نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹
صفحات ۱۶۹ – ۱۸۶

الگوبندی و تحلیل همدید رخداد کولاک برف‌های شدید شمال غرب ایران

علی‌اکبر شمسی‌پور[1]؛ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.
ایوب جعفری؛ دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.
حسام الدّین بستانچی: دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، 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 (دمای 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 واکاوی 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 واکاوی گردید. تحلیل‌های آماری در مورد ارتباط اثر عوامل جغرافیایی بر کولاک شدید برف نشان داد که عامل ارتفاع بیشترین تأثیر را در شدّت، 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 به‌دست 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.

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

[1] . نویسنده مسئول: Email: shamsipr@ut.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

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 باغداری، 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 ریزِ 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 می شود (شایان، 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 توفان‌برف وضعیت جوّی 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).

٤- طبق تعریف سازمان هواشناسی کشور، کولاک برف از جمله پدیده‌های جوّی 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 محلّی 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 بیش‌از 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 موج های 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 عساکره 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 داراست.

در تحقیقات داخلی، اکثر مطالعات انجام شده در مورد مخاطرات محیطی چون سیل (نجف‌پور، ۱۳۹۲؛ قاسمی‌فر و همکاران، ۱۳۹۶)، بارش‌های سنگین (شمسی‌پور 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

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 موردی و با روش چشمی صورت گرفته است که برای نمونه می توان به تحقیقات انجام شده در مناطق شمال‌غرب (هوشیار و عاشری، ۱۳۹۰)، استان کردستان (اصغری و علیجانی، ۱۳۹۴؛ اصغری و کریمیان، ۱۳۹۴)، استان‌آذربایجان شرقی (ملازاده و همکاران، ۱۳۹۳) و مناطق شمال غرب(خوشحال دستجردی و کامیار،۱۳۹۶) اشاره نمود. خوشحال دستجردی و کامیار(۱۳۹۶) به شناسایی و تحلیل الگوهای همدید موجد کولاک فراگیر برف در شمالغرب ایران پرداختند که با بررسی چشمی ۱۱ مورد کولاک فراگیر، دو الگوی نهایی را با عناوین بندال اُمگایی و کم ارتفاع شمالی- مدیترانه ای 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, ۲۰۱٦)، دره رودخانه اوهایو (Changnon et.al, ۲۰۰۸)، شمال‌شرق آمریکا (Karvetski et.al, ۲۰۰۹)، کل آمریکا (Houston & Changnon, ۲۰۰۹)، نیوانگلند 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 ۲۶و ۲۷ دسامبر ۲۰۱۰ شهر نیویورک و مناطق مجاورآن، به تشکیل یک چرخند ساحلی اشاره نموده که به وسیله یک جت‌باد در تراز۳۰۰ هکتوپاسکال تقویت شده است. (Fischer et.al, ۲۰۱۳) وقوع 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 مرطوب از آتلانتیک و توده های هوای سرد از سرزمین‌های شمال غرب، باعث افزایش گرادیان شدید دما و سرعت باد شده است. (Danciu-Ciurlău, ۲۰۱٤) وقوع دیرهنگام کولاک ۲۵و۲۶ مارس ۲۰۱۳ در رومانی بررسی کرد و به این نتیجه رسید که توده هوای سرد قطبی در تراز سطح زمین و۸۵۰ هکتوپاسکال، مهم‌ترین تأثیر را در گسترش هوای سرد دارد و باعث جابه جاشدن هوای گرم شده است. (Ciurlau and Șchiopu, ۲۰۱٤) شرایط همدیدی رخداد کولاک برف نوامبر ۱۹۹۳ و اثرات آن در پروازهای هوایی در جنوب شرقی رومانی بررسی نموده که بر اساس نتایج، وقوع یک کم فشار در سطح زمین و پرفشار در سطح بالا سبب انتقال هوا گرم و مرطوب از جنوب و هوای سرد از شمال شده است.

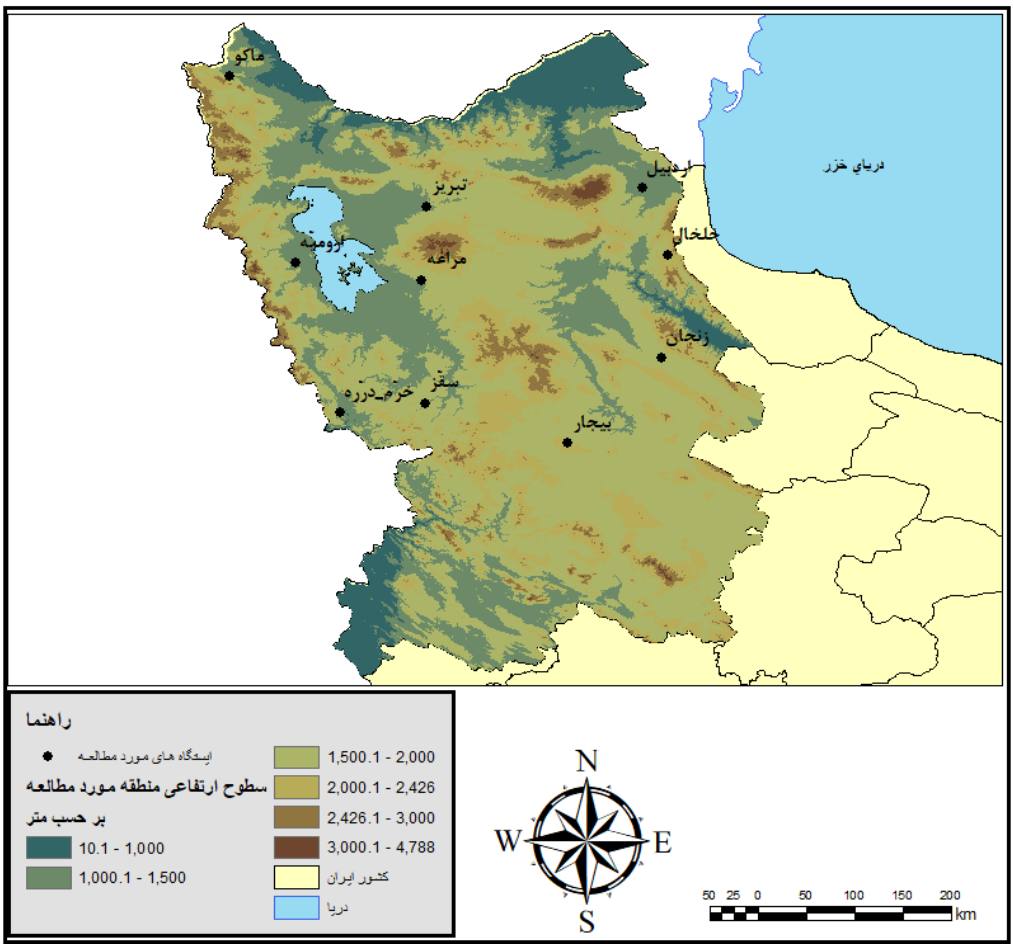
مطالعات انجام شده بیشتر گویای تأکید و تمرکز پژوهشگران به تحلیل‌های همدیدی در مطالعه کولاک در مقیاس جهانی است، در ایران فقط به تحلیل آماری و همدیدی یک نمونه موردی از کولاک پرداخته شده و تا کنون، مطالعه جامع بر روی الگوهای جوی شکل‌گیری پدیده کولاک انجام نشده است. بنابراین مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که شناخت 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 مؤثّر در زمان رخداد در شمال‌غرب ایران می‌باشد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

داده ها و روش کار

منطقه شمال‌غرب ایران در عرض‌های جغرافیایی ۳۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۵۱ درجه طول‌های جغرافیای شرقی قرار گرفته است. از نظر تقسیمات سیاسی، منطقه مورد مطالعه شامل ۶ استان (اردبیل، آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی، زنجان، کردستان، کرمانشاه، همدان) است (شکل۱).



