

تعیین نوع سنجنده های هواشناسی جاده ای متناسب با شرایط غالب و خاص اقلیمی ایران

مجید حبیبی نوخندان*^۱، فاطمه عباسی^۲، منصوره کوهی^۳، شراره ملبوسی^۴

- ۱- دانشیار پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد، ایران (نویسنده مسوول)
- ۲- کارشناسی ارشد هواشناسی، عضو گروه پژوهشی اقلیم‌شناسی کاربردی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد، ایران
- ۳- دکتری هواشناسی کشاورزی، عضو گروه پژوهشی اقلیم‌شناسی کاربردی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد، ایران
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد کامپیوتر، عضو گروه پژوهشی تغییر اقلیم، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد، ایران

تاریخ وصول: ۱۳۹۴/۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۱۰

چکیده

حمل و نقل جاده‌ای به شرایط جوی بستگی دارد. شرایط نامساعد جوی می‌تواند با ایجاد آسیب به خاک ریزهای جاده، کاهش دید و ... ترافیک را مختل کرده، عبور و مرور در جاده را متوقف یا با کمندی مواجه نماید و خطرات جانی و مالی فراوانی را برای مسافریان و کاربران شبکه حمل و نقل جاده ای ایجاد نماید. متغیرهایی که در ایستگاههای هواشناسی جاده‌ای اندازه‌گیری و ارزیابی می‌شوند عبارتند از پدیده‌های مخرب جوی، عناصر مؤثر در کاهش دید، انواع بارش (مقادیر بارش و ارتفاع برف و چگالی و آب هم ارز آن، بارش های رگباری، بوران و کولاک برف)، بهمن، توفان های شن، گرد و خاک، یخبندان ها و یخ زدگی و لغزندگی های مؤثر بر سطح جاده‌ها، فشار جوی در سطح جاده، شدت بادهای سطحی و درجه حرارت های آستانه کمینه و بیشینه، رطوبت نسبی هوا، درجه حرارت اعماق مختلف خاک، مقادیر نهایی تابش آفتاب و تشعشعات زمینی خواهد بود. لذا در این مقاله سعی می‌گردد تا با شناخت کامل از اقلیم مناطق مختلف و بررسی آستانه های وقوع پدیده های مختلف جوی- اقلیمی، بتوان نیازسنجی مناسبی از سنجنده های هواشناسی جاده ای مطابق با اقلیم خاص هر منطقه ارائه نمود. در این راستا، در این پژوهش، مقایسه ی سنجنده های مختلف مربوط به هر یک از شرکت های سازنده با توجه به شرایط محیطی مناسب برای سنجنده ی انجام گردید و با بررسی همه جانبه شامل ارزیابی ویژگی ها و آستانه های اقلیمی و خصوصیات سنجنده ها و خدمات آن ها، بهترین شرکت ها با توجه به اقلیم های خاص کشور معرفی شد. مسلماً بکارگیری نتایج این پژوهش که با هدف معرفی سنجنده های مناسب با شرایط اقلیمی در جاده های کشور ارایه شده است، منجر به بهبود مدیریت هواشناسی جاده ای و گام موثری در ارتقای این مدیریت خواهد شد.

کلید واژگان: هواشناسی جاده ای، سنجنده، پهنه بندی، پارامتر هواشناسی.

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و جایگاه ترافیک درون شهری و برون شهری و با در نظر گرفتن رشد فزاینده سوانح جاده ای در کشور و اهمیت اطلاع رسانی به موقع به مسوولین و متولیان حمل و نقل و کاربران جاده ها به ویژه رانندگان، موضوع راه اندازی سیستم هشتمند ترافیک در کشور مطرح شده است. در سال های اخیر با توجه به اهمیت مسایلی مانند پیش بینی وقوع یخبندان سطح جاده، تندبادها، بارندگی های شدید و کاهش دید بر اثر مه یا بارش، پیشرفت قابل ملاحظه ای در کاربرد هواشناسی جاده ای جهت ایمنی بیشتر، صرفه اقتصادی و استفاده بهینه از جاده ها به وجود آمده است که این امر نیز منجر به رشد سریع بهره گیری از سیستم های دیدبانی و گزارش به موقع دیدبانی به منظور کاهش سوانح جاده ای شده است.

هواشناسی جاده ای در صحنه بین المللی از دهه ۱۹۷۰ پا به عرصه نهاد و به جهت اهمیت آن مورد توجه مراکز معتبر علمی چون سازمان هواشناسی جهانی، مجمع جهانی راه^۲ (پیارک) و سازمان همکاری اقتصاد و توسعه قرار گرفت به طوری که در حال حاضر در حدود ۸۹۱۳ ایستگاه هواشناسی جاده ای در سطح جهان به جمع آوری و ثبت اطلاعات جوی-جاده ای می پردازند. در بسیاری از کشورها در رابطه با ایمنی ترافیک پروژه های متعددی، در حال اجرا می باشد. به عنوان نمونه پروژه درایو^۳ زیر نظر کمیسیون جاده ای اروپا تحت برنامه رانندو^۴ انجام می گردد. در این طرح عوامل جوی و دمای اعماق خاک توسط ترمومتر مقاومت الکتریکی اندازه گیری می شود. همچنین اندازه گیری دمای هوا و پیش بینی یخ زدگی سطح جاده ها جهت چگونگی نمک پاشی جاده بطور دقیق مدل سازی می گردد و پوشش آسمان و تشعشع در رابطه با ذوب برف یا یخ در طی روز و یخ زدگی مجدد در طول شب مدل سازی می گردد.

کارسون و منرینگ (Carson & Mannering, 2001) به بررسی اثر علائم هشدار دهنده یخبندان بر شدت و تناوب تصادفات در جاده های در معرض یخبندان و برف پرداختند

. نتایج به دست آمده حاکی از این بود که مکان یابی علائم هشدار دهنده یخبندان و نیز علائم هشداردهنده جاده ای و کنار جاده ای می تواند تناوب حوادث مرتبط با یخبندان را کاهش دهد (Carson & Mannering, 2001). یاماها تو (Yamahoto, 2002) پژوهشی را در زمینه اثر مه در تصادفات جاده ای ژاپن انجام داد و با استفاده از نقشه های سطوح مختلف جو به بررسی چگونگی اثر مه در تصادفات پرداخت. وی در نهایت به این نتیجه رسید که زمان وقوع اکثر تصادفات ناشی از مه آلودگی در فصول سرد سال متمرکز شده است. اریکسون و لیندکوست (Eriksson & Lindquist, 2002) به بررسی عامل لغزندگی سطح جاده به هنگام بارندگی و ریزش برف پرداختند. آنها برای این کار با استفاده از نقشه ایستگاه های هواشناسی جاده ای ثبت باران یا برفابه که بر سطح جاده، برای نشان دادن پیشرفت جبهه زایی در سوئد با استفاده از داده های ۲۶۵ ایستگاه هواشناسی جاده ای استفاده کردند (Eriksson & Lindquist, 2002, 28). الورد (Ellrod, 2003) نقش مه را در تصادفات جاده ای در آمریکا با استفاده از تکنیک های ماهواره ای مطالعه نمود و به این نتیجه رسید که بیشترین احتمال وقوع تصادف در هنگام وقوع مه بیشتر نزدیک یا کمی بعد از بالا آمدن خورشید است. او همچنین نتیجه گرفت که با استفاده از این روش (تکنیک های ماهواره ای) نقش سایر عناصر اقلیمی را در تصادفات میشود مورد مطالعه قرار داد. کای و سیموند (Keay & Simmonds, 2006) به مطالعه اثر بارندگی بر تصادفات جاده ای در شهر های بزرگ استرالیا پرداختند و در مطالعات خود نشان دادند که اثر بارندگی بر تصادفات چند عاملی است و عموماً حجم ترافیک در فصل پاییز بیشتر از حجم آن در بهار است (Keay & Simmonds, 2006). هاگ و گروسانیک (Hugh & Grosanic, 2016) اقدام به ارزیابی سنجنده های Lufft و Vaisala برای دوره نوامبر ۲۰۱۲ تا اکتبر ۲۰۱۴ نمودند. در مطالعه ای جامع در بریتانیا مشخص شده است که در بزرگراهها شش درصد تصادفات در مه گرفتگی غلبه رخ می دهد (Codling, 1974). لیندکوویست (Lindqvist, 1976)

