

پهنه بندی مخاطرات جوی منطقه‌ی شمال شرق ایران

عبّاس مفیدی<sup>۱</sup> - استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

سیدرضا حسین زاده - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

محترم محمدیاریان - کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۱۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۳/۲۶

### چکیده

هدف اصلی مقاله حاضر، پهنه‌بندی مخاطرات جوی در شمال‌شرق ایران (خراسان بزرگ) می‌باشد. برای این منظور از داده‌های سازمان هواشناسی کشور در مقیاس روزانه و ماهانه برای تعداد ۱۷ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در محدوده سه استان خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی برای یک دوره ۳۸ ساله (۲۰۰۸-۱۹۷۱) استفاده شد. در این تحقیق تعداد ۱۳ مخاطره جوی مهم در محدوده خراسان بزرگ مورد بررسی قرار گرفت. بطور کلی پدیده‌ها در قالب دو روش اصلی مورد بررسی قرار گرفت و نقشه‌های فراوانی وقوع به تفکیک برای هر یک از مخاطرات با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شد. در ادامه با در نظر گرفتن میزان مشابهت‌ها و تفاوت‌ها، ۱۳ مخاطره جوی یاد شده در قالب ۳ دسته اصلی مخاطرات دمایی، مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات بارشی دسته بندی شدند و برای هر دسته نقشه پهنه بندی فضایی تهیه گردید. در نهایت با ترکیب نتایج حاصل از بررسی تمامی مخاطرات، نقشه جامع مخاطرات جوی منطقه مطالعاتی تهیه شد. یافته‌های تحقیق نشان داد بخش‌های کوهستانی شمال خراسان از جهت فراوانی وقوع رخدادها، جزء پرمخاطره ترین مناطق محسوب می‌گردند، درحالی که بخش‌های غربی و جنوبی خراسان از کمترین میزان خطرپذیری برخوردارند. الگوی فضایی وقوع مخاطرات بیانگر روند افزایشی مخاطرات دمایی از شمال به جنوب بوده و در مقابل مخاطرات بارشی از الگویی معکوس برخوردارند، مخاطرات مرتبط با دید یک الگوی غالب مداری را بویژه در نیمه شمالی خراسان نشان می‌دهند، بطوری که از غرب به شرق بر میزان وقوع رخدادهای مرتبط با دید افزوده می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** مخاطرات جوی، پهنه بندی اقلیمی، خراسان بزرگ.

## ۱. مقدمه

آب و هوا مسبب بسیاری از مخاطرات طبیعی است. این مخاطرات در طول تاریخ بطور مداوم زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده و موجب وارد آمدن خسارت به محیط گردیده اند. در این راستا مخاطرات جوی که خود از زیر مجموعه‌های مخاطرات طبیعی محسوب می‌گردد، با منشأ جو عمل می‌کنند. مخاطرات جوی تنها زمانی به رسمیت شناخته می‌شوند که رخدادهای حدی، فشار سنگینی را برپیکره 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<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷: ۳۰۴). 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 تأثیر 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 (سازمان هواشناسی مازندران، ۱۳۹۰).

بر اساس آمارهای بین المللی تاکنون حدود ۴۳ مخاطره طبیعی شناسایی شده است. از این تعداد، ۳۴ مخاطره در کشور ما وجود رخ می‌دهد که قریب به ۹۰ تا ۹۵ درصد از آنها منشأ آب و هوایی دارند. در بین مخاطرات طبیعی فراوان‌ترین مخاطرات، گردبادها هستند که بیشتر آنها در ایالات متحده آمریکا رخ می‌دهند. میزان وقوع این مخاطره جوی، در اواخر قرن بیستم، از هر مخاطره طبیعی دیگری بیشتر بوده است (بیش از ۲۵۰ رخداد در سال). سیل‌ها و سیکلون‌های حاره ای از نظر فراوانی بعد از گردبادها قرار دارند. سونامی نیز در رتبه چهارم قرار دارد. در این میان حدود ۸۶ درصد از مخاطرات طبیعی قرن بیستم را مخاطرات اقلیمی تشکیل داده است (محمدی، ۱۳۸۷). از سویی، موقعیت کشور ما چه از نظر زمین‌لرزه و چه از نظر تغییرات بارش، دما و پدیده‌های ناشی از آنها نگران کننده بوده، بطوری که به عنوان دهمین کشور بلاخیز دنیا شناخته شده است. در این میان، شمال شرق کشور دارای آب و هوای نیمه مرطوب تا نیمه خشک است. با توجه به شرایط اقلیمی، این منطقه هر از چندگاهی تحت تأثیر بارش‌های سنگین قرار گرفته و متعاقب آن وقوع سیل‌های مهیب خسارات جانی و مالی هنگفتی بر جای می‌گذارد. بیشترین حوادث غیر مترقبه استان خراسان به ترتیب زلزله، سیل، سرمازدگی و خشکسالی است. به طوری که سرمازدگی و سیل‌های اخیر فقط در استان خراسان رضوی ۷۴۰ میلیارد ریال خسارت به دنبال داشته است (خبرگزاری مهر، ۱۳۹۱).

به خاطر اهمیت موضوع سلامت و امنیت انسان‌ها تاکنون مطالعات زیادی در مورد مخاطرات محیطی و جوی در دنیا صورت گرفته است. تحقیق نظام مند در مورد مخاطرات طبیعی، در واقع با کارهای گیلبرت وایت<sup>۱</sup> (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 با دید مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

در سال ۱۹۹۸ در پرتقال به منظور تحلیل خشکسالی‌ها یک مدل توزیع منطقه ای به کارگرفته شد و نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی و منحنی‌های شدت، مساحت و فراوانی خشکسالی ترسیم گردید (هنریکوزو<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸). دلا زیوس<sup>۳</sup> و همکارانش (۲۰۰۰) براساس 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<sup>۴</sup> (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 بوقوع می‌پیوندد. 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 برنامه ریزی‌های آبی و اتخاذ سیاست مدیریتی مشخص نموده‌اند. بداق جمالی و جوانمرد (۱۳۸۱) پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان را با استفاده از شاخص SPI انجام دادند که در نهایت نقشه‌های پهنه بندی خشکسالی استان خراسان را با استفاده از دو مدل عکس فاصله و گریجینگ ارائه نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نمایه SPI به عنوان ابزاری مناسب جهت پایش شرایط خشکسالی استان خراسان قابل استفاده است. استرلینگ<sup>۴</sup> (۱۹۸۹) در تحقیقی جامع با توجه به منشأ، مورفولوژی و در عین حال میزان بارشی که هرسامانه تندری ایجاد می‌نماید اقدام به پهنه بندی 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

---

1 White  
2 Henriques  
3 Delazios  
4 Easterling

ویژگی‌ها و طبقه بندی توفان‌های تندری در مناطق جنوب و جنوب غرب کشور نموده اند. اتيکن و بران<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) 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 می افتد و همچنین توپوگرافی در توزیع مکانی بارش تگرگ نقش مؤثری ایفا می کند. کاری مشابه، بذاق جمالی و همکاران (۱۳۸۹) پدیده تگرگ را در ایران مورد بررسی قرار داده و روش‌ها و راهکارهایی برای کنترل و مقابله با آن ارائه نمودند. آنها به این نتیجه رسیدند که از نظر وقوع، استان‌های چهار محال 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 ۸، ۱۲۶۹۰، هکتار برای کل کشور می باشد.