شکل۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

دو رویکرد عمده مطالعات آب و هواشناسی همدید، رویکردهای گردشی به محیطی و محیطی به گردشی می‌باشد. در این مطالعه از طبقه‌بندی 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 ایستگاه‌های مورد مطالعه تا ۲۰۱۶ از سازمان هواشناسی اخذ گردید. در ادامه برای بررسی دقیق، ایستگاه‌هایی 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 (جدول۱). در نهایت ارتباط پدیده کولاک برف با عرض جغرافیایی و ارتفاع (بدلیل تأثیرگذاری بالای آنها در پدیده) در ایستگاه‌های مورد مطالعه مشخص شد. برای ارزیابی نتایج آماری به دست آمده از شاخص‌های ضریب همبستگی [۱](R) و ضریب تعیین [۲](R۲) استفاده شد (شکل۲).

۱ Correlation Coefficient
۲ Coefficient of Determination

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

جدول۱: کدهای هوای حاضر (۳۶ تا ۳۹) پدیده کولاک برف(سازمان هواشناسی، ۱۳۹۶)

کد	شرح پدیده
۳۶	کولاک خفیف یا متوسط برف- معمولا پایین (زیر سطح افقی چشم دیدبان)
۳۷	کولاک شدید برف- معمولا پایین (زیر سطح افقی چشم دیدبان)
۳۸	کولاک خفیف یا متوسط برف- معمولا بالا (بالاتر از سطح افقی چشم دیدبان)
۳۹	کولاک شدید برف- معمولا 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 دقت در شناسایی الگوهای همدیدی، روزهایی که کدهای ۳۷ و ۳۹ (کولاک شدید) در آن بیش از یکبار (۳ساعتی) 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 ۱۹۸۷تا ۲۰۱۶ از محدوده ۱۰-۷۰ درجه عرض شمالی و۰-۸۰ درجه طول شرقی با تفکیک مکانی ۲/۵*۲/۵ از داده های 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

٤- تعیین تعداد عامل‌ها مقادیر ویژه بزرگتر از یک (Janson & Vichern ۱۹۸۰).

٥- استفاده از دوران متعامد (Yarnal & Draves, ۱۹۹۳).

٦- محاسبه ماتریس ضرایب عامل‌ها و ضرب نمودن آن در ماتریس استاندارد شده داده ها به منظور محاسبه ماتریس نمرات عاملی یک ماتریس$n\times p$ (n تعداد روزها و p تعداد عامل ها)

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 می دادند، حذف می‌گردند)

۸- تحلیل خوشه ای با محاسبه فواصل اقلیدسی و روش ادغامی Ward بر روی مولفه های اصلی ماتریس $n\times p$

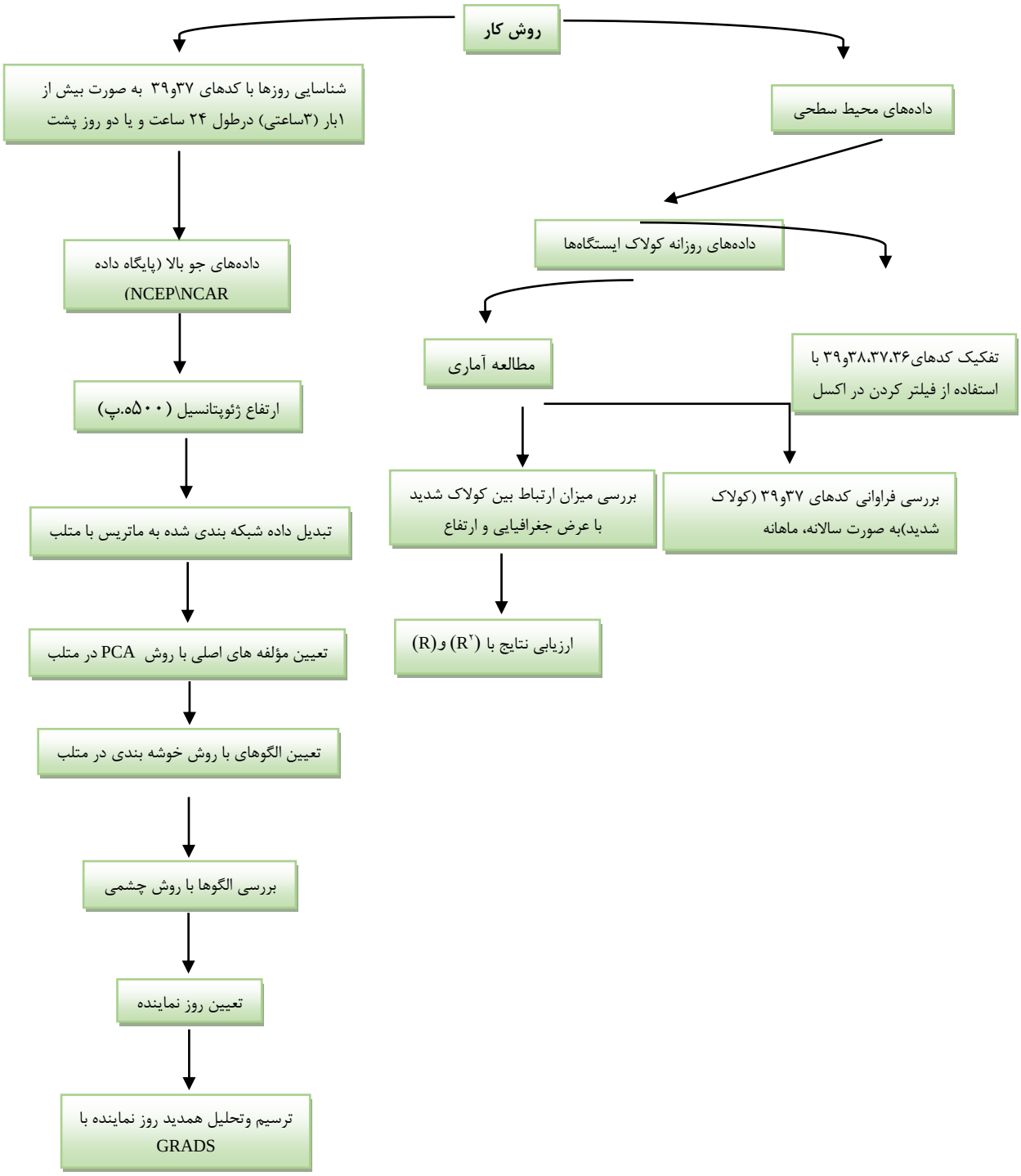
در گام نهایی الگوهای استخراجی با روش چشمی پس پردازش شده و درنهایت با محاسبهٔ ماتریس همبستگی درون‌گروهی، روزهای نمایندهٔ هر الگو مشخص شدند. در ادامه جهت ترسیم روزهای نماینده با استفاده از نرم افزار گردس، از داده‌های ارتفاع ژ.پ تراز۵۰۰ ه.پ، باد مداری، نصف‌النهاری و دما در تراز ۸۵۰ ه.پ، استفاده شد.

