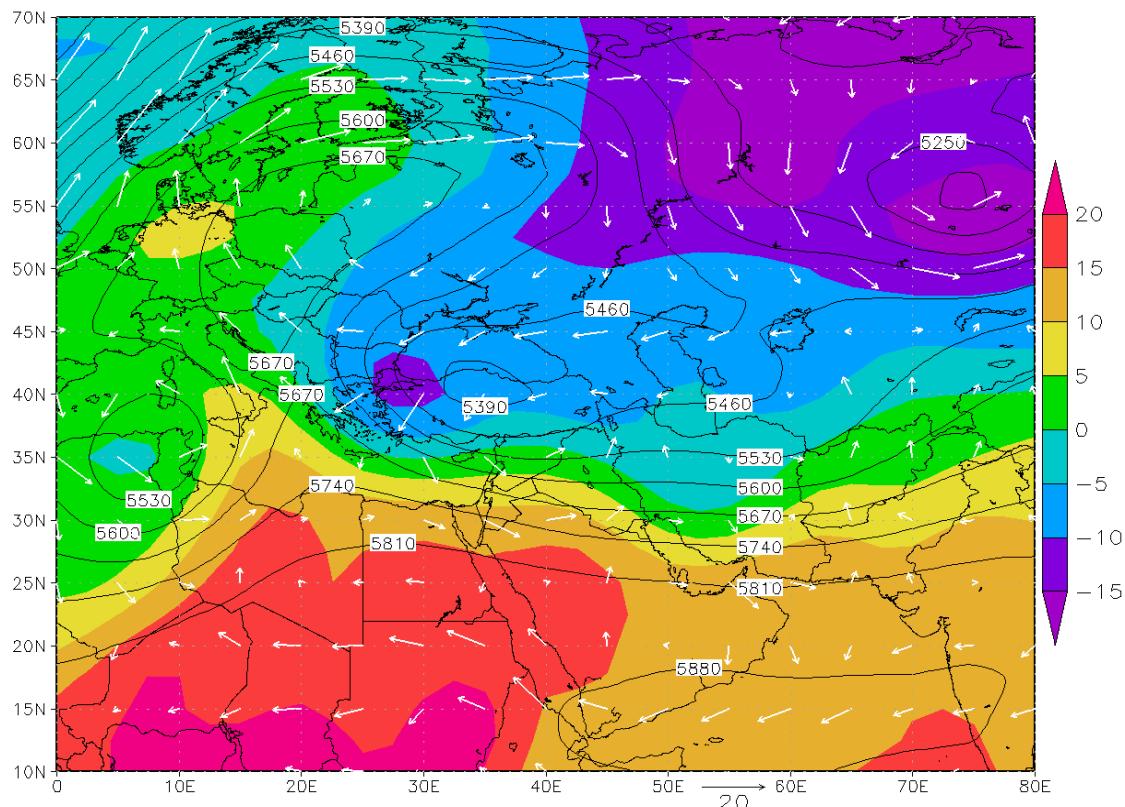


شکل ۱۱: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ (پهنگ ننگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز

۲۰۰۸/۰۱/۰۶ ه.پ تاریخ ۰۵.۸۵۰

• الگوی بندال امگایی

این الگو دارایی ۱۳ عضو است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۲۵ دسامبر ۱۹۹۰ به عنوان نماینده این الگو انتخاب شد (شکل ۱۲). نقشه ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ، مشخص کننده الگوی بندال امگایی است و سرمای منطقه بیشتر تحت تأثیر تراف سمت راست آن قرار گرفته است. در این الگو، پشتہ‌ای بر روی شمال آفریقا تشکیل شده و این پشتہ در روی جنوب اروپا به صورت یک سیستم مانع، باعث انحراف بادهای غربی از مسیر حرکتشان شده است. وجود بلوکینگ امگایی شکل گرفته سبب ماندگاری و مهیا کردن شرایط ریزش هوای سرد و تقویت فرود مشتق شده از آن شده است. در این الگو، سرعت و جهت باد در تراز ۸۵۰ ه.پ نشان می‌دهد ریزش هوای سرد از شمال اروپا و آسیای مرکزی باعث کاهش دما در شمال غرب شده است. در این روز، تمام منطقه مورد مطالعه بین محدوده دمایی صفر تا ۱۰ - درجه سلسیوس واقع شده است.



