

پهنه‌بندی مخاطرات جوی در غرب ایران

تهمینه چهره‌آرا ضیابری^۱، سمیه حاجیوندپایداری^{۲*}، حسن حاجی‌محمدی^۳

۱- استادیار گروه آب و هواشناسی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری گروه آب و هواشناسی دانشکده جغرافیا دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری گروه آب و هواشناسی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

مخاطرات جوی از جمله مخاطراتی می‌باشند که مناطق مختلف ایران را به خصوص نیمه غربی تحت تاثیر خود قرار داده است. در همین راستا و برای بررسی مخاطرات جوی رخ داده در غرب ایران شامل استان‌های همدان، کردستان و کرمانشاه از داده‌های دیده‌بانی ۱۶ ایستگاه هواشناسی، شامل بارش (باران و برف)، دمای حداقل، دمای حداکثر، جهت و سرعت باد، وضعیت دید و وضعیت هوا از بدو تاسیس تا سال ۲۰۱۲ استفاده شد تا ۸ نوع مخاطره شامل کولاک، گردوغبار، بارش‌های حدی، مه‌گرفتگی، یخبندان، تگرگ، برف سنگین و توفان تندری استخراج و در نهایت توزیع فضایی پهنه‌بندی گردد. بدین منظور و برای درک بهتر اثرات هر یک از مخاطرات مذکور، از مدل رگرسیونی برای مدلسازی طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع ارتباط آن‌ها با هر یک از مخاطرات استفاده گردید. نتایج نشان داد بیشترین ضریب همبستگی بین مدل مربوط به پارامترهای کولاک، توفان تندری و یخبندان بوده، از طرفی کمترین ضریب همبستگی مربوط به مه‌گرفتگی، تگرگ و بارش شدید است. بررسی‌ها نشان داد استان همدان از رخدادهای جوی یاد شده بیشتر از کولاک، یخبندان و مه‌گرفتگی، استان کردستان از تگرگ و برف سنگین و استان کرمانشاه از توفان تندری، بارش سنگین و گردوغبار رنج می‌برند. نتایج حاصل از مناطق هم‌پتانسیل رخداد مخاطرات جوی نیز نشان داد نیمه شمالی استان همدان، شمال شرق استان کردستان و نواحی غربی و جنوب غربی استان کرمانشاه بیشتر از سایر مناطق تحت تاثیر مخاطرات جوی می‌باشند.

کلید واژه‌ها: مخاطرات جوی، مدلسازی، مناطق هم‌پتانسیل، غرب ایران

۱- مقدمه

آب و هوا مسبب بسیاری از مخاطرات طبیعی است. این مخاطرات در طول تاریخ به طور مداوم زندگی بشر را تحت تاثیر قرار داده و موجب وارد آمدن خسارت به محیط گردیده‌اند. در این راستا مخاطرات جوی که خود از زیرمجموعه‌های مخاطرات طبیعی محسوب می‌گردد، با منشا جو عمل می‌کنند. مخاطرات جوی تنها زمانی به رسمیت شناخته می‌شوند که رخدادهای حدی، فشار سنگینی را بر پیکره جوامع انسانی وارد نمایند. در واقع رخدادهای حدی زمانی یک مخاطره تلقی می‌گردند که سطح حداقلی از ضرر و زیان را بر جوامع انسانی و دارایی‌ها و اموال او تحمیل نمایند (اسمیت، ۱۹۹۷). مخاطرات جوی تقریباً در همه جای کره زمین بوقوع می‌پیوندند و مکان‌های معدودی در دنیا وجود دارد که از اثرات آن‌ها مصون مانده و یا کمتر تحت تاثیر آن‌ها قرار گرفته باشند. هر یک از عناصر جوی می‌توانند به تنهایی مخاطرات جوی مهمی مانند موج گرمایی و گرمزدگی، بادهای شدید، توفان، بارش سنگین، تگرگ، یخبندان و سرمازدگی را در پی داشته باشند. اما بیشترین خسارات جانی و مالی بر اثر پدیده‌های جوی ترکیبی و خطرات ثانویه ناشی از آنها ایجاد می‌گردند (محمدی، ۱۳۸۷).

بر اساس آمار بین‌المللی، تاکنون حدود ۴۳ مخاطره طبیعی شناسایی شده است. در بین مخاطرات طبیعی، گردبادها فراوان‌ترین مخاطرات هستند و بیشتر آنها در ایالات متحده آمریکا رخ می‌دهند. میزان وقوع این مخاطره‌های جوی، در اواخر قرن بیستم، از هر مخاطره طبیعی دیگری بیشتر بوده است و بالغ بر ۲۵۰ رخداد در سال را شامل می‌شود. سیل‌ها و سیکلون‌های حاره‌ای نیز از نظر فراوانی پس از گردبادها قرار دارند. سونامی نیز در رتبه چهارم قرار دارد. حدود ۸۶ درصد از مخاطرات طبیعی قرن بیستم را مخاطرات اقلیمی تشکیل داده است (بولت، ۲۰۱۳). از این تعداد، ۳۴ مخاطره در کشور ایران وجود دارد که نزدیک به ۹۰ تا ۹۵ درصد از آن‌ها منشأ آب و هوایی دارند. به علاوه، موقعیت کشور ما چه از نظر زلزله و چه از نظر تغییرات بارش، دما و پدیده‌های ناشی از آن‌ها نگران کننده است. (محمدی، ۱۳۸۷).

به خاطر اهمیت موضوع سلامت و امنیت انسانها تاکنون مطالعات زیادی در مورد مخاطرات محیطی و جوی در دنیا صورت گرفته است. تحقیق نظام‌مند در مورد مخاطرات طبیعی، در واقع با کارهای گیلبرت وایت (۱۹۶۳-۱۹۴۵) آغاز گردیده است. با توجه به تنوع بسیار زیاد مخاطرات جوی و حجم بسیار زیاد تحقیقات انجام شده در این زمینه، در ادامه تنها به برخی از پژوهش‌ها اشاره خواهد شد. پژوهش‌های انجام شده در قالب سه دسته اصلی مخاطرات، شامل مخاطرات بارشی، مخاطرات دمایی و مخاطرات مرتبط به دید مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت. در سال ۱۹۹۸ در پرتغال به منظور تحلیل خشکسالی‌ها یک مدل توزیع منطقه‌ای به کار گرفته شد و نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی و منحنی‌های شدت، مساحت و فراوانی خشکسالی ترسیم گردید (هنریکوزو، ۱۹۹۸). دلازیوس و همکارانش (۲۰۰۰) بر اساس تحلیل منحنی‌های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی، نقشه‌های هم-شدت خشکسالی را برای یونان ترسیم نمودند و به این نتیجه دست یافتند که نواحی شمالی یونان نسبت به نواحی جنوبی آن از خشکسالی‌های شدیدتری برخوردار است. در مطالعه مخاطرات اقلیمی در سطح کشور، سلطانی و سعادت (۱۳۸۶) نیز به پهنه‌بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از شاخص SPI پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که به طور عمده خشکسالی‌های متوسط و شدید در محدوده ایستگاه داران و فریدون شهر واقع در غرب استان اصفهان به‌وقوع می‌پیوندند. این در حالی است که خشکسالی‌های بسیار شدید عمدتاً در بخش‌های شرق - شمال شرق اصفهان و غرب شهرستان اصفهان قابل مشاهده است. ایشان همچنین مناطق دارای خطر بالای وقوع خشکسالی را به منظور برنامه‌ریزی-های آبی و اتخاذ سیاست مدیریتی مشخص نموده‌اند. بدق جمالی و جوانمرد (۱۳۸۱) پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان را با استفاده از شاخص SPI انجام دادند که در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی استان خراسان را با استفاده از دو مدل عکس فاصله و کریجینگ ارائه