۱ Principal Component Analysis

۲ در ادامه، واژه هکتوپاسکال و ژئوپتانسیل متر جهت کوتاه نویسی به صورت« ه ۰ پ » و « ژ.پ.م» نوشته شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]



شکل۲: نمودارمراحل انجام پژوهش

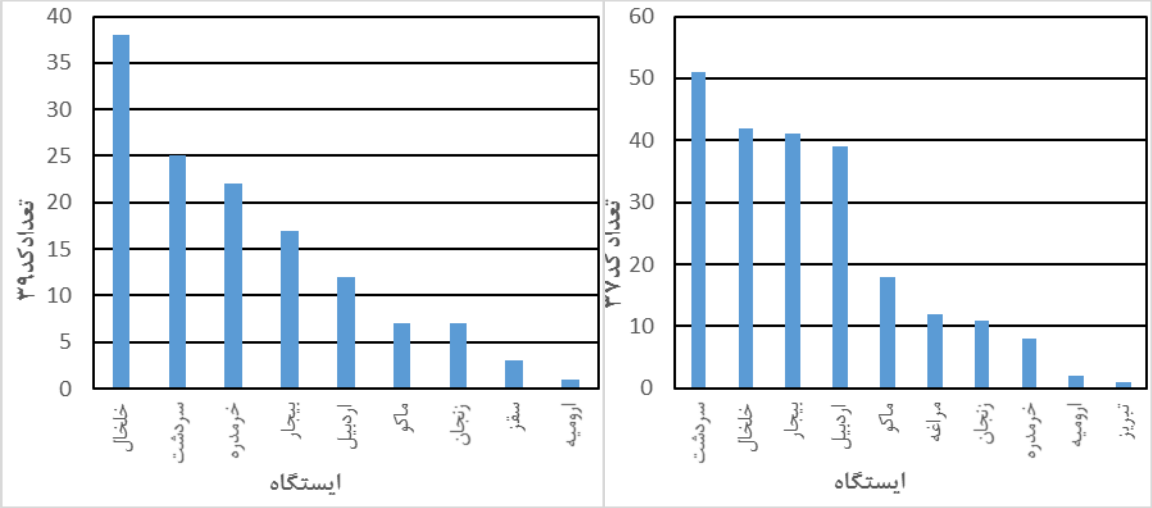
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

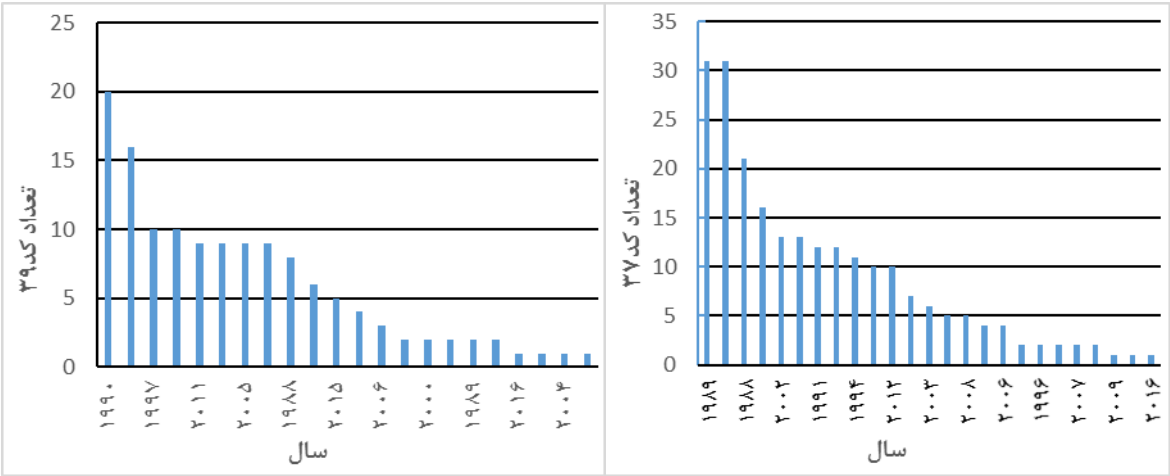
شرح و تفسیر نتایج

- **مطالعه آماری**

نتایج بررسی وقوع کدهای ۳۷ و ۳۹ در طی سال های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ نشان داد که بیشترین فراوانی رخداد کدهای۳۷ و ۳۹ به ترتیب در ایستگاه سردشت با ۵۱ مورد و ایستگاه خلخال با ۳۸ مورد بوده است (شکل۳). مطالعه آماری فراوانی وقوع سالانه و ماهانه هریک کدها نشان داده که بیشترین رخداد کد۳۷ در سال های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۰ با ۳۱مورد و کد ۳۹ در سال ۱۹۹۰ با ۲۰ مورد بوده است (شکل۴). بیشترین فراونی تعداد رخداد کدهای ۳۷ و ۳۹ در ماه ژانویه به ترتیب با ۷۶ و ۴۲ مورد بوده است (شکل۵).



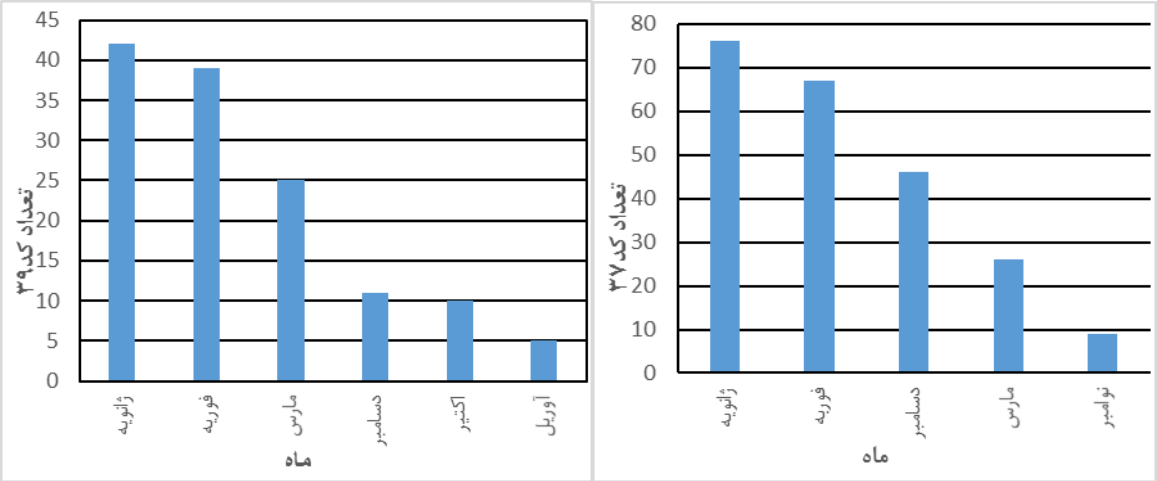
شکل۳: فروانی رخداد پدیده کولاک(کد ۳۷ و ۳۹) در ایستگاه های مورد مطالعه