رخ می دهند که این امر نشان دهنده ی تاثیر رویدادهای حدی آب و هوایی بر میزان وقوع این تصادفات جاده ای است. در بین ساعات ۹ صبح تا ۹ بعدازظهر تعداد تصادفات ثابت و در نیمه های شب و ساعات آغازین روز متغیر و پایین است. حبیبی نوخندان در سال ۱۳۸۳ تاثیر آب و هوا بر تصادفات در سطح وسیع تری از کشورایران را مطالعه نمود . او با استفاده از داده های ۱۲۰ ایستگاه سینوپتیک در یک دوره آماری ۱۰ ساله به ارزیابی وضعیت آستانه های بحرانی و جوی - اقلیمی در محور تهران به فیروزکوه -هراز پرداخت همین محقق در ۱۳۸۴ به مطالعه تاثیر مه بر بروز تصادفات با استفاده از داده های ۱۲۰ ایستگاه هواشناسی در گستره کشور پرداخت و نتیجه گرفت که استانهای خوزستان، اردبیل، سیستان و بلوچستان از این نظر مهمترین مناطق بحرانی محسوب میشوند(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳، ۶۴-۶۱). محمدی و محمودی(۱۳۸۵) تاثیر پدیده های اقلیمی بر تردد و تصادفات جاده ای را درجاده سمنان - همدان مطالعه کردند. ابتدا آستانه های بحرانی مسیر سمنان - همدان را مشخص نموده، سپس تصادفات این مسیر را در ماه های سرد سال مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که اسفند ماه با ۲۲/۴ درصد بیشترین تصادفاترا به خود اختصاص داده است. (محمدی و محمودی ، ۱۳۸۵، ۵۶-۵۱).

شبکه جاده‌ای موجود در کشور تا سال ۱۳۷۶ بالغ بر ۱۶۵۶۸۲ کیلومتر بوده که ۷۹۴۷۳ کیلومتر آن شبکه راه‌های ملی و استانی تلقی می‌شود و ساخت و نگهداری آنها به عهده وزارت راه و ترابری می‌باشد و ۸۶۲۰۹ کیلومتر از شبکه راه‌های کشور را راه‌های روستایی تشکیل داده که امور مربوط به ساخت و نگهداری آنها به عهده وزارت جهاد سازندگی است و از سال ۱۳۸۱ مسؤلیت همه راه‌ها بر عهده وزارت راه و ترابری می‌باشد. در سطح کشور ۲۸۷ گردنه به طول ۲۷ هزار و نقاط ارتفاعی برف‌گیر به طول ۶۶۰ کیلومتر وجود دارد و ۴۳۳۰ نفر از کارکنان راهداری با ۲۶۴۰ دستگاه انواع ماشین‌آلات، عملیات برف‌روبی و یخ‌زدایی از سطح راه‌های

در سال ۱۹۷۶ گزارشی را تحت عنوان "روشهایی برای شناسایی بیشترین فراوانی تشکیل یخ در سطح جاده ها" منتشر ساخت. تحقیقات دیگری در زمینه اندازه گیری دمای سطح جاده برای پیش بینی یخبندان توسط سارگو و همکاران (Sugrue, 1983) و در ادامه توسط تورنس (Thornes, 1985) در سال ۱۹۸۵ صورت پذیرفت.

Thermal Mapping که روشی برای اندازه گیری دمای سطح جاده است، از آن زمان تا کنون توسعه یافته است و امروزه روشی است که معمولا برای نصب سیستم اطلاعات هواشناسی جاده ای^۵ به وفور استفاده می شود. Thornes در سال ۱۹۹۱ روش Thermal Mapping را با جزئیات زیاد توصیف نمود و مثال هایی در مورد اینکه چگونه اطلاعات دما مطابق با شرایط جوی همچنین فاکتورهای مهم دیگر تغییر می کند را ارائه نمود(Thornes, 1991). برگل حیات و همکاران (Bergel-Hayat et al., 2013) در پژوهش نشان دادند خود همبستگی قابل توجهی بین متغیرهای هواشناسی و تعداد تلفات مصدومان وجود دارد اما میزان و حتی علامت این همبستگی ها با توجه به نوع جاده ها (بزرگراه ها، جاده های روستایی و یا جاده های شهری) متفاوت است.

روش Thermal Mapping در مواردی در مطالعاتی که تاثیر شرایط توپوگرافی مختلف را مطالعه می نماید نیز به کار رفته است (Bogren 1989 و Gustavsson 1995). برای کسب اطلاعات بیشتر به مقاله "هواشناسی جاده ای، رویکردی نوین در هواشناسی جاده ای در مجله علمی ترویجی جاده" یا مقاله Thornes در سال ۱۹۹۱ با عنوان "پهنه بندی حرارتی و سیستم های اطلاعات هواشناسی جاده ای برای مهندسی بزرگراه" مراجعه شود(Thornes, 1991). در ایران نیز تحقیقاتی در زمینه اثر عوامل اقلیمی در بروز تصادفات جاده ای انجام شده است که میتوان به موارد زیر اشاره کرد. در کشور هند هر هفته به دلیل حوادث جاده ای نزدیک به ۲۶۵۰ کشته و ۹۰۰۰ نفر زخمی می شوند. آمار تصادفات نشان داده است که طی سال ۲۰۱۳، ۱۳۷۴۲۶ نفر کشته و ۴۶۹۹۰۰ نفر زخمی شده اند. با بررسی این حوادث، سینگ (۲۰۱۷) نشان داد بیشتر حوادث رانندگی طی می - جون و دسامبر -ژانویه

⁵ -Road Weather Information System (RWIS)

این پژوهش، سعی می‌گردد تا با شناخت کامل از اقلیم مناطق مختلف و آستانه های وقوع پدیده های مختلف جوی-اقلیمی، بتوان نیازسنجی مناسبی از سنجنده های هواشناسی جاده ای مطابق با اقلیم خاص هر منطقه ارائه نمود.

مواد و روش ها

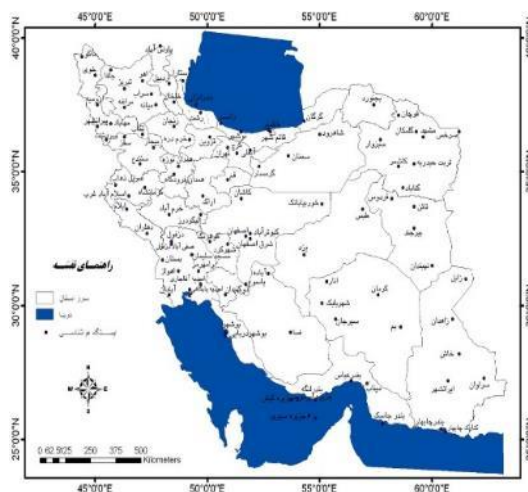
داده ها

در ابتدا با توجه به هدف پژوهش، اقدام به شناسایی شرکت های معتبر تولید کننده سنجنده های هواشناسی جاده ای و بررسی سنجنده های تولیدی این شرکت ها از منظر نوع سنجنده، دامنه فعالیت و دقت و همچنین شرایط محیطی مناسب گردید. در این پژوهش سنجنده های هواشناسی جاده ای شرکت های بوشونگ، آندرا، وایسالا، کراس مت، لب ال، لوفت مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند.

سپس از متغیرهای دمای بیشینه، کمینه، بارش، دید افقی، تعداد روزهای همراه با گرد و غبار، تعداد روزهای یخبندان، سرعت باد، برف و مه ایستگاه های همدیدی نیز در دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۰) استفاده شده است. شکل (۱) پراکندگی ایستگاه های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

کشور را انجام می‌دهند تا عبور و مرور سهل، روان و ایمن تامین شود (آیتی، ۱۳۷۷).

از سال ۱۳۷۸ وزارت راه و ترابری تعداد پنج ایستگاه را از شرکت بوشونگ سوئیس (تولید کننده ماشین های راهداری زمستانه) خریداری نمود و در گردنه های برفگیر و کوهستانی هراز (جاده تهران-آمل)، گدوک (جاده تهران-قائم شهر)، کندوان (جاده کرج-چالوس)، کوهین (جاده قزوین-رشت) و گردنه اسداباد (جاده همدان-کرمانشاه) نصب نمود. البته تاکنون این ایستگاهها عملیاتی نشده و قابل استفاده نیستند. با توجه به مخاطرات و حوادث جانی و مالی جبران ناپذیر ناشی از وضعیت بد جوی بوجود آمده در سالهای اخیر در اکثر راه ها و جاده های ارتباطی بویژه مناطق کوهستانی کشور، لزوم تأسیس یک شبکه ایستگاه های هواشناسی جاده ای که بتواند کلیه برنامه های دیدبانی و تجزیه و تحلیل مورد نیاز جهت ارائه خدمات مربوط به امور حمل و نقل اقتصادی و اجتماعی را انجام دهد، ضروری می باشد (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳). با دریافت آمار و اطلاعات از این شبکه و آگاهی از وضعیت جوی در طول مسیر جاده ها، بزرگراه ها و به ویژه گردنه های کشور و با پیش آگاهی و پیشگیری های لازم از بروز حوادث ناگوار جوی - جاده ای جلوگیری شده و یا خسارت های آن به حداقل خواهد رسید (بزازان، ۱۳۷۰). در



شکل ۱- پراکندگی ایستگاه های مطالعاتی کشور




برای این منظور، نقشه ریسک پنج عامل اقلیمی شامل دمای کمینه، سرعت باد، باران، برف و قابلیت دید در پهنه کشور

با توجه با تعدد اقلیم های کشور، ابتدا، پهنه کشور از نظر استقرار ایستگاه های هواشناسی جاده ای، اولویت بندی گردید.