شکل ۱۲: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ تراز ۵۰۰ پ. (کنتور)، دما (°C) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز ۵۰۰ پ. پ تاریخ ۱۲/۲۵/۱۹۹۰.

نتیجه‌گیری

رخداد کولاک برف به عنوان یکی از مخاطرات اقلیمی، ترکیبی از سایر عوامل به خصوص دما (دماهی زیر صفر) و باد (سرعت ۱۵ متر بر ثانیه) و برف می‌باشد. در این تحقیق به بررسی آماری و همدید شرایط وقوع کولاک برف شمال غرب ایران پرداخته شد. ابتدا همه کدهای هواشناسی (۳۶، ۳۷ و ۳۸، ۳۹) اخذ گردید و روزهای با کولاک شدید برف (۳۷ و ۳۸) انتخاب شدند. سپس به تجزیه و تحلیل آماری و شناخت الگوهای ایجاد کننده این پدیده پرداخته شد. تحلیلهای آماری در مورد ارتباط اثر عوامل جغرافیایی بر کولاک شدید برف نشان داد که عامل ارتفاع بیشترین تأثیر را در شدت، افزایش و تفاوت‌های مکانی رخداد این پدیده دارد. در مجموع مهم ترین عامل وقوع این پدیده، ناشی از شرایط جوی و الگوهای همدید وارد شده به منطقه می‌باشد. همچنین وقوع پدیده کولاک برف در دوره مطالعاتی نشان داد که با یک دوره افزایش در تعداد آنها، مجدداً از تعداد آنها کاسته می‌شود و در دو دهه اخیر از میزان فراوامی و شدت آن کاسته شده است. بیشترین فراوانی رخداد کدهای ۳۷ و ۳۹ در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه به ترتیب در ایستگاه سردشت و ایستگاه خلخال بوده است. همچنین مطالعه آماری فراوانی وقوع سالانه و ماهانه هریک کدها نشان داده که کد ۳۹ در سال ۱۹۹۰ و کد ۳۷ در سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۰ و همچنین در ماه زانویه بیشترین فراوانی هر ۲ کد را داشته است.

بررسی الگوهای رخداد پدیده کولاک نشان داد که ۵ الگوی اصلی در ایجاد آن در منطقه نقش داشته که الگوی اول ناشی از تشکیل یک مرکز کم ارتفاع بریده است که با ریزش هوای سرد در آسیای مرکزی و شرق اروپا، باعث کاهش

دما در شمال غرب شده است. الگوی دوم ناشی از عبور فرودی بلند از ایران می باشد که عبور این فرود از منطقه توأم با جریان و ریزش هوای سرد از اروپا به سمت ایران شده است. الگوی سوم، قرارگیری منطقه مورد مطالعه در قسمت جلو محور ناوه‌ی نسبتاً عمیق و کشیده شده شرق مدیترانه می باشد که این ناوه باعث ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی به شمال غرب شده است. الگوی چهارم، با شکل گیری بلکینگ از نوع رکس بر روی مدیترانه موجب انتقال هوای سرد از اروپای شرقی، قزاقستان و عرض‌های بالا بر روی ایران شده است. الگوی پنجم، با تشکیل یک بلکینگ امکایی باعث شده که هوای سرد شمال اروپا و آسیای مرکزی از سمت شمال وارد کشور شود و باعث افت دما در منطقه شود.

در بین الگوهای شناخته شده، الگوهایی که به صورت بلکینگ(الگوی ۴ و ۵) بوده مهم ترین نقش را در ماندگاری و انتقال جریانات توأم با سرما داشته و حتی به سمت مناطق عرض‌های پایین نیز کشیده شده اند. سایر الگوها علیرغم فراوانی به صورت دوره‌ای، شرایط را برای وقوع این پدیده مهیا نموده و برخلاف الگوهای بلکینگ از شدت و ضعف برخوردار بوده اند.