گرفتند که وقوع توفان‌های گردوخاک در کوهستان‌های آلتایی، خنتی، خانگایی کمتر از ۵ روز بوده، در حالی که در صحرای گبی و نواحی نیمه بیابانی تعداد توفان‌ها به ۲۰ تا ۳۷ مورد در سال بالغ می‌گردد. در ایران، علیجانی (۱۳۷۶) ضمن بررسی علل وقوع گردوغبارها، نقشه توزیع مکانی و زمانی وقوع گردوغبارها را ارائه نمود. اسماعیلی (۱۳۸۵) با استفاده از فناوری سنجش از دور به پهنه‌بندی مقدماتی مراکز اصلی تولید غبار در کشور مبادرت ورزیده است. لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷) به تحلیل آماری - سینوپتیکی توفان‌های گرد و غباری استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۳ پرداختند. مهرشاهی و نکونام (۱۳۸۸) به بررسی آماری پدیده گردوغبار و تحلیل الگوی وزش بادهای مولد گرد و غبار در شهرستان سبزوار پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که بیشترین احتمال وقوع گرد و غبار در ماه‌های اردیبهشت و خرداد است و در بیش از ۷۱ درصد مواقع پدیده یاد شده در ساعات بعد از ظهر بوقوع می‌پیوندد. مخاطرات دمایی از جمله مخاطراتی محسوب می‌گردند که گستره بسیار وسیعی را در سطح جهان از خود متأثر می‌سازند و در عین حال حجم بالایی از تحقیقات انجام شده را به خود اختصاص داده‌اند. مطالعه در مورد سرما و یخبندان در جهان به مطالعه ریکناگل به حدود ۱۵۰ سال قبل برمی‌گردد (سازمان هواشناسی جهانی، ۱۹۶۳). در این میان از اولین تحلیل‌های مکانی یخبندان می‌توان به کار کاپریو (۱۹۶۱) اشاره نمود. وی نحوه تهیه و تحلیل نقشه‌های یخبندان را ارائه کرده است. وستال (۱۹۷۱) زمان وقوع اولین و آخرین یخبندان‌ها را برای دوره سرد سال در ایالات متحده آمریکا گزارش نمود. مدلین و بلتراندو (۲۰۰۵) پراکندگی مکانی یخبندان‌های دیررس بهاره و عوامل تاثیرگذار بر روی آن را در ناحیه تاکاداری شمال فرانسه مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها عوامل تاثیرگذار بر پراکندگی مکانی یخبندان را در دو مقیاس ماکروکلیم و توپوکلیم (عوامل محلی و توپوگرافی) مدنظر قرار دادند. در این میان، نخستین پژوهشی که در رابطه با وقوع یخبندان در ایران به انجام رسید می‌توان به کار هاشمی (۱۳۴۸)

نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نمایه SPI به عنوان ابزاری مناسب جهت پیش‌شرایط خشکسالی استان خراسان قابل استفاده است. استرلینگ (۱۹۸۹) در تحقیقی جامع با توجه به منشا، مورفولوژی و درعین‌حال میزان بارشی که هر سامانه تندری ایجاد می‌نماید اقدام به پهنه‌بندی مناطق مختلف آمریکا نمود. استرلینگ در نهایت ۵ منطقه مشخص را برای وقوع توفان‌های تندری در آمریکا معرفی نموده است. وی در تحقیق دیگری از توفان‌های تندری به عنوان معضل مهم آمریکا در قرن بیستم یاد نموده است. در ایران غیبی و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش شبکه‌های عصبی اقدام به تعیین ویژگی‌ها و طبقه‌بندی توفان‌های تندری در مناطق جنوب و جنوب غرب کشور نموده‌اند. اتیکن و بران (۱۹۹۹) مطالعه‌ای پیرامون کلیماتولوژی بارش تگرگ در کانادا طی دوره ۱۹۹۳-۱۹۷۷ انجام دادند و در این تحقیق به این نتیجه دست یافتند که بالاترین فراوانی وقوع تگرگ در شهرهای بریتیش کلمبیا و آلبرتا اتفاق می‌افتد و همچنین توپوگرافی در توزیع مکانی بارش تگرگ نقش موثری ایفا می‌کند. کاری مشابه توسط بلاق جمالی و همکاران (۱۳۸۹) پدیده تگرگ را در ایران مورد بررسی قرار دادند و روش‌ها و راهکارهایی برای کنترل و مقابله با آن ارائه نموده. آنها به این نتیجه رسیدند که از نظر وقوع، استان‌های چهارمحال بختیاری، ایلام، تهران و کردستان از بالاترین میزان متوسط سالانه وقوع تگرگ (در حدود ۴ بار) برخوردارند. همچنین بیشترین سطح زیر کشت آسیب دیده مربوط به محصول گندم آبی با میانگین سالانه ۱۲۶۹۰ هکتار برای کل کشور می‌باشد. در رابطه با مخاطرات مرتبط با دید، انگلستادلر (۲۰۰۱) در پهنه‌بندی مکانی فراوانی وقوع گردوغبارهای جهان بر نقش بستر خشک دریاچه‌ها و صحرای بزرگ آفریقا به عنوان مولد اصلی گردوغبار تاکید دارد. ناسادرج و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی و تجزیه و تحلیل وقوع توفان‌های گرد و خاک در مغولستان پرداختند. در ابتدا به ترسیم نقشه توزیع توفان‌های گردوغبار مبادرت ورزیدند و از این مطالعه نتیجه

افراوانی برخوردار است. وانگ و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی رخدادهای اقلیمی تگرگ در آمریکا حاصل از وقوع توفان‌های تندری در سیستم‌های همرفتی دریافتند اگر چه عوامل همدید در شکل‌گیری توفان‌های تندری همراه با تگرگ دخیل هستند، اما توسعه قائم این نوع سیستم‌ها در ابعاد میان مقیاس شدت رخداد این پدیده را تبیین می‌نماید. باتاگولیل و همکاران (۲۰۲۳) به مدلسازی رخداد تگرگ و رعدوبرق در آمریکای شمالی و اروپا در بازه زمانی ۱۹۵۰ تا ۲۰۲۱ پرداختند. با استفاده از داده‌های مدل ERA5 مشاهده شد که افزایش قابل توجهی در رخداد تگرگ و رعدوبرق‌های اروپا صورت پذیرفته که در شمال ایتالیا به ۳ برابر افزایش یافته است. در آمریکای شمالی نیز در مناطق دشتی کانادا مواردی از روند قابل رشد این پدیده مشاهده گردید. هلالی و همکاران در سال ۲۰۲۱، احتمال یخبندان بهاره گذشته (LSF) و سرما (LSC) در دمای بحرانی $+۴.۴$ تا -۳.۳ درجه سانتی‌گراد و فازهای مختلف شاخص نوسان جنوبی ال نینو (ENSO) با استفاده از تابع توزیع Weibull (WDF). در ۱۸ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی ۵۹ ساله از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۹؛ و بیزار و فردوسی ۲۰۲۱، که با بررسی روند شاخص‌های یخبندان با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال در سطح احتمال ۹۰ درصد به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های یخبندان، یعنی تعداد روزهای یخبندان (nFDs)، تعداد روزهای بدون یخبندان (nFFD)، یخبندان بهاره گذشته (LSF)، اولین یخبندان پاییزی (FFF) و طول فصل رشد (GSL)، با استفاده از حداقل دما برای ۱۲ ایستگاه سینوپتیک در سواحل دریای خزر، در دوره آماری داده‌ها از سال ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۸ را مورد بررسی قرار دادند. میروسوی و همکارانش در سال ۲۰۲۲، به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در استان آذربایجان شرقی در برابر تگرگ بر روی محصولات کشاورزی با استفاده از روش‌های زمانی و مکانی پرداختند که نتایج نشان داد که آسیب‌های تگرگ بر محصولات کشاورزی در استان آذربایجان شرقی در سال‌های گذشته به

اشاره نمود که در آن با استفاده از آمار ۶۰ ساله تهران، احتمالات وقوع سرما و تاریخ‌های اولین و آخرین یخبندان‌ها را در چهار آستانه حرارتی با استفاده از توزیع نرمال بررسی نمود. از سوی، حیدری و سعیدآبادی (۱۳۸۶) به ناحیه‌بندی سوزباد در شمال غرب و غرب ایران پرداختند. گل‌رخ (۱۳۸۹) بررسی مشابهی را برای شمال شرق ایران به انجام رسانید. گل‌رخ در مطالعه سوزبادهای خراسان بیان می‌کند که علاوه بر دو عامل عرض جغرافیایی و ارتفاع، توپوگرافی منطقه نیز در وقوع سوزبادها موثر می‌باشد. ایشان وقوع سوزباد در خراسان را ناشی از فرارفت هوای سرد پرفشار سیبری به ویژه در اوج دوره سرد سال می‌داند. همچنین گذر جبهه‌های سرد را نیز عامل دیگری برای وقوع سوزباد در سطح منطقه معرفی می‌نماید. از تحقیقات اخیر صورت گرفته بر روی مخاطرات جوی می‌توان به سان و همکاران (۲۰۲۲) اشاره نمود. آنها با بررسی بارش‌های شدید در منطقه هنان دریافتند که شارش رطوبت برای تامین بارش‌های شدید در منطقه حاصل برهمکنش تاوه قطبی و جریانات میان مقیاس در منطقه بوده که این نوع بارش‌ها را در ارتفاعات کمتر از ۲۲۰۰ متر را رقم می‌زند. هوشینو و یامادا (۲۰۲۳) با طبقه‌بندی الگوی فضایی-زمانی بارش‌های شدید نشان دادند که این پدیده با استفاده از مدل‌های میان مقیاس قابل پیش‌بینی بوده و برای درک سازوکار بهتر این پدیده بایستی از مجموعه‌ای از داده‌های ثبت شده و مدلسازی شده اقدام به پیش‌بینی کوتاه مدت تا میان مدت اقدام نمود. هوندا (۲۰۲۲) به بررسی توسعه چرخندهای شکل گرفته حاصل از توسعه جنوب سوی تاوه قطبی در ارتباط با بارش‌های برف سنگین پرداخت که نتایج نشان داد در ابعاد میان مقیاس می‌توان بارش سنگین برف را در منطقه ساپورو ژاپن پایش و پیش‌بینی نمود. آی و همکاران (۲۰۲۳) با شبیه‌سازی بارش‌های برف سنگین در منطقه سین کیانگ با استفاده از طرح‌واره‌های مختلف دریافتند که این پدیده را می‌توان در مناطق مسطح تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر به خوبی پیش‌بینی نمود. اما در مناطق مرتفع پیش‌بینی این پدیده از پیچیدگی‌های