به نقشه‌ها در ماه‌های مختلف سال، نقشه نهایی از هم پوشانی نقشه‌های ترکیبی ۱۲ ماه سنتز شده بدست آمد. بررسی نقشه نهایی نشان داد که دامنه اعداد نقشه‌ها بین صفر تا ۵ متغیر است، بدین مفهوم که عدد صفر مبین نقاطی است که در هیچ ماه از سال در محدوده پرخطر و بحرانی قرار نداشته و متقابلاً عدد ۵ معرف نواحی است که ۵ ماه از سال متأثر از شرایط پرخطر و بحرانی می‌باشند. اولویت مناطق از نظر تاسیس ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای با بررسی عینی نقشه مذکور و تجارب بدست آمده به صورت جدول (۱) تعیین گردید.

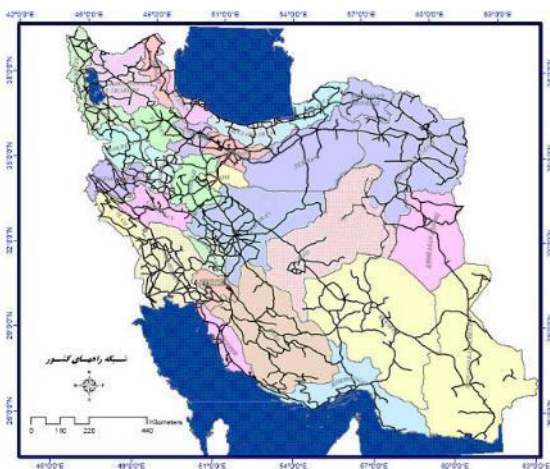
تهیه شد. در این نقشه‌ها پنج طبقه بی‌خطر، کم خطر، خطر، متوسط، پرخطر و بحرانی به تفکیک ارائه گردید. ایده اصلی در اولویت‌بندی مناطق مختلف کشور از نظر تاسیس ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای بر طبقات پرخطر و بحرانی قرار گرفت. روش ما در اولویت مناطق مختلف کشور، فراوانی وقوع طبقات پرخطر و بحرانی در ماههای مختلف بود. برای دستیابی به این هدف، پس از تفکیک طبقات پرخطر و بحرانی از سایر طبقات در ماههای مختلف سال، و واگذاری اعداد یک (طبقات پرخطر و بحرانی) و صفر (سایر طبقات)

جدول ۱- اولویت مناطق از نظر تاسیس ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای

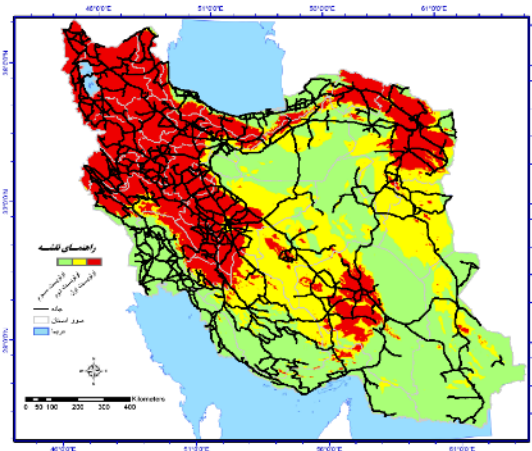
اولویت	مفهوم	رنگ
اولویت اول	بزرگتر یا مساوی ۴ ماه از سال را در محدوده پرخطر و بحرانی بسر می‌برد.	
اولویت دوم	بین ۳ تا ۴ ماه از سال را در محدوده پرخطر و بحرانی بسر می‌برد.	
اولویت سوم	کمتر از ۳ ماه سال را در محدوده پرخطر و بحرانی بسر می‌برد.	

محل مشخص و نقشه‌های پهنه‌بندی هر یک از عوامل موثر تهیه گردید. به منظور افزایش دقت نقشه‌ها، لایه خطا نیز محاسبه و در تهیه نقشه‌های نهایی مورد استفاده قرار گرفت. در تهیه نقشه‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید. کلیه نقشه‌ها در مقیاس ۱: ۲۵۰ ۰۰۰ و مطابق استاندارد سازمان نقشه‌برداری کشور می‌باشند.

در شکل ۲ اولویت‌بندی مناطق مختلف کشور از نظر تاسیس ایستگاه‌های جاده‌ای با استناد به روش فوق انجام شده است. توضیحات لازم در ذیل نقشه منعکس است. سپس، توزیع جغرافیایی شبکه راه‌های کشور مطالعه و بررسی و لایه‌های اطلاعاتی از شرایط جوی - اقلیمی در شبکه راه‌های کشور تهیه گردید. برای این منظور، با استناد به اطلاعات نقطه‌ای، روابط رگرسیونی پارامترها با ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی



شکل ۳- لایه راه‌ها و مرز استان‌های کشور



شکل ۲- نقشه اولویت های استقرار سیستم اطلاعات هواشناسی جاده ای

تکنیک مورد استفاده در این مطالعه، آنالیز ریسک کمی (QRA)^۷ نامیده شده است. از این تکنیک در ابتدا، برای ارزیابی احتمال آسیب وارده بر افرادی که در محیطهای صنعتی خطرناک کار می کنند استفاده شده است. با در نظر گرفتن تعدیل‌هایی در روش مذکور، از این روش برای ساخت مدل ارزیابی ریسک کمی عوامل هواشناسی موثر بر محورهای جاده‌ای استفاده شده است. مولفه های اصلی مدل عبارتند از:

- احتمال وقوع دمای کمینه کمتر از صفر درجه سانتیگراد (T)،
- احتمال وقوع سرعت باد بیشتر از ۱۰ متر بر ثانیه (W)،
- احتمال وقوع باران (P)،
- احتمال وقوع برف (S)،
- احتمال وقوع دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (V).


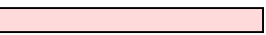
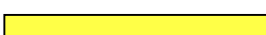


پس از بررسی‌های دقیق و بسیار زیاد از نظر همخوانی و هماهنگی احتمالات وقوع با محورهای کم خطر و پر خطر جاده‌ای، طبقه‌بندی در جدول ۲ ارائه گردیده است.

بطور کلی سه مرحله اساسی در فرآیند مطالعه تعقیب گردید که عبارتند از: الف) ارزیابی نقطه‌ای از پارامترهای جوی و تعیین معادلات رگرسیونی حاکم و قانونمند این پارامترها در ارتباط با مشخصات جغرافیایی منطقه ب) اعمال روابط رگرسیونی بر پهنه منطقه و تهیه نقشه قانونمند و ج) تهیه نقشه واقعی با اعمال لایه خطا بر نقشه محاسباتی و قانونمند. دو علت برای تهیه لایه خطا می‌توان برشمرد. یکی، افزایش دقت نقشه‌های تهیه شده و دیگری در مواردی است که ضرایب همبستگی معادلات از سطح معنی‌داری بالایی برخوردار نیست.

در این مطالعه از چهار لایه اطلاعاتی شامل لایه مدل رقومی ارتفاع^۶، لایه شبکه ایستگاه‌های همدیدی، لایه شبکه راههای اصلی کشور استفاده شده است. لایه مرز استان‌ها با توجه به تقسیمات جدید کشوری تهیه گردیده است (شکل ۳). پس از تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی، طبقه‌بندی نقشه‌ها از نظر احتمالات وقوع و ریسک پارامترهای جوی در محورهای جاده‌ای مورد توجه قرار گرفت.

روش ارزیابی ریسک

جدول ۲- طبقه‌بندی پیشنهادی ریسک پارامترهای اقلیمی در جاده‌های کشور

رنگ	توصیف	آستانه احتمال (درصد)	ردیف
	بی‌خطر	کمتر از ۲۰	۱
	کم خطر	۲۰ الی ۳۰	۲
	خطر متوسط	۳۰ الی ۵۰	۳
	پر خطر	۵۰ الی ۸۰	۴
	بحرانی	بیشتر از ۸۰	۵

مناطق مختلف کشور انتخاب گردیدند.