در رابطه با مخاطرات مرتبط با دید، انگلستادلر<sup>۲</sup> (۲۰۰۱) در پهنه بندی مکانی فراوانی وقوع گرد و غبارهای جهان بر نقش بستر خشک دریاچه‌ها و صحرای بزرگ آفریقا به عنوان مولد اصلی گرد و غبار تأکید دارد. ناسادرج<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی و تجزیه و تحلیل وقوع توفان‌های گرد و خاک در مغولستان پرداختند. در ابتدا به ترسیم نقشه توزیع توفان‌های گرد و غبار مبادرت ورزیدند و از این مطالعه نتیجه گرفتند که وقوع توفان‌های گرد و خاک 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 می گردد. در ایران، علیجانی (۱۳۷۶) ضمن بررسی علل وقوع گرد و غبارها، نقشه توزیع مکانی و زمانی وقوع گرد و غبارها را ارائه نمود. اسماعیلی (۱۳۸۵) با استفاده از فناوری سنجش از دور به پهنه بندی 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 گرد و غبار 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 می پیوندد.

مخاطرات دمایی از جمله مخاطراتی محسوب می گردند که گستره بسیار وسیعی را در سطح جهان از خود متأثر می سازند و در عین حال حجم بالایی از تحقیقات انجام شده را به خود اختصاص داده اند. مطالعه در مورد سرما و یخبندان در جهان به مطالعه ریکنگل<sup>۴</sup> به حدود ۱۵۰ سال قبل بر می گردد (سازمان هواشناسی

1 Etkin and Brun

2 Engelstadler

3 Natsagdorj

4 Recknagle

جهانی، ۱۹۶۳). در این میان از اولین تحلیل های مکانی یخبندان می توان به کار کاپریو<sup>۱</sup> (۱۹۶۱) اشاره نمود. وی نحوه تهیه و تحلیل نقشه های یخبندان را ارائه کرده است. وستال<sup>۲</sup> (۱۹۷۱) زمان وقوع اولین و آخرین یخبندانها را برای دوره سرد سال در ایالات متحده امریکا گزارش نمود. مدلین و بلتراندو<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) پراکندگی مکانی یخبندانهای دیررس بهاره و عوامل تأثیرگذار بر روی آن را در ناحیه تاکداری شمال فرانسه مورد مطالعه قرار دادند. آنها عوامل تأثیرگذار بر پراکندگی مکانی یخبندان را در دو مقیاس ماکروکلیمات و توپوکلیمات (عوامل محلی و توپوگرافی) مدنظر قرار دادند. در این میان، نخستین پژوهشی که در رابطه با وقوع یخبندان در ایران به انجام رسید می توان به کار هاشمی (۱۳۴۸) اشاره نمود که در آن با استفاده از آمار ۶۰ ساله تهران، احتمالات وقوع سرما و تاریخ های اولین و آخرین یخبندانها را در چهار آستانه حرارتی با استفاده از توزیع نرمال بررسی نمود. از سوئی، حیدری و سعیدآبادی (۱۳۸۶) به ناحیه بندی سوزباد در شمال غرب و غرب ایران پرداختند. گل رخ (۱۳۸۹) بررسی مشابهی را برای شمال شرق ایران به انجام رسانید. گل رخ در مطالعه سوزبادهای خراسان بیان می کند که علاوه بر دو عامل عرض جغرافیایی و ارتفاع، توپوگرافی منطقه نیز در وقوع سوزبادهای مؤثر می باشد. ایشان وقوع سوزباد در خراسان را ناشی از فرارفت هوای سرد پرفشار سیبری به ویژه در اوج دوره سرد سال می داند. همچنین گذر جبهه های سرد را نیز عامل دیگری برای وقوع سوزباد در سطح منطقه معرفی می نماید. با توجه به این که شمال شرق ایران هر ساله خسارات هنگفت مالی و جانی را در نتیجه وقوع انواع مخاطرات جوی چون خشکسالی، سیل، سوزباد، تگرگ و غیره متحمل می شود. شناخت دقیق مناطق دارای پتانسیل بالای مخاطرات جوی، همچنین تعیین استعداد بلاخیزی مناطق مختلف خراسان بزرگ می تواند اطلاعات مناسب و با ارزشی را در جهت پیشگیری و یا کنترل این بلاها فراهم آورد. بر این اساس هدف اصلی پژوهش حاضر، پهنه بندی مخاطرات جوی خراسان بزرگ می باشد. بر این اساس، مطالعه حاضر در صدد آن است که ضمن بررسی مجزای هریک از مخاطرات جوی در منطقه شمال شرق ایران، پهنه بندی جامعی از میزان وقوع مخاطرات جوی در خراسان بزرگ ارائه نماید.

## ۲. منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این مقاله منطبق بر مرزهای جغرافیایی سه استان خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی است که با وسعت حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر مربع بین ۲۱° ۳۰' تا ۱۷° ۳۸' عرض شمالی و ۲۸° ۵۵' تا ۱۴° ۶۱' طول شرقی واقع شده است. این منطقه به دلیل گسترش قابل توجه در امتداد عرض جغرافیایی و همچنین میزان تأثیرپذیری آن از جریان های هوایی مختلف به خصوص بادهای غربی، پرفشار

1 Caprio

2 Vestal

3 Beltrando

سیبری، بادهای ۱۲۰ روزه و جریان‌های جنوب غربی از تنوع اقلیمی قابل توجهی برخوردار است. این منطقه یک نوار گذار از بیابان‌های واقعی در جنوب تا اقلیم مرطوب و نیمه‌مرطوب در شمال و از بیابان‌های گرم تا بیابان‌های سرد را دربر می‌گیرد. اطلاق نام منطقه شمال‌شرق و یا خراسان بزرگ صرفاً یک مفهوم جغرافیایی داشته و اغلب محققین و پژوهشگران با هر دو نام آشنایی کافی دارند. 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.

