دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۶
زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۲۳۹-۲۲۱

رضا دوستان[۱]
مریم اسکندری[۲]
سلیمان صادقی[۳]

تحلیل همدید بارش برف سنگین جاده های کوهستانی زاگرس مرکزی (مطالعه موردی: جاده چلگرد-شهرکرد-لردگان)

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰٤/۱٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰٦/۳۰

چکیده

ریزش برف سنگین فصل سرد زاگرس مرکزی مشابه دیگر رخدادهای جوی، تحت تأثیر الگوهای گردش جو و پراکندگی فشار سطح زمین است. به‌منظور تعیین الگوهای جوی و شرایط دینامیکی در محور کوهستانی، دادهای روزانه ایستگاه همدید بروجن، شهرکرد، کوهرنگ و لردگان برای سال ۱۹۸۷-۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی دریافت شد. روز برف سنگین با معیار بارش بیش از ۱۵ میلی‌متر با دمای زیر صفر و کد دیدبانی ۷۰-۷۵ (کد برف)، تعیین و تعداد ۱۳٦ برف سنگین سینوپتیک، مبنای مطالعه گردید. الگوهای جوی با تحلیل مؤلفه اصلی بر روی داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تعیین شد. هفت الگوی سینوپتیک، ریزش برف سنگین زاگرس مرکزی را موجب می‌شوند. قرارگیری ناوه شرق دریای مدیترانه در غرب ایران و نزدیکی منطقه به محور ناوه، ناپایداری شدید را موجب گردید. شیب شدید فشار سطوح پایین جو با تاوایی منفی قوی قفقاز در شمال و شرق دریای عمان در جنوب و زاگرس مرکزی با تاوایی مثبت قوی می‌باشد. کم‌فشار در مرکز و شمال‌شرق ایران و پرفشار قوی سیبری تا مرز شرقی ایران، موجب تداوم شرایط دینامیک فوق می‌گردد. در روزهای بارش برف سنگین، پرفشار قوی سیبری از شمال ایران و دریای خزر با پرفشار روی ترکیه ترکیب و در ارتباط با ناوه قطبی در سطوح میانی جو،

۱- استادیار اقلیم شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲- کارشناسی‌ارشد اقلیم شناسی سینوپتیک دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳- استادیار اقلیم شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
E- mail: doostan@um.ac.ir

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

جریان هوای سرد به منطقه مطالعه را موجب می‌شوند؛ بنابراین جریانات سرد و مرطوب از دریای سیاه و دریای مدیترانه با حرکت چرخند در غرب ایران با گذر از خلیج‌فارس به منطقه کوهستانی زاگرس مرکزی می‌رسند. در همه الگوها، هم دمای صفر درجه خلیج‌فارس، ورود توده‌های سرد و مرطوب تا عرض‌های پایین، ریزش برف سنگین بر بام ایران را حکایت دارد.

کلید واژه‌ها: برف سنگین، الگوی جوی، تحلیل مؤلفه اصلی، زاگرس مرکزی.

مقدمه

تغییرات آب و هوایی سطح زمین از طریق حرکات عمودی اتمسفر کنترل و الگوهای گردش عمومی جو، پراکندگی فشار سطح زمین و به تبع آن اقلیم مناطق مختلف را تعیین می‌کنند. اغلب محققان پراکندگی الگوهای فشار روی زمین را تبیین و بر اساس این الگوها با روش‌های آماری عناصر دیگر را بررسی می‌کنند (یارنال[4]، ۱۹۹۳). تغییرات فشار هوا و سیستم‌های سینوپتیک، مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده ریزش‌های جوی کشور ایران می‌باشند. مطالعات محققان نشان داد، الگوهای همدید و توده‌های هوا از مناطق سیبری، دریای سیاه و دریای مدیترانه اقلیم فصل سرد ایران را کنترل می‌کنند (علیجانی و دوستان،۱۳۹۱: ۲۵۵). به‌طور کلی اقلیم فلات ایران در جنوب مناطق معتدل و شمال منطقه جنب حاره به‌ترتیب در دو نیمه گرم و سرد سال، تحت تأثیر الگوهای جنب حاره و برون حاره قرار دارد. به‌ترتیب الگوهای جنب حاره، با تابش شدید، گرما و گردوغبار از بیابان‌های شمال عربستان، آفریقا و بعضاً رطوبت از عمان همراه بوده و الگوهای برون حاره در نیمه سرد سال با توده‌های سرد و مرطوب، اغتشاش، یخبندان و بارش برای ایران به ارمغان می‌آورند. فلات ایران، دو رشته کوه بزرگ در شمال و غرب و ارتفاعات پراکنده در دیگر نقاط را در خود جای داده که این شرایط جغرافیایی و موقعیت ایران در ارتباط با ورود توده‌های سرد و مرطوب موجب شده تا بخشی از بارش‌های ایران، خصوصا در مناطق کوهستانی به شکل برف ریزش کند (علیجانی، ۱۳۸۵). بارش برف، مقدار آن، روزهای برفی و طول دوره ماندگاری، اهمیت زیادی در ارتباط با ذخیره منابع آب سطحی و زیرزمینی، کشاورزی، تفریحی-ورزشی و غیره در ایران دارند. از طرفی اثرات ناشی از بارش برف سنگین شامل سقوط بهمن، تخریب مساکن و مزارع روستایی، ایجاد اختلال در حمل‌ونقل جاده‌ای و ارتباطات، فعالیت‌های روزمره و پیامدهای متعدد دیگر، خصوصا در مناطق کوهستانی، محیط طبیعی و انسانی را با مشکل همراه می‌سازد. چنان‌که هزینه خدمات سلامت ناشی از تصادفات جاده‌ای ایران در سال ۱۳۸۸، ۲۹۵۲ میلیارد ریال برآورد شده و حجم بالایی از منابع جامعه و نظام سلامت، صرف انتقال و درمان مصدومان ناشی از تصادفات جاده‌ای شد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۹۲). ریزش بارش برف، در بخش عمده‌ای از جاده‌های ایران در مناطق کوهستانی شمال و غرب در نیمه سرد سال موجب تصادفات جاده‌ای، ترافیک و غیره، می‌شود؛ بنابراین برنامه‌ریزی و مدیریت ریسک و

4-Yarnal

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

بحران در جاده‌های مواصلاتی مهم ایران ضرورت دارد. استان چهار محال وبختیاری، بام ایران، با ارتفاع متوسط بیش از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا در زاگرس میانی واقع شده، چنان‌که یکی از مناطق با پایین‌ترین دما در ماه‌های سرد سال می‌باشد. در نیمه سرد سال با ورود سیکلون های مدیترانه‌ای از غرب ایران، بارش برف سنگین در این منطقه با تداوم زیاد همراه بوده و احتمال رخداد ریزش برف از آبان ماه تا نیمه فرودین وجود دارد. این شرایط موجب شده تا این منطقه یکی از مناطق مرتبط با بحران جاده‌ای برف و بهمن در ایران باشد، چنان‌که آمار تصادفات جاده‌ای ناشی از شرایط ریزش برف نشان می‌دهد، به‌ترتیب، استان چهارمحال بختیاری رتبه اول و استان‌های زنجان و تهران در رتبه‌های بعدی رخداد مرتبط با این پدیده اقلیمی قرار دارند (حبیبی‌نوخندان، ۱۳۸۸: ۱۸٦). بارش برف و طوفان برف آثار متعددی با خود به همراه دارند، چنان‌که خسارات جانی، تصادفات وسایل نقلیه، آتش‌سوزی، گازگرفتگی و سرمازدگی نمونه‌هایی از پیامدهای این رخداد طبیعی می‌باشد. توفان برف در برخی موارد ساعت‌های متمادی به طول می‌انجامد و غالباً با بادهای شدید و بارش برف و درجه حرارت بسیار پایین همراه است، در این شرایط ماندن در هوای باز می‌تواند برای بسیاری از افراد مشکلات جسمی ایجاد کند. این پدیده در هنگام وقوع، شهرها و مناطق یک کشور را از تحرک انداخته و مسافران را سرگردان، جریان عرصه کالا را کند و خدمات اورژانسی و ایمنی را با مانع جدی مواجه می‌سازد. همچنین کاهش دید افقی به هنگام بارش برف، انباشتگی برف، کولاک برف، یخبندان و لغزندگی سطح جاده‌ها، از عوامل بازدارنده ناوگان درون‌شهری و برون‌شهری است، که برطرف کردن آن‌ها به واکنش‌های سریع و عملیات اصلاحی نیاز دارد. بارش برف سنگین بر روی سطوح شیب‌دار و انباشتگی لایه‌های مختلف آن، به رخداد بهمن منجر شود (بهیار و همکاران، ۱۳۸۳: ۱). براساس مطالعات انجام شده در مرکز مخاطرات محیطی تهران در سال ۲۰۰۸ بر روی اثرات برف، بیش از ۷۰ درصد تلفات انسانی ناشی از تصادفات وسایل نقلیه به‌خصوص در جاده‌های بین‌شهری و نزدیک به ۲۵ درصد ناشی از گیر افتادن افراد در برف است (مدیریت بحران شهرداری تهران، ۱۳۹۰)؛ بنابراین مطالعه شرایط جوی رخداد برف و بوران از دیدگاه همدیدی بخصوص در جاده‌های مهم، امری ضروری در ارتباط با مدیریت ریسک و پیش‌بینی این پدیده اقلیمی می‌باشد. در این ارتباط مطالعات زیادی در مناطق مختلف انجام شده است، از جمله بیرکلند[5] (۱۹۹٦: ۲۸۱) به‌منظور شناسایی الگوهای گردش جوی مرتبط با بارش برف سنگین در موناتا آمریکا از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و روش تحلیل مؤلفه‌ی اصلی (PCA) استفاده و نشان داد که در تمامی الگوهای روزهای برف سنگین، منطقه مطالعه در عقب یک ناوه عمیق و تحت تأثیر جریانات شمال غربی قرار دارد. در ادامه ارتباط سینوپتیک اقلیم زمستان و تغییرات برف در نیوانگلند آمریکا از ۱۹۵۰-۱۹۹۲ بررسی شد. نتایج سینوپتیک نشان داد، وقوع ریزش برف در این منطقه در ارتباط با حرکات نصف‌النهاری باد غربی، فاز منفی نوسان اطلس شمالی، کم ارتفاع سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال در شرق آمریکا، توده سرد کانادا و عبور سیکلون از جنوب منطقه مطالعه و عکس شرایط سینوپتیک فوق، کاهش برف در این منطقه را به همراه دارند. همچنین در کل، کاهش و افزایش ریزش برف در ارتباط با دمای