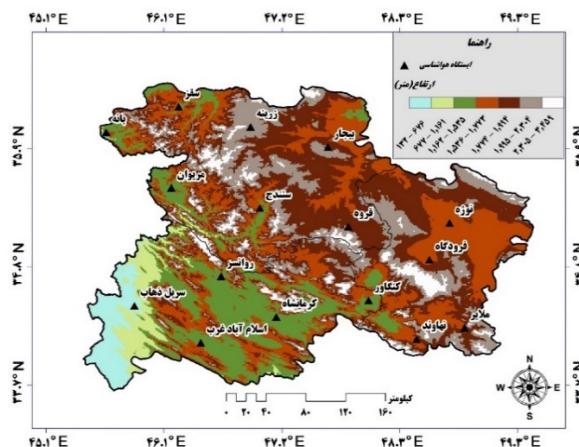
توجهی داشتند. هاشم‌پور و همکاران در سال ۲۰۲۲ با استفاده از داده‌های روزانه بارش در ۸ ایستگاه سینوپتیک در شمال و غرب کشور مورد بررسی قرار داده و نتایج پژوهش آن‌ها نتایج نشان داد که شاخص‌های شدت دمای بالا در شب نسبت به روز، روند بالاتری دارند. فراوانی شاخص‌های روز گرم و شب گرم در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی قابل توجهی داشتند. همچنین، فراوانی شاخص روز سرد در منطقه شمال و غرب کشور روند منفی و قابل‌توجهی داشت و در منطقه شمال کشور نسبت به منطقه غرب کشور بیشتر بود.

۲- داده‌ها و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این تحقیق منطبق بر مرزهای جغرافیایی سه استان همدان، کردستان و کرمانشاه است که با وسعتی حدود ۷۴ هزار کیلومتر مربع بین طول‌های ۴۵ تا ۴۹ شرقی و عرض‌های ۳۳.۵ تا ۳۶.۵ درجه شمالی واقع شده است شکل (۱). این منطقه بدلیل گسترش در ارتفاعات زاگرس و همچنین میزان تأثیرپذیری آن از جریان‌های هوایی مختلف بخصوص جریان‌های غربی و جنوب غربی از تنوع اقلیمی قابل توجهی برخوردار است. تنوع شرایط اقلیمی، تنوع مخاطرات را در منطقه به دنبال دارد و این در حالی است که این مطالعه می‌تواند به عنوان گامی مهم در شناسایی مخاطرات جوی محدوده مطالعاتی به حساب آید.

میزان ۱۳۳.۵ هکتار در سال بوده است. قمرنیا و همکاران در سال ۲۰۲۲ در مطالعه‌ای، مخاطرات جوی در استان کرمانشاه را با استفاده از روش‌های زمانی و مکانی بررسی کردند که نتایج نشان داد مناطق مرکزی و جنوبی استان کرمانشاه با بیشترین خطرات هواشناسی روبرو هستند. همچنین، مخاطرات از جنوب و مرکز به سمت غرب و شرق افزایش یافته‌اند. خطرات بارش و دما نیز از جنوب به سمت غرب و شرق کاهش یافته‌اند. درویش بلورانی و همکاران در سال ۲۰۲۳ با بررسی آسیب‌پذیری مناطق روستایی در برابر تگرگ بر روی محصولات کشاورزی با استفاده از روش‌های زمانی و مکانی نشان دادند که حدود ۳۷ درصد مناطق روستایی ایران با سطح آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا در برابر تگرگ روبرو هستند. عراقی‌نژاد و همکاران در سال ۲۰۲۰ تأثیر نوسانات آب و هوا بر فراوانی تگرگ در ایران را با استفاده از روش‌های زمانی و مکانی بررسی کردند که نتایج پژوهش‌شان نشان داد که خط تغییرات فراوانی روزهای با تگرگ در شهرستان مشگین‌شهر از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ کاهش داشته است. نساجی زواره، و قرمزچشمه در سال ۲۰۲۲، با استفاده از داده‌های روزانه بارش در ۸ ایستگاه سینوپتیک در شمال و غرب کشور نشان دادند که شاخص‌های شدت دمای بالا در شب نسبت به روز، روند بالاتری دارند. فراوانی شاخص‌های روز گرم و شب گرم در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی قابل



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه، ایستگاه‌های هواشناسی و وضعیت ارتفاعات در غرب ایران

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه، ایستگاه‌های هواشناسی و وضعیت ارتفاعات در غرب ایران

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (m)	طول (درجه-دقیقه)	عرض (درجه-دقیقه)	دوره مطالعاتی
۱	همدان (فرودگاه)	۱۷۴۱.۵	۴۳.۳۲	۳۴.۵۲	۱۹۷۶-۲۰۱۲
۲	قروه	۱۹۰.۶	۴۷.۴۸	۳۵.۱۰	۱۹۸۹-۲۰۱۲
۳	نهابند	۱۶۸۰.۹	۴۸.۲۵	۳۴.۰۹	۱۹۹۶-۲۰۱۲
۴	همدان نوزه	۱۶۷۹.۷	۴۸.۴۳	۳۵.۱۲	۱۹۵۱-۲۰۱۲
۵	ملایر	۱۷۷۷.۸	۴۸.۵۱	۳۴.۱۵	۱۹۹۲-۲۰۱۲
۶	سنندج	۱۳۷۳.۴	۴۷.۰۰	۳۵.۲۰	۱۹۵۹-۲۰۱۲
۷	روانسر	۱۳۷۹.۷	۴۶.۳۹	۳۴.۴۳	۱۹۸۸-۲۰۱۲
۸	کرمانشاه	۱۳۱۸.۶	۴۷.۹	۳۴.۲۱	۱۹۵۱-۲۰۱۲
۹	کنگاور	۱۴۶۸	۴۷.۵۹	۳۴.۳۰	۱۹۸۷-۲۰۱۲
۱۰	سرپل ذهاب	۵۴۵	۴۵.۵۲	۳۴.۲۷	۱۹۸۶-۲۰۱۲
۱۱	بیجار	۱۶۰۰	۴۷.۳۷	۳۵.۵۳	۱۹۹۹-۲۰۱۲
۱۲	قروه	۱۹۰۶.۹	۴۷.۴۷	۳۵.۱۰	۱۹۸۹-۲۰۱۲
۱۳	بانه	۱۶۰۰	۴۵.۵۴	۳۶.۰۰	۱۹۹۹-۲۰۱۲
۱۴	سقز	۱۵۲۲.۸	۴۶.۱۶	۳۶.۱۵	۱۹۶۱-۲۰۱۲
۱۵	مریوان	۱۲۸۶.۸	۴۶.۱۲	۳۵.۳۱	۱۹۹۲-۲۰۱۲
۱۶	زرینه	۲۱۴۲.۶	۴۶.۵۵	۳۶.۰۴	۱۹۸۹-۲۰۱۲

۲-۲- روش تحقیق و تحلیل

برای انجام این پژوهش از داده‌های دیده‌بانی ایستگاه هواشناسی، شامل بارش (باران و برف)، دمای حداقل، دمای حداکثر، جهت و سرعت باد، وضعیت دید و وضعیت هوا استفاده شد. داده‌های فوق در مقیاس‌های روزانه از سازمان هواشناسی کشور برای ۱۶ ایستگاه سینوپتیک واقع در سه استان غربی برای بازه زمانی مشخص، از بدو تاسیس ایستگاه‌ها تا سال ۲۰۱۲ مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