یافته های پژوهش

وقوع مه

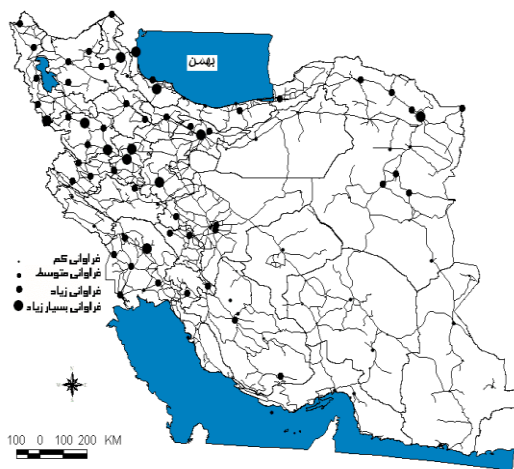
به منظور بررسی شرایط جوی مؤثر بر ایمنی حمل و نقل و

در ادامه به منظور تعیین سنجنده های هواشناسی جاده ای متناسب با شرایط غالب و خاص اقلیمی ایران، شرایط حدی و رخدادهای بحرانی پدیده های مختلف جوی- اقلیمی (شامل ریزش برف، مه، یخبندان، توفان شن، تندباد و ...) انجام شد و نقشه های پهنه بندی این پدیده ها در ماه های مختلف سال تهیه گردید. و در نهایت سنجنده های مناسب برای

7. Quali

6. Digital Elevation Model : DEM

متر به منظور تعیین نقاط بحرانی مورد ارزیابی قرار گرفت. بنا به اهمیت تعیین توزیع زمانی و مکانی، نقاط بحرانی نقشه‌های مربوط به توزیع مکانی و زمانی آنها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (نرم افزار ArcGis) تهیه شد که به عنوان نمونه ۱ شکل ۴ و ۵ آورده شده است.



شکل ۵- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در بهمن ماه

تعیین آستانه‌های بحرانی، به تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی (دید کمتر از ۱۰۰۰ متر) در گستره کشور پرداخته شد و همچنین توزیع مکانی سهم وقوع مه در رخدادهای سوانح جاده‌ای تحلیل و بررسی گردید. با در نظر گرفتن احتمال وقوع هر یک از آستانه‌ها، فراوانی (کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد) آنها محاسبه شد. ابتدا برای هر آستانه به طور جداگانه محاسبات انجام گردید و سپس مجموع دید کمتر از ۱۰۰۰



شکل ۴- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در خرداد ماه

ترتیب شمارش شدند. برای مثال اگر در یک ایستگاه اولین دمای صفر درجه سانتی‌گراد در روز ۷۵ رخ داده باشد، معادل ۱۵ آبان ماه است. پس از استخراج اطلاعات مربوط به یخبندان (آغاز و خاتمه دمای صفر درجه سطح خاک و هوا) و آغاز و خاتمه ریزش برف برای کلیه ایستگاه‌ها، اقدام به تعیین احتمال وقوع آنها گردید. بدین منظور از روش تعیین احتمال ویبول^۱ استفاده شد (لازم به ذکر است که در این مرحله احتمال ۷۵٪ و بیشتر مد نظر بوده است). پس از تعیین احتمال، داده‌های مورد مطالعه به صورت ماهانه تقسیم‌بندی شدند تا توزیع زمانی هر یک تعیین گردد. همچنین در این تحقیق از مدل رگرسیون جهت تعیین ارتباط معنی‌دار

نتایج حاصل از بررسی آمار تصادفات در دوره آماری ۷۷-۱۳۶۹ مشخص نمود که ۵/۷٪ از تصادفات در شرایط نامساعد جوی بویژه در شرایط مه روی می‌دهند. بین تصادفات مرتبط با وقوع مه و توزیع جغرافیایی آن نیز ارتباط معنی‌داری وجود دارد (ادیبی و بهبهانی، ۱۳۷۳).

وقوع یخبندان

بر اساس مطالعات اولیه انجام شده در غالب ایستگاه‌ها، قبل از مهر ماه یخبندان مشاهده می‌شود از این رو اول شهریور ماه به عنوان مینا (روز اول) در نظر گرفته شد و مابقی روزها به

$$1 - P = \frac{m}{n+1} \times 100$$

روش برای درون‌یابی متغیرهای اقلیمی است، استفاده گردیده است.

از آن جایی که آگاهی و شناخت نسبت به زمان آغاز و خاتمه وقوع یخبندان در سطح جاده های کشور از اهمیت بالایی برخوردار است، پس از استخراج و تحلیل داده‌های مربوط به یخبندان (هوا و سطح خاک) با احتمال ۷۵٪، تاریخ آغاز و خاتمه آنها محاسبه و سپس روابط و معادلات آنها با ارتفاع و عرض جغرافیایی برآورد گردید.

متغیرهای مورد مطالعه با ارتفاع و عرض جغرافیایی ایستگاههای منتخب استفاده شد و روابط مربوط به کل کشور محاسبه گردید (جدول ۳). پس از محاسبه روابط و معادلات (با احتمال ۷۵٪) در کلیه ایستگاه‌ها، عملیات درون‌یابی و ترسیم منحنی‌ها و تعیین محدوده‌های هر یک از شاخص‌ها با استفاده از نقشه رقومی ارتفاعی ۱۱۰۰۰۰۰۰ کشور در محیط نرم‌افزار ArcGis از مجموعه نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفت. شایان ذکر است که در این مطالعه از روش‌های کریجینگ^۹ و IDW^{۱۰} که متداول‌ترین و معتبرترین

جدول ۳- روابط بین متغیرهای اقلیمی با ارتفاع و عرض جغرافیایی در سطح کشور

متغیرهای اقلیمی	معادلات	ضریب همبستگی
آغاز یخبندان	$y = 274 - 4/13 \times \text{عرض جغرافیایی} - 0/438 \times \text{ارتفاع}$	۰/۶۷
خاتمه یخبندان	$y = -17/4 - 4/45 \times \text{عرض جغرافیایی} + 0/295 \times \text{ارتفاع}$	۰/۷۶
آغاز یخبندان سطح خاک	$y = 264 - 4/92 \times \text{عرض جغرافیایی} - 0/371 \times \text{ارتفاع}$	۰/۶۹
خاتمه یخبندان سطح خاک	$y = 22/5 + 3/75 \times \text{عرض جغرافیایی} + 0/278 \times \text{ارتفاع}$	۰/۶۱
تعداد روزهای یخبندان	$y = -30/1 + 8/44 \times \text{عرض جغرافیایی} + 0/597 \times \text{ارتفاع}$	۰/۸۳
تعداد روزهای یخبندان سطح خاک	$y = -336 + 9/99 \times \text{عرض جغرافیایی} + 0/734 \times \text{ارتفاع}$	۰/۸۶
طول دوره یخبندان	$y = -303 + 9/13 \times \text{عرض جغرافیایی} + 0/728 \times \text{ارتفاع}$	۰/۷۴
طول دوره یخبندان سطح خاک	$y = -239 + 8/58 \times \text{عرض جغرافیایی} + 0/646 \times \text{ارتفاع}$	۰/۷۰

• خاتمه یخبندان سطح خاک: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۲۸ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، چهار روز به تعویق می‌افتد.

• تعداد روزهای یخبندان: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۶۰ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، هشت روز به تعداد روزها اضافه می‌شود.

• تعداد روزهای یخبندان سطح خاک: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۷۳ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، ۱۰ روز به تعداد روزها اضافه می‌شود.

• طول دوره یخبندان: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۷۲ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، نه روز به تعداد روزها اضافه می‌شود.

• طول دوره یخبندان سطح خاک: به ازای هر ۱۰۰۰

لازم به یادآوری است که معادلات بدست آمده که اکثراً از همبستگی مناسبی برخوردارند تنها در محدوده ایران به استثنای سواحل خلیج فارس و دریای عمان قابل استفاده می‌باشند. در سطح کشور روابط فوق‌گویای شرایط زیر هستند:

• زمان آغاز یخبندان: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۴۴ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، چهار روز زودتر اتفاق می‌افتد.