هنوز مطالعه جامعی که تمامی مخاطرات جوی را بطور یکجا و در ارتباط با هم برای منطقه مطالعاتی مورد بررسی قرار دهد، صورت نگرفته است. به عبارت دیگر هیچ گونه پهنه بندی ترکیبی نیز برای تبیین وضعیت وقوع مخاطرات جوی برای شمال شرق کشور به انجام نرسیده و این مقاله بدین منظور ارایه گردیده است.

### ۳. مواد و روش‌ها

برای انجام پژوهش از داده‌های دیده‌بانی ایستگاه‌های هواشناسی، شامل بارش، دمای متوسط، دمای حداقل، دمای حداکثر، جهت و سرعت باد، وضعیت دید و وضعیت هوا استفاده شد. داده‌های فوق در مقیاس‌های روزانه و ماهانه از سازمان هواشناسی کشور برای تعداد ۱۷ ایستگاه سینوپتیک در محدوده سه استان خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی (خراسان بزرگ) دریافت شد و برای یک دوره ۳۸ ساله (۲۰۰۸-۱۹۷۱) مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۱ محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

روش انجام تحقیق در این مقاله به صورت مرحله به مرحله به شرح زیر بیان می‌گردد:

الف- 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. بررسی‌ها بیانگر آن است که تعداد مخاطرات جوی برای محدوده خراسان بزرگ به ۱۳ مورد بالغ می‌گردد، که عبارتند از: ۱- یخبندان ۲- روزهای توأم با غبار ۳- تگرگ ۴- توفان تندی ۵- بارش شدید ۶- بارش حدی ۷- امواج گرمایی ۸- سوزباد ۹- کولاک (باد شدید توأم با برف) ۱۰- مه گرفتگی ۱۱- خشکسالی (شدید و خیلی شدید) ۱۲- برف سنگین ۱۳- توفان گردوغبار.

ب- پس از تعیین انواع مخاطرات جوی در سطح منطقه، جهت استخراج میزان فراوانی وقوع هر یک از مخاطرات به یکی از دو روش زیر عمل گردید:

۱- استفاده از کدهای هواشناسی معین که توسط سازمان هواشناسی جهانی برای هریک از پدیده‌ها تعیین گردیده و بیانگر پدیده‌های جوی مختلف از جمله مخاطرات جوی هستند. کدهای یادشده از جدول وضعیت جوی (WW) که به صورت ۳ ساعته توسط سازمان هواشناسی کشور تهیه گردیده، قابل استخراج می‌باشند (جدول ۱). در این رابطه برای تعیین مخاطراتی چون تگرگ، بادهای شدید، توفان تندی و صاعقه، برف سنگین، کولاک، مه گرفتگی و توفان‌های گردوغباری و روزهای توأم با گردوغبار از فایل داده‌های ۳ ساعته سازمان هواشناسی کشور برای تعداد ۱۷ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در سطح منطقه برای یک دوره ۳۸ ساله استفاده شد. کدهای مربوط به هریک از مخاطرات جوی در جدول ۱ آورده شده است. با استفاده از داده‌های دیده بان ساعتی وضعیت جو، فراوانی وقوع تعداد ۷ مخاطره جوی استخراج شد.

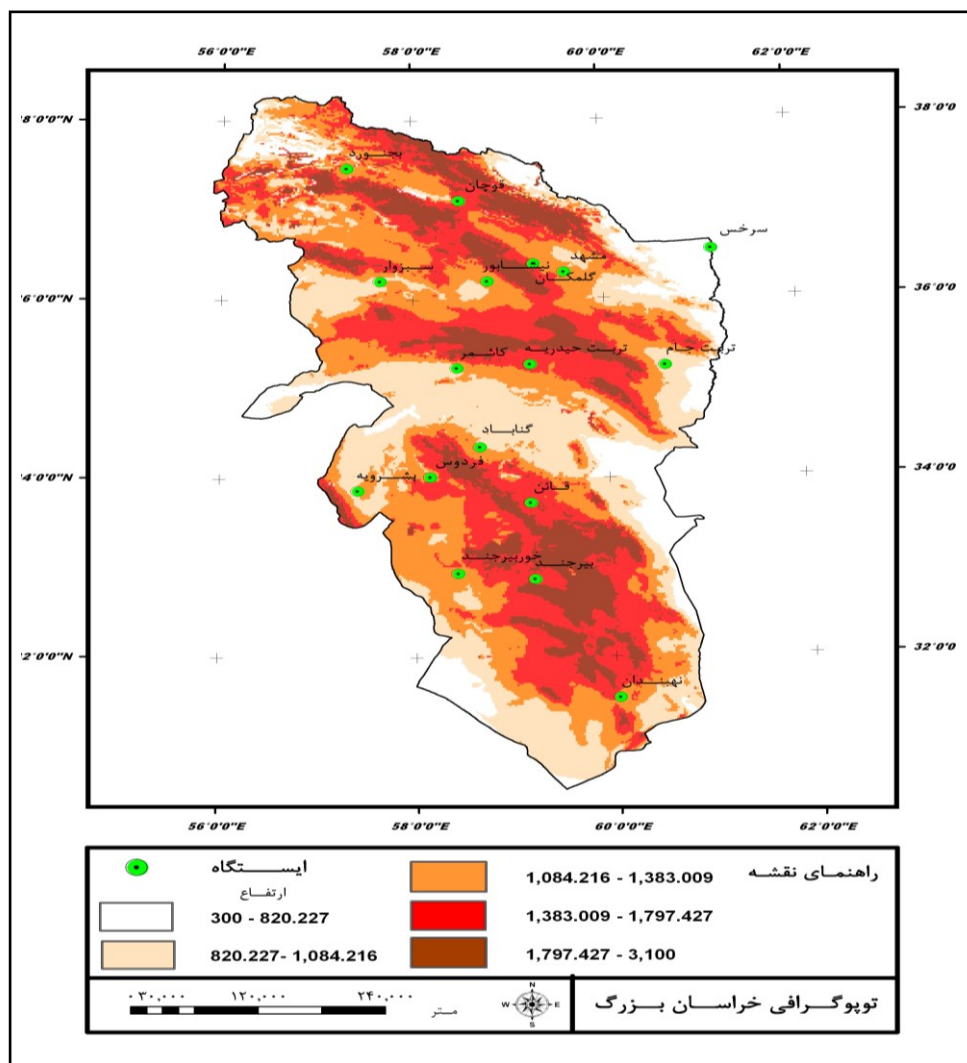
۲- برای برخی از مخاطرات جوی همچون یخبندان، خشکسالی، بارش‌های شدید و حدی، امواج گرمایی و سوزباد کاربرد دارد. برای این پدیده‌ها روش‌های بررسی مجزا و ویژه‌ای طراحی گردیده تا بتواند به شکل مناسبی بیانگر وقوع این پدیده‌ها باشد. روش محاسبه این دسته از مخاطرات جوی نیز در جدول ۱ ارائه گردیده است.