5- Birkland

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

سطحی منفی و مثبت سواحل اقیانوس اطلس از منطقه می‌باشد (هارتلی و کیبلس[۶]، ۱۹۹۸: ۲۸۱). استبان[۷] (۲۰۰۵: ۳۱۹) با روش تحلیل مؤلفه اصلی و خوشه‌بندی با داده ارتفاع برف و ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در طی دوره آماری ۱۹۸٦-۲۰۰۱، الگوی های گردشی مربوط با بارش برف سنگین در آندورا را بررسی و هفت الگوی گردش جوی را شناسایی کرد. این الگوها غالباً در ارتباط با مؤلفه باد از اقیانوس اطلس و فرارفت هوای مدیترانه‌ای می‌باشند. همچنین فاجعه بارش برف ژانویه ۲۰۰۸، موجب خسارات زیاد به بخش انسانی و اقتصادی در کشور چین گردید که فرضیات مبتنی بر وقوع پدیده لانینا بوده، اما تحلیل‌ها حاکی است، در سال‌های با بارش برف خیلی سنگین، پرفشار سیبری قوی‌تر و تاوه قطبی شمالی دارای عمق بیش‌تری است. پرفشار سیبری و تاوه قطبی نقش مهمی در اقلیم کشور چین بازی کرده و تاوه قطبی در زمستان نیمکره شمالی، منبع امواج سرمایی است (هویی[۸]، ۲۰۰۹: ۲۱۹۱). همچنین شرایط سینوپتیک وقوع برف شدید و تداوم آن در جلگه اروپای مرکزی بررسی شد. در این مطالعه ابتدا، ٤ منطقه همگن برفی در اروپا شناسایی و در ادامه نقشه ترکیبی برای روزهای برفی با عمق مساوی و بیش از ۵ سانتی‌متر و تداوم ۳ روز برای فشار سطح زمین و ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال تهیه شد. نتایج حاکی است، عامل وقوع برف جنوب غربی اروپا، جبهه سرد سیکلون‌ها همراه با ناوه و کم‌فشار روی دریای بالتیک، عبور سیکلون‌ها از اروپای مرکزی، ضعیف بودن کم‌فشار ایسلند و استقرار پرفشار در اطلس شمالی می‌باشد. همچنین تداوم برف در اروپا در ارتباط با پرفشار اروپا به‌جز جنوب‌غرب اروپا و همزمان پرارتفاع اطلس شمالی و اسکاندیناوی است (بدنورز[۹]، ۲۰۱۱: ۱۱۰۸). عوامل کنترل‌کننده اقلیم زمستان و کاهش بارش برف در فنلاند با استفاده از سری ۱۰۰ ساله داده‌های اقلیمی در سه ایستگاه در جنوب، مرکز و شمال فنلاند بررسی شد. نتایج حاکی است، ریزش بارش زمستان فنلاند در ارتباط یا شاخص‌های اطلس شرقی-روسیه غربی، نوسان قطبی و آرام غربی می‌باشد. همچنین کاهش ریزش‌های جوی فنلاند مرتبط با افزایش ٤ درجه دما در طی این قرن بوده است (ایران‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۱۰). در ایران نیز بخشی از مطالعات مرتبط با پدیده‌های اقلیمی-جاده‌ای می‌باشد. از آن جمله، پدیده یخبندان و لغزندگی در جاده هراز و فیروزکوه از ارتفاعات البرز نشان می‌دهد، با آغاز دوره سرد سال در اکتبر، احتمال وقوع یخبندان در این جاده و در مناطق کم ارتفاع و مشرف به ساحل افزایش و احتمال افزایش وقوع لغزندگی وجود دارد (عزیزی و حبیبی‌نوخندان، ۱۳۸٤: ۵۱). همچنین توزیع زمانی و مکانی پدیده مه در ایران و اثر آن بر حمل‌ونقل جاده‌ای بررسی شد، در این مطالعه با تاکید بر این‌که دیگر پدیده‌های جوی از جمله برف، باد شدید، طوفان گردوغبار، قابل پیش‌بینی و کاهش خسارات بوده، اما مه غیرقابل پیش‌بینی است. با استفاده از داده‌های میزان دید کم‌تر از ۱۰۰۰ متر در ۱۲۰ ایستگاه هواشناسی ایران، مناطق خوزستان، اردبیل و سیستان و بلوچستان بحرانی‌ترین مناطق از نظر پدیده مه بودند (حبیبی نوخندان، ۱۳۸٤: ۱۹). بخشی از مطالعات نیز مرتبط با تحلیل سینوپتیکی برف در مناطق مختلف ایران می‌باشد. از آن جمله، امینی‌نیا و همکاران (۱۳۸۹: ۱۳۵) در تحلیل سینوپتیک

6- Hartley & Keables
7- Steban
8- Hui
9- Bednorz

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

بارش‌های برف سنگین در شمال‌غرب ایران با استفاده از داده روزانه دما و بارش در دوره‌ی آماری ۱۹۷٦–۲۰۰۸ و روش تحلیل مؤلفه اصلی، شش الگوی سینوپتیک را شناسایی کردند که در اکثر آن‌ها نفوذ جریانات مرطوب جنوبی به‌واسطه فعال شدن سامانه چرخند سودانی و ترکیب آن با سیکلون مدیترانه‌ای، عامل اصلی بارش برف سنگین در منطقه شمال‌غرب معرفی گردید. همچنین صفری و صلاحی (۱۳۸۲: ٤۳) به‌منظور تحلیل سینوپتیک بارش برف سنگین کرمانشاه از داده ایستگاهی در دوره آماری ۱۹۸۷–۲۰۰۷ استفاده و دوره‌های ریزش برف سنگین و نوسانات آن را با روند خطی و پلی نومیال مرتبه ٦ نشان دادند. همچنین تحلیل همدیدی این پژوهش حاکی است، غالباً ریزش برف سنگین با زبانه‌های پرفشار و فراز موج باد غربی مرتبط می‌باشد. چنان‌که شکل‌گیری پرفشار دریای خزر و گسترش ناوه مورب اسکاندیناوی تا شرق مدیترانه و غرب و شمال‌غربی ایران، سبب ریزش برف در منطقه مورد مطالعه می‌شود. در ادامه تحلیل سینوپتیک توفان برف گیلان در فوریه ۲۰۰۵ با استفاده از داده‌های روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل متر در دوره آماری ۱۹۹۵–۲۰۰۵ با روش تحلیل خوشه‌ای، نشان داد، سه الگوی فشار به‌ترتیب: الگوی زبانه پرفشار بالکان، الگوی پرفشار سیبری و الگوی ترکیبی (زبانه پرفشار بالکان و زبانه پرفشار سیبری) در سطح زمین، این پدیده را موجب می‌شوند).

فهیمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۸۱). همچنین تحلیل سینوپتیک بارش برف سنگین در شمال‌غرب ایران از ۱۹۸۹–۲۰۱۰ با داده روزانه دما و بارش ۱۲ ایستگاه و داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با روش تحلیل مؤلفهٔ اصلی انجام شد و مراکز فعالیت مرتبط با این بارش به‌ترتیب سیبری، اروپای جنوبی، حاشیه شرقی دریای خزر، شمال دریای سیاه و شرق ترکیه معرفی گردید (شکیبا، ۱۳۹۲: ٦۵). از طرفی اثر بلاکینگ بر رخداد برف سنگین و تداوم آن در ایران با داده رقومی ۲/۵ درجه برای دوره ٦۰ ساله تعیین گردید. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل مولفه اصلی و خوشه‌بندی، ٤ الگوی بلاکینگ مؤثر در وقوع بارش شناسایی شد. الگوی بلاکینگ امگا با موقعیت ناوه در سمت راست، منجر به ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا، کاهش دما و سرعت سیستم شده و بارش برف مداوم و سنگین را موجب می‌شود (درگاهیان و علیجانی، ۱۳۹۲: ۱). در ادامه کارهای گذشته و با توجه به پیامدهای بارش برف سنگین در یکی از مهم‌ترین جاده‌های مواصلاتی در زاگرس میانی و در راستای هدف تحقیق، تعیین الگوهای جوی و شرایط دینامیکی مؤثر بر شکل‌گیری بارش برف سنگین، در محدوده مورد مطالعه بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