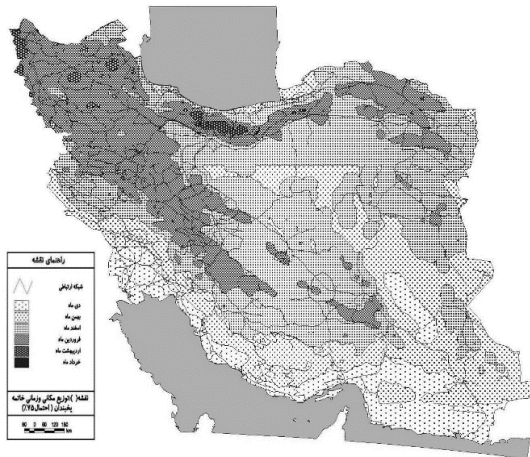
• خاتمه یخبندان: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۳۰ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، پنج روز به تعویق می‌افتد.

• آغاز یخبندان سطح خاک: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۳۷ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، پنج روز زودتر روی می‌دهد.

3. Inverse Distance Weight (IDW)

2-. Kriging

مکانی آغاز و خاتمه هر یک از پارامترها در گستره کشور پرداخته شد (اشکال ۶ و ۷).

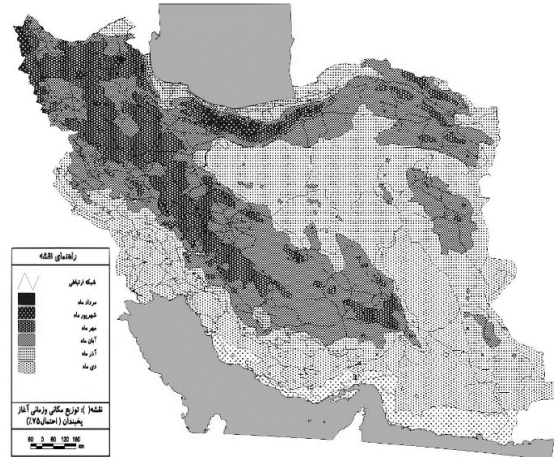


شکل ۷- توزیع زمانی و مکانی خاتمه یخبندان در کشور

سواحل دریای خزر، جنوب فارس و کرمان و شمال سیستان و بلوچستان، بهمن ماه زمان خاتمه یخبندان می‌باشد. چاله لوت، سواحل خلیج فارس و دریای عمان در دی ماه آخرین یخبندان‌ها را تجربه می‌کنند که البته در این نواحی به ندرت این شرایط اتفاق می‌افتد و بین زمان آغاز و خاتمه یخبندان معمولاً فاصله بسیار اندک می‌باشد.

در اکثر مناطق کوهستانی کشور، شهریور ماه زمان آغاز یخبندان سطح خاک است (شکل ۸). البته مطابق معمول، این زمان در قله مرتفع دماوند و سهند و سبلان، تیرماه می‌باشد. در مرکز و شمال خراسان، سمنان، تهران، قم، قزوین، دشت مغان، استان‌های غربی، فارس، کرمان، یزد و اصفهان، مهرماه و در حواشی مناطق بیابانی و عرض‌های پایین‌تر همچنین سواحل دریای خزر، آبان ماه و در نواحی ساحلی جنوب کشور آذرماه آغاز یخبندان سطح خاک است (البته این باید مد نظر قرار گیرد که زمان شروع یخبندان سطح زمین نسبت به یخبندان هوا زودتر اتفاق می‌افتد). همان‌طور که در نقشه‌های فوق مشخص شد شبکه پیچیده‌ای از راه‌ها در منطقه کوهستانی غرب و شمال غرب کشور توسعه یافته است از این رو آگاهی از زمان یخبندان و شرایط سطح جاده نقش بسیار با اهمیتی در عملیات راه‌داری زمستانه خواهد داشت.

متر افزایش ارتفاع، ۶۵ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، نه روز به تعداد روزها اضافه می‌شود. پس از تعیین روابط بین متغیرها به تعیین توزیع زمانی و



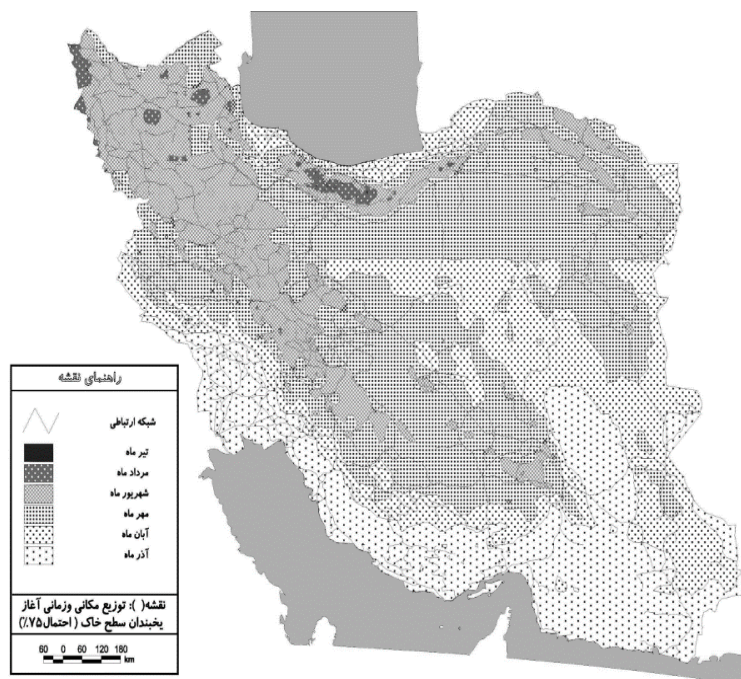
شکل ۶- توزیع زمانی و مکانی آغاز یخبندان در کشور

همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌شود در نواحی کوهستانی کشور از جمله البرز، زاگرس، ارتفاعات آذربایجان و شمال خراسان، آغاز یخبندان از ماه‌های شهریور و مهر می‌باشد. البته در نواحی بسیار مرتفعی چون قله دماوند، سهند و سبلان آغاز یخبندان بسیار زودتر و در مرداد ماه روی می‌دهد. در ارتفاعات کپه داغ و بینالود خراسان شمالی و حتی در ارتفاعات بزمان استان سیستان و بلوچستان نیز زمان آغاز یخبندان مهرماه است اما در کوهپایه‌های (پایکوه‌های) البرز و زاگرس زمان آغاز و خاتمه یخبندان آبان ماه می‌باشد.

در سواحل شمالی کشور و مناطق مرکزی و شرقی در آذرماه و در مناطق جنوبی و جنوب شرقی و غربی کشور در بهمن ماه آن هم به ندرت شاهد بروز یخبندان هستیم. مطابق شکل ۷، خاتمه یخبندان در اکثر ارتفاعات کشور (زاگرس، البرز، شمال غرب، کوه‌های کرمان و ارتفاعات شمال و جنوب خراسان) در فروردین ماه اتفاق می‌افتد (به استثنای قله مرتفع که این زمان تا خرداد ماه نیز به تعویق می‌افتد). در کوهپایه‌های البرز و زاگرس، استان‌های اصفهان، تهران، سمنان، مرکز خراسان، کرمان و بخش‌هایی از استان فارس، کهکیلویه و بویراحمد و ایلام، زمان خاتمه یخبندان اسفندماه است. در جنوب خراسان، جنوب ایلام، شمال خوزستان،

شده $۸۸/۰۳\%$ از تصادفات در شرایط خشک و به ترتیب ۱۰ و $۱/۵۴\%$ درصد از سوانح در شرایط نامساعد جاده (تر و یخبندان) رخ داده است.

همانطور که ذکر شد در فرم ثبت تصادفات، شرایط جاده از لحاظ خشک، تر و یخبندان بودن در زمان وقوع تصادف توسط ماموران پلیس راه ثبت می‌گردد. بر اساس آمار ثبت



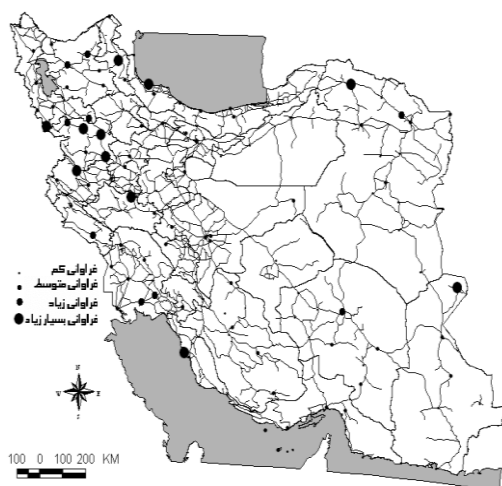
شکل ۸- توزیع زمانی و مکانی آغاز یخبندان سطح خاک در کشور

فراوانی‌های استخراج شده در حمل و نقل شرایط بحرانی محسوب می‌شوند (به دلیل سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه)، از این رو با توجه به احتمال وقوع آنها و با کدگذاری هر یک به تعیین فراوانی‌های کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد برای هر یک از آستانه‌ها اقدام گردید به عنوان نمونه اشکال ۹ و ۱۰ آورده شده است.