این تحقیق از نظر تعداد سالهای آماری، تعداد ایستگاهها، نتایج آماری و الگوهای همدیدی با سایر پژوهش‌ها متفاوت است. برای نمونه در پژوهش خوشحال دستجردی(۱۳۹۶) ۲ الگوی همدید نهایی(مشابه الگوی بندال امکایی و الگوی ناوه عمیق شرق مدیترانه در این پژوهش) را در طی ۲۲ سال(۱۹۸۷-۲۰۰۹) و ملازاده و همکاران(۱۳۹۳) در طی ۲۳ سال(۱۹۸۶-۲۰۰۹) یک الگوی همدید را (مشابه الگوی ناوه عمیق شرق مدیترانه در این پژوهش) به روش چشمی شناسایی نموده‌اند. همچنین الگوهای شناسایی شده با نتایج الگوهای همدید سرماهای فراغیر شمال غرب علیجانی و هوشیار(۱۳۸۷)، الگوهای همدید دماهای فرین پایین فراغیر دوره سرد منطقه آذربایجان قویدل رحیمی(۱۳۹۰)، الگوهای همدید بارش تگرگ فراغیر در شمال غرب ایران خوش اخلاق و همکاران(۱۳۹۱) الگوهای همدید دمای پایه بارش برف در شمال غرب ایران لشکری و همکاران(۱۳۹۳)، امواج سرمایی منطقه شمال غرب قویدل رحیمی و همکاران(۱۳۹۵) الگوهای همدیدی امواج سرمایشی و فراغیر شمال غرب دوستکامیان و همکاران(۱۳۹۶) مطابقت دارد.

منابع

- اصغری، آزاد. ۱۳۹۰. تحلیل سینوپتیکی کولاک برف در استان کردستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت معلم.
- اصغری، آزاد؛ فراست کریمیان. ۱۳۹۴. تحلیل همدیدی مخاطرات کولاک‌های برف در استان کردستان(مطالعه موردي: کولاک دوره ۱۷ تا ۱۹ زانویه ۱۹۸۶). اولین کنفرانس بین المللی علوم جغرافیایی، مؤسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی، شیراز، ایران.
- بحیرایی، حمید؛ هادی ایازی، محمدعلى رجایی، حمزه احمدی. ۱۳۹۱. تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان ایلام. فصلنامه علمی - پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۱: ۴۸-۶۷.
- پروین، نادر. ۱۳۹۶. بررسی مرکز تغییرات تراز میانی جو موثر بر روزهای خشک در حوضه آبریز زاب کوچک با استفاده از PCA. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۴۶: ۲۳-۴۳.
- جانسون، ریچارد؛ ویچرن دین دبلیو. ۱۹۳۷. تحلیل آماری چند متغیری کاربردی. حسین علی نیرومند. چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.