روش انجام تحقیق بدین صورت بود که تعیین مخاطرات جوی برای منطقه در وهله اول بر اساس سوابق موجود، گزارش‌ها و بررسی‌های پیشین و درگام دوم براساس پردازش‌های انجام شده بر روی داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی صورت گرفت. مخاطرات جوی برای غرب ایران عبارت بود از: ۱- کولاک ۲- گردوغبار ۳- بارش شدید ۴- مه گرفتگی ۵- یخبندان ۶- تگرگ ۷- برف سنگین ۸- توفان تندری. پس از تعیین انواع مخاطرات جوی در سطح منطقه، جهت استخراج میزان فراوانی وقوع هر یک به دو روش عمل گردید. در ابتدا با استفاده از کدهای هواشناسی پدیده‌های جو

مختلف از جمله مخاطرات جوی تعیین شدند. کدهای یاد شده از جدول وضعیت جوی (WW) که بصورت ۳ ساعته در ۸ گام زمانی توسط سازمان هواشناسی کشور تهیه گردیده، قابل استخراج می‌باشند (جدول ۲). در این رابطه برای مخاطراتی چون تگرگ، توفان تندری، برف سنگین، کولاک، مه گرفتگی و توفان‌های گردوغبار از فایل داده‌های ۳ ساعته ثبت شده استفاده شد. برای برخی مخاطرات همچون یخبندان و بارش‌های شدید از روش‌هایی مجزا و ویژه‌ای استفاده شد که در جدول (۲) آورده شده است. پس از استخراج داده‌های فراوانی، وقوع هر یک از مخاطرات با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی بصورت نقشه تهیه گردید. برای نمایش بهتر و یک دیده واقع بینانه از لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) استفاده و برای نمایش هر یک از فراوانی‌های مخاطرات جوی از مدل رگرسیونی چند گانه بهره گرفته شد و در نهایت نقشه‌های ترکیبی ترسیم گردید. جهت سهولت در ترسیم نقشه‌ها و طبقه‌بندی مخاطرات از واژه‌هایی چون مناطق با خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم استفاده شد. اساس کار بر این بود که بنا بر توزیع فراوانی هریک از

مخاطرات در سطح منطقه در ۵ طبقه به صورت دستی و با اینکار یک نوع هموارسازی در طبقه بندی مخاطرات جداسازی صورت گرفت. این بدین دلیل بود که جنس داده‌ها و فراوانی بدست آمده در اندازه‌گیری‌ها با یکدیگر متفاوت

جدول ۲- روش‌های محاسبه یا حدود تشخیص انواع مخاطرات جوی (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲)

مخاطرات	روش کار
تگرگ	کدهای ۹۹-۹۶-۹۴-۹۳-۹۰-۸۸-۸۷ و ۲۷
برف سنگین	کدهای ۷۵ تا ۷۳
توفان تندری	کدهای ۹۲ تا ۹۹
بارش شدید	بارش شدید بر اساس آستانه درصدی و با استفاده از داده‌های بارش روزانه هر یک از ایستگاه‌ها استخراج شد. در این روش ابتدا برای هر یک از ایستگاه‌ها، مقادیر آستانه بار شدید بر اساس ۵ و ۱۰ درصد از مقادیر بارش متوسط سالانه آن ایستگاه تعیین گردید.
یخبندان	از داده‌های حداقل دمای روزانه ماه‌های اکتبر تا می استفاده و دمای صفر درجه و کمتر در نظر گرفته شد.
گردوغبار	کدهای ۶ تا ۹ و ۳۰ تا ۳۵ همراه با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر
مه گرفتگی	کدهای دیده بانی ۴۰ تا ۴۹
کولای (Blizzard)	کدهای ۳۸ و ۳۹ و ۷۰ تا ۷۳ (بارش برف سبک، متوسط و سنگین) بعلاوه سرعت باد ۵۶ کیلومتر بر ساعت و بیشتر همراه با دید افقی کمتر از ۴۰۰ متر که حداقل تا مدت ۳ ساعت تداوم یابد (برائیک، ۱۹۹۷؛ شوارتز و شمیدلین، ۲۰۰۲؛ شوارتز، ۲۰۰۵)

۳- بحث

در اینجا ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی متغیرهای وابسته و سایر پارامترها متغیر مستقل به حساب می‌آیند. در جدول (۳) ملاحظه می‌شود بیشترین ضریب همبستگی بین مدل مربوط به پارامترهای کولای، توفان تندری و یخبندان می‌باشد و از طرفی کمترین ضریب همبستگی مربوط به مه گرفتگی، تگرگ و بارش شدید است.

در ابتدا برای بررسی همبستگی بین مخاطرات جوی و ارتفاع، اقدام به تحلیل رگرسیون خطی چندگانه شد تا یک مدل کلی از تاثیر ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی بر روی آنها مشخص گردد. نتایج حاصل از این تحلیل در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳- مقادیر ضریب تعیین مدل همبستگی ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی و مخاطرات جوی (خلاصه مدل)

MODEL SUMMARY

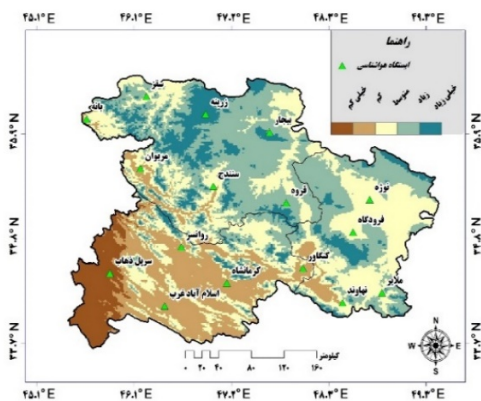
MODEL	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
تگرگ	.592a	0.35	0.188	14.98979
برف سنگین	.617a	0.381	0.226	45.11582
توفان تندری	.734a	0.539	0.424	25.33216
بارش شدید	.597a	0.357	0.196	51.82794
یخبندان	.719a	0.516	0.395	380.83944
گردوغبار	.688a	0.473	0.341	520.45893
مه گرفتگی	.587a	0.345	0.181	155.55469
کولای	.759a	0.577	0.471	102.00421

پتانسیل بوده است. در این جدول کلمات lat ، lon و E به ترتیب مخفف طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع می‌باشد.

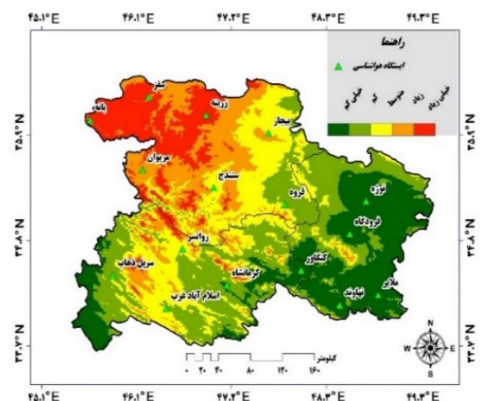
در جدول (۴) نیز مقادیر رابطه رگرسیونی بین ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی با مخاطرات جوی به نمایش در آمده است. این رابطه‌ها مبنای اصلی تهیه نقشه‌های مناطق هم

جدول ۴- مقادیر رابطه رگرسیونی بین ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی با مخاطرات جوی

معادله رگرسیون خطی	پارامتر
$Y=249.373-8.359lon+4.089lat+.013E$	تگرگ
$Y=-628.358+2.073lon+15.005lat+.069E$	برف سنگین
$Y=1697.565-17.300lon-21.021lat-.018E$	توفان تندری
$Y=2024.045-31.546lon-11.578lat-.014E$	بارش شدید
$Y=-15475.998+175.208lon+222.911lat+.488E$	یخبندان
$Y=-21949.223+292.732lon+344.197lat-1.798E$	گردوغبار
$Y=-5383.958+115.175lon+8.890lat-.153E$	مه گرفتگی
$Y=-2296.107+41.357lon+8.791lat+.212E$	کولاک

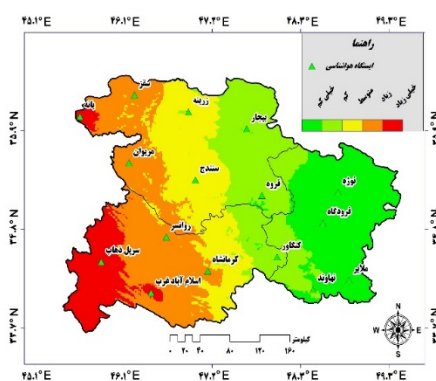


شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی رخداد بارش برف سنگین در غرب ایران با بررسی نقشه مخاطره تگرگ در منطقه، مناطق مستعد شناسایی گردید. نتایج نشان داد که استان کردستان به خصوص نیمه غربی آن بیشترین مقدار از نظر فراوانی زمانی و مکانی به خود اختصاص داده است. ایستگاه‌هایی که در این منطقه قرار دارند می‌توان به بانه، سقز، مریوان و زرینه اشاره نمود. این وضعیت تا برخی مناطق شمال شرق استان کرمانشاه و نوار مرکزی این استان را نیز در بر گرفته است که از ایستگاه‌های کرمانشاه و سرپل ذهاب به عنوان نماینده منطقه



شکل ۲- نقشه پهنه بندی رخداد بارش تگرگ در غرب ایران در ادامه تبدیل مقادیر نقطه‌ای به پهنه، سبب شد تا دید کلی و جغرافیایی تری نسبت به مخاطرات جوی در منطقه به وجود آید. در همین راستا برای ۸ مخاطره به صورت جداگانه نقشه‌های پهنه‌بندی ترسیم شد. بدین صورت که با اجرای مدل رگرسیون چند متغیره لایه‌های طول، عرض جغرافیایی و مدل رقومی ارتفاع در محیط فراخوانی شد و با اعمال هریک از معادلات موجود در جدول (۴) اقدام به تهیه نقشه‌ها شد.