شکل ۴: فراونی رخداد پدیده کولاک (کد ۳۷ و ۳۹) در سال های مورد مطالعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]



شکل۵: فراونی رخداد پدیده کولاک (کد ۳۷ و ۳۹) در ماه های مورد مطالعه

نتایج آماری نشان داده که همبستگی (R) کد۳۷ به ترتیب با ۲ عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی باهم (۰/۵۱) و با ارتفاع (۰/۵۰) می‌باشد. نتایج ضریب تبیین (R^2) نشان داد که ۲ عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی با هم در ۲۶ درصد وقوع کولاک برف و عامل ارتفاع نیز به تنهایی در ۲۵/۸۰ درصد وقوع آن اثرگذار می‌باشد. 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) می‌باشد. 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 تأثیر گذار هستند و عامل ارتفاع نیز به تنهایی در ۲۴/۲۰ درصد وقوع آن اثرگذار می‌باشد. نتایج آماری حاصل از این ۲ کد نشان داده که ۷۵ در صد وقوع کولاک برف ناشی از شرایط جوی و الگوهای وارد شده به منطقه است (جدول۲).

جدول۲: ارتباط وقوع پدیده کولاک با عوامل جغرافیایی(منبع: یافته‌های تحقیق)

عوامل جغرافیایی	R^۲	R
رابطه کد۳۹ با ارتفاع	۰/۲۴	۰/۴۹
رابطه کد۳۹ با عرض	۰/۰۳	۰/۱۹
رابطه کد۳۹ با عرض و ارتفاع	۰/۲۵	۰/۵۰
رابطه کد ۳۷با ارتفاع	۰/۲۵	۰/۵۰
رابطه کد۳۷ با عرض	۰/۰۶	۰/۲۶
رابطه کد۳۷ با عرض و ارتفاع	۰/۲۶	۰/۵۱

- **مطالعه همدیدی**

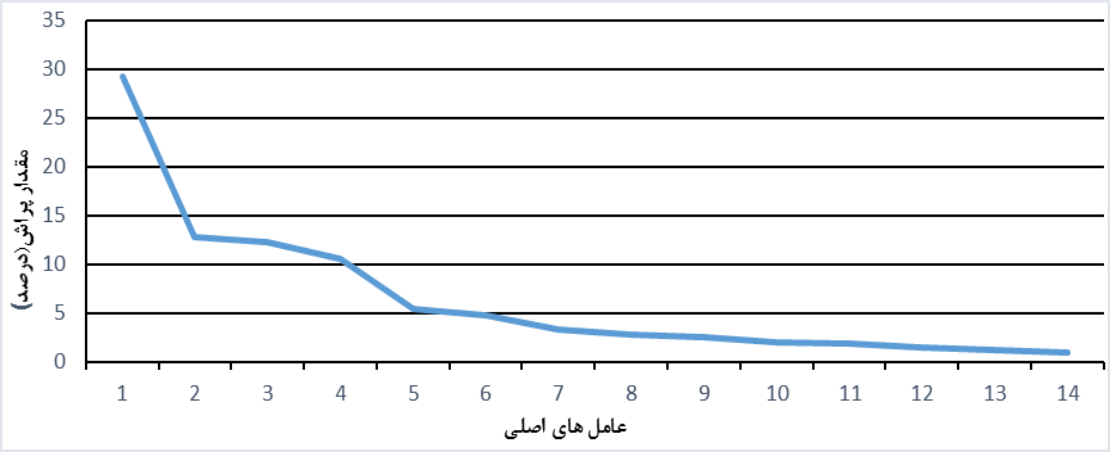
همانطور در بخش مواد و روش ها بیان گردید ۸۷ روز جهت شناسایی الگوهای همدید شناسایی گردید.براساس نتایج به دست آمده از داده‌های روزانه جوی (جدول۳)، یک ماتریس در ابعاد ۸۲۵ ×۸۷ (ماتریس S) تشکیل گردید. پس از محاسبه با روش بردارهای ویژه، مشخص گردید که۳۱ مقدار ویژه بزرگتر از یک دارد که نشان دهنده ۳۱ عامل می باشد که ۹۸ درصد پراش داده‌ها را تبیین می‌نماید. برای کاهش عامل‌ها، با چرخش واریماکس و با در نظرگرفتن میزان تبیین بیش از یک درصد، تعداد عامل‌ها به ۱۴ رسیدکه که حدوداً ۹۲ درصد پراش کل داد ها را تبیین نمود (شکل۶) و

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

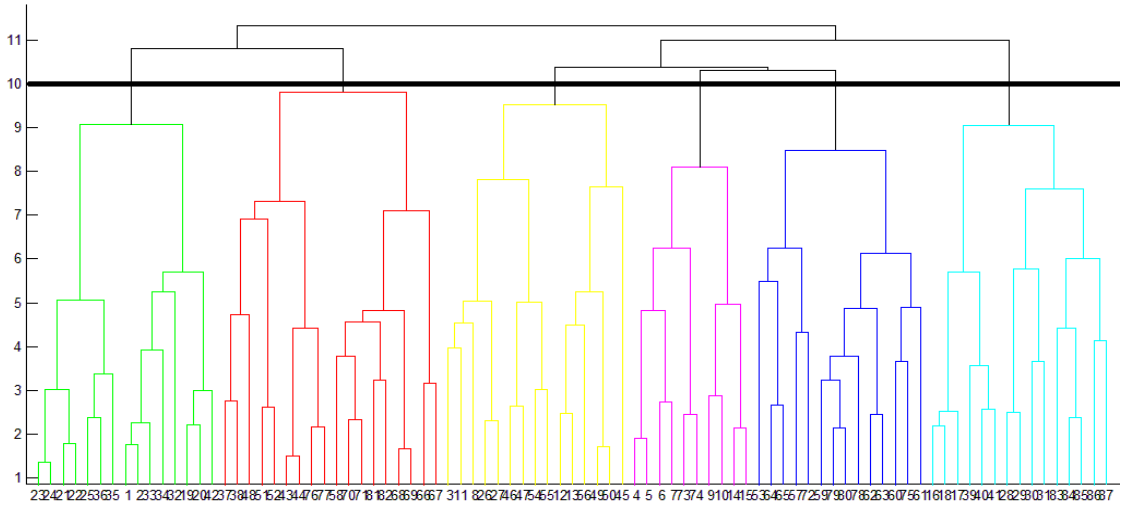
یک ماتریس۱۴*۸۷ تشکیل داد. در نهایت برای تحلیل خوشه ای بر روی ماتریس مورد نظر و انتخاب تعداد خوشه ها، ابتدا یک برش ۶ خوشه‌ای انجام شد و سپس با استفاده از روش چشمی، ۵ الگو جوی در تراز ۵۰۰ ه.پ استخراج شد (شکل۷). در ادامه به بررسی و شناسایی این الگوها و فراوانی وقوع آنها پرداخته شده است (جدول۴).