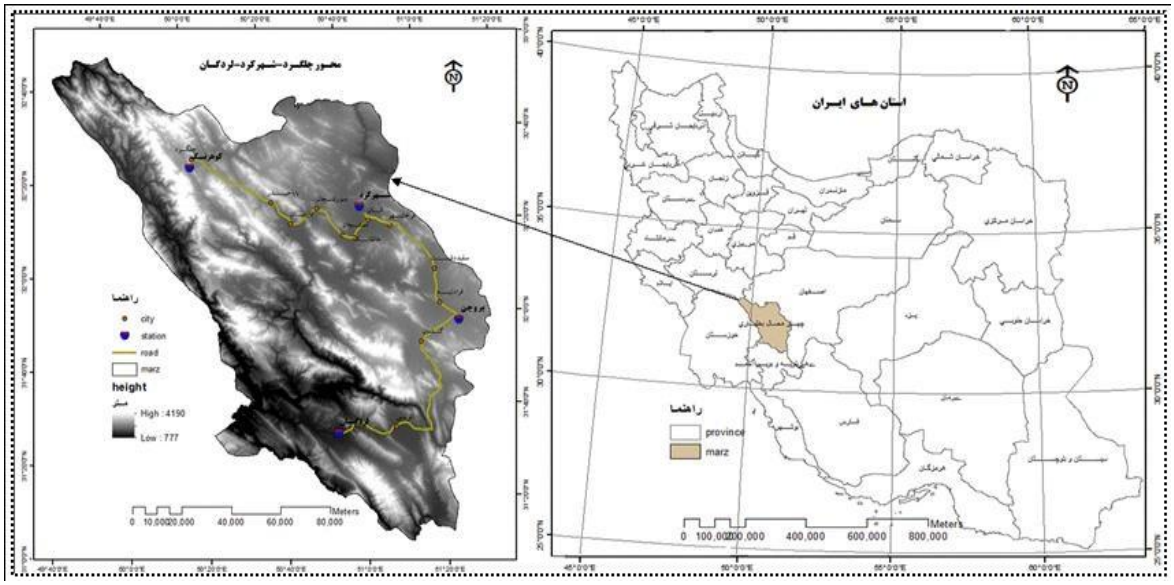
به‌منظور شناخت الگوهای جوی مؤثر ریزش برف سنگین در جاده چلگرد–شهرکرد–لردگان از زاگرس میانی مراحل زیر انجام شد. در ابتدا نزدیک‌ترین ایستگاه‌های سینوپتیک نزدیک یا بر روی منطقه مطالعه مشخص شد (جدول ۱، شکل ۱)؛ بنابراین داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک کوهرنگ، شهرکرد، بروجن ولردگان در استان چهارمحال و بختیاری از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی ایران دریافت شد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه

ایستگاه	عرض (درجه)	طول (درجه)	ارتفاع (متر)
شهرکرد	۳۲° ۲۰′	۵۰° ۵۱′	۲۰٦٦
بروجن	۳۲°	۵۱° ۰۸′	۲۱۹۷
کوهرنگ	۳۲° ۲٦′	۵۰° ۰۷′	۲۲۸۵
لردگان	۳۱° ۳۱′	۵۰° ٤۹′	۱۵٦٤

به‌منظور تعیین روزهای برفی از داده‌های دمای حداقل روزانه، بارش روزانه و کدهای اعلام برف در دیده‌بانی ایستگاه استفاده شد (لازم به ذکر است آمار طولانی ارتفاع برف در ایستگاهای مورد مطالعه موجود نیست). در ادامه بارش برف سنگین با تعیین روزهای بارش بیش از ۱۵ میلی‌متر و دمای حداقل صفر و زیر صفر درجه سانتی‌گراد از داده‌های روزانه استخراج گردید. در نهایت از بین روزهای برفی تعیین شده در مرحله قبل، روزهای با ثبت کد دیده بانی ۷۰-۷۵ جهت تمایز دقیق‌تر برف از سایر نزولات آسمانی مشخص شد. همچنین به‌منظور تعیین روز برفی سینوپتیک، روز بارش برف سنگین سینوپتیک روزی تعریف شد که بارش روزانه در ۲ ایستگاه و بیش‌تر، مساوی یا بیش‌تر از ۱۵ میلی‌متر ثبت شد. تعداد ۱۳٦ روز مشترک برف سنگین بر روی منطقه مطالعه مبنای تحقیق و شناخت الگوهای جوی قرار گرفت. بررسی زمانی روز برفی در منطقه حاکی است، بیش‌تر روزهای برفی طی ماهای ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، نوامبر و دسامبر حادث می‌گردد؛ بنابراین دوره زمانی مطالعه برف سنگین در جاده کوهسنانی، ٦ ماه از سال انتخاب گردید.



شکل ۱: نقشه ایستگاه سینوپتیک و منطقه مطالعه (چهارمحال و بختیاری)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

– در مرحله دوم به‌منظور تعیین الگوهای جوی و شرایط دینامیکی وقوع برف سنگین، داده‌های رقومی جو بالا با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه در پنجره جغرافیایی ۲۰–۸۰ درجه طول شرقی و ۱۵–٦۵ درجه عرض شمالی دریافت شد. این داده‌ها شامل، ارتفاع سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، مؤلفهٔ باد مداری و نصف‌النهاری سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، نم ویژهٔ سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و سرعت قائم هوا (اُمگا) در سطوح مختلف جوی می‌باشد؛ بنابراین این داده‌ها برای روزهای برف سنگین (۱۳٦ روز) از داده‌های رقومی باز تحلیل شده مراکز پیش‌بینی محیطی و تحقیقات جوی آمریکا از سایت www.cdc.noaa.gov دریافت گردید. لازم به ذکر است، به ترتیب واحد اندازه‌گیری ارتفاع ژئوپتانسیل (برحسب متر m)، فشار تراز دریا (برحسب هکتوپاسکال hPa)، باد مداری و نصف‌النهاری (برحسب متر بر ثانیه m/s)، نم ویژه (برحسب گرم برگرم g/g)، دمای هوا (برحسب درجه کلوین) و اُمگا (برحسب متر بر ثانیه m/s) می‌باشند.

– در این مطالعه به‌منظور کاهش ابعاد داده‌های رقومی و تعیین الگوهای همگن جوی از روش تحلیل مؤلفهٔ اصلی، گروه‌بندی الگوهای تکرارپذیر و حذف الگوها با تکرارپذیری بسیار پایین (ریچمن[10]، ۱۹۸٦: ۲۹۳) و خوشه‌بندی استفاده گردید؛ بنابراین در این روش جهت تشکیل ماتریس اولیه، داده‌ها روزانهٔ ارتفاع ژئوپتانسیل متر (hgt) سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به روزهای منتخب استفاده شد. در روش تحلیل مؤلفهٔ اصلی، اولین مرحله، انتخاب حالت مناسب از تحلیل مؤلفهٔ اصلی با توجه به هدف مطالعه می‌باشد؛ بنابراین در این مطالعه با توجه به هدف، داده‌ها با ماتریس اولیه از حالت S تحلیل مؤلفهٔ اصلی تنظیم گردید. در این ماتریس سری‌های زمانی (روزهای منتخب) به‌عنوان ردیف‌ها و تلاقی‌ها (گریدپوینت ها) به‌عنوان ستون‌های ماتریس بوده و داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به‌عنوان متغییر می‌باشند؛ بنابراین در نهایت ماتریس اولیه با ابعاد ۱۳٦ ردیف (روز برفی) و ۵۲۵ ستون (تلاقی) با تفکیک ۲/۵×۲/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی تشکیل شد (در پنجرهٔ جغرافیایی ۲۰–۸۰ درجه طول شرقی و ۱۵–٦۵ درجه‌ی عرض شمالی) و تحلیل مؤلفهٔ اصلی انجام گردید. خروجی تحلیل مؤلفهٔ اصلی شامل سه بخش است، به ترتیب: ماتریس همبستگی (در حالت S، همبستگی بین تلاقی‌ها)، ماتریس بارگویهٔ ها (ارزش هر تلاقی در عامل جدید) و ماتریس نمرات عاملی یا سری زمانی (ارزش هر روز در عامل جدید) می‌باشد. نتیجه نهایی تحلیل مؤلفهٔ اصلی (نمرات عاملی) مبنای خوشهٔ بندی و تعیین الگوهای جوی قرار گرفت. لازم به ذکر است، عامل‌های با حداقل ۵ درصد واریانس، برای خوشه‌بندی روزهای برف سنگین انتخاب گردید. در این مطالعه از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد (فرانکل و رومر[11]، ۱۹۹۹: ۳۷۹) برای طبقه‌بندی الگوهای جوی استفاده شد. فرآیند خوشه‌بندی تمام مشاهدات را به تناسب اندازه فاصله آن‌ها گروه‌بندی می‌کند. بدین ترتیب که ابتدا مشاهدات نزدیک باهم و در مرحله بعد مشاهدات یا خوشه‌های نزدیک‌تر بعدی باهم ادغام می‌شوند. در مرحله‌ی آغازین فرآیند خوشه‌بندی به تعداد مشاهدات خوشه وجود دارد و در آخرین مرحله همه مشاهدات در یک خوشه جمع می‌شوند و نمایش ترسیمی مراحل ترکیب مشاهدات و خوشه‌ها به یک درخت شباهت داشته که شاخه‌های ریزتر در

10- Richman
11- Frankel & Romer

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

پایین و تنه اصلی درخت در بالا قرار دارد. به این نمودار درختی، خوشه‌بندی گفته می‌شود. هدف اصلی خوشه‌بندی کاهش تنوع یا واریانس درون‌گروهی و افزایش واریانس بین گروهی است (علیجانی، ۱۳۸۵).

- بعد از تعیین الگوهای همگن برای روزهای برفی مورد مطالعه، با توجه به تعداد روز در هر الگو، نقشه‌های ترکیبی برای متغییر های ذکر شده شامل: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، نم ویژه و خطوط جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، نیمرخ اُمگا از سطح ۱۰۰۰ تا تراز ۱۰۰ هکتوپاسکال تهیه گردید، این الگوهای ترکیبی برای هر متغییر تفسیر و تحلیل گردید. این متغییرها در یک قالب در کنار همدیگر قرار گرفت و به شکل جامع نشان می‌دهد، در هر الگو چه شرایط سینوپتیک و دینامیکی وقوع برف سنگین در منطقه را موجب می‌شوند. همچنین به‌منظور تعیین رفتار زمانی هر کدام از الگوها، فراوانی هر الگو در طی دهه (۸۰-۹۰-۲۰۰۰) و طی ٦ ماه سال، تعیین و نمودار آن ترسیم گردید. در ادامه اندازهٔ هر متغییر برای هر الگو در روزهای برف سنگین بر روی جادهٔ مورد مطالعه در جدول جداگانه مشخص گردید. برروی نقشه‌های موقعیت منطقه مورد مطالعه با دایره سیاه تعیین شد. همچنین الگوهای جوی بر اساس موقعیت ناوه بادهای غربی، به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی باد غربی در ریزش‌های جوی نیمه سرد سال، نام‌گذاری گردید.