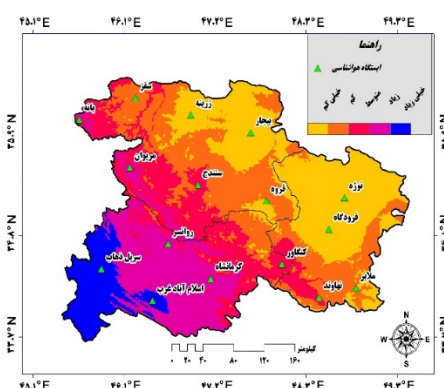
جنوبی استان کردستان اشاره نمود که اولاً به دلیل شرایط خاص توپوگرافیک و دلیل دوم بنا به قرارگیری مناطق یاد شده در نزدیکی سامانه‌هایی همچون کم‌فشار سودانی و تأثیرپذیری از این سامانه جوی، رویداد جریانات شدید همرفتی در منطقه به حداکثر خود می‌رسد. از طرفی مناطقی همچون شمال استان همدان و شمال شرق استان کردستان به دلیل دور بودن از سامانه‌ی یاد شده امکان رخداد توفان‌های تندی به حداقل خود رسیده است (شکل ۴). وضعیت رخداد بارش‌های شدید نیز به گونه‌ای است که نیمه غربی منطقه با بیشینه این مخاطره همراه بوده و با حرکت به سمت شرق منطقه از مقدار آن به شدت کاسته می‌شود به گونه‌ای که در استان همدان، به حداقل خود می‌رسد. در این میان آسیب‌پذیرترین منطقه، نیمه غربی و مناطق مرکزی استان کرمانشاه و مناطق مرزی استان کردستان است (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه پهنه بندی رخداد بارش شدید در غرب ایران

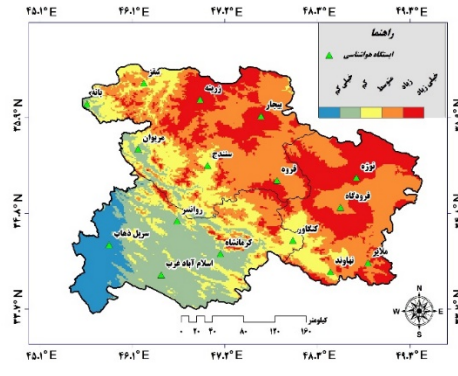
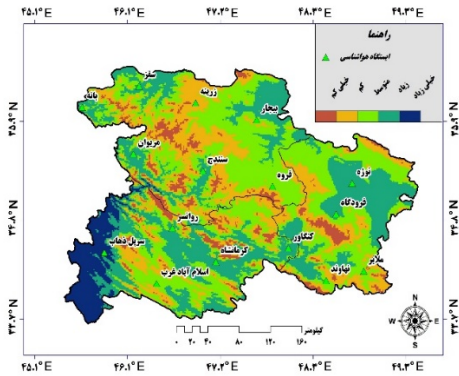
ایستگاه کنگاور، سایر ایستگاه‌ها نسبت به ایستگاه‌های منطقه کمتر از رخداد یخبندان‌ها رنج می‌برند. به گونه‌ای که در محدوده ایستگاه سرپل ذهاب به حداقل خود رسیده است. این شرایط نیز در دو ایستگاه بانه و میوان نیز مشهود است (شکل ۶).

می‌توان نام برد. در این میان به جز مناطق جنوبی شهر همدان که منطبق بر ارتفاعات است، سایر مناطق استان کمترین مقدار رویداد این پدیده را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲). در شکل (۳) پهنه‌های مخاطره‌آمیز از نظر بارش برف سنگین تهیه شده است. با توجه به نقشه تهیه شده انطباق مخاطره بارش برف سنگین بر روی ارتفاعات است. از نظر مکانی در رده اول استان کردستان و در رده دوم استان همدان قرار دارد. استان کرمانشاه به دلیل قرارگیری در عرض‌های پایین‌تر و به دلیل نبود ارتفاعات و دشتی بودن مناطق از جمله مناطق غربی و جنوبی، این استان از نظر رخداد بارش سنگین برف به جز برخی نواحی مرتفع، کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است. در نقشه تهیه شده برای توفان تندی مشاهده می‌شود که حداکثر رخداد این پدیده در جنوب‌غرب مناطق غربی ایران است. نواحی پست که می‌توان به استان کرمانشاه و مناطق



شکل ۴- نقشه پهنه بندی رخداد توفان تندی در غرب ایران

حداکثر مقادیر مخاطره یخبندان در استان همدان و نواحی شمالی و شمال شرق استان کردستان مشاهده می‌شود. در استان همدان به جز ایستگاه نهاوند، سایر ایستگاه‌ها در طول سال از این مخاطره رنج می‌برند. از طرفی در استان کردستان نیز ایستگاه‌های قروه، بیجار و زرینه در این شرایط قرار دارند. در مقابل، استان کرمانشاه به جز

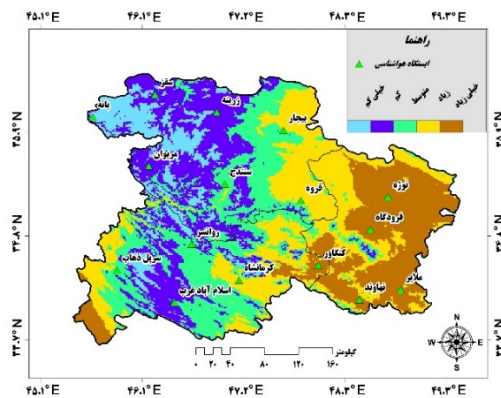
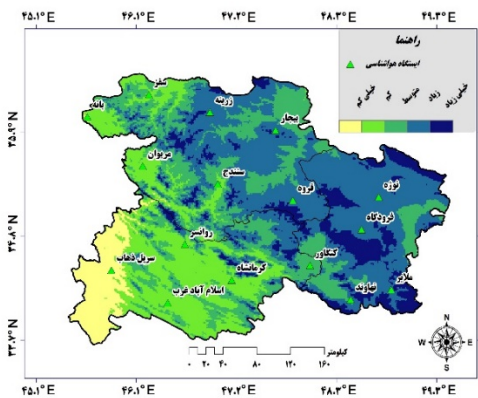


شکل ۷- نقشه پهنه بندی رخداد گردوغبار در غرب ایران

شکل ۶- نقشه پهنه بندی رخداد یخبندان در غرب ایران

گردوغبار از این حیث حائز اهمیت است که به دلیل مجاورت با کانون‌های زایش گردوغبار و قرارگیری در عرض‌های پایین‌تر نسبت به دو استان دیگر، بیش از سایر مناطق آسیب‌پذیر است (شکل ۷).

مخاطره گردوغبار، استان کرمانشاه و به خصوص مناطق غربی که همسایه کشور عراق هستند را بیش از سایر مناطق تحت-تأثیر قرار می‌دهد. البته با توجه به نقشه تهیه شده به جز ارتفاعات و نواحی کوهستانی، سایر مناطق نیز از گردوغبار و ریزگردها تأثیر می‌پذیرند. از آن جمله می‌توان به نواحی شمالی استان همدان و شمال شرق و شمال غرب استان کردستان نیز اشاره نمود. استان کرمانشاه در رابطه با رخداد



شکل ۹- نقشه پهنه بندی رخداد مه گرفتگی در غرب ایران

شکل ۸- نقشه پهنه بندی رخداد کولاک در غرب ایران

و ایستگاه شهر کرمانشاه نیز در رده‌های بعدی وقوع رخداد مه گرفتگی در منطقه به حساب می‌آیند. مناطق مرکزی و شرقی استان کردستان و همچنین مناطق مرکزی استان کرمانشاه نیز از این قاعده مستثنی هستند (شکل ۸).