جدول۳: مشخصات خروجی تحلیل مولفه مبنا(منبع: یافته‌های تحقیق)

ماتریس اولیه	مقادیر ویژه > ۱	درصد پراش کل	مقدار ویژه > ۱ درصد	درصد پراش کل	ماتریس نمره های عاملی
۸۷× ۸۲۵	۳۱	۹۸%	۱۴	۹۲%	۸۷*۱۴



شکل ۶: شکل عامل‌های اصلی و مقدار پراش



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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

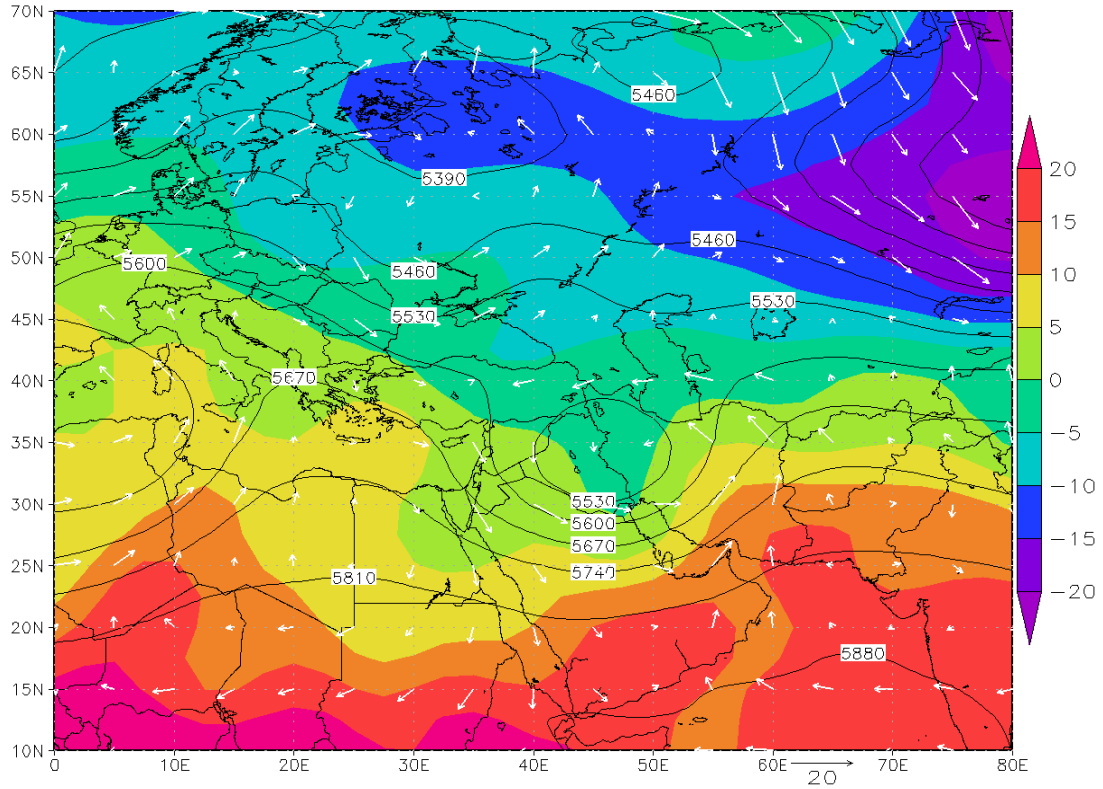
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

جدول۴: ویژگی‌های هر یک از الگوهای گردشی کولاک برف (منبع: یافته‌های تحقیق)

الگوی گردشی	درصد	تعداد عضو	روز نماینده
الگوی کم‌فشار بریده	۳۰	۲۶	**۱۸ ژانویه ۱۹۸۸**
الگوی ناوه بلند اروپای شرقی	۲۰	۱۸	**۲۷ ژانویه ۱۹۹۱**
الگوی ناوه عمیق شرق مدیترانه	۱۸	۱۶	**۷ فوریه۱۹۹۲**
الگوی بندالی رکس	۱۶	۱۴	**۶ژانویه۲۰۰۸**
الگوی بندال امگایی	۱۵	۱۳	**۲۵ دسامبر۱۹۹۲**

- **الگوی کم‌فشار بریده**

این الگو دارای ۲۶ عضو است با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۱۸ ژانویه ۱۹۸۸ به‌عنوان نمایندهٔ این الگو انتخاب شد (شکل۸). در نقشه‌ی همدیدی تراز ۵۰۰ ه.پ کم‌فشار 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 می دهد 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.



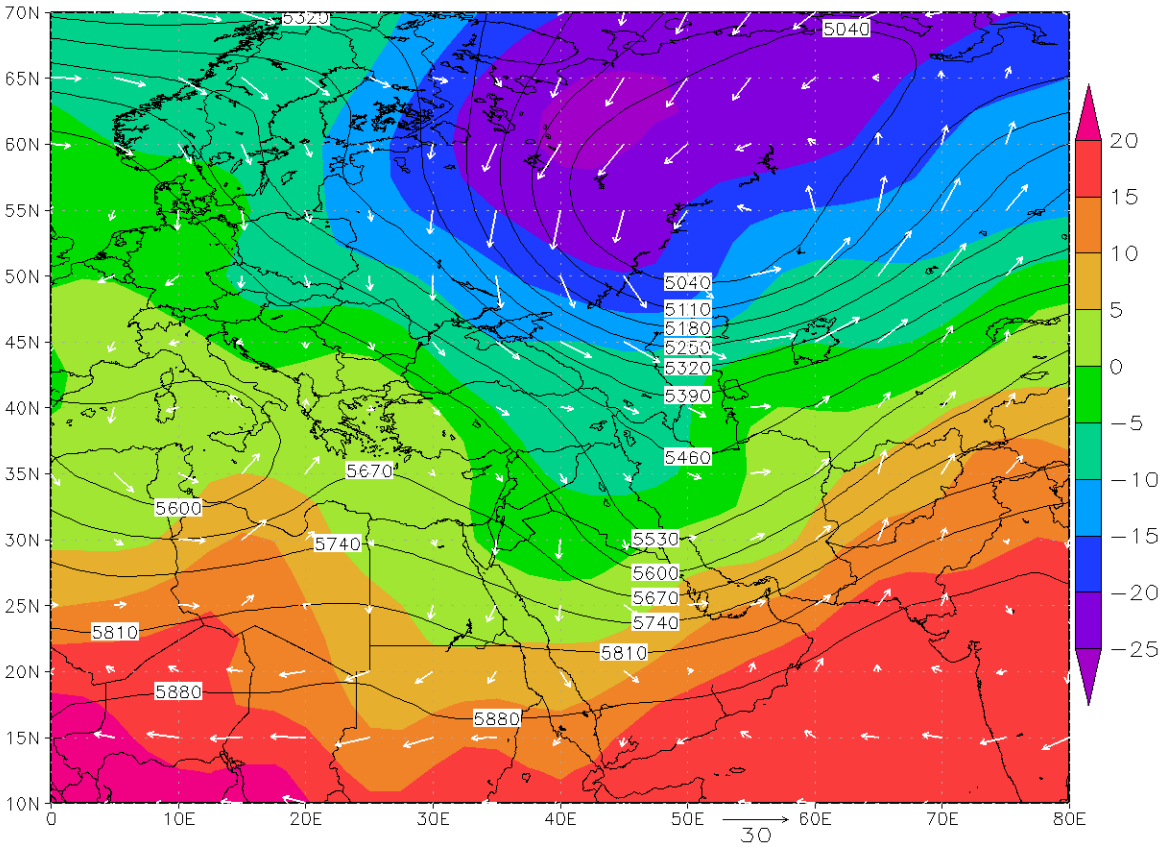
شکل۸: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ (کنتور)، دما(c˚) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز ۸۵۰ه.پ تاریخ۱۹۸۸/۰۱/۱۸