یافته‌ها و بحث

نتایج تحلیل مؤلفهٔ اصلی حاکی است، هفت عامل با همدیگر ۸۲ درصد از واریانس داده‌های اولیه را تبیین کرده (جدول ۲) و نتایج خوشه‌بندی نشان داد، ۷ الگوی همگن جوی، روزهای همراه با ریزش برف سنگین در جاده چلگرد-شهرکرد-لردگان را موجب می‌شوند (شکل‌های ۲ تا ۸). فراوانی این الگوها حداقل ١٤ (الگوی ٦) و حداکثر ٢٦ (الگوی ٤ و ٥) روز برفی را نشان می‌دهند. الگوهای به‌ترتیب:

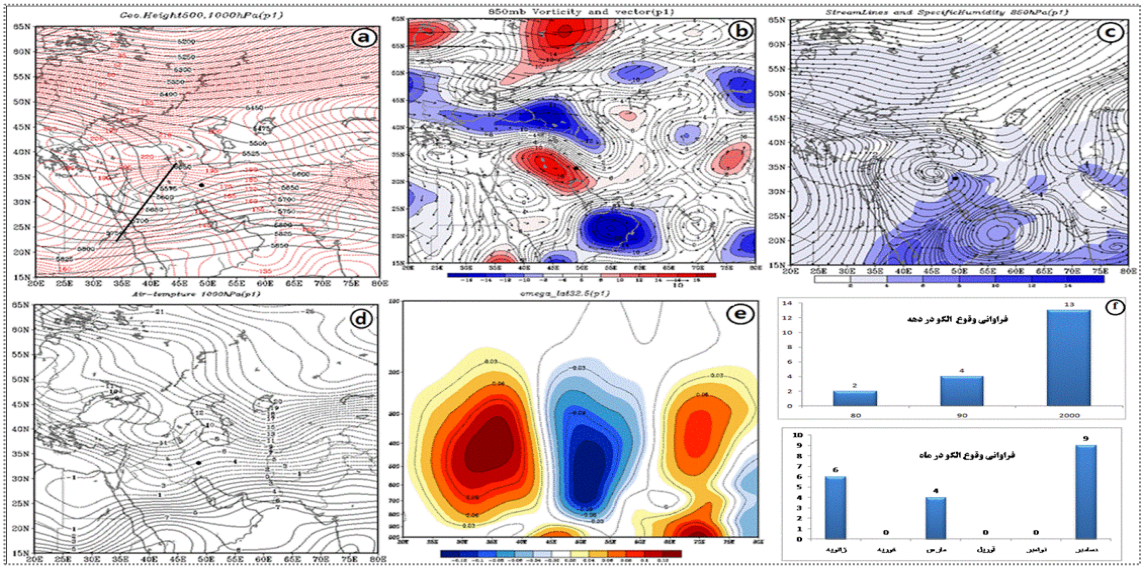
جدول ۲- درصد واریانس هر مؤلفه اصلی

ردیف	مولفه اصلی	واریانس	واریانس تجمعی
۱	اول	۲۱/٤	۲۱/٤
۲	دوم	۱۸/۲	۳۹/٦
۳	سوم	۱۲/۷	۵۲/۳
٤	چهارم	۹/٦	٦۱/۹
۵	پنجم	۷/٦	٦۹/۵
٦	ششم	۹/۵	۷٦
۷	هفتم	۵/٦	۸۱/٦

الگوی ناوه اریب دریای سرخ: بیش‌ترین روزهای این الگو مربوط به ماه دسامبر با ۹ روز بارش برف سنگین است و یک الگوی پاییزه-زمستانه می‌باشد که بیش‌تر در شروع فصل سرد، ریزش برف سنگین را بر روی جاده کوهستانی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

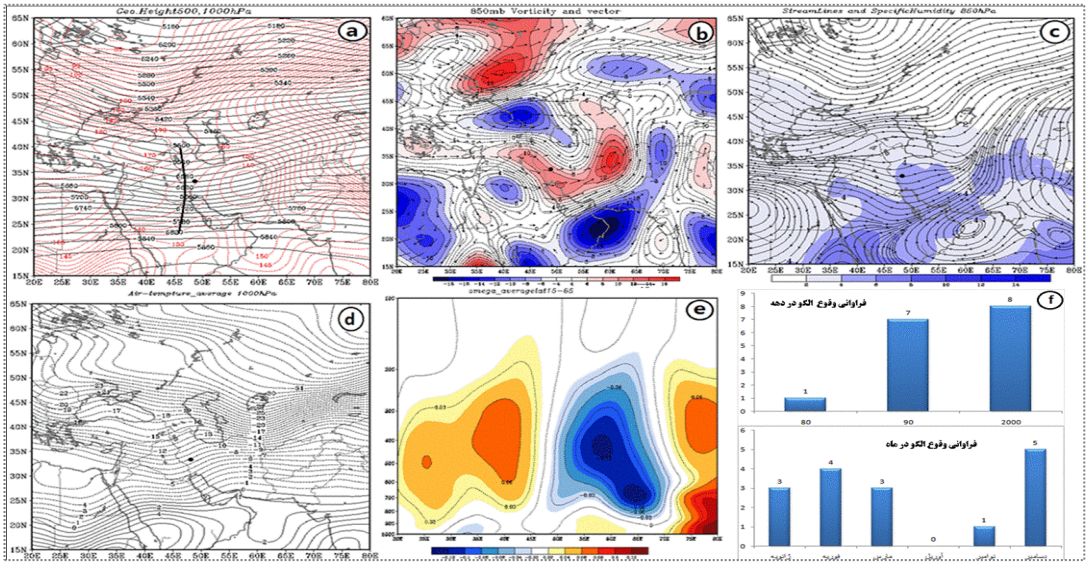
به همراه دارد. روند دهه‌ای این الگو مثبت بوده و در دهه ۲۰۰۰ بیش‌ترین تعداد روز برفی را دارد (شکل ۲–f). شرایط سینوپتیک این الگوی نشان می‌دهد، ناوه عمیق بادهای غربی از شمال‌غرب ایران تا غرب دریای سرخ ادامه دارد. این ناوه، واگرایی بالایی را به همراه داشته و سبب صعود هوا در جلوی ناوه می‌گردد. در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، نیز زبانه کم‌فشار از روی شبه جزیره عربستان و خلیج‌فارس به جنوب‌غرب ایران وارد شده و همزمان مرکز پرفشار حرارتی–دینامیکی روی ترکیه و دریای سیاه با چرخش آنتی سیکلونی، هوای سرد عرض‌های شمالی را به ایران منتقل می‌کند (شکل ۲–a). همچنین درنقشه تاوایی نسبی در غرب منطقه، تاوایی مثبت با مرکز ۰/۱۶+ متر بر ثانیه (تراز ۸۵۰)، با حرکت سیکلونی و صعود هوا و منطقه با تاوایی منفی با مرکز ۰/۱۸– متر بر ثانیه در جنوب خلیج‌فارس، باعث تشدید شیو فشار در خلیج‌فارس و سرعت باد می‌شود (شکل ۲–b). وزش رطوبتی از سمت غرب و جنوب‌غرب از دریای مدیترانه به سمت شرق، با عبور از عراق و خلیج‌فارس، تقویت و با رسیدن به زاگرس با صعود آدیاباتیکی مرطوب، ریزش را موجب می‌شود. همچنین وجود محدوده گردش واگرایی در خطوط جریان غرب ایران و محدود همگرایی بر روی کشور عمان مشاهده می‌شود و جریانات بین این دو مرکز بسیار فشرده می‌باشد (حداکثر شیو فشار). مقدار رطوبت در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای این الگو ٤–٦ گرم بر کیلوگرم است (شکل ۲–c). نقشه سرعت قائم جو، صعود شدید دینامیکی هوا به مقدار ۰/۱۲– متر بر ثانیه در طول حدود طول ۵۱ درجه از تراز ۹۰۰ تا ۲۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد (شکل ۲–e) و دمای تراز سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، حاکی از عبور هم‌دمای ٤– از منطقه می‌باشد. این شرایط جوی و دمایی مجاور زمین، نزول برف در منطقه را موجب می‌شود (شکل ۲–d).



شکل ۲: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (a)، نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (b)، نم ویژه و خطوط جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (c)، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (d)، نیمرخ امگا از سطح ۱۰۰۰ تا تراز ۱۰۰ هکتوپاسکال (e)، فراوانی دهه و سالانه (f) الگوی ۱