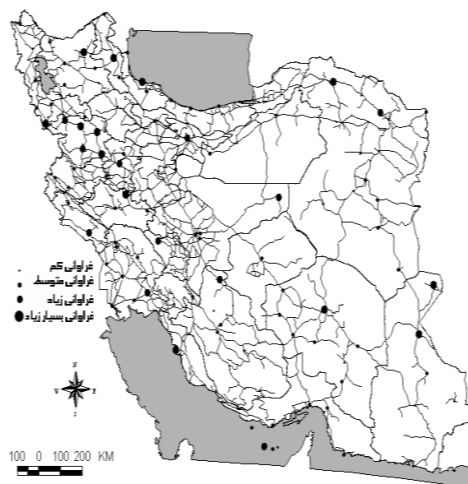
جهت انجام این کار ابتدا احتمال وقوع هر یک از آستانه‌های ماهانه محاسبه و شاخصی برای آنها به دست آمد که بر اساس آن به هر یک از فراوانی‌های ماهانه، کدهای یک تا چهار اختصاص داده شد و از این طریق وضعیت هر ماه از نقطه نظر فراوانی وضعیت بحرانی بصورت ماهانه مشخص شد. سپس به منظور تعیین وضعیت سالانه آستانه‌های تندبادها به ارزیابی هر یک از ایستگاه هر یک از ایستگاه‌ها پرداخته شد.

وقوع تندبادها

مطابق تحقیقات میدانی و آزمایش تونل باد پیرامون تعیین آستانه‌های بحرانی وقوع تندباد در حمل و نقل جاده‌ای، سرعت باد ۱۰ متر بر ثانیه به عنوان آستانه بحرانی تعیین شده است (حبیبی، ۱۳۷۸) (علیزاده، ۱۳۷۹) (کاوینی، ۱۳۸۱). با توجه به اهمیت این پدیده در ایمنی حمل و نقل، به مطالعه وضعیت تندبادها در سطح کشور پرداخته شد. ابتدا به تفکیک، هر یک از آستانه‌های بحرانی در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک کشور استخراج شدند. پس از استخراج فراوانی آستانه‌های سرعت‌های باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه، به تعیین توزیع ماهانه آنها با در نظر گرفتن فراوانی‌های با احتمال ۷۵% و بیشتر اقدام گردید. نکته قابل توجه این است که همه



شکل ۱۰- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در آذر ماه



شکل ۹- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در آبان ماه

محاسبه شد. سپس روابط و معادلات آنها با ارتفاع و عرض جغرافیایی برآورد گردید. در تحقیق حاضر از مدل رگرسیون جهت تعیین معنی دار بودن ارتباط بین متغیرهای مورد مطالعه با ارتفاع و عرض جغرافیایی ایستگاههای منتخب استفاده شد و روابط مربوط به کل کشور محاسبه گردید (جدول ۴).

وقوع بارش

از آن جایی که آگاهی و شناخت نسبت به زمان آغاز و خاتمه ریزش برف در سطح جاده‌های کشور از اهمیت بالایی برخوردار است پس از استخراج و آنالیز داده‌های مربوط به ریزش برف با احتمال ۷۵٪ تاریخ‌های آغاز و خاتمه آنها

جدول ۴- روابط بین متغیرهای اقلیمی با ارتفاع و عرض جغرافیایی در سطح کشور

همبستگی R-Sq	معادلات	کل کشور
۸۱٪	ارتفاع $\times 0/0332 -$ عرض جغرافیایی $\times 6/87 - 383 = y$	آغاز ریزش برف
۸۳٪	ارتفاع $\times 0/0270 +$ عرض جغرافیایی $\times 7/13 - 127 = y$	خاتمه ریزش برف
۷۸٪	ارتفاع $\times 0/0126 +$ عرض جغرافیایی $\times 2/83 - 100 = y$	تعداد روزهای برفی
۸۲٪	ارتفاع $\times 0/0529 +$ عرض جغرافیایی $\times 11/7 - 418 = y$	طول دوره ریزش برف

در سطح کشور روابط فوق‌گویی شرایط زیر هستند:

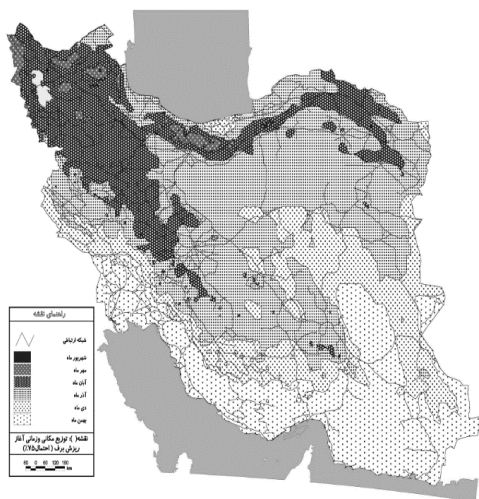
- آغاز ریزش برف: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۳۳ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، هفت روز زودتر روی می‌دهد.

لازم به یادآوری است معادلات بدست آمده که اکثراً از همبستگی مناسبی برخوردارند تنها در محدوده ایران به استثنای سواحل خلیج فارس و دریای عمان قابل استناد می‌باشند.

کشور در محیط نرم افزار Arcview از مجموعه نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفت. شایان ذکر است که در این مطالعه از روش های کریجینگ و شاخص معکوس فاصله که متداول ترین و معتبرترین روش برای درون یابی متغیرهای اقلیمی است، استفاده گردید.

تحلیل نقشه های توزیع زمانی و مکانی آغاز و خاتمه ریزش برف در کشور

پس از تعیین روابط بین متغیرها به تعیین توزیع مکانی و زمانی آغاز و خاتمه هر یک از پارامترها در گستره کشور پرداخته شد و نتایج زیر که در اشکال ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده، بدست آمد.

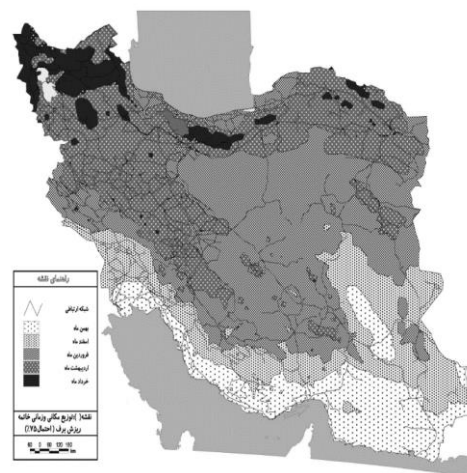


شکل ۱۲- توزیع زمانی و مکانی خاتمه ریزش برف در

شمال شرقی سیستان ریزش برف را به ندرت آن هم در بهمن ماه شاهد خواهند بود.

براساس نقشه توزیع زمانی و مکانی خاتمه ریزش برف (شکل ۱۲) در مرتفع ترین قسمت های ارتفاعات مرکزی البرز و ارتفاعات آذربایجان شرقی و غربی و اردبیل و همچنین ارتفاعات شمال خراسان تا خردادماه هم ریزش برف ادامه دارد. در دیگر ارتفاعات کشور ریزش برف تا اردیبهشت ماه ادامه دارد و سواحل دریای خزر و سراسر ایران مرکزی در

- خاتمه ریزش برف: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۲۷ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، هفت روز به تعویق می افتد.
 - تعداد روزهای برفی: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۱۲ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، سه روز به تعداد روزها اضافه می شود.
 - طول دوره ریزش برف: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۵۳ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، ۱۲ روز به تعداد روزها اضافه می شود.
- پس از محاسبه روابط و معادلات متغیرها با ارتفاع و عرض جغرافیایی (با احتمال ۷۵٪) در کلیه ایستگاه ها، عملیات درون یابی و ترسیم منحنی ها و تعیین محدوده های هر یک از شاخص ها با استفاده از نقشه رقومی ارتفاعی ۱/۱۰۰۰۰۰۰