پس از استخراج داده‌های فراوانی وقوع سالانه برای هر یک از مخاطرات، با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های فراوانی وقوع به تفکیک برای هریک از مخاطرات تهیه شد. از آنجایی که شیوه درونیابی مورد استفاده می‌تواند نتایج نهایی حاصل از تحقیق را بطور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر خود قرار دهد، به همین جهت، در این مرحله ابتدا سه روش درونیابی IDW<sup>۱</sup>، اسپلاین<sup>۲</sup> و کریجینگ<sup>۳</sup> بر روی داده‌ها آزمون شد و در نهایت روش کریجینگ به جهت نتایج منطقی‌تر و ارائه فضایی مناسب‌تر مخاطرات، بر سایر روش‌ها ترجیح داده شد و برای انجام پهنه‌بندی نهایی مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب در محیط ArcGIS برای هر یک از مخاطرات، نقشه فضایی از میزان وقوع تهیه شد. برای آن که در پهنه‌بندی مخاطرات جوی، تمامی مخاطرات (لایه‌های اطلاعاتی ورودی) از وزن و ارزش برابری برخوردار باشند، از ابتدا، فراوانی وقوع تمامی مخاطرات در پنج طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد دسته‌بندی شد. در عین حال، جهت خلاصه کردن و دریافت یک دید جامع از میزان وقوع و پراکندگی مخاطرات جوی در خراسان بزرگ، انواع مخاطرات مورد بررسی با در نظر گرفتن ماهیت در سه دسته اصلی مخاطرات جوی شامل مخاطرات دمایی، مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات بارشی دسته بندی شدند.

1 Inverse Distance Weighted Interpolation

2 Spline

3 Kriging



شکل ۱ توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و پراکندگی ایستگاه‌های اقلیمی

- مخاطرات بارشی: شامل بارش شدید، بارش حدی، برف سنگین، توفان تندری، تگرگ و خشکسالی (خشکسالی بسیار شدید و خشکسالی شدید). نتیجه ترکیب مخاطرات یادشده با عنوان نقشه پهنه بندی مخاطرات بارشی خراسان ارائه گردید.

- مخاطرات مرتبط با دید: روزهای توأم با گرد و غبار، مه گرفتگی، توفان‌های گرد و غباری و کولاک.

- مخاطرات دمایی: یخبندان، سوزباد و امواج گرمایی.

در آخرین مرحله از تحقیق، با ادغام اطلاعات مربوط به تمامی مخاطرات جوی، نقشه نهایی مخاطره خیزی خراسان تهیه شد. لازم به یادآوری است که، در این مرحله نیز اطلاعات مربوط به تمامی مخاطرات جوی در پنج



طبقه و با ارزش گذاری برابر در تولید نقشه نهایی مورد استفاده قرار گرفت. شایان ذکر است مخاطره کولاک، علی رغم تصور ذهنی، در خراسان مشاهده نگردیده است.