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

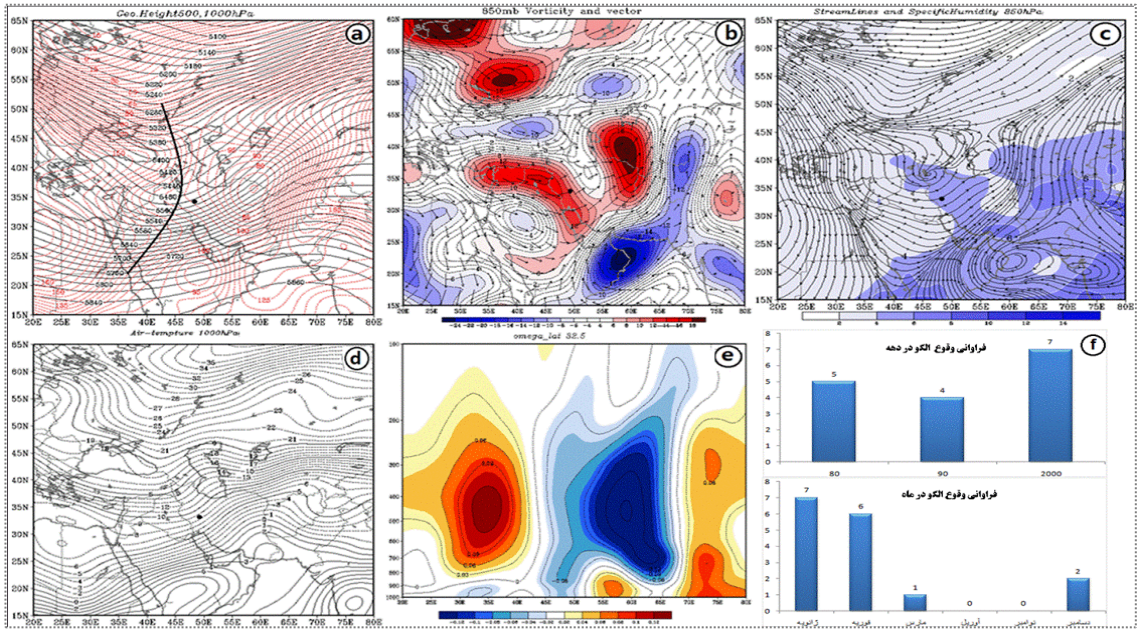
الگوی ناوه غربی ضعیف: بیش‌ترین روزهای بارش برف سنگین این الگوی مربوط به ماه دسامبر با ۵ روز بارش است. این الگو ریزش برف اواخر پاییز و زمستان را موجب می‌شود. همچنین روند دهه‌ای حاکی است، این الگو در دو دهه ۹۰ و ۲۰۰۰ غالب بوده و ریزش برف سنگین بر روی جاده را به همراه دارد (شکل ۳-f). در نقشه فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این الگو، ناوه ضعیف بادهای غربی در نوار مرزی غرب ایران واقع شده و خطوط فشار این تراز با الگوی منظم و موازی، حالت مداری دارند. این ناوه ضعیف که از نظر نصف‌النهاری به منطقه نزدیک است، صعود هوا و ناپایداری را سبب شده، اما در نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، کم‌فشار حرارتی وسیع با فشار مرکزی ۱۴۰ متر در فلات ایران واقع شده و یک جبهه در جنوب‌غربی ایران با جاده شرقی-غربی و همچنین پرفشار روی ترکیه با مرکز ۱۷۵ متر مشاهده می‌شود. در این شرایط چرخش آنتی سیکلونی موجب انتقال هوای سرد عرض‌های بالاتر به منطقه شد (شکل ۳-a). در نقشه تاوایی نسبی منطقه چرخند مثبت دو هسته‌ای، بر فراز منطقه مطالعه و خراسان باعث صعود هوا و ایجاد اغتشاش و ناپایداری می‌گردد که علت این جدا افتادگی فشار تاوایی منفی ترکیه و بادهای شدید جنوب سو است. علاوه بر آن یک منطقه تاوایی نسبی منفی قوی روی عمان، موجب تشدید سرعت بادها خلیج‌فارس و جنوب‌غرب ایران با جهت شمال سو می‌گردد (شکل ۳-b). در این الگو رطوبت با خطوط جریان از دریای مدیترانه و خلیج‌فارس به منطقه و محدود چرخندی خطوط جریان به روی دریای عمان قرار دارند. چنان‌که مقدار رطوبت در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای این الگو ٤-٦ گرم بر کیلوگرم است (شکل ۳-c). نیمرخ سرعت قائم جو این الگو، مرکز صعود در سمت شرق (محل تاوایی نسبی مثبت در نقشه تاوایی) با مقدار ۰/۱۲- (شکل ۳-e)، همزمان در نقشه هم‌دما از الگوی دوم خط هم‌دمای ۸- درجه سانتی‌گراد از منطقه گذشته است. در نتیجه هوای سطح زمین سرد تر از الگوی اول و شرایط دمای سطحی برای وقوع برف وجود دارد (شکل ۳-d).



شکل ۳: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (a)، نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (b)، نم ویژه و جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (c)، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (d)، نیمرخ امگا (e)، فراوانی دهه و سالانه (f). الگوی ۲

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

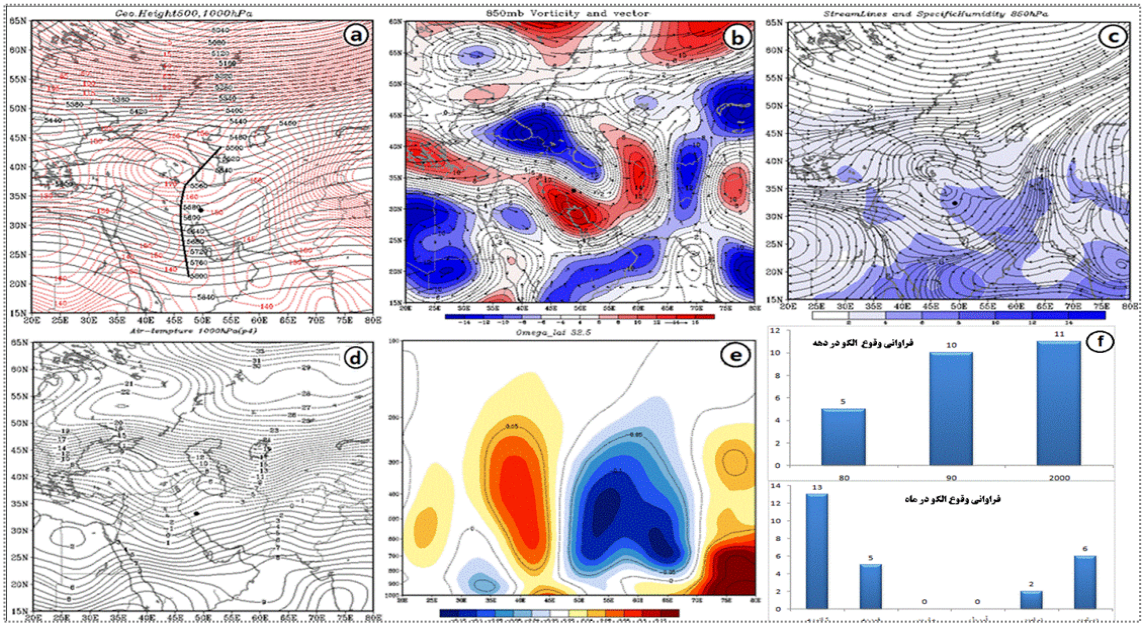
الگوی ناوه عمیق غربی: در این الگو بیش‌ترین روزهای وقوع برف سنگین مربوط به ماه ژانویه با ۷ روز بارش برف سنگین بوده و احتمال وقوع این الگو در اوایل زمستان غالب است. وقوع این الگو در دهه ۹۰، کاهش و در دهه ۲۰۰۰ افزایش دارد (شکل ٤–f). در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ناوه طولانی و عمیق از عرض شمالی تا سودان و شرق افریقا ادامه دارد. این ناوه در عرض ٤۰ تا ۳۰ درجه شمالی در غرب ایران، واقع و منطقه در جلوی محور ناوه، منطقه صعود و ناپایدار شدید هواست. در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، دو مرکز کم‌فشار قوی، در خراسان با فشار ۹۸۰ متر، موجب چرخش سیکلونی قوی ایران شده و دیگری در جنوب خلیج‌فارس با فشار مرکزی ۹۹۰ متر مشاهده می‌شود. همزمان دو جبهه هوا در غرب ایران و شرق دریای مدیترانه، سبب ناپایداری هوا گردید (شکل ٤–a). در نقشه تاوایی نسبی این الگو، مرکز تاوایی نسبی مثبت در نیمه غربی ایران تا شرق دریای مدیترانه با هسته عراق قرار داشته که این شرایط موجب صعود دینامیک هوا و حرکات چرخندی در غرب ایران می‌گردد. همچنین مرکز تاوایی نسبی مثبت دیگر با قدرت بیش‌تری منطقه شمال‌شرق ایران را فرا گرفته و این دو همگرایی هوا در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال را موجب می‌شوند (شکل ٤–b). رطوبت لازم برای این الگو مانند دو الگوی پیشین از دریای مدیترانه و دریای سیاه به منطقه وارد شده است. همزمان دو مرکز همگرایی در خطوط جریان در منطقه شرق دریای خزر و شمال‌غرب ایران مشاهده شده که مقدار رطوبت تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای این الگو ٤–٦ گرم می‌باشد (شکل ٤–c). در نقشه سرعت قائم هوا بر فراز منطقه (طول ۵۱ درجه شرقی) صعود گسترده و عمیق در وردسپهر وجود دارد (شکل ٤–e). شرایط دمایی این الگو در منطقه، دمای زیر صفر درجه و خط دمایی ۷– درجه سانتی‌گراد از استان چهارمحال و بختیاری می‌گذرد (شکل ٤–d).