شکل ۱۱- توزیع زمانی و مکانی آغاز ریزش برف در کشور

بر اساس شکل ۱۱ زمان آغاز ریزش برف در کشور به طور گویایی تابع ارتفاع، عرض جغرافیایی و ویژگی های محیطی است. به نحوی که در ارتفاعات البرز، زاگرس، خراسان و آذربایجان زمان آغاز ریزش برف آبان ماه است. البته بخش های بسیار مرتفع و قله این ارتفاعات در مهرماه نیز ریزش برف را تجربه می کنند. سواحل دریای خزر، بخش هایی از خراسان، سمنان، تهران، قم، اصفهان، کرمان، یزد در دی ماه و کویرلوت، شمال خوزستان، جنوب فارس و

فروردین ماه نیز شاهد ریزش برف هستند. در عرض‌های پایین به ندرت ریزش برف رخ می‌دهد و زمان آخرین ریزش برف احتمالی در طی سال، بهمن ماه خواهد بود و همان طور که ملاحظه شد زمان آغاز و خاتمه آن در یک ماه می‌باشد. با توجه به نقشه‌های فوق، ارتفاع حتی نسبت به عرض جغرافیایی نقش حائز اهمیتی دارد چرا که ارتفاعات کرمان، بلوچستان و یزد با این که از عرض جغرافیایی پایینی برخوردارند اما شرایطی مشابه ارتفاعات عرض‌های بالای جغرافیایی دارند. با بررسی آمار تصادفات جاده‌ای کشور این نتیجه تأیید می‌شود که بارندگی (۴۳/۸٪) در بین شرایط نامساعد بیشترین درصد تصادفات را به خود اختصاص داده است.

پس از مطالعه و تعیین شرایط حدی و آستانه‌های بحرانی پدیده‌های مختلف جوی - اقلیمی کشور و پهنه بندی آن‌ها، در این بخش به منظور تعیین سنجنده‌هایی که متحمل شرایط حدی جوی و اقلیمی (نظیر طوفان شن، تندبادها، یخبندان، دماهای بسیار بالا و پایین و...) بوده و بیشترین کارایی را در شرایط اقلیمی منطقه دارند به تطبیق دامنه عملکرد سنجنده‌های مختلف هواشناسی جاده‌ای با شرایط حدی و آستانه‌های جوی اقلیمی پرداخته شد.

علاوه بر بهره‌گیری از نتایج قبلی، مقادیر حداکثر و حداقل دمای مطلق، حداکثر سرعت باد، حداکثر بارندگی روزانه،

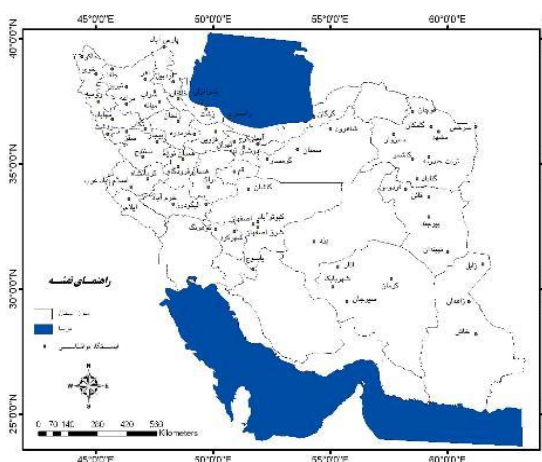
میانگین فشار و رطوبت ایستگاههای مورد مطالعه و استخراج و نقشه‌های توزیع مکانی آنها تهیه گردید. نتایج حاصل از بررسی و تطبیق دامنه فعالیت سنجنده‌های فوق با شرایط جوی و اقلیمی کشور و همچنین بررسی نقشه‌های استخراج شده نشان داد که متغیرهای دمای حد اکثر مطلق دما و حداکثر بارش روزانه هیچگونه محدودیتی را برای استفاده از سنجنده‌های شرکت‌های مورد بررسی (با توجه به دامنه فعالیت آنها) برای کل ایران ایجاد نمی‌نماید. اما متغیرهای حداقل مطلق دما، حداکثر سرعت باد، رطوبت نسبی، تابش و فشار، استفاده از سنجنده‌های مورد بررسی را در بعضی از نقاط کشور به ویژه مناطق سردسیر و کوهستانی محدود می‌کند بطوریکه این سنجنده‌ها متحمل شرایط حدی جوی و اقلیمی چنین مناطقی نمی‌باشند که نتایج حاصل از این بررسی‌ها در نقشه‌های ۱۳ تا ۱۸ آورده شده‌اند.

با عنایت به بررسی همه جانبه ویژگی‌ها و آستانه‌های اقلیمی و خصوصیات سنجنده‌ها و خدمات شرکت‌ها ترتیب زیر پیشنهاد می‌گردد:

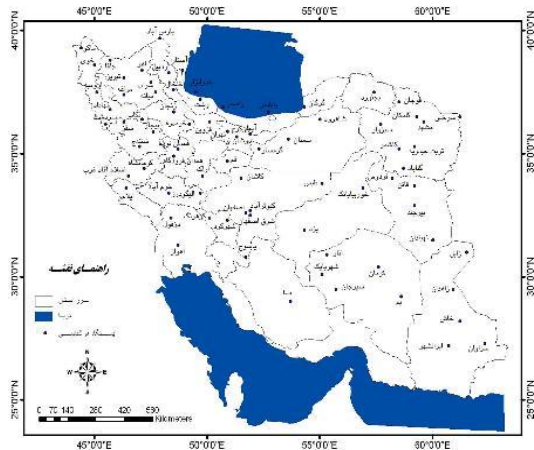
شرکت بوشونگ سویس - در کلیه مناطق کوهستانی و صعب‌العبور

شرکت لوفت آلمان - در مناطق سردسیر شمال غرب کشور

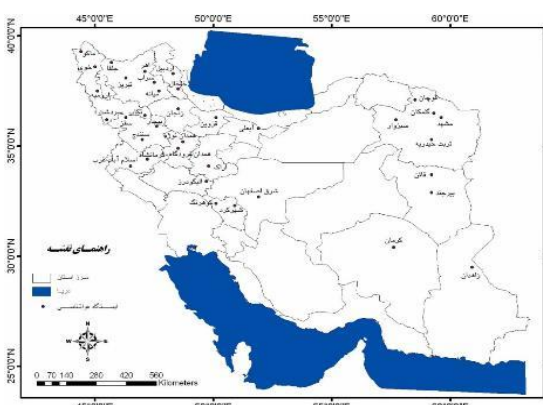
شرکت وایسالا فنلاند - در نواحی ساحلی و اقلیم معتدله



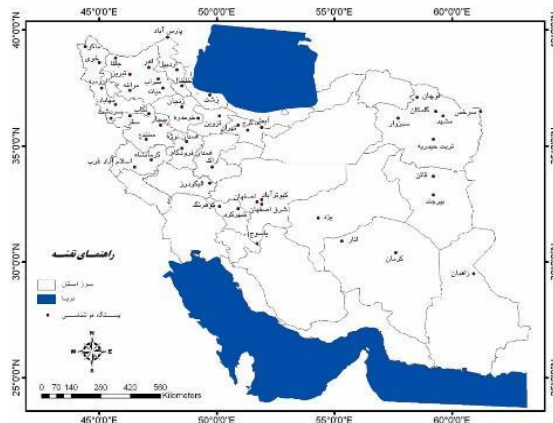
شکل (۱۴) ایستگاه هایی با دمای کمینه مطلق کمتر از ۱۰- درجه سانتیگراد طی دوره آماری



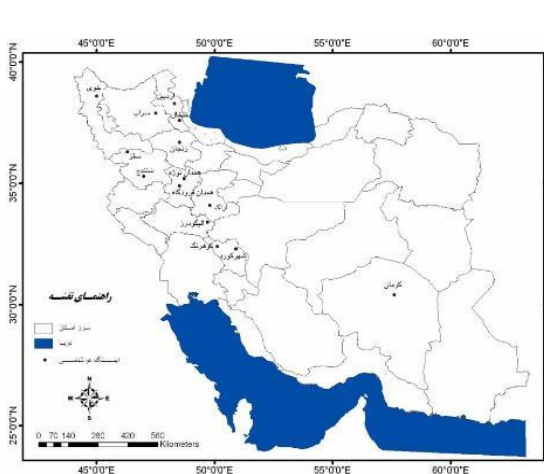
شکل (۱۳) ایستگاه هایی با دمای کمینه مطلق کمتر از ۵- درجه سانتیگراد طی دوره آماری