جدول ۱ روش های محاسبه یا حدود تشخیص انواع مخاطرات جوی

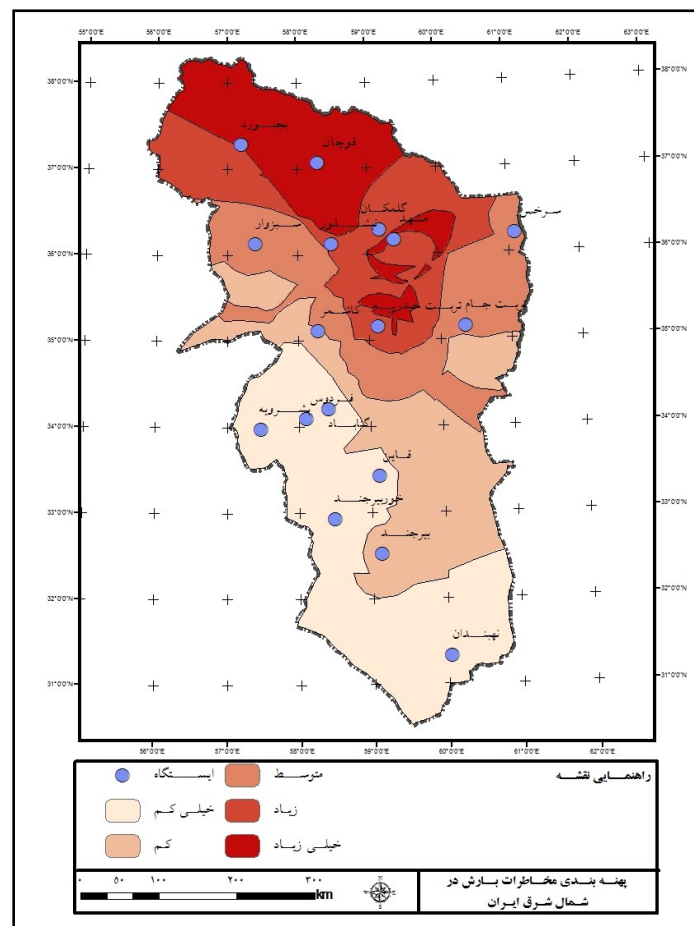
مخاطرات	مخاطرات	روش کار
مخاطرات بادشی	خشکسالی	جهت محاسبه خشکسالی از شاخص SPI استفاده شد. با استفاده از داده های بارش ماهانه طبق رابطه (۱) میزان آن محاسبه گردید. در این رابطه مقادیر ۲ و بالاتر به عنوان ترسالی بسیار شدید و مقادیر ۲- و کمتر به عنوان خشکسالی بسیار شدید در نظر گرفته شد. در این پژوهش از SPI ۱۲ ماهه استفاده شد. رابطه (۱) $SPI = \frac{X_{ik} - \bar{X}_i}{\sigma_i}$ $\sigma$ = انحراف از معیار داده های i امین ایستگاه. $X_{ik}$ = مقادیر بارندگی برای i امین ایستگاه و k امین مشاهده. $\bar{X}_i$ = متوسط بارندگی ایستگاه i ام
	تگرگ	کدهای ۹۹-۹۶-۹۴-۹۳-۹۰-۸۸-۸۷ و ۲۷
	برف سنگین	کدهای ۷۳ تا ۷۵
	توفان تندی	کدهای ۹۲ تا ۹۹
مخاطرات دمایی	بارش شدید و بارش حدی	بارش شدید و حدی بر اساس روش آستانه درصدی (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۶) و با استفاده از داده های بارش روزانه یک دوره ۱۶ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۲) استخراج شد. در این روش ابتدا برای هریک از ایستگاه های خراسان، مقادیر آستانه بارش شدید و حدی بر اساس ۵٪ و ۱۰٪ از مقادیر بارش متوسط سالانه آن ایستگاه تعیین گردید. سپس یک آستانه متوسط برای کل خراسان بزرگ به دست آمد. میزان بارش شدید و حدی برای خراسان بزرگ به ترتیب ۹/۸۰ و ۱۹/۶۱ میلی متر تعیین گردید.
	یخبندان	از داده های حداقل دمای روزانه ماه های اکتبر تا می استفاده شد و دمای صفر درجه و کمتر در نظر گرفته شد.
	امواج گرمایی	از داده های حداکثر دمای روزانه طی دوره آماری ۱۶ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۲) استفاده گردید. میانگین درازمدت دمای حداکثر برای هر ماه و هر ایستگاه محاسبه شد. بر اساس تعریف سازمان هواشناس جهانی، در صورتی که برای ۵ روز متوالی دمای حداکثر در یک ایستگاه، ۵ درجه سانتیگراد بالاتر از میزان درازمدت دمای حداکثر آن ماه بود به عنوان یک موج گرمایی لحاظ گردید (گلیکمن، ۲۰۰۰؛ فریج و همکاران، ۲۰۰۲). برای این بخش از تحقیق، داده های دوره گرم سال (آوریل تا اکتبر) مورد استفاده قرار گرفت.
مخاطرات دیدی	سوزباد	محاسبه سوزباد بر اساس معادله (۲) و با استفاده از داده های دمای حداقل روزانه ۱۶ سال آماری (۲۰۰۷-۱۹۹۲) انجام شد. رابطه (۲) $Wind\ Chill = 35.74 + 0.6215T - 35.75(V^{0.16}) + 0.4275T(V^{0.16})$ $V$ - سرعت باد به مایل بر ساعت، $T$ - دمای هوا در ۲ متری به درجه فارنهایت. سپس از روی جدول درجه بندی دمای سوزباد (اوسزووسکی و بلوشناین، ۲۰۰۵)، سوزبادها برای هر ایستگاه استخراج شد. محاسبات برای ماه های سرد سال (اکتبر تا آوریل) انجام شد. در این تحقیق درجه شدت سوزباد مد نظر نبوده و تنها روزهای همراه با سوزباد از سایر روزها جدا گردید.
	توفان گردوغبار	کدهای ۶ تا ۹ و ۳۰ تا ۳۵ همراه با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر
	روزهای غباری	از داده های روزهای توأم با غبار (از مجموع داده های دیده بانی ساعتی وضعیت جو) سازمان هواشناسی کشور استفاده شد.
	مه گرفتگی	کدهای دیده بانی ۴۹-۴۰ از فایل متنی سازمان هواشناسی کشور استخراج گردید.
مخاطرات دیدی	کولاک (Blizzard)	کدهای ۳۹-۳۸ و ۷۳-۷۰ (بارش برف سبک، متوسط و سنگین)، بعلاوه سرعت باد ۵۶ کیلومتر در ساعت و بیشتر، همراه با دید افقی کمتر از ۴۰۰ متر که حداقل به مدت ۳ ساعت تداوم یابد (برانیک، ۱۹۹۷؛ شوارتز و شمیدلین، ۲۰۰۲؛ شوارتز، ۲۰۰۵). با توجه به شرایط منطقه، در این تحقیق از دید کمتر از ۱۰۰۰ متر استفاده شده است.

## ۴. بحث و نتایج

## ۴.۱. پهنه بندی مخاطرات بارشی در خراسان بزرگ

نقشه ترکیبی (شکل ۲) مخاطرات بارشی در برگرفته بارش شدید، بارش حدی، برف سنگین، توفان‌های تندری، تگرگ و خشکسالی (خشکسالی شدید و خشکسالی بسیار شدید) می باشد. ویژگی‌های کلی مخاطرات بارشی را به شکل زیر می توان خلاصه نمود:

- بخش شمالی استان دارای بیشترین میزان وقوع مخاطرات بارشی است. به عبارتی مناطق شمالی محدوده مورد مطالعه، مخاطره آمیزترین مناطق از لحاظ بارشی و خطرات مربوط به آن محسوب می گردند. در عین حال هرچه از شمال منطقه به سمت جنوب پیش رویم میزان این دسته از مخاطرات کاهش می یابد. به نظر می رسد ارتفاع زیاد مناطق شمالی، به همراه فراوانی عبور سامانه‌های باران زای غربی از محدوده شمالی، از جمله عوامل افزایش این دسته از مخاطرات در شمال منطقه مورد مطالعه باشند.



شکل ۲ مخاطرات بارشی در منطقه مورد مطالعه

- شمال شرق محدوده مورد مطالعه نیز به نوعی در ردیف دوم از لحاظ مخاطره قرار می‌گیرد. در این منطقه مخاطرات بارشی، فراوانی زیاد تا متوسط را تجربه می‌نمایند. ایستگاه‌های قوچان، بجنورد، گل‌مکان، مشهد، تربت حیدریه و نیشابور در بالاترین طبقه از این مخاطره (فراوانی وقوع خیلی زیاد) جای می‌گیرند. بررسی اجمالی نقشه‌ها و جداول تهیه شده برای هر یک از مخاطرات جوی مرتبط با این دسته (در اینجا نشان داده نشده‌اند)، خصوصیات مشابهی را از نظر پراکندگی فضایی وقوع هر یک از مخاطرات نشان می‌دهد.

#### ۴.۲. پهنه‌بندی مخاطرات مرتبط با دید در خراسان بزرگ

شکل ۳ از ترکیب سه مخاطره روزهای توأم با غبار، توفان‌های گرد و غباری و مه گرفتگی ترسیم شده است. نتایج بررسی به شرح زیر می‌باشد:

- بالاترین فراوانی وقوع مخاطرات دید در شمال شرق خراسان بزرگ مشاهده می‌شود. ایستگاه‌های مشهد، گل‌مکان و سرخس از جمله ایستگاه‌هایی هستند که در پهنه‌بندی مخاطرات جوی مرتبط با دید، بالاترین میزان وقوع را تجربه می‌کنند (شکل ۳).