شکل ٤: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (a)، نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (b)، نم ویژه و خطوط جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (c)، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (d)، نیمرخ امگا (e)، فراوانی دهه و سالانه (f). الگوی ۳

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

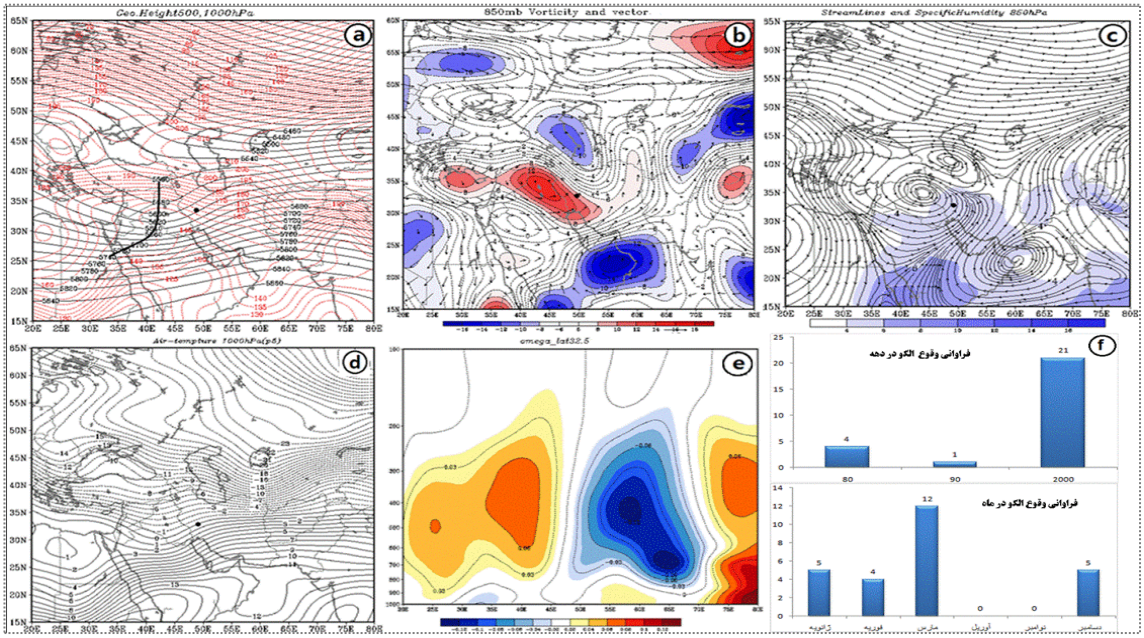
الگوی ناوه غرب خلیج‌فارس: بیش‌ترین روزهای ریزش برف این الگو مربوط به ماه ژانویه با ۱۳ روز بارش برف سنگین و در اوایل زمستان غالب است. همچنین در سه دهه اخیر، وقوع این الگو، روند مثبت دارد (شکل ۵-f). در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ناوه شرق دریای خزر تا عربستان ادامه و خلیج‌فارس و غرب ایران در جلوی ناوه قرار دارد. محل واگرایی هوا در وردسپهر، صعود دینامیک و محل ورود جبهه سیکلون‌های مدیترانه‌ای در چهارمحال‌وبختیاری می‌باشد. همچنین چگونگی قرارگیری کنتورهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، مرکز پرفشار با مرکزیت ۱۸۰ متر در شمال‌غرب ایران و از جنوب‌شرق و خلیج‌فارس زبانه کم‌فشار به منطقه وارد شد (شکل ۵-a). همزمان در نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، چرخندگی مثبت دو هسته با دو مرکز قوی به ترتیب بر روی خلیج‌فارس تا خراسان و مرکز تاوایی نسبی منفی بسیار شدید در ترکیه مشاهده گردید. شیو شدید فشار در فلات مرکزی ایران و منطقه مطالعه مشهود است؛ بنابراین منطقه، تحت سلطه تاوایی مثبت جنوب‌غرب ایران و چرخش پادساعت‌گرد، صعود هوا و ناپایداری جو می‌باشد. همچنین وجود دو منطقه تاوایی منفی در شمال و جنوب این منطقه موجب بالا رفتن شیو فشار و سرعت وزش باد می‌گردد (شکل ۵-b). در نقشه رطوبت ۸۵۰، مسیر و منشأ بیشینه رطوبت از مدیترانه بوده که بر روی خلیج‌فارس تقویت می‌شود. مقدار رطوبت در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای این الگو ٤-٦ گرم است (شکل ۵-c). در نیمرخ سرعت قائم در طول ۵۱ درجه شرقی، در تراز ۹۰۰ هکتوپاسکال هیچ نوع صعودی انجام نگرفته و جو پایین به دلیل سردی هوا پایدار، اما در بالای این تراز صعود شدید هوا وجود دارد (شکل ۵-e). نقشه دمای تراز هکتوپاسکال ۱۰۰۰، خط هم‌دمای ۱- درجه سانتی‌گراد از منطقه عبور و ریزش برف در سطح زمین را تأیید می‌کند (شکل ۵-d).



شکل ۵: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (a)، نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (b)، نم ویژه و خطوط جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (c)، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (d)، نیمرخ امگا (e)، فراوانی دهه و سالانه (f). الگوی ٤

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

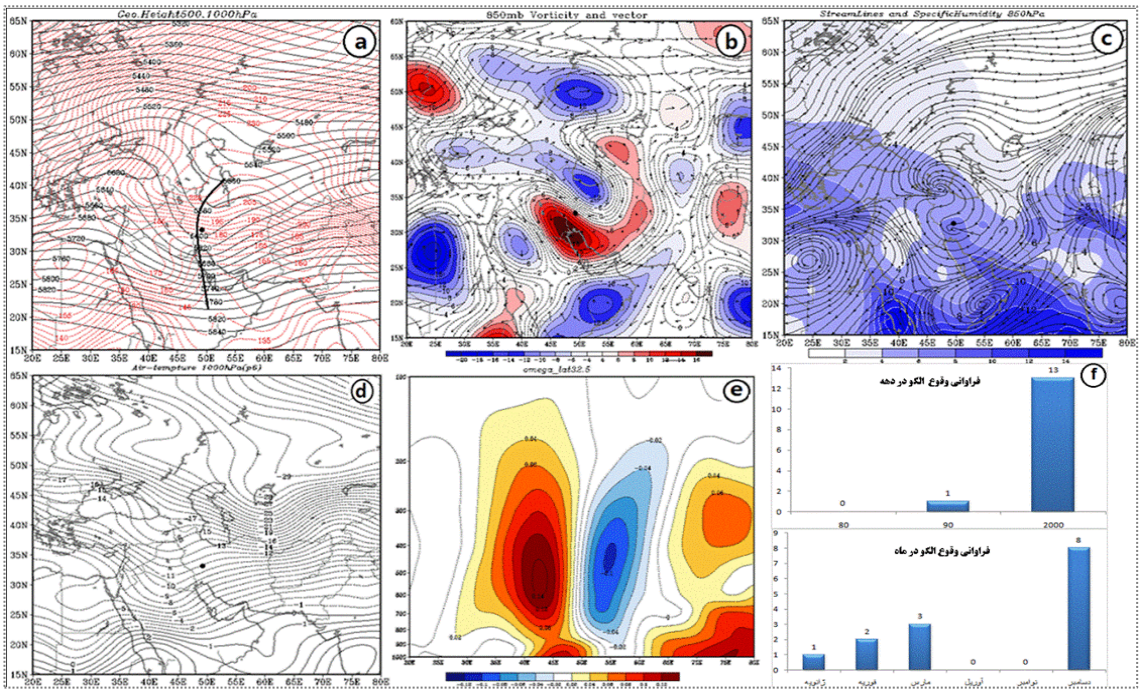
الگوی ناوه عراق: غالب روزهای این الگو مربوط به ماه مارس با ۱۲ روز بارش برف سنگین بوده و الگوی غالب اواخر فصل پاییز می‌باشد. همچنین روند دهه‌ای وقوع این الگو حاکی است، در دهه ۹۰ این الگو کاهش و دهه ۲۰۰۰ افزایش زیادی دارد (شکل ٦–f). در این الگو، ناوه بادهای غربی در غرب دریای خزر از عرض جغرافیایی ٤٥ درجه شمالی تا شمال دریای سرخ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشهود است که ایران با قرارگیری در جلوی ناوه، در منطقه صعود و ناپایداری هوا قرار دارد (شکل ٦–a). همزمان مرکز پرفشار بر روی دریای سیاه و زبانه کم‌فشار از دریای عرب و خلیج‌فارس تا جنوب‌غرب ایران در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ادامه دارد، هجوم این کم‌فشار از سمت جنوب و پرفشار سیبری از شمال، افزایش شیو فشار در نیمه غربی ایران و منطقه و ناپایداری هوا در تراز پایین جو را موجب می‌شود. جبهه هوا در شمال خلیج‌فارس تا شمال افریقا قرار دارد (شکل ٦–a). در این الگو، تاوایی مثبت وسیع با دو مرکز روی دریای مدیترانه، عراق و جنوب‌غرب ایران با چرخش سیکلونی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، باعث صعود دینامیکی هوا در منطقه می‌گردد (شکل ٦–b). همزمان در نقشه نم ویژه، همگرایی جریان و منشأ رطوبت دریای مدیترانه و دریای سرخ است که جریانات با عبور از خلیج‌فارس، با رطوبت بالا از سمت جنوب وارد منطقه می‌شوند. چنان‌که، رطوبت در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای این الگو ٤–٦ گرم است (شکل ٦–c). نیمرخ سرعت قائم جو، منطقه نزول در جلوی منطقه قرار داشته، اما صعود هوا در تراز بالایی از طول ۵۰ تا ۷۰ درجه شرقی، باعث مکش هوا به سمت بالا می‌گردد (شکل ٦–e). همچنین در نقشه دمایی این الگوی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، هم‌دمای صفر درجه سانتی‌گراد از چهارمحال و بختیاری گذشته و بارش برف را نشان می‌دهد (شکل ٦–d).