- خورشیدوست، علی‌محمد؛ عباس مفیدی، علی‌اکبر رسولی، کامل آزم. ۱۳۹۵. تحلیل همدیدی سازوکار های وقوع بارش‌های سنگین بهاره در شمال غرب ایران. مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۸: ۵۳-۸۲.
- خوش اخلاق، فرامرز؛ حسین محمدی، علی‌اکبرشمی پور ع، اسد...افتادگان خوزانی. ۱۳۹۱. واکاوی همدید بارش تگرگ فراگیر در شمال غرب ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲: ۶۹-۵۵.
- خوشحال دستجردی، جواد؛ اصغر کامیار. ۱۳۹۶. شناسایی و تحلیل الگوهای همدید موجود کولاک فراگیر برف در شمال غرب ایران. جغرافیای طبیعی، ۳۷: ۳۰-۱۵.
- دوستکامیان، مهدی؛ مسعود جلالی، الله مراد طاهریان زاد. ۱۳۹۶. تحلیل آماری- همدیدی امواج سرمایشی و فراگیر شمال غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۱۸: ۴- ۶۹۹.
- روزنامه اطلاعات، ۱۳۵۰. شماره ۱۳۷۱۹- ۱۳۷۰۶.
- روستا، ایمان. ۱۳۸۹. تحلیل آماری و سینوپتیکی سوزبادهای فراگیر شمال غرب ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶.
- شایان، سیاوش. ۱۳۷۸. فرهنگ اصطلاحات جغرافیای طبیعی، چاپ چهارم. انتشارات مدرسه، تهران.
- شمی‌پور، علی‌اکبر؛ سیفاله کاکی، ایوب جعفری، سید میثم جاسمی. ۱۳۹۷. واکاوی همدیدی - ترمودینامیکی بارش‌های سنگین غرب و جنوب غرب ایران (مطالعه موردي ۱۲ تا ۱۵ آوریل ۲۰۱۶). نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۶۴: ۳۵-۵۷.
- عزیزی، قاسم؛ تیمور علیزاده. ۱۳۹۲. طبقه بندی همدید الگوهای گردشی موثر بر آب و هوای ایران در تراز دریا. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۴: ۲۳-۳۸.
- عساکر، حسین؛ سهیلا رحیمی، فاطمه ترکانی. ۱۳۹۱. تحلیل آماری بر یخ‌بندان‌های ایران زمین. مخاطرات محیط طبیعی، ۱: ۶۹-۸۵.
- علیجانی، بهلول. ۱۳۸۷. اقلیم شناسی سینوپتیک، چاپ اول. انتشارات سمت، تهران.
- علیجانی، بهلول؛ محمود هوشیار. ۱۳۸۷. شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۱۶: ۶۵.
- غیور، حسنعلی؛ امیرحسین حلیان، بیژن صابری، فرشته پور‌جزی. ۱۳۹۱. بررسی رابطه بارش‌های سنگین با الگوهای گردشی جو بالا (مطالعه موردي: استان خراسان جنوبی). مجله مخاطرات محیطی، ۲: ۱۱-۲۸.
- فرجزاده، متوجه؛ سید امیر حسینی. ۱۳۸۹. تحلیل و پنهانه بندی زمانی- مکانی یخ‌بندان در ایران. جغرافیا و توسعه ناحیه ای، ۱۵: ۶۹-۸۹.
- فرهنگ واژه‌های مصوب فرهنگستان، گروه واژه‌گزینی و زیر نظر حسن حبیبی، واژه‌های علوم زمین (ابره). ۱۳۸۶. دفتر چهارم، انتشارات فرهنگستان زبان و ادب فارسی.
- فرهنگستان زبان و ادب فارسی، واژه‌های علوم زمین (ابره). ۱۳۸۰. انتشارات فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران.
- قویدل رحیمی، یوسف. ۱۳۹۰. رابطه دماهای فرین پایین فراگیر دوره سرد آذربایجان با الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوباسکال، فضای جغرافیایی، ۳۵: ۱۸۴-۱۵۵.
- قویدل رحیمی، یوسف؛ منوچهر فرج‌زاده اصل، سولماز مطلبی‌زاده. ۱۳۹۵. تحلیل آماری و سینوپتیک امواج سرمایی منطقه شمال غرب ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۴۰: ۲۹-۴۶.
- کرمپور، مصطفی؛ جعفر رفیعی، ایوب جعفری. ۱۳۹۶. شناسایی و تحلیل سینوپتیکی امواج گرمایی غرب ایران (ایلام، خوزستان، لرستان، کرمانشاه). مدیریت مخاطرات محیطی، ۳: ۲۶۳-۲۷۹.

لشکری، حسن؛ حبیبه نقی زاده، محمد مرادی، محمد سعید نجفی. ۱۳۹۳. تحلیل همدید دمای پایه بارش برف در شمال غرب ایران. پژوهش‌های اقلیم شناسی ۱۹: ۲۲-۱۱.

محمدی، حسین. ۱۳۸۶. مفاهیم و اصطلاحات آب و هواشناسی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

مسعودیان، سید ابوالفضل؛ محمد رضا کاویانی. ۱۳۸۷. اقلیم‌شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان، اصفهان.

ملازاده، بهرام؛ محمد سلیقه، بهلول علیجانی، محمد حسین ناصرزاده. ۱۳۹۲. تحلیل آماری و سینوپتیکی کولاک برف در استان آذربایجان غربی. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴: ۷۵-۹۰.

ملکوتی، حسین؛ سمیرا باباحسینی، احمد نوحه‌گر، مجید آزادی، محمد رضا محمدپور. ۱۳۹۲. مطالعه همدیدی و عددی نشر، انتقال و شناسایی چشمۀ یک توفان گردوبغار سنگین در منطقه خاورمیانه. فصلنامۀ پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۲: ۶۹-۸۰.