شکل ۱۶. ایستگاه هایی با دمای کمینه مطلق کمتر از ۲۰- درجه سانتیگراد طی دوره آماری

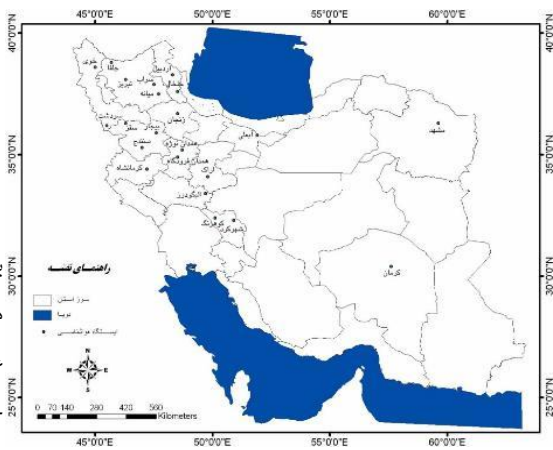


شکل ۱۵. ایستگاه هایی با دمای کمینه مطلق کمتر از ۱۵- درجه سانتیگراد طی دوره آماری



شکل ۱۸- ایستگاه هایی با دمای کمینه مطلق کمتر از ۳۰- درجه سانتیگراد طی دوره آماری

با توجه به هواشناسی غربی چهار خراس

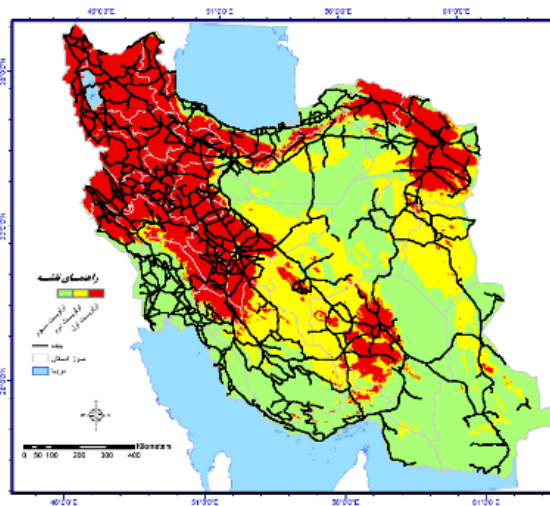


شکل ۱۷- ایستگاه هایی با دمای کمینه مطلق کمتر از ۲۵- درجه سانتیگراد طی دوره آماری

نتیجه با توجه به همچنین استقرار

همدان، آذربایجان شرقی و غربی، کردستان و کرمانشاه، زنجان
 الویت دوم: استانهای کرمانشاه، لرستان، چهارمحال بختیاری، ایلام، خراسان شمالی و رضوی، کهگیویه و بویراحمر
 الویت سوم: اصفهان، مرکزی، کرمان
 الویت چهارم: سایر استانها در صورت بررسی میزان و تایید شرایط نامساعد جوی موثر بر حمل و نقل جاده ای
 در این طرح، سعی گردید تا با شناخت کامل از اقلیم مناطق مختلف و آستانه های وقوع پدیده های مختلف جوی- اقلیمی، نیازسنجی مناسبی از سنجنده های هواشناسی جاده ای مطابق با اقلیم خاص هر منطقه ارائه گردد.

و بویراحمر در اولویت اول نصب سیستم های اطلاعات هواشناسی جاده ای می‌باشند.
 یادآوری می شود هدف در این پیشنهاد صرفاً یک ایستگاه نبوده بلکه با توجه به وسعت هر یک از استانها و پهنا و وسع شرایط نامساعد جوی موثر بر حمل و نقل می بایست شبکه ای از ایستگاه ها را به همراه سیستم اطلاعات مرکزی با هدف پایش وضعیت جوی و جاده ای احداث نمود.
 براین اساس پیشنهاد می شود با عنایت به وضعیت هریک از انسانهای فوق بنابه دلایلی چون موقعیت استراتژیک، تراکم جریان ترافیکی اهمیت ترانزیستی و ... هر یک از استانها را با توجه به موارد فوق الذکر اولویت می نماییم.
 اولویت اول: استان تهران، قزوین، مازندران، گیلان، اردبیل،



شکل ۱۹- نقشه اولویت های استقرار سیستم اطلاعات هواشناسی جاده ای

■ شرکت وایسالا فنلاند- در نواحی ساحلی و اقلیم معتدله
 این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان "تعیین نوع و تعداد سنجنده های هواشناسی جاده ای متناسب با شرایط غالب و خاص اقلیمی ایران" اجرا شده از محل اعتبارات پژوهشکده حمل و نقل با کد (88B1T4P31(HYB) می باشد. بدینوسیله از حمایت مالی این پژوهشکده تقدیر و تشکر می گردد.

با توجه به بررسی های انجام شده نسبت به سنجنده های مختلف با هدف تعیین شرایط محیطی مناسب برای هر یک از عناصر جوی به بررسی مقایسه ای سنجنده های مختلف مربوط به هر یک از شرکتهای سازنده اقدام گردید.
 با عنایت به بررسی همه جانبه ویژگی ها و آستانه های اقلیمی و خصوصیات سنجنده ها و خدمات شرکت ها ترتیب زیر پیشنهاد می گردد:

- شرکت بوشونگ سوئیس - در کلیه مناطق کوهستانی و صعب العبور
- شرکت لوفت آلمان- در مناطق سردسیر شمال غرب کشور

منابع

- clear windy nights. *Int. J. Climatol.*, 15: 919-932.
- Habibi Nokhandan, M. 2000. Study of the climatic phenomena affecting the traffic and mountainous roads accidents and providing administrative strategies, case study of Haraz road, M Sc. Thesis, Tehran University.
- Habibi Nokhandan M. 2004. Climate and mountainous roads safety. PhD Dissertation, Tehran University.
- Haug, A., Grosanic, S. 2016. Usage of Road Weather Sensors for automatic traffic control on motorways, *Transportation Research Procedia*, 15: 537-547
- Johnson, H. D. 1973. "Motorway Accidents in Fog and Darkness", *Transport. & Road Research Laboratory Report*. 573, 13pp.
- Kaviani, M. 2013. *Microclimatology*, SAMT Publication.
- Lindqvist, S. 1976. Methods for detecting road sections with high frequency of ice formation. GUNI-Report 10, Department of Physical Geography, University of Göteborg.
- Singh, S.K. 2017. Road Traffic Accidents in India: Issues and Challenges, *Transportation Research Procedia*, 25, 4708-4719.
- Sugrue, J. G., Thornes, J. E. & Osborne, R. D. 1983. Thermal mapping of road surface temperatures. *Phys. Technol*, 14: 212-213.
- Thornes, J. E. 1985. The prediction of ice on roads. *J. Institution of Highways and Transportation*, Aug/Sept.
- Thornes, J. E. 1991. Thermal mapping and road weather information systems for highway engineers. In *Highway Meteorology*, ed. by A. H. Perry, and L. J. Symons, E. & F. N. Spon, London.
- Yamamoto, A. 2002. Climatology of the Traffic Accident in Japan on the Express Way with Dense Fog and a Case Study, *Proceeding of International Road Weather Commission (SERWC)*, Japan.
- Adibi, H. 1995. Iran's zoning from the point of view of effective climate factors on road pavement, M Sc. Thysis, Iran University of Science & Technology.
- Alizadeh, A., Kamali, Gh. A., Mousavi, F., Mousavi-Bygi, M. 2007. *Weather and Climate*, Ferdowsi University of Mashhad Publication, No.182.
- Ayati, E. 1999. Report on calculating the cost of road accidents to the Road Safety and Safety Authority, Ministry of Roads & Urban Development Islamic Republic of Iran.
- Bazazan, M. 1992. Winter Road Maintance, *Quarterly of Road and transporation*, Vol. 1, No.2.
- Bergel-Hayat, R., Debbrrh, M., Antoniou, C., Yannis, G. 2013. Explaining the road accident risk: Weather effects, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 60, November: 456-465.
- Bogren, J. & Gustavsson, T. 1989. Modelling of local climate for prediction of road slipperiness. *Physical Geography*, 10: 147-164.
- Carson, J., Mannering, F. 2001. "The Effect of the Ice Warning Singal on Ice Accident -Frequency and Severity". *Accident Analysis and Prevention*. No. 33. pp. 89. 100.
- Codling, P. 1974. "Weather and Road Accidents, In *Climate Resources and Economic Activity*", J. Tylor (ed) PP. 205-222. Newton Abbot: DAVID and Charles Holding.
- Ellrod, G.P., 2003, Performance of Satellite Fog Detection Techniques with Major, fogrelated High way Accident. Office of Research and Applications (NOAA/NESDIS).
- Eriksson, M. and Lindqvist, S. 2002. "Regional influence on road slipperiness during winter precipitation events", *SIRWEC Conferences*, Japan.
- Gustavsson, T. 1995. A study of air and road surface temperature variations during