شکل ٦: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (a)، نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (b)، نم ویژه و خطوط جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (c)، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (d)، نیمرخ امگا (e)، فراوانی دهه و سالانه (f). الگوی ۵

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

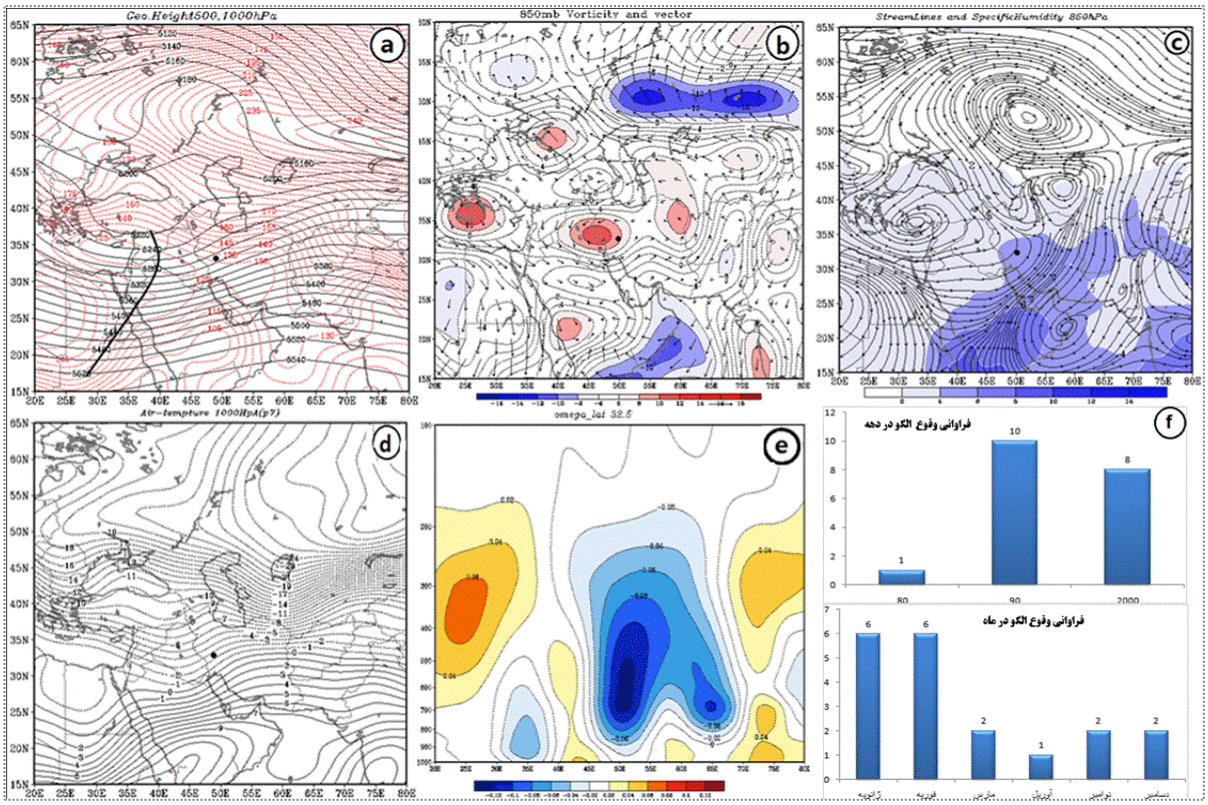
الگوی بایکال-خلیج فارس: بیش‌ترین روزهای این الگو مربوط به ماه دسامبر با ۷ روز بارش برف سنگین و بر عکس دیگر الگوها در اواخر زمستان غالب است. وقوع این الگو در دهه ۸۰ و ۹۰ ضعیف و در دهه ۲۰۰۰ افزایش دارد (شکل ۷-f). شرایط سینوپتیک الگوی ناوه غرب ایران، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ناوه موج کوتاه بادهای غربی از عرض ۵۰ درجه شمالی با محور شمال‌شرقی-جنوب‌غربی تا جنوب عربستان ادامه دارد. موقعیت منطقه در مرکز این ناوه، صعود دینامیک هوا را نشان می‌دهد. همزمان فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، حاکی از ورود پرفشار سیبری در بخش عمده ایران، زبانه کم‌فشار از جنوب‌غرب ایران به منطقه و بیشینه شیب فشار در غرب ایران مشهود است (شکل ۷-a). مقادیر بیشینه تاوایی مثبت تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در جنوب‌غرب ایران، موجب صعود قوی هوا می‌گردد. همزمان منطقه بیشینه تاوایی منفی از شمال تا شمال‌غرب ایران و منطقه مطالعه در محدوده با تاوایی مثبت و بیشینه شیب تاوایی قرار دارد. چنان‌که بادهای شدید با جهت شرقی و شمال‌شرقی در منطقه می‌وزند (شکل ۷-b). در این الگو منبع رطوبت توده‌های هوا، دریای مدیترانه با گذر از خلیج‌فارس است. الگوی جریان حاکی از همگرایی در شمال‌غرب ایران و منطقه دارد. چنان‌که مقدار رطوبت این الگو ۶-۸ گرم، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال که بیش‌ترین مقدار رطوبت را در بین الگوها داراست (شکل ۷-c). در نیمرخ سرعت قائم در طول ۵۰ جغرافیای درجه شرقی در تراز پایین، نزول هوا، اما در سطوح بالایی جو صعود هوا مشاهده می‌شود که این صعود دینامیکی ناپایداری جوی را به همراه دارد (شکل ۷-e). در نقشه دمایی خط ۱۰- درجه سانتی‌گراد از منطقه، حاکی از سرمای شدید است (شکل ۷-d).



شکل ۷: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (a)، نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (b)، نم ویژه و خطوط جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (c)، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (d)، نیمرخ امگا از سطح ۱۰۰۰ تا تراز ۱۰۰ هکتوپاسکال (e)، فراوانی دهه و سالانه (f). الگوی ۶

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

الگوی شرق مدیترانه: بیش‌ترین روزهای این الگو مربوط به ماه ژانویه و فوریه با ٦ روز بارش برف سنگین است. روند دهه‌ای نیز کاهش این الگو در دهه ۲۰۰۰ و افزایش آن را در دهه ۹۰ نشان می‌دهد (شکل ۸–f). در این الگو، ناوه عمیق از جنوب ترکیه تا شرق افریقا ادامه دارد. چنانکه الگوی مانع در شمال دریای خزر، موجب ایجاد سردچال بر فراز دریای سیاه، ریزش هوای سرد و مرطوب به ایران را به همراه دارد. مرکز کم‌فشار دریای مدیترانه تا جنوب ایران ادامه و منطقه مطالعه در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال را پوشش می‌دهد. این شرایط موجب حرکت سیکلونی و جو ناپایدار از شرق دریای مدیترانه تا غرب ایران می‌گردد (شکل ۸–a). همزمان بیشنه تاوایی مثبت با چرخندی ۰/۱۰ متر بر ثانیه، در غرب ایران و چرخش سیکلونی، صعود هوا را موجب می‌شود (شکل ۸–b). منشأ رطوبت این الگو علاوه بر دریای مدیترانه، شمال خلیج‌فارس بوده و جریانات مرطوب با حرکت چرخندی از دریای مدیترانه و شمال خلیج‌فارس به منطقه می‌وزند، مقدار رطوبت در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای این الگو ٤–٦ گرم است (شکل ۸–c). نیمرخ سرعت قائم جو در زیر تراز ۹۰۰ هکتوپاسکال، پایداری، اما در بالای این تراز، صعود بسیار شدید تا تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال مشهود است (شکل ۸–e). خط هم‌دمای ۲– درجه سانتی گراد از منطقه گذشته و حاکی از ریزش برف است (شکل ۸–d).



شکل ۸: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (a)، نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (b)، نم ویژه و خطوط جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (c)، دمای سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (d)، نیمرخ امگا از سطح ۱۰۰۰ تا تراز ۱۰۰ هکتوپاسکال (e)، فراوانی دهه و سالانه (f). الگوی ۷

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

بنابراین ویژگی‌های دینامیکی الگوهای جوی منجر به وقوع برف سنگین در منطقه مطالعه (جدول ۳) حاکی است، در سطوح میانی جو (سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) خط هم ارتفاع ۵۳۲۰ تا ۵۶۵۰ متر از منطقه گذشته که نشان از ناپایداری و ریزش هوای سرد در جو بالا در جاده کوهستانی زاگرس مرکزی دارد و همزمان در سطح زمین زبانه‌های کم‌فشار از روی خلیج‌فارس و دریای مدیترانه در منطقه مطالعه مشاهده می‌شود. در تمام الگوها تاوایی نسبی در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال برروی منطقه مطالعه، مقادیر مثبت از ۰/۱۰ تا ۰/۱۶ متر بر ثانیه و منطقه مطالعه در ناحیه بیشینه ناپایداری هوا قرار دارد. جهت باد در منطقه مطالعه در سطح ۸۵۰ جنوب‌غربی–شمال‌شرقی و جهت ورود توده‌ها و جبهه گرم سیکلون از دریای مدیترانه با گذر از خلیج‌فارس در حرکت چرخندی را نشان می‌دهد. در روزهای برفی در منطقه، نیمرخ سرعت قائم جو مقادیر منفی و حکایت از صعود شدید هوا دارد. همچنین دمای هوای این روزها در همه سطوح اتمسفری مقادیر منفی و نشان از شرایط دمایی ریزش برف در تمام سطوح جو دارد.

جدول ۳- مقدار شاخص‌های هر الگو در منطقه مطالعه

شاخص	تعداد	ارتفاع ژئوپتانسیل		تاوایی	جهت باد	رطوبت	نیمرخ امگا	دما در سطوح مختلف		
تراز	روز	۵۰۰	۱۰۰۰	۸۵۰	۸۵۰	۸۵۰	مرکزیت ۵۰۰	۱۰۰۰	۸۵۰	۵۰۰
الگوی ۱	۱۹	۵۶۵۰	۱۳۵	۰/۱۶	جنوب‌غربی-شمال‌شرقی	۶-۴	-۰/۱۲	-۴	-۱۲	-۳۴
الگوی ۲	۱۶	۵۵۷۰	۱۷۰	۰/۱۰	غربی-شرقی	۶-۴	-۰/۱۲	-۷	-۱۶	-۴۲
الگوی ۳	۱۶	۵۵۴۰	۱۰۰	۰/۱۴	غربی- شرقی	۶-۴	-۰/۱۶	-۸	-۱۳	-۴۴
الگوی ۴	۲۶	۵۶۰۰	۱۵۰	۰/۱۴	جنوب‌بی-شمال‌شرقی	۶-۴	-۰/۱۲	-۲	-۱۰	-۳۶
الگوی ۵	۲۶	۵۶۴۰	۱۵۵	۰/۱۴	جنوب‌غربی-شمال‌شرقی	۶-۴	-۰/۱۲	۰	-۹	-۳۶
الگوی ۶	۱۴	۵۶۰۰	۱۷۵	۰/۱۴	جنوب‌غربی-شمال‌شرقی	۸-۶	-۰/۱۲	-۱۰	-۱۸	-۴۲
الگوی ۷	۱۹	۵۳۲۰	۱۳۰	۰/۱۰	جنوب‌غربی-شمال‌شرقی	۶-۴	-۰/۱۲	-۱۲	-۱۰	-۳۳