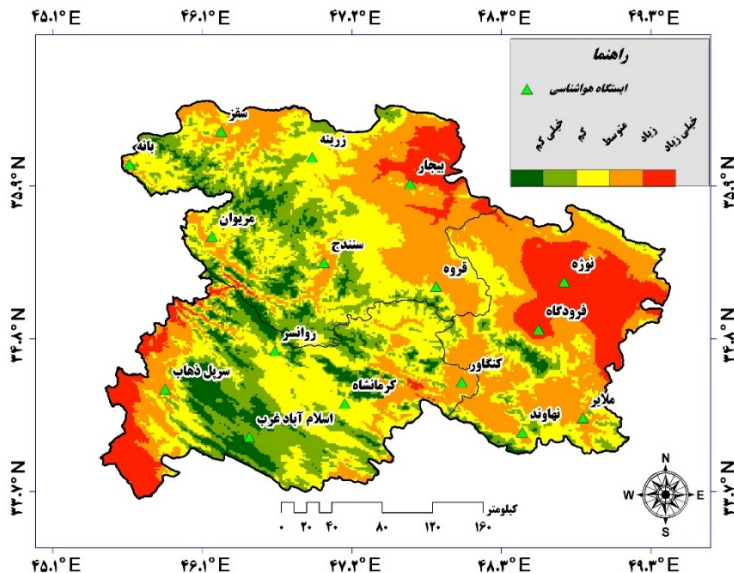
مه گرفتگی از پدیده‌های غالب در استان همدان به شمار می‌آید. همانطور که در نقشه تهیه شده مشخص است، ایستگاه واقع در استان همدان و ایستگاه کنگاور واقع در استان کرمانشاه به شدت از وقوع مه گرفتگی در طول ایام سال رنج می‌برند. از طرفی ایستگاه‌های بیجار و قروه در استان کردستان

می‌توان به مناطق غربی استان کردستان و نیمه غربی استان کرمانشاه اشاره نمود شکل (۹).

در نهایت پس از بررسی ۸ مخاطره جوی در منطقه نقشه ترکیبی آن تهیه و ترسیم شد. در طبقه‌بندی مناطق با استعداد کم و زیاد از واژه‌هایی چون خیلی کم و خیلی زیاد استفاده شد.

با توجه به شکل (۱۰) به عنوان نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی ترکیبی مخاطرات جوی مشاهده می‌شود که مناطق به غرب استان کرمانشاه که ایستگاه نماینده آن سرپل ذهاب می‌باشد و مناطق شرقی استان که ایستگاه نماینده آن کنگاور است، نیز دارای شرایط تاثیرپذیری شدید می‌باشند. در استان کردستان نیز مناطق شمال شرق و شرق و ناحیه محدوده در شمال غرب که ایستگاه نماینده آن سقز بوده، از نظر پتانسیل رویداد مخاطرات جوی مستعد می‌باشند.

سه استان غربی همواره تحت تاثیر سامانه‌های عبوری غربی هستند. گاهی این سامانه‌ها با ناهنجاری‌های شدیدی روبرو هستند که به عنوان نمونه‌ای از آن می‌توان به سردچال‌های جوی اشاره کرد. با تشکیل این سامانه شرایط برای صعود سریع هوا، وزش بادهای شدید و بوجود آمدن برف و بوران که به اصطلاح کولاک نامیده می‌شود، بوجود می‌آید (شواری، ۲۰۰۵). از جمله مناطق مخاطر خیز از نقطه نظر رویداد کولاک برف در منطقه، می‌توان به اکثر مناطق استان همدان و نیمه شرقی و مناطق مرتفع غربی استان کردستان اشاره کرد. وجود این مخاطره در مناطق کوهستانی در ایام سرد سال سبب شده تا مناطق مختلف از جمله روستاهای واقع در نقاط دور افتاده و صعب‌العبور دچار مشکلات مختلفی از جمله قطعی برق، گاز، بسته شدن جاده‌ها و... گردد و سیستم زندگی ساکنان مناطق یاد شده مختل گردد. از جمله مناطقی که کمتر تحت تاثیر این مخاطره هستند



شکل ۱۰- نقشه نهایی پهنه‌بندی ترکیبی مخاطرات جوی در محدوده مورد مطالعه

مربوط به نیمه شمالی آن می‌باشد که ایستگاه‌های نوزه و به تفکیک ایستگاه فرودگاه در منطقه واقع شده‌اند. در نواحی جنوبی ایستگاه‌های ملایر و نهاوند نیز از این شرایط برخوردارند که در رده‌بندی در کلاس زیاد قرار گرفته‌اند.

در این استان پس از مناطق یاد شده می‌توان به منطقه سنندج و پس از آن مریوان نیز اشاره نمود که در رده‌های بعدی از نظر رویدادهای مخاطره‌آمیز جوی هستند. اما در این میان استان پر مخاطره‌آمیز از نظر مخاطرات جوی می‌توان استان همدان را نام برد. پر مخاطره‌آمیزترین منطقه در این استان

جدول ۵- فراوانی رخداد هر یک از مخاطرات جوی طی دوره آماری به تفکیک ایستگاه

ایستگاه	تگرگ	برف سنگین	توفان تندری	بارش شدید	یخبندان	گردوغبار	مه‌گرفتنی	کولاک
اسلام آباد غرب	19	116	171	129	1471	1352	165	304
فرودگاه همدان	2	134	87	60	1710	637	500	524
نوزه همدان	3	140	93	58	1856	2607	448	432
کنگاور	4	98	124	89	1526	1431	423	298
کرمانشاه	9	40	151	102	1215	1565	124	182
ملایر	6	80	109	62	1302	372	60	378
نهاوند	10	98	97	96	1182	397	68	283
روانسر	13	77	79	157	1028	1342	218	326
سرپل ذهاب	7	4	160	119	257	2243	39	12
بانه	27	46	133	111	490	743	1	118
بیجار	38	112	94	58	1540	756	20	371
قروه	24	104	95	71	1519	993	24	213
مریوان	67	186	177	296	1452	1633	17	270
سقز	18	99	91	98	1895	744	5	267
سنندج	8	100	94	95	1326	1483	13	176
زرینه	23	211	80	91	2196	651	22	547

بودن آنها برای تجربه‌کنندگان است که سبب می‌شود آنها را مخاطره بنامیم. به منظور شناسایی و پتانسیل‌سنجی مخاطرات جوی در مناطق غربی کشور که شامل ۳ استان همدان، کردستان و کرمانشاه است، از آمار ۱۶ ایستگاه سینوپتیک واقع در منطقه برای شناسایی ۸ مخاطره استفاده شد. هدف اصلی از بررسی حاضر، ارائه یک پهنه‌بندی فضایی از میزان وقوع مخاطرات جوی در محدوده مورد مطالعه بود. نتایج نشان داد که مخاطره تگرگ در استان کردستان به خصوص نیمه‌غربی آن بیشترین مقدار از نظر فراوانی زمانی و مکانی را به خود اختصاص داده است. از جمله ایستگاه‌هایی که در این منطقه

به منظور دستیابی به درکی عمیق‌تر از شرایط، در جدول (۵) نیز مقادیر پارامترهای استخراج شده در ایستگاه‌های هواشناسی طی بازه زمانی به نمایش در آمده است.

۴- نتیجه‌گیری

رویدادهایی که به عنوان مخاطرات محیطی مطرح می‌شوند اگرچه از نظر ماهیتی با رخداد‌های مشابه متداول تفاوتی ندارند شدت وقوع و الگوی تکرار آنها عامل اصلی در افتراق و تفاوت آنها با رویدادهای متداول و رایج است. از جمله ویژگی‌های آنها غیر منتظره بودن، آسیب‌زندگی و خطرناک

کنگاور، و در استان کردستان نیز مناطق شمال‌شرق و شرق و ناحیه محدوده در شمال غرب که ایستگاه نماینده آن سقز می‌باشد، اشاره نمود. با توجه به نتایج بدست آمده می‌بایست برای پیش‌بینی مخاطرات جوی یک سیستم یکپارچه در منطقه راه‌اندازی گردد که در تحقیقات آی و همکاران (۲۰۲۳) و هوندا (۲۰۲۲) نیز اشاره شده است. چرا که منطقه از تنوع توپوگرافی بالایی برخوردار بوده از طرفی در مسیر سامانه‌های جوی مختلف قرار گرفته است. از سویی به دلیل پراکنش جمعیتی متفاوت در منطقه می‌توان مناطق آسیب‌پذیر بر اساس جمعیت استان کرمانشاه را نسبت به دو استان همدان و کردستان در اولویت قرار داد. از نوآوری‌های صورت پذیرفته در این پژوهش می‌توان به اثر عوامل اقلیمی همچون ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی اشاره کرد که به درک صحیح‌تر از توزیع فضایی مخاطرات جوی پرداخته است. از طرفی بر اساس موارد یاد شده مناطق دارای پتانسیل بالا در غرب ایران شناسایی شده که گامی مهم در برنامه‌ریزی منطقه‌ای خواهد بود.