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

- **الگوی ناوه بلند اروپای شرقی**

این الگو دارای ۱۸ عضو است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز۲۷ ژانویه ۱۹۹۱ به‌عنوان نمایندهٔ این الگو انتخاب شد (شکل۹). در این الگو، در تراز ۵۰۰ ه.پ (۵-الف)، منطقه مورد مطالعه در جلوی ناوه مدیترانه واقع‌شده 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 آسیای مرکزی به سمت ایران است. پشته شرق اروپا با محورشمالی - جنوبی، از غرب دریای مدیترانه تا عرض های جنب 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 پشته اروپا توسط جریانات شمال غربی، باعث تشدید وقوع سرمای شدید می شود.در این نقشه سرعت و جهت باد در تراز ۸۵۰ ه.پ نشان 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.



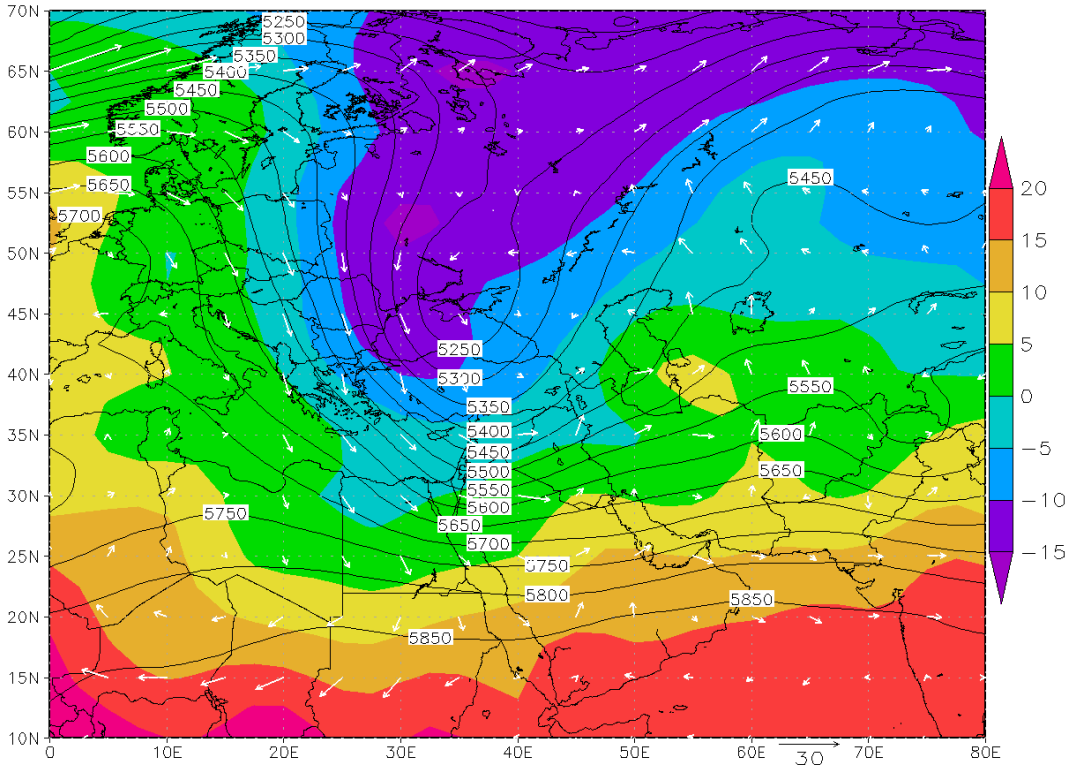
شکل۹: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ (کنتور)، دما(`c) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز ۸۵۰ه.پ تاریخ۱۹۹۱/۰۱/۲۷

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

- **الگوی ناوه عمیق شرق مدیترانه**

این الگو دارای ۱۶ عضو است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۷ فوریه ۱۹۹۲ به‌عنوان نمایندهٔ این الگو انتخاب شد (شکل۱۰). در نقشه ژ.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 باریزش هوای سرد عرض‌های بالا بر روی دریای سیاه و مدیترانه، باعث تقویت ناوه شرق مدیترانه شده که منطقه مورد مطالعه درقسمت جلو محور ناوه قرار دارد. در این نقشه سرعت و جهت باد در تراز ۸۵۰ ه.پ نشان می دهد 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.