- به‌طور کلی بخش‌های شمالی و شمال شرق منطقه مورد مطالعه در دسته‌بندی مخاطرات دید بسیار زیاد، زیاد و متوسط جای می‌گیرند و بدین ترتیب این مناطق بیشترین خطر را دارا می‌باشند.

- بخش‌های شمال غرب، مرکز و منتهی‌الیه جنوب خراسان نیز با درجات کمتری این مخاطره را تجربه می‌نمایند. در واقع از لحاظ مخاطرات مرتبط با دید، مکان‌های امن‌تری محسوب می‌گردند. بررسی تفکیکی هر یک از مخاطرات این گروه مبین آن است که علت پایین بودن فراوانی وقوع مخاطرات دید در مناطق یادشده، در درجه اول پایین بودن تعداد روزهای مه‌آلود و در درجه بعدی تعداد کمتر روزهای دارای غبار یا توفان‌های گردوغباری است.

- ایستگاه‌های کاشمر، سبزوار، تربت حیدریه، گناباد و بیرجند کمترین میزان وقوع مخاطرات جوی مرتبط با دید را تجربه می‌کنند و بدین ترتیب از کم خطرترین مناطق خراسان محسوب می‌گردند.

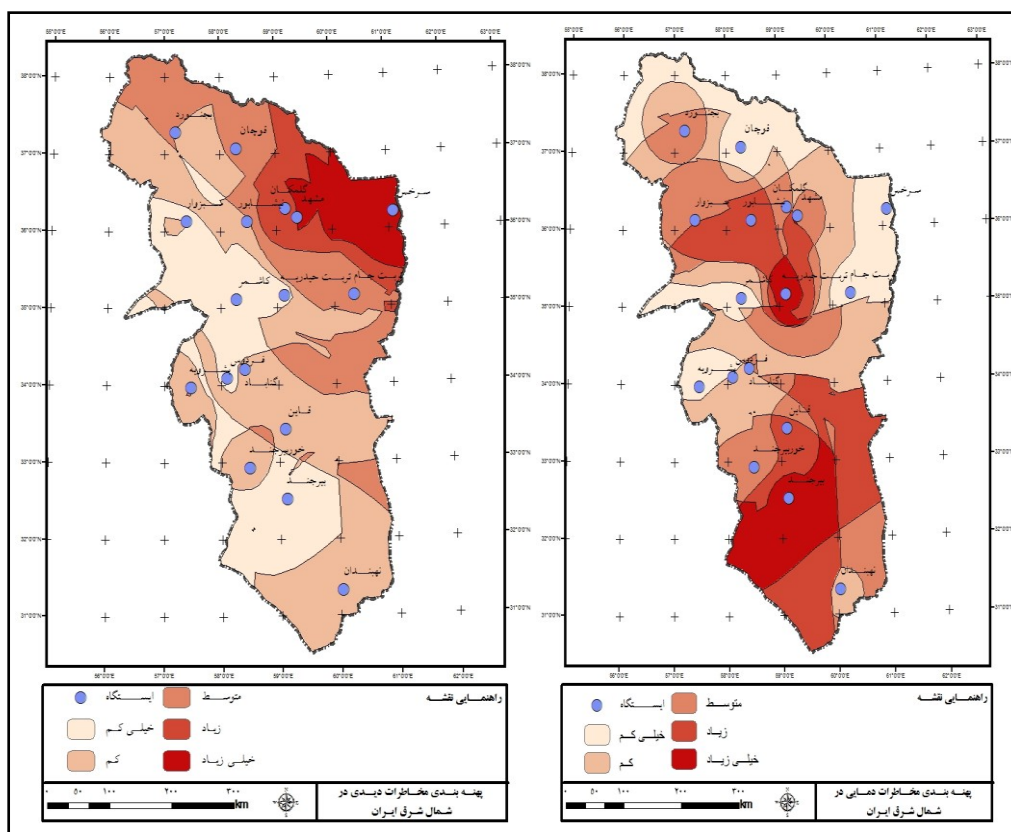
- بطور کلی می‌توان گفت مخاطرات مرتبط با دید یک الگوی غالب مداری را بویژه در نیمه شمالی خراسان نشان می‌دهند، به طوری که از غرب به شرق بر میزان وقوع رخداد‌های مرتبط با دید افزوده می‌شود.

#### ۴.۳. پهنه‌بندی مخاطرات دمایی

نقشه پهنه‌بندی مخاطرات دمایی از ترکیب ۳ مخاطره یخبندان، سوزباد و امواج گرمایی تشکیل شده است. شکل ۳ بیانگر مخاطرات دمایی خراسان بزرگ است که در ذیل به بیان ویژگی‌های اصلی این دسته از مخاطرات در خراسان بزرگ پرداخته خواهد شد:

- مخاطرات جوی مرتبط با دما در مرکز بخش شمالی و بخش هایی از جنوب تا جنوب غربی خراسان به بیشینه فراوانی خود رسیده و بیشترین خطرآفرینی را در این مناطق دارند.

- ایستگاه‌های تربت حیدریه، بیرجند، مشهد، گل‌مکان، نیشابور، قاین و خور از جمله ایستگاه‌هایی هستند که بالاترین میزان وقوع این دسته از مخاطرات را تجربه می‌کنند. در مقابل، مناطق واقع در منتهی الیه شمال، شمال شرق و بخش‌های مرکزی در منتهی الیه غربی، از کمترین میزان مخاطرات دمایی برخوردارند و جزء امن‌ترین مناطق خراسان محسوب می‌گردند. تربت جام، کاشمر، قوچان، سرخس و بشرویه از جمله نقاطی هستند که کمترین میزان وقوع مخاطرات دمایی را تجربه می‌نمایند. در عین حال، مخاطرات دمایی با فراوانی وقوع متوسط نیز از الگوی پراکنده در سطح منطقه برخوردارند.