نجف پور، بهرام. ۱۳۹۱. شناسایی الگوهای گردشی ایجاد‌کنندۀ سیالاب در جنوب غرب ایران. جغرافیا و توسعه، ۳۱: ۷۷-۹۲.

هوشیار، محمود؛ علی عاشری. ۱۳۹۰. شناسایی الگوهای سینوپتیکی یخبندان و بارش سنگین برف و کولاک مؤثر بر تصادف جاده‌ای و سوانح ریلی و هوایی (منطقه مورد مطالعه شمال غرب ایران). دومین کنفرانس ملی تصادف جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، ایران.

- Changnon, D.; C. Merinsky, and M. Lawson. ۲۰۰۸. Climatology of surface cyclone tracks associated with large central and eastern US snowstorms, ۱۹۵۰-۲۰۰۰. Monthly Weather Review ۱۳۶: ۳۱۹۳-۳۲۰۲.
- Danciu-Ciurlău, D.; ۲۰۱۴. An Episode of Late Blizzard, ۲۵-۲۶ March ۲۰۱۳. Present Environment and Sustainable Development ۸, ۱: ۱۶۵-۱۷۴.
- Dickinson, M. J.; L. F Bosart, W. E. Bracken, G. J. Hakim, D. M. Schultz, M. A. Bedrick, and K. R. Tyle. ۱۹۹۷. The March ۱۹۹۳ superstorm cyclogenesis: Incipient phase synoptic-and convective-scale flow interaction and model performance. Monthly weather review, ۱۲۵(۱۲), ۳۰۴۱-۳۰۷۲.
- Ciurlau, D.; C. L řchiopu. ۲۰۱۴. THE AIR-PRESSURE FIELD CONFIGURATION THAT CAUSED THE BLIZZARD EPISODES IN NOVEMBER ۱۹۹۳, ON THE SOUTH-EASTERN PARTS OF ROMANIA AND ITS IMPACT ON AIR FLIGHTS.
- Fischer, M.; S. Lenggenhager, R. Auchmann, and A. N. Stickler. ۲۰۱۳. Synoptic analysis of the New York March ۱۸۸۸ blizzard.
- Ganetis, S.; ۲۰۱۱. Analysis of Banding in ۲۶-۲۷ December ۲۰۱۰ East Coast Blizzard. Atmospheric & Environmental Sciences, ۲: ۱-۲۰.
- Hosso, E.; C. Jlolis, and A. Batzakas. ۲۰۰۸. tmospheric circulation patterns associated with xtremes.
- Houston, T.G.; and S.A. Changnon. ۲۰۰۹. Characteristics of the top ten snowstorms at First-Order Stations in the US. Natural Hazards ۴۸, ۱: ۱۰۱-۱۱۳.
- Jankot, J.C.; ۲۰۰۹. Synoptic Analysis of Large Snowstorms Affecting Boston, Massachusetts. Thesis for Degree Masters of Science in the Graduate School of The Ohio State University, Atmospheric Sciences Program, The Ohio State University.
- Karvetski, C.; R. Lund, and F. Parisi. ۲۰۰۹. A statistical study of extreme nor'easter snowstorms. Involve, a Journal of Mathematics ۲, ۳: ۳۴۱-۳۵۰.
- Kocin, P.J.; and L. Uccellini. ۲۰۱۶. Snowstorms along the Northeastern Coast of the United States: ۱۹۵۵ to ۱۹۸۰. Meteorological monograph. No. ۴4, American Meteorological society. ۲۸۰ pp. Springer.
- Nicașu, L.; L. Sfica, A. Ursu, P. Ichim, D.E. Bobric, and I.G. Breaban. ۲۰۱۹. Wind erosion on arable lands, associated with extreme blizzard conditions within the hilly area of Eastern Romania. Environmental research ۱۶۹: ۸۶-۱۰۱.
- Yarnal, B.; and J. D. Draves. ۱۹۹۲. A synoptic climatology of stream flow and acidity. Clim. Res ۲: ۱۹۳-۲۰۲.