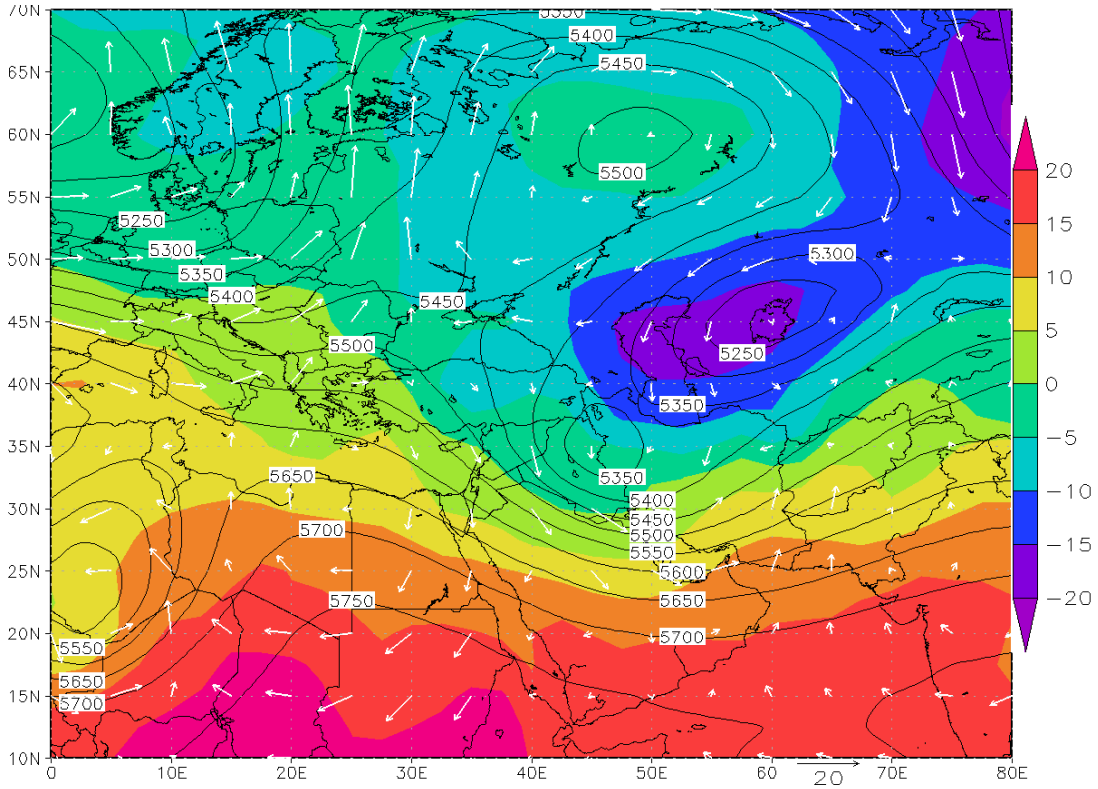


شکل ۱۰: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ (کنتور)، دما(c`) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز ۸۵۰.ه.پ تاریخ۱۹۹۲/۰۲/۰۷

- **الگوی بندالی رکس**

این الگو دارای۱۴ عضو است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۱۲ فوریه ۱۹۸۹ به‌عنوان نمایندهٔ این الگو انتخاب شد (شکل۱۱). در این الگو نحوه آرایش خطوط ارتفاعی تراز میانی جو به گونه ای است که وزش نصف النهاری بادهای غربی و ایجاد فرود عمیق بر بالای سرزمین های 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 می دهد وجودبلوکینگ از نوع رکس بر روی مدیترانه باعث انتقال هوای سرد از اروپای شرقی و عرض های بالا شده است. در این روز، تمام منطقه مورد مطالعه بین محدوده دمایی صفر تا۱۰- درجه سلسیوس واقع شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]



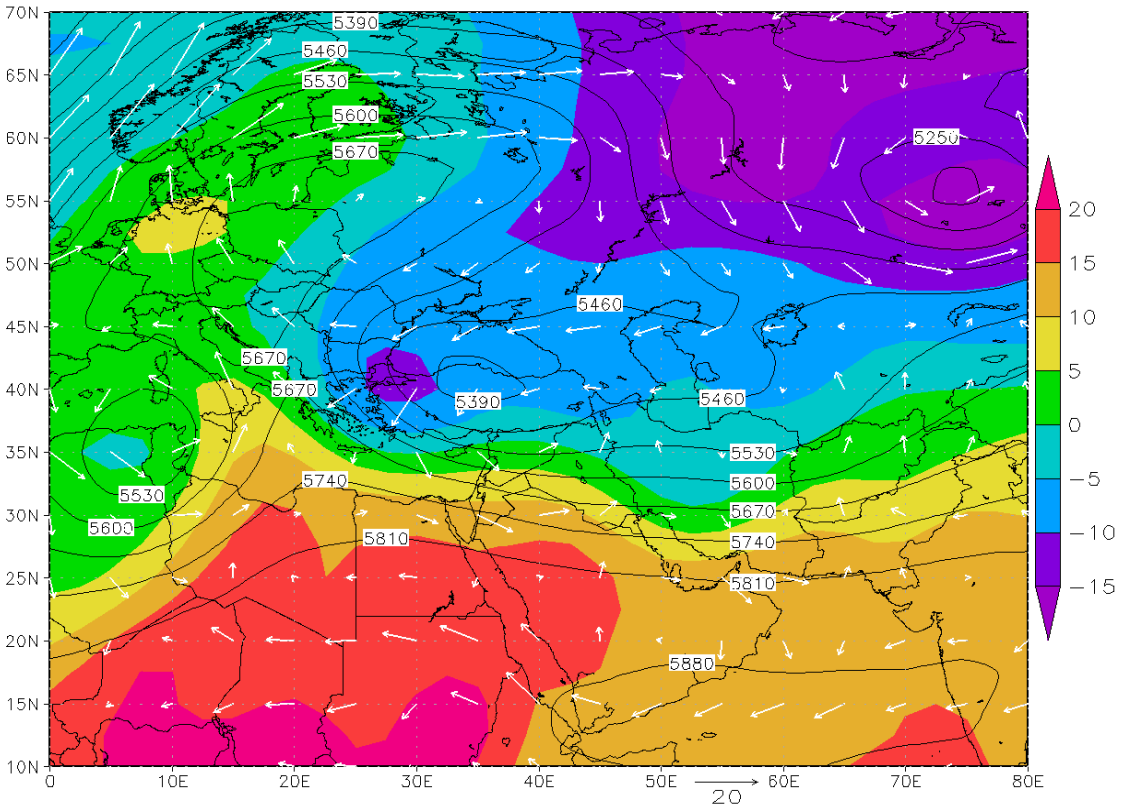
شکل ۱۱: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ (کنتور)، دما(c`) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز ۸۵۰.ه.پ تاریخ۲۰۰۸/۰۱/۰۶

- **الگوی بندال امگایی**

این الگو دارایی۱۳ عضو است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز۲۵ دسامبر ۱۹۹۰ به‌عنوان نمایندهٔ این الگو انتخاب شد (شکل۱۲). نقشه ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ، مشخص‌کننده الگوی بندال امگایی است و سرمای منطقه بیشتر تحت تأثیر تراف سمت راست آن قرارگرفته است. در این الگو، پشته‌ای بر روی شمال آفریقا تشکیل‌شده و این پشته 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 مهیاکردن 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 می دهد 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 تا۱۰- درجه سلسیوس واقع شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]



شکل ۱۲: نقشه ترکیبی ارتفاع ژ.پ تراز ۵۰۰ ه.پ (کنتور)، دما(c˚) (پهنه رنگی) و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تراز ۸۵۰.ه.پ تاریخ ۱۹۹۰/۱۲/۲۵.