شکل ۳ پهنه بندی مخاطرات در خراسان بزرگ. سمت راست مخاطرات مرتبط با دما. سمت چپ مخاطرات دمایی

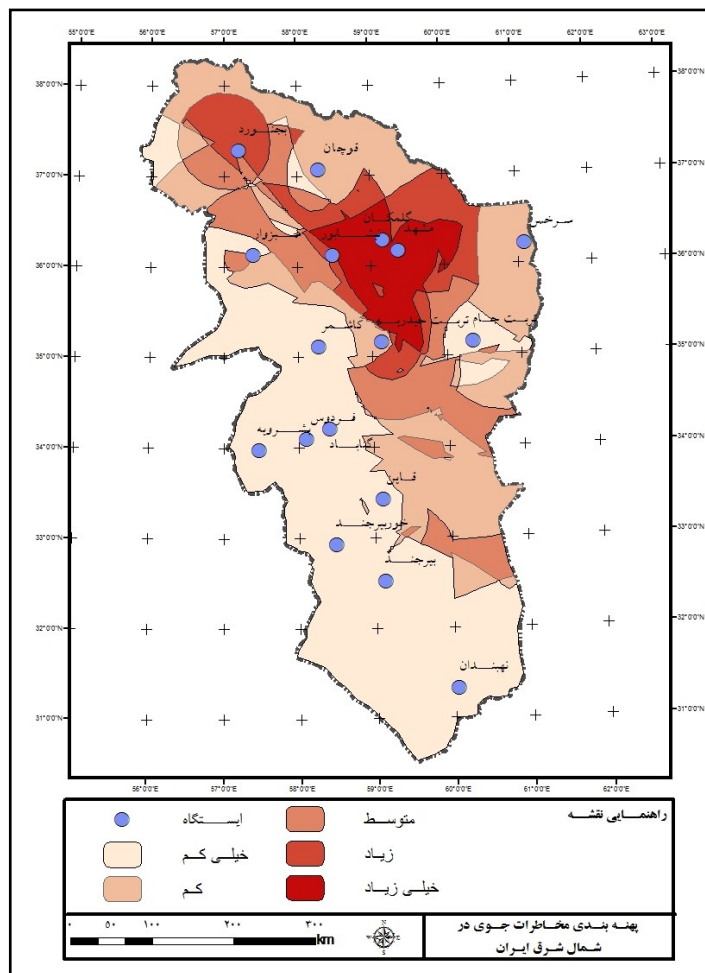
#### ۴.۴. پهنه‌بندی ترکیبی مخاطرات جوی

شکل ۴ از ترکیب تمامی مخاطرات جوی در خراسان بزرگ تهیه شده است و بیانگر پهنه‌بندی نهایی مخاطرات جوی در خراسان بزرگ است. در واقع شکل ۴ نقشه نهایی این مقاله محسوب می‌گردد. نتایج نهایی به شرح ذیل است:

- در صورتی که پهنه بندی مخاطرات جوی در خراسان بزرگ را در ۵ دسته جای دهیم، می توان چنین نتیجه گیری نمود که، نیمه شمالی خراسان بزرگ دارای فراوانی وقوع مخاطرات جوی برابر و یا بالاتر از متوسط است (شکل ۴).

- مناطق کوهستانی واقع در شمال خراسان از پرمخاطره ترین مناطق در شمال شرق کشور محسوب می گردند، به طوری که از نظر میزان وقوع مخاطرات جوی در طبقه بسیار زیاد جای می گیرند. بررسی اجمالی نقشه های مخاطرات بارشی، مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات دمایی چنین نتیجه ای را تأیید می نمایند. چرا که مناطق یادشده، در تمامی دسته بندی های اصلی جزء پرخاطرترین مناطق محسوب می گردند (شکل ۲ تا شکل ۳).

- ایستگاه های بجنورد، گلکان و مشهد دارای بیشترین میزان مخاطرات بوده و از لحاظ فراوانی وقوع در رده بسیار زیاد قرار می گیرند. ایستگاه های مذکور علاوه بر این که در ارتفاعات بالا و عرض های جغرافیایی بالا قرار دارند، در معرض توده هواهای مختلف ورودی به این منطقه بوده و به شدت از آنها متأثر می گردند.



شکل ۴ پهنه بندی ترکیبی مخاطرات جوی در محدوده مورد مطالعه

- بخش‌های غربی و جنوبی خراسان بزرگ نیز کمترین میزان وقوع مخاطرات را تجربه می‌کنند. بخش‌های یادشده به دلیل نزدیکی به بیابان‌های مرکزی ایران تنها برخی از مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات دمایی را تجربه می‌کنند که نسبت‌شان از لحاظ تعداد کمتر از بخش شمالی استان می‌باشد. همچنین دور بودن بخش‌های غربی و جنوبی از منابع رطوبتی و قرار نگرفتن این مناطق در معرض توده‌های مختلف، خود عاملی برای کاهش میزان مخاطرات در مناطق یادشده محسوب می‌گردد.

## ۵. نتیجه‌گیری

به منظور تعیین استعداد وقوع مخاطرات جوی در خراسان بزرگ، تعداد ۱۳ مخاطره جوی در سطح منطقه مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی از بررسی حاضر، ارائه یک پهنه‌بندی فضایی از میزان وقوع مخاطرات جوی در محدوده شمال شرق ایران بوده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، نتایج کلی زیر حاصل گردیده است:

- با توجه به نقشه پهنه بندی مخاطرات جوی، نیمه شمالی خراسان بزرگ از نظر فراوانی وقوع انواع مخاطرات، با قرارگیری در رتبه‌های زیاد و بسیار زیاد، بالاترین منطقه در شمال شرق ایران محسوب می‌گردد. در مقابل، مناطق واقع در منتهی الیه غربی و جنوبی خراسان بزرگ از کمترین میزان وقوع مخاطرات برخوردار بوده و به نوعی امن‌ترین مناطق به شمار می‌آیند. در عین حال، بخش وسیعی از مناطق واقع در مرکز و جنوب خراسان، شرایط متوسطی را از نظر وقوع مخاطرات تجربه می‌کنند.

- در خراسان بزرگ یخبندان، سوزباد و روزهای توأم با غبار بالاترین فراوانی وقوع را در بین ۱۳ مخاطره جوی مورد بررسی نشان داده‌اند. در عین حال، کمترین فراوانی وقوع مخاطرات جوی نیز به ترتیب مربوط به خشکسالی بسیار شدید، خشکسالی شدید، تگرگ و بارش‌های حدی می‌باشد.

- در میان انواع خشکسالی، بالاترین میزان وقوع انواع خشکسالی‌ها متعلق به خشکسالی با شدت متوسط است. - بیشترین میزان وقوع بارش‌های شدید در بخش شمالی و کمترین میزان وقوع آن در بخش جنوبی خراسان بزرگ مشاهده می‌گردد. در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه‌های قوچان و تربت حیدریه بیشترین میزان وقوع بارش‌های شدید را تجربه می‌نمایند. در مقابل، ایستگاه‌های خور بیرجند و بشرویه کمترین میزان بارش‌های شدید را دارند.

- در بررسی مخاطرات جوی در قالب سه دسته اصلی (مخاطرات بارشی، مخاطرات مرتبط با دید و مخاطرات دمایی)، یافته‌ها بیانگر آن است که بالاترین میزان وقوع مخاطرات بارشی در شمال خراسان بزرگ مشاهده می‌گردد. در این رابطه هر چه از سمت شمال به جنوب حرکت کنیم از میزان وقوع مخاطرات بارشی کاسته می‌شود.