نتیجه‌گیری

الگوهای ریزش برف سنگین در زاگرس مرکزی در دهه ۲۰۰۰ افزایش داشته و برف سنگین در جاده کوهستانی در ماهای دسامبر، ژانویه و فوریه بیش‌ترین وقوع را دارد. این ریزش‌ها در جاده‌های کوهستانی زاگرس مرکزی در ارتباط با قرارگیری موقعیت قرارگیری ناوه شرق مدیترانه در نزدیکی منطقه مطالعه است که برخی الگوها مرتبط با سردچال ها در منطقه قفقاز می‌باشند. در سطوح میانی جو تاوه قطبی باهم ارتفاع ۵۴۸۰ متر در شمال ایران و جنوب دریای خزر قرار دارد و گاهاً تا منطقه مطالعه نفوذ می‌کند. با استقرار ناوه بادهای غربی در غرب ایران و نزدیک به منطقه، محدوده با حداکثر تاوایی مثبت بر روی زاگرس مرکزی قرار دارد. همزمان مناطق با تاوایی منفی شدید در دریای عمان و شرق خلیج‌فارس و ترکیه، به‌ترتیب موجب شیو فشار قوی در جنوب و شمال منطقه مطالعه شده و

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

همزمان منطقه با تاوایی مثبت در شمال‌شرق و مرکز ایران قرار دارند. پرفشار قوی سیبری از شمال ایران و دریای خزر با پرفشار منطقه قفقاز بر روی دریای سیاه، ترکیه و شمال‌غرب ایران ادغام شده و ریزش هوای سرد به منطقه مطالعه را سبب می‌گردد. همزمان با این شرایط، کم‌فشار در شرق و مرکز ایران در تقابل با پرفشار سیبری در مرز شرقی ایران، موجب شیب فشار این منطقه می‌شوند. این شرایط جوی در مرکز و شرق ایران، ماندگاری و تداوم شرایط دینامیکی فوق، صعود هوا و برف سنگین در زاگرس میانی، ریزش دارد. نقش مهم پرفشار سیبری در اقلیم زمستانه ایران در مطالعات دیگر نیز تایید شد (علیجانی، ۱۳٦۹: ۲٤۱). منابع رطوبت برف سنگین، دریای سیاه، شرق دریای مدیترانه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال است که با حرکت چرخندی، غالب توده‌ها در خلیج‌فارس تقویت شده و از جنوب، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی به منطقه مطالعه می‌وزند. چنان‌که میزان رطوبت توده‌های هوا، به طور متوسط ٦ تا ۱۰ گرم بر کیلوگرم است که ریزش بارش سنگین در منطقه با ضخامت رطوبت (تا تراز ۸۵۰) وجود دارد. دریای احمر در بارش برف سنگین زاگرس مرکزی نقش چشم‌گیری ندارد. دریای مدیترانه نقش اصلی و خلیج‌فارس نقش تقویت کننده غالب توده‌های مرطوب با جهت غربی و جنوب‌غربی جریانات جوی را دارد. در مطالعه دیگر نیز منبع اصلی رطوبت بارش‌های ایران، دریای سیاه برای نوار شمالی و دریای مدیترانه و خلیج‌فارس برای نوار جنوبی کشور است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۸۹: ٤۷). خط هم‌دمای صفر درجه بر روی خلیج‌فارس قرار داشته و این نشان از ورود تاوه قطبی به ایران و توده‌های سرد تا عرض‌های پایین بر روی غرب ایران در روز برف سنگین دارد. چنان‌که دمای کم‌تر از صفر و هم‌ارتفاع کم‌تر از ٥٦۰۰ متر در همه الگوها در زاگرس مرکزی قرار دارد؛ بنابراین مدیریت ریسک و بحران وقوع برف سنگین جاده چلگرد–شهرکرد–لردگان در اواخر پاییز و اوایل زمستان، آمادگی برای پیش‌بینی دقیق‌تر الگوی جوی روزانه، آگاهی، کنترل، کاهش پیامدهای ناشی از برف سنگین را موجب می‌گردد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

منابع

- امینی‌نیا، ک؛ لشکری، ح؛ علیجانی، ب (۱۳۸۹)، «بررسی و تحلیل نوسانات بارش برف سنگین در شمال‌غرب ایران»، ***فضای جغرافیایی***، شماره ۲۹، صص ۱۶۳-۱۳۵.

- بهیار، م. ب؛ مصطفوی‌دارانی، س. م؛ کریمی، م (۱۳۸۳)، «بررسی جایگاه و نقش مدیریت ریسک در مقابله با بلایای جوی و دستیابی به توسعه پایدار»، مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی دو سالانه انجمن متخصصان محیط‌زیست ایران، تهران، انجمن متخصصان محیط‌زیست ایران، صص ۸-۱.

- حبیبی‌نوخندان، م (۱۳۸٤)، «مطالعه توزیع مکانی و زمانی وقوع مه و بررسی اثرات آن در حمل‌ونقل جاده‌ای»، ***تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۱، صص ۳۷-۱۹.

- حبیبی‌نوخندان، م (۱۳۸۸)، «مطالعه توزیع مکانی و زمانی بارش و اثرات آن بر ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای در ایران»، ***پژوهش‌نامه حمل‌ونقل***، شماره ۲، صص ۱۹۲-۱۸۵.

- درگاهیان، ف؛ علیجانی، ب (۱۳۹۲)، «بررسی اثر بلاکینگ بر رخداد برف‌های سنگین و مداوم ایران»، ***جغرافیایی سرزمین***، شماره ۲، صص ۱٤-۱.

- رضایی، س؛ اکبری ساری، ع؛ عرب، م (۱۳۹۲)، «برآورد هزینه خدمات سلامت ناشی از تصادفات جاده‌ای ایران در سال ۱۳۸۸»، ***فصلنامه حکیم***، شماره ۳، صص ۲۰۰-۱۹۲.

- شکیبا، ا؛ صادقی، س؛ دوستان، ر (۱۳۹٤)، «مراکز فعالیت و الگوهای سینوپتیکی بارش برف سنگین در شمال‌غرب ایران»، ***جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای***، شماره ۱٦، صص ۱۰۳-۸۷.

- صفری، ه؛ صلاحی، ب (۱۳۸۹)، «تحلیل آماری و سینوپتیک بارش‌های برف سنگین شهرستان کرمانشاه»، پنجمین همایش ملی زمین‌شناسی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامشهر، اسفند ۱۳۸۹.

- علیجانی، ب (۱۳۸۵)، «***اقلیم‌شناسی سینوپتیک***»، تهران، انتشارات سمت.

- علیجانی، ب؛ دوستان، ر (۱۳۹۱)، «شناسایی کانون‌های کنترل‌کننده اقلیم ایران و الگوهای فشار مربوط در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال جو ایران در دوره سرد سال»، ***جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای***، شماره ۱۹، صص ۲۷۹-۲۵۵.

- علیجانی، ب (۱۳٦۹)، «چگونگی تشکیل پرفشار سیبری و اثر آن بر اقلیم شرق ایران»، ***تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۷، صص ۲۵۱-۲٤۱.

- عزیزی، ق؛ حبیبی‌نوخندان، م (۱۳۸٤)، «مطالعه توزیع زمانی و مکانی یخبندان و لغزندگی در جاده‌های هراز و فیروزکوه با استفاده از تکنیک GIS»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ٦۳-۵۱.

- فهیمی‌نژاد، ا؛ حجاری‌زاده، ز؛ علیجانی، ب؛ ضیائیان، پ (۱۳۹۱)، «تحلیل سینوپتیک و فضایی توفان برف استان گیلان (فوریه ۲۰۰۵)»، ***جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای***، شماره ۱۹، صص ۳۰۲-۲۸۱.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]

– مدیریت بحران شهرداری تهران (۱۳۹۰)، «مدیریت و برنامه‌ریزی شهری در مواقع بحران‌های طبیعی و انسانی»، طرح جامع تفضلی، تهران، شهرداری تهران.

– مسعودیان، س. ا؛ محمدی، ب (۱۳۸۹)، «تحلیل همدیدی بارش‌های سنگین ایران، مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳»، ***جغرافیا و توسعه***، شماره ۱۹، صص ۷۰–۴۷.

- Alijani, B., Harman, J. R., (1985), "Synoptic climatology of precipitation in Iran", ***Annals of Association of American Geographers***, 75: 404-416.

- Birkland, K., (1996), "Atmospheric circulation pattern associated with heavy snowfall event Bridger bowl, Montana, USA", ***Mountain research and development***, 16: 281-286.

- Bednorz, E., (2011), "Synoptic conditions of the occurrence of snow cover in central European lowlands", ***Int. J. Climatology***, 31: 1108- 1118.

- Esteban, P., Jones, P. D., Martin vide, J., Mases, M., (2005), "Atmospheric circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees", ***Int. J. Climatology***, 25: 319-329.

- Hui, G., (2009), "China snow disaster in 2008, who is the principal player", ***Int. J. Climatology***, 29: 2191-2196.

- Hartley, S., Keables, M. J., (1998), "Synoptic associations of winter climate and snowfall variability in New England, USA", ***Int. J. Climatology***, 18: 281-298.

- Irannezhad, M., Ronkanen, A. K., Klove, B., (2015), "Wintertime climate factors controlling snow resource decline in Finland", ***Int. J. Climatology***, 36:110-131.

- Richman, M. B., (1986), "Rotation of principal components", ***Int. J. Climatology***, 6: 293-335.

-Frankel, J. A., Romer, D. H., (1999), "Does trade causes growth"?, ***the American Economic Review***, 89: 379–399.

- Yarnal, B., (1993), "Synoptic climatology in environmental analysis", London Primer, Belhaven Press, pp 195.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-02]