نتیجه‌گیری

رخداد کولاک برف به عنوان یکی از مخاطرات اقلیمی، ترکیبی از سایر عوامل به خصوص دما (دمای 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(۳۹، ۳۸،۳۷ و ۳۶) اخد گردید و روزهای با کولاک شدید برف(۳۹ و ۳۷) انتخاب شدند. سپس به تجزیه و تحلیل آماری و شناخت الگوهای ایجاد کنندهٔ 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 شدّت، 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 می باشد. همچنین وقوع پدیده کولاک برف در دوره مطالعاتی نشان داد که با یک دوره افزایش در تعداد آن‌ها، مجدداً از تعداد آنها کاسته می‌شود ودر دو دهه اخیر از میزان فراوامی و شدت آن کاسته شده است. بیشترین فراوانی رخداد کدهای۳۷ و ۳۹ در کل ایستگاه های مورد مطالعه به ترتیب در ایستگاه سردشت و ایستگاه خلخال بوده است. همجنین مطالعه آماری فراوانی وقوع سالانه وماهانه هریک کدها نشان داده که کد۳۹ در سال ۱۹۹۰ و کد۳۷ در سال های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۰ و همچنین در ماه ژانویه بیشترین فراونی 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

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 درقسمت جلو محور ناوه‌ی نسبتاً عمیق و کشیده شده شرق مدیترانه می باشد که این ناوه باعث ریزش هوای سرد عرض های شمالی به شمال غرب شده است. الگوی چهارم، با شکل گیری بلاکینگ از نوع رکس بر روی مدیترانه موجب انتقال هوای سرد از اروپای شرقی، قزافستان و عرض های بالا بر روی ایران شده است. الگوی پنجم، با تشکیل یک بلاکینگ امگایی 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 بلاکینگ(الگوی ۴ و ۵) بوده مهم ترین نقش را در ماندگاری و انتقال جریانات توأم با سرما داشته و حتی به سمت مناطق عرض های پایین نیز کشیده شده اند. سایر الگوها علیرغم فراوانی به صورت دوره ای، شرایط را برای وقوع این پدیده مهیا نموده و برخلاف الگوهای بلاکینگ 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 امگایی و الگوی ناوه عمیق شرق مدیترانه در این پژوهش) را در طی ۲۲سال(۲۰۰۹-۱۹۸۷) و ملازاده و همکاران(۱۳۹۳)در طی ۲۳ سال(۲۰۰۹-۱۹۸۶) 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 فراگیر شمال غرب علیجانی وهوشیار(۱۳۸۷)، الگوهای همدید دماهای فرین پایین فراگیر دوره سرد منطقه آذربایجان قویدل رحیمی(۱۳۹۰)، الگوهای همدید بارش تگرگ فراگیر 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 فراگیرشمال 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 موردی:کولاک دوره ۱۷ تا ۱۹ ژانویه ۱۹۸۶). اولین کنفرانس بین المللی علوم جغرافیایی، مؤسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی، شیراز، ایران.

بحیرایی، حمید؛ هادی ایازی، محمدعلی رجایی، حمزه احمدی. ۱۳۹۱. تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان ایلام. فصلنامه علمی ـ پژوهشی نگرش های 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

خورشیددوست، علی‌محمد؛ عباس مفیدی، علی‌اکبر رسولی، کامل آزرم. ۱۳۹۵. تحلیل همدیدی سازوکار های وقوع بارش‌های سنگین بهاره درشمال‌غرب ایران. مجله مخاطرات محیط طبیعی، **۸**: ۵۳-۸۲.

خوش اخلاق، فرامرز؛ حسین محمدی، علی اکبرشمسی 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 موجد کولاک فراگیر برف در شمال غرب ایران .*جغرافیای طبیعی*۳۷: ۳۰-۱۵.

دوستکامیان، مهدی؛ مسعود جلالی، اله مراد طاهریان زاد.۱۳۹۶. تحلیل آماری- همدیدی امواج سرمایشی و فراگیر شمال غرب ایران، *پژوهشهای جغرافیای طبیعی*. **۴**:۷۱۸ -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.

شمسی‌پور، علی اکبر؛ سیف‌اله کاکی، ایوب جعفری، سید میثم جاسمی. ۱۳۹۷. واکاوی همدیدی ـ ترمودینامیکی بارش‌های سنگین غرب و جنوب غرب ایران (مطالعه موردی 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.

عساکره، حسین؛ سهیلا رحیمی، فاطمه ترکانی. ۱۳۹۱. تحلیلی آماری بر یخبندان های ایران زمین. مخاطرات محیط طبیعی، ۱: ۶۹-۸۵.

علیجانی، بهلول.۱۳۸۷.اقلیم شناسی سینوپتیک، چاپ اول. انتشارات سمت، تهران.

علیجانی، بهلول؛ محمود هوشیار۱۳۸۷. شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی،**۶۵**: ۱۶-۱.

غیور، حسنعلی؛ امیرحسین حلبیان، بیژن صابری، فرشته پورجزی. ۱۳۹۱. بررسی رابطه بارش‌های سنگین با الگوهای گردشی جو بالا (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی). مجله مخاطرات محیطی، **۲**: ۱۱-۲۸.

فرجزاده،منوچهر؛ سید امیر حسینی.۱۳۸۹.تحلیل و پهنه بندی زمانی-مکانی یخبندان درایران. جغرافیا و توسعه ناحیه ای، ۱۵: ۶۹-۸۹.

فرهنگ واژه‌های مصوب فرهنگستان، گروه واژه‌گزینی و زیر نظر حسن حبیبی، واژه های علوم زمین(ابرها). ۱۳۸۶. دفتر چهارم، انتشارات فرهنگستان زبان و ادب فارسی.

فرهنگستان زبان و ادب فارسی، واژه های علوم زمین(ابرها). ۱۳۸۰. انتشارات فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران.

قویدل رحیمی، یوسف. ۱۳۹۰. رابطهٔ دماهای فرین پایین فراگیر دورهٔ سرد آذربایجان با الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

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

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

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

ملازاده، بهرام؛ محمد سلیقه، بهلول علیجانی، محمد حسین ناصرزاده.۱۳۹۳. 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، محمدرضا محمدپور. ۱۳۹۲. مطالعه همدیدی و عددی نشر، انتقال و شناسایی چشمهٔ یک توفان گردوغبار سنگین در منطقه خاورمیانه. فصلنامهٔ پژوهش‌های فرسایش محیطی، **۱۲**: ۶۹-۸۰.

نجف پور، بهرام. ۱۳۹۱. شناسایی الگوهای گردشی ایجادکنند هی سیلاب 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 جاده ای 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.; ۲۰۱٤. An Episode of Late Blizzard, ۲۵-۲٦ March ۲۰۱۳. Present Environment and Sustainable Development ۸,۱: ۱٦۵-۱۷٤.

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), ۳۰٤۱-۳۰۷۲.

Ciurlau, D.; C. L Şchiopu. ۲۰۱٤. 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 ۲٦-۲۷ December ۲۰۱۰ East Coast Blizzard. Atmospheric & Environmental Sciences, **۲**:۱-۲۵.

Hossos, 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 ٤۸,۱: 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**: ۳٤۱-۳۵۰.

Kocin, P.J.; and L. Uccellini. ۲۰۱٦. Snowstorms along the Northeastern Coast of the United States: ۱۹۵۵ to ۱۹۸۵. Meteorological monograph. No. ٤٤, American Meteorological society. ۲۸۰ pp. Springer.

Niacsu, 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 **۱٦۹**: ۸٦-۱۰۱.

Yarnal, B.; and J. D. Draves. ۱۹۹۳. A synoptic climatology of stream flow and acidity. Clim. Res **۲**: ۱۹۳-۲۰۲.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.2.169]