نتایج این تحقیق با مطالعات هلالی و همکاران در سال ۲۰۲۱، احتمال یخبندان بهاره گذشته (LSF) و سرما (LSC) در دمای بحرانی $+4.4$ تا -3.3 درجه سانتی‌گراد و فازهای مختلف شاخص نوسان جنوبی ال نینو (ENSO) با استفاده از تابع توزیع Weibull (WDF) در ۱۸ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی ۵۹ ساله از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۹؛ و بیزار و فردوسی ۲۰۲۱، که با بررسی روند شاخص‌های یخبندان با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال در سطح احتمال ۹۰ درصد به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های یخبندان، یعنی تعداد روزهای یخبندان (nFDs)، تعداد روزهای بدون یخبندان (nFFD)، یخبندان بهاره گذشته (LSF)، اولین یخبندان پاییزی (FFF) و طول فصل رشد (GSL)، با استفاده از حداقل دما برای ۱۲ ایستگاه سینوپتیک در سواحل دریای خزر، در دوره آماری داده‌ها از سال ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۸

قرار دارند می‌توان به بانه، سقز، مریوان و زرینه اشاره نمود. این وضعیت برخی مناطق شمال شرق استان کرمانشاه و نوار مرکزی این استان را نیز در بر گرفته است که از ایستگاه‌های کرمانشاه و سرپل ذهاب به عنوان نماینده منطقه می‌توان نام برد. انطباق مخاطره بارش برف سنگین بر روی ارتفاعات است که از نظر مکانی در رده اول استان کردستان و در رده دوم استان همدان قرار دارد. حداکثر رخداد توفان تندری در جنوب غرب مناطق غربی ایران است. نواحی پست که می‌توان به قسمت‌هایی از استان کرمانشاه و مناطق جنوبی استان کردستان اشاره نمود. وضعیت رخداد بارش‌های شدید نیز به گونه‌ای است که آسیب‌پذیرترین منطقه، نیمه غربی و مناطق مرکزی استان کرمانشاه و مناطق مرزی استان کردستان است. بیشینه مقادیر وقوع یخبندان در استان همدان و نواحی شمالی و شمال شرق استان کردستان قابل مشاهده می‌باشد. در استان همدان نیز به جز ایستگاه نهاوند، سایر ایستگاه‌ها در طول سال تحت تاثیر این پدیده هستند. از طرفی در استان کردستان نیز ایستگاه‌های قروه، بیجار و زرینه در این شرایط قرار دارند. مخاطره گردوغبار پیش از هر مکانی در منطقه، استان کرمانشاه و به خصوص مناطق غربی و نواحی شمالی استان همدان و شمال شرق و شمال غرب استان کردستان را تحت تاثیر قرار می‌دهند. مه گرفتگی از پدیده‌های غالب در استان همدان به شمار می‌آید. ایستگاه کنگاور واقع در استان کرمانشاه و ایستگاه‌های بیجار و قروه در استان کردستان و ایستگاه شهر کرمانشاه نیز در رده‌های بعدی وقوع رخداد مه گرفتگی در منطقه به حساب می‌آیند. مناطقی که از نقطه نظر رویداد کولاک برف در منطقه می‌توان به اکثر مناطق استان همدان و نیمه شرقی و مناطق مرتفع غربی استان کردستان اشاره نمود. در نهایت پهنه‌های مخاطره‌آمیز از دیدگاه پدیده‌های جوی شناسایی گردید که می‌توان به بیش از ۸۰ درصد نواحی استان همدان و برخی نواحی سایر استان‌های از جمله غرب استان کرمانشاه که ایستگاه نماینده آن سرپل ذهاب می‌باشد، و مناطق شرقی استان که ایستگاه نماینده آن

روز، روند بالاتری دارند. فراوانی شاخص‌های روز گرم و شب گرم در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی قابل توجهی داشتند. همچنین، فراوانی شاخص روز سرد در منطقه شمال و غرب کشور روند منفی و قابل توجهی داشت و در منطقه شمال کشور نسبت به منطقه غرب کشور بیشتر بود.

منابع

1. Mofidi, A., Hosseinzadeh, R and Mohammadian, M. (۲۰۱۲). Atmospheric risk zoning in northeastern Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*. Number six. pp. ۱۶-۱. (inPersian)
2. Ismaili, O. (۱۳۸۵). Preliminary zoning of the main dust production centers of the country using remote sensing technology. Master's thesis in environmental engineering. Faculty of Civil Engineering, Sharif University. (inPersian)
3. Badagh Jamali, Javanmard, Soheila and Shirmohammadi, Reza (۲۰۱۲). Monitoring and zoning the drought condition of Khorasan province using SPI. *Geographical Research Quarterly*. No. ۶۷, pp. ۴-۲۱. (inPersian)
4. Badagh Jamali, J., Soheila and Fateh, Sh. (۲۰۰۹). Investigating the phenomenon of hail in Iran and the methods of controlling and dealing with hail. *Proceedings of the ۱۴th Iran Geophysics Conference*. Tehran, May ۳۲-۲۱, ۱۹۸۹. (inPersian)
5. Heydari, H and Saecedabadi, R. (۲۰۱۶). The division of Suzbad in the northwest and west of Iran. *Geographical research*. No. ۶۲. pp. ۱۰۷-۹۳. (inPersian)
6. Soltani Saeed and Saadati Sara (۱۳۸۶). Zoning of drought in Isfahan province using standard precipitation profile. *Journal of Engineering and Watershed Sciences*. first year. No. ۲. pp. ۶۷-۶۴. (inPersian)
7. Lashkari, H and Kikhosravi, Q. (۲۰۰۷). Synoptic statistical analysis of dust storms in Razavi Khorasan province in the period of ۲۰۰۵-۱۹۹۳. *Natural geography research*. No. ۶۵. pp. ۳۳-۱۷. (inPersian)

را مورد بررسی قرار دادند. می‌روسوی و همکارانش در سال ۲۰۲۲، به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در استان آذربایجان شرقی در برابر تگرگ بر روی محصولات کشاورزی با استفاده از روش‌های زمانی و مکانی پرداختند که نتایج نشان داد که آسیب‌های تگرگ بر محصولات کشاورزی در استان آذربایجان شرقی در سال‌های گذشته به میزان ۱۲۳.۵ هکتار در سال بوده است. قمرنیا و همکاران در سال ۲۰۲۲ در مطالعه‌ای، مخاطرات جوی در استان کرمانشاه را با استفاده از روش‌های زمانی و مکانی بررسی کردند که نتایج نشان داد مناطق مرکزی و جنوبی استان کرمانشاه با بیشترین خطرات هواشناسی روبرو هستند. همچنین، مخاطرات از جنوب و مرکز به سمت غرب و شرق افزایش یافته‌اند. خطرات بارش و دما نیز از جنوب به سمت غرب و شرق کاهش یافته‌اند. درویش بلورانی و همکاران در سال ۲۰۲۳ با بررسی آسیب‌پذیری مناطق روستایی در برابر تگرگ بر روی محصولات کشاورزی با استفاده از روش‌های زمانی و مکانی نشان دادند که حدود ۳۷ درصد مناطق روستایی ایران با سطح آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا در برابر تگرگ روبرو هستند. عراقی‌نژاد و همکاران در سال ۲۰۲۰ تأثیر نوسانات آب و هوا بر فراوانی تگرگ در ایران را با استفاده از روش‌های زمانی و مکانی بررسی کردند که نتایج پژوهش‌شان نشان داد که خط تغییرات فراوانی روزهای با تگرگ در شهرستان مشگین‌شهر از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ کاهش داشته است. نساجی زواره، و قرمزچشمه در سال ۲۰۲۲، با استفاده از داده‌های روزانه بارش در ۸ ایستگاه سینوپتیک در شمال و غرب کشور نشان دادند که شاخص‌های شدت دمای بالا در شب نسبت به روز، روند بالاتری دارند. فراوانی شاخص‌های روز گرم و شب گرم در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی قابل توجهی داشتند. هاشم‌پور و همکاران در سال ۲۰۲۲ با استفاده از داده‌های روزانه بارش در ۸ ایستگاه سینوپتیک در شمال و غرب کشور مورد بررسی قرار داده و نتایج پژوهش آن‌ها نتایج نشان داد که شاخص‌های شدت دمای بالا در شب نسبت به