- یافته‌ها بیانگر آن است که مخاطرات مرتبط با دید در شمال شرق خراسان بزرگ از بالاترین تمرکز و فراوانی برخوردار است. ایستگاه‌های سرخس، گلمکان و مشهد بالاترین میزان وقوع این دسته از مخاطرات را تجربه می‌کنند. نتایج بیانگر آن است که تقریباً اکثر نقاط خراسان بزرگ مخاطرات مرتبط با دید را در رتبه کمتر از متوسط دارند.

- یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده آن است که بخش وسیعی از خراسان بزرگ مخاطرات دمایی با رتبه بسیار زیاد و زیاد را تجربه می‌کند. در عین حال، مقایسه مخاطرات دمایی با دو دسته دیگر مخاطرات (مخاطرات بارشی و مخاطرات دید)، بیانگر گستردگی بیشتر این دسته از مخاطرات در سطح منطقه است. به عبارتی، توزیع فضایی مخاطرات دمایی الگویی متفاوت را در قیاس با دو دسته دیگر مخاطرات نشان می‌دهد؛ به طوری که بخش‌های وسیعی از شمال، شرق و جنوب فراوانی بالای وقوع مخاطرات دمایی را نشان می‌دهند.

### فهرست منابع و مآخذ

- اسماعیلی، امید؛ ۱۳۸۵. پهنه‌بندی مقدماتی مراکز اصلی تولید غبار کشور با استفاده از فناوری سنجش از دور. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست. دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.
- بداق جمالی، جواد، جوانمرد، سهیلا و شیرمحمدی، رضا؛ ۱۳۸۱. پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از SPI. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۶۷، ۲۱-۴.
- بداق جمالی، جواد، جوانمرد، سهیلا و فاتح، شاهرخ؛ ۱۳۸۹. بررسی پدیده تگرگ در ایران و روش‌های کنترل و مقابله با تگرگ. مجموعه مقالات چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران. تهران، ۲۳-۲۱ اردیبهشت ۸۹ مقالات شفاهی، فیزیک فضا، ۴۷-۴۴.
- خبرگزاری مهر؛ ۱۳۸۹. گزارش بیست سوم فروردین ۱۳۸۹، شماره و پیوند گزارش [www.mehrnews.com/fa/NewsDetail.aspx?NewsID=1062522](http://www.mehrnews.com/fa/NewsDetail.aspx?NewsID=1062522).
- حیدری، حسن و سعیدآبادی، رشید؛ ۱۳۸۶. ناحیه بندی سوزیاد در شمال غرب و غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۲، ۱۰۷-۹۳.
- سلطانی، سعید و سعادت، سیده سارا؛ ۱۳۸۶. پهنه‌بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از نمایه استاندارد بارش (SPI). مجله علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران. سال اول. شماره ۲، ۶۷-۶۴.
- علیچانی، بهلول؛ ۱۳۷۶. آب و هوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور تهران.
- لشکری، حسن و کیخسروی، قاسم؛ ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۳. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۵، ۳۳-۱۷.
- گلرخ، علیرضا؛ ۱۳۸۹. بررسی تغییرات زمانی و مکانی سوزیاد در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی. مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- مهرشاهی، داریوش و نکونام، زری؛ ۱۳۸۸. بررسی آماری پدیده گرد و غبار و تحلیل الگوی وزش بادهای گرد و غبارزا در شهرستان سبزوار. نشریه جغرافیا-انجمن جغرافیایی ایران. دوره جدید. سال هفتم. شماره ۲۲، ۱۰۴-۸۳.
- محمدی، حسین؛ ۱۳۸۷. مخاطرات جوی. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

- هاشمی، فریدون؛ ۱۳۴۸. تجزیه و تحلیل استاتیکی از سرمای تهران. انتشارات تحقیقات و بررسی‌های علمی هواشناسی کل کشور.
- Branick, M.L., 1997. A climatology of significant winter-type weather events in the contiguous United States, 1982-1994. *Weather and Forecasting* 12, 193-199.
- Caprio, J.M., 1961. A rational approach to the mapping of freeze dates. *Bulletin of the American Meteorological Society* 13, 339-348
- Dalezios, N.R., Loukas, A., Vasiliades, L., Liakopoulos, E., 2000. Severity-Duration-Frequency analysis of drought and wet periods in Greece. *Hydrological Sciences Journal* 45(5), 751-769.
- Easterling, D.R., 1989. Regionalization of thunderstorm rainfall in the contiguous United States. *International Journal of Climatology* 9(6), 567-579.
- Etkin, D., and Brun, S.E., 1999. A Note on Canada's hail climatology, 1974-1993. *International Journal of Climatology* 19(12), 1357-1373.
- Engelstadler, S., 2001. Dust storm frequencies and their relationships to land surface conditions. Freidrich-Schiller university press, Jena, Germany.
- Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein-Tank, A.M.G., and Peterson, T., 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research* 19, 193-212.
- 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.
- Glickman, Todd S., 2000. *Glossary of Meteorology*. Boston, American Meteorological Society, ISBN 1-878220-49-7.
- Henriques, A.G., and Santas, M.J., 1998. Regional drought distribution model. *Phy. Physics and Chemistry of the Earth* 24B, 19-22.
- Madelin, M., and Beltrando, G., 2005. Spatial Interpolation – Based Mapping of the Spring Frost Hazard in the Champagne Vineyards. *Meteorological applications* 12, 51-56.
- Natsagdorj, L., Jugder, D., and Chung, Y.S., 2003. Analysis of dust storms observed in Mongolia during 1937-1999. *Atmospheric Environment* 37, 1401-1411.
- Osczevski, R., and Bluestein, M., 2005. The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86(10), 1453-1458.
- Schwartz, R.M., and Schmidlin, T. W., 2002. Climatology of Blizzards in the Conterminous United States, 1959-2000. *Journal of Climate* 15, 1765-1772.
- Schwartz, R.M., 2005. Blizzard Climatology. In: *Encyclopedia of World Climatology*, Edited by John E. Oliver, Springer, 165-167.
- 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.
- Vestal, C.K., 1971. First and last occurrences of Low temperatures during the cold season. *Monthly Weather Review* 99(8), 650-652.
- 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.
- White, G.F., 1963. The limit of economic justification for flood protection. *Journal of land and public Utility Economics* 12, 33-148.
- WMO., 1963. Protection Against frost damage. Technical Note No.51, WMO No.133. 62pp.
- WWW.mazandaranmet.ir.