1994. *Weather and Forecasting* 12, 193-199.
18. Cui, Z., & He, C. (2023). Decadal trend of synoptic temperature variability over the Northern Hemisphere in winter. *Theoretical and Applied Climatology*, 152(1-2), 829-842.
 19. Darvishi Boloorani, A., Soleimani, M., Neysani Samany, N., Bakhtiari, M., Qareqani, M., Papi, R., & Mirzaei, S. (2023). Assessment of Rural Vulnerability to Sand and Dust Storms in Iran. *Atmosphere*, 14(2), 281. (inPersian)
 20. Dehshiri, S. S. H., & Firoozabadi, B. (2023). A multi-objective framework to select numerical options in air quality prediction models: A case study on dust storm modeling. *Science of The Total Environment*, 863, 160681.
 21. Easterling, D.R., 1989. Regionalization of thunderstorm rainfall in the contiguous United States. *International Journal of Climatology* 9(6), 567-579.
 22. Etkin, D., and Brun, S.E., 1999. A Note on Canada's hail climatology, 1974-1993. *International Journal of Climatology* 19(12), 1357-1373.
 23. Ghamarnia, H., Amjadian, P., & Nekookish, M. (2022). Investigation and zoning of atmospheric hazards in Kermanshah province in the west of Iran. *Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation*, 3(2), 50-58.
 24. Gheiby, A., Sen, N., Puranik, D., and Karekar, R., 2003. Thunderstorm identification from AM Su-B data using an artificial neural network. *Meteorological Applications* 10, 329-336.
 25. Hájková, L., Možný, M., Oušková, V., Bartošová, L., Dížková, P., & Žalud, Z. (2023). Increasing Risk of Spring Frost Occurrence during the Cherry Tree Flowering in Times of Climate Change. *Water*, 15(3), 497.
 26. Hashempour Motlagh Shirazi, S., Khalili, D., Zand-Parsa, S., & Shirvani, A. (2022). Spatio-temporal variability of extreme precipitation characteristics under different climatic conditions in
 8. Golrokh, A. (۲۰۰۹). Investigating temporal and spatial changes of Suzbad in North, Razavi and South Khorasan provinces. Master's thesis in meteorology. Institute of Geophysics, University of Tehran. (inPersian)
 9. Mehrshahi, Dariush and Nekunam, Zari (۲۰۰۸). Statistical investigation of the dust phenomenon and analysis of dust blowing wind pattern in Sabzevar city. *Geography magazine*. Seventh year. No. ۲۲. pp. ۱۰۴-۸۳.
 10. Mohammadi, Hossein (۱۳۸۷). *Atmospheric hazards*. Tehran University Publishing Institute. (inPersian)
 11. Hashemi, Fereydoun (۱۳۸۴). *Static analysis of cold in Tehran*. Publications of research and scientific reviews of the National Meteorological Organization.
 12. Araghinejad, S., Ansari Ghojghar, M., PourGholam Amigi, M., Liaghat, A., & Bazrafshan, J. (2022). The effect of climate fluctuation on frequency of dust storms in Iran. *Desert Ecosystem Engineering*, 7(21), 13-32. (inPersian)
 13. Awadh, S. M. (2023). Impact of North African sand and dust storms on the Middle East using Iraq as an example: Causes, sources, and mitigation. *Atmosphere*, 14(1), 180.
 14. Battaglioli, F., Groenemeijer, P., Púčik, T., Taszarek, M., Ulbrich, U., & Rust, H. (2023). Modelled multidecadal trends of lightning and (very) large hail in Europe and North America (1950-2021). *Journal of Applied Meteorology and Climatology*.
 15. Biazar, S. M., & Ferdosi, F. B. (2020). An investigation on spatial and temporal trends in frost indices in Northern Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 141(3-4), 907-920.
 16. Bolt, B. A., Horn, W. L., MacDonald, G. A., & Scott, R. F. (2013). *Geological Hazards: Earthquakes-tsunamis-volcanoes-avalanches-landslides-floods*. Springer Science & Business Media. WMO., 1963. Protection Against frost damage. Technical Note No.51, WMO No.133. 62pp.
 17. Branick, M.L., 1997. A climatology of significant winter-type weather events in the contiguous United States, 1982-

35. Mirmousavi, S. H., Jalali, M., & Akbarzadeh, Y. (2022). Spatial and temporal study of areas vulnerable to hail on agricultural products of East Azerbaijan province. *Physical Geography Research Quarterly*, 54(1), 135-150. (inPersian)
36. Nassaji Zavareh, M., & Ghermezcheshmeh, B. (2022). Assessment of Spatial and Temporal Variability of Extreme Precipitation Indices (North and West of Iran). *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 10(1), 27-40. (inPersian)
37. Natsagdorj, L., Jugder, D., and Chung, Y.S., 2003. Analysis of dust storms observed in Mongolia during 1937-1999. *Atmospheric Environment* 37, 1401-1411.
38. Osczevski, R., and Bluestein, M., 2005. The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86(10), 1453-1458.
39. Penov, N., Stoycheva, A., & Guerova, G. (2023). Fog in Sofia 2010-2019: Objective circulation classification and fog indices. *Atmosphere*, 14(5), 773.
40. Pipia, M., Beglarishvili, N., & Ezieshvili, L. (2022). Blizzard Cases in Georgia from 2014 to 2018. *GEORGIAN GEOGRAPHICAL JOURNAL*, 1(1).
41. Santos, B. A., & Ynoue, R. Y. Classification of 2007 Winter Mist and Fog in São Paulo City, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 46.
42. Schwartz, R.M., 2005. Blizzard Climatology. In: *Encyclopedia of World Climatology*, Edited by John E. Oliver, Springer, 165-167.
43. Schwartz, R.M., and Schmidlin, T. W., 2002. Climatology of Blizzards in the Conterminous United States, 1959-2000. *Journal of Climate* 15, 1765-1772.
44. Smith, K., 1997. Climatic Extremes as a Hazard to Humans. In: *Applied climatology, principals and practice*, Russell D. Thompson and Allen Perry (eds), Rutledge (London), 304-316.
45. Sun, J., Fu, S., Wang, H., Zhang, Y., Chen, Y., Su, A., ... & Ma, R. (2023). Fars province, Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 1-21.
27. Hayward, L., Whitworth, M., Pepin, N., & Dorling, S. (2023). Thunderstorm tracking in Northwest Europe for enhanced hazard preparedness. *International Journal of Climatology*.
28. Helali, J., Momenzadeh, H., Salimi, S., Hosseini, S. A., Lotfi, M., Mohamadi, S. M., & Ahmadi, M. (2021). Synoptic-dynamic analysis of precipitation anomalies over Iran in different phases of ENSO. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(22), 2322. (inPersian)
29. Henriques, A.G., and Santas, M.J., 1998. Regional drought distribution model. *Phy. Physics and Chemistry of the Earth* 24B, 19-22. (inPersian)
30. Honda, T. (2023). Development of a polar mesocyclone and associated environmental characteristics during the heavy snowfall event in Sapporo, Japan, in early February 2022. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 128(12), e2022JD037774.
31. Hoshino, T., & Yamada, T. J. (2023). Spatiotemporal classification of heavy rainfall patterns to characterize hydrographs in a high-resolution ensemble climate dataset. *Journal of Hydrology*, 617, 128910.
32. Leinonen, J., Hamann, U., Sideris, I. V., & Germann, U. (2023). Thunderstorm Nowcasting With Deep Learning: A Multi-Hazard Data Fusion Model. *Geophysical Research Letters*, 50(8), e2022GL101626.
33. Ma, S., Cai, R., Ran, L., Jiao, B., Zhou, K., & Guo, A. (2023). Decomposition of airflow over topography and its application to a topographic blizzard event in central Asia. *Frontiers in Earth Science*, 11, 1136356.
34. Madelin, M., and Beltrando, G., 2005. Spatial Interpolation – Based Mapping of the Spring Frost Hazard in the Champagne Vineyards. *Meteorological applications* 12, 51-56.

48. White, G.F., 1945. Human Adjustment to floods, A Geographical Approach to the flood problem in the United States. Department of Geography Research paper No. 29, University of Chicago.
49. White, G.F., 1963. The limit of economic justification for flood protection. *Journal of land and public Utility Economics* 12, 33-148.
50. WMO., 1963. Protection Against frost damage. Technical Note No.51, WMO No.133. 62pp.
51. WWW.mazandaranmet.ir.
- Primary characteristics of the extreme heavy rainfall event over Henan in July 2021. *Atmospheric Science Letters*, 24(1), e1131.
46. Wang, J., Fan, J., & Feng, Z. (2023). Climatological occurrences of hail and tornado associated with mesoscale convective systems in the United States. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 2023, 1-26.
47. Wang, S., Zhi, H., & Ai, G. (2023). Simulations of a Heavy Snowfall Event in Xinjiang via the WRF Model Coupled with Different Land Surface Parameterization Schemes. *Atmosphere*, 14(9), 1376.