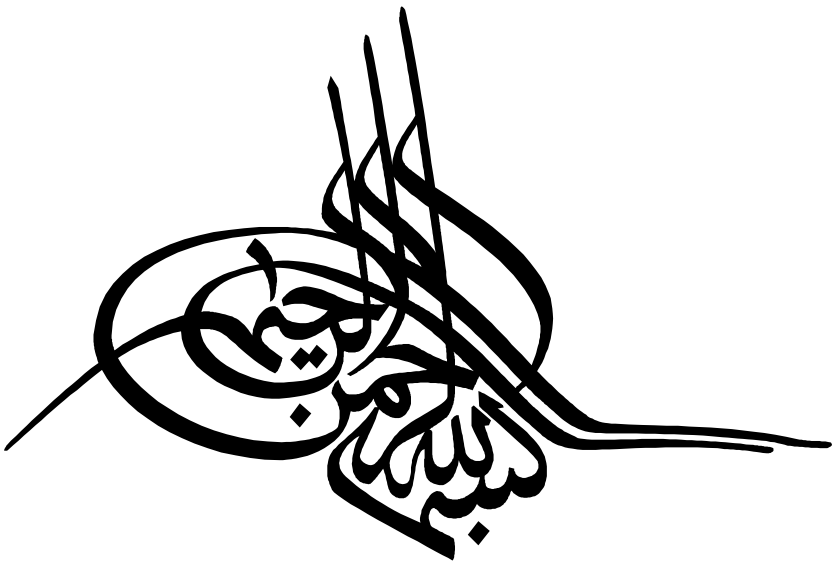

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت راه و ترابری
پژوهشکده حمل‌ونقل– پژوهشکده هواشناسي

آب و هوا و ايمني جاده‌ها

تألیف:
دکتر مجید حبیبي نوخندان
دکتر غلامعلی کمالی

سرشناسه	: حبیبی نوخندان، مجید، مجری طرح.
عنوان و پدیدآور	: آب و هوا و ایمنی جاده‌ها/ مجری: مجید حبیبی نوخندان، غلامعلی کمالی.
مشخصات نشر	: تهران: وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل‌ونقل،۱۳۸۵.
مشخصات ظاهری	: ۱٦، ۲۰۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۷- ۸۸- ٦۲۹۹- ۹٦٤- ۹۷۸ ISBN: 978-964-6299-88-7
یادداشت	: فیپا
یادداشت	: ص.ع به انگلیسی: Climate and Roads Safety
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۱۸۹-۲۰۷.
موضوع	: راهها-- عوامل اقلیمی.
موضوع	: راهها-- پیش‌بینی‌های ایمنی.
موضوع	: راهها-- ایران-- پیش‌بینی‌های ایمنی.
موضوع	: رانندگی-- ایران -- حوادث.
شناسه افزوده	: کمال، غلامعلی، مجری طرح.
شناسه افزوده	: ایران. وزارت راه و ترابری. معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل‌ونقل.
رده‌بندی کنگره	: ۲آ۲ح/٤ / HE٥٦
رده‌بندی دیوی	: ۳٦۳/۱۲٤۱۲
شماره کتابخانه ملی	: ٤۱٥۰۱- ۸٥م

وزارت راه و ترابری – پژوهشکده حمل‌ونقل- پژوهشکده هواشناسی

عنوان	**: آب و هوا و ایمنی جاده‌ها**
تألیف	**: دکتر مجید حبیبی نوخندان – دکتر غلامعلی کمالی**
ویراستاران	: **مهندس شاهین شعبانی- دکتر اکبر شائمی**
ناشر	**: پژوهشکده حمل‌ونقل**
طرح جلد	**: لیلا سلوکی**
کد انتشار	**: 85/BRRS/227**
شابک	**: ۷-۸۸-٦۲۹۹-٩٦٤-۹۷۸**
نوبت چاپ	**: اول**
تاریخ انتشار	**: زمستان ۱۳۸٥**
شمارگان	**: ۱٥۰۰ نسخه**
قیمت	**: ۲٥۰۰ تومان**
لیتوگرافی	**: باران**
چاپ و صحافی	**: پژمان**
نشانی	**: میدان آرژانتین- ابتدای بزرگراه آفریقا- اراضی عباس‌آباد- ساختمان‌شهید دادمان- وزارت راه و ترابری- طبقه سیزدهم شمالی- واحد اطلاع‌رسانی و نشر پژوهش‌ها**
	تلفکس ۸۲۲٤٤۱٦٤ web:www.rahiran.ir
	وب‌سایت فروش نشریات http://shop.rahiran.ir
	مرکز فروش نشریات (انتشارات رنگین قلم) ۸۸۹٦۹٤٥۱

★کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است★

بسمه تعالی

جایگاه و نقش حمل‌ونقل در ابعاد مختلف اقتصادی، سیاسی و اجتماعی جوامع امروزی بر کسی پوشیده نیست. حمل‌ونقل یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار و متوازن در جوامع بشری محسوب شده و در واقع شبکه‌های حمل‌ونقل با مولفه‌های مهمی همچون اقتصاد، امنیت و عدالت اجتماعی ارتباط تنگاتنگ دارند. در فرآیند توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها، همبستگی مستقیم میان گسترش حمل‌ونقل و دستیابی به نرخ رشد اقتصادی بیشتر وجود دارد. به عبارت دیگر همراه با افزایش تولید ناخالص داخلی، میزان ارزش افزوده بخش حمل‌ونقل نیز افزایش می‌یابد و به همین دلیل است که توسعه و رشد اقتصادی وابسته به توسعه بخش حمل‌ونقل است و فعالیتهای حمل‌ونقل از جمله فعالیتهای اساسی و زیربنایی برای رشد و تحول اقتصاد به حساب می‌آید.

طی سالهای اخیر استفاده از نتایج تحقیقات و مطالعات انجام شده در دنیا به افزایش بهره‌وری و ارتقاء کیفیت در اجرا، بهره‌برداری و نگهداری بهینه از طرحها و پروژه‌های حمل‌ونقل منجر شده و افق‌های جدیدی را به منظور ارائه راهکارها و راهبردهای نوین در عرصه حمل‌ونقل گشوده است. به‌همین دلیل اطلاع‌رسانی در این زمینه به منظور ایجاد ارتباط بین حوزه‌های مختلف یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. پژوهشکده حمل‌ونقل در راستای ایفای تعهدات و وظایف خویش در امر اطلاع‌رسانی و بسترسازی علمی در زمینه‌های مرتبط با حمل‌ونقل می‌کوشد تا با عرضه نتایج مطالعات و تحقیقات انجام شده در این پژوهشکده، در ایجاد تعامل و تبادل اطلاعات مابین محققان و متخصصان این رشته نقش مفید و موثری ایفا نماید. امید آن است تا در این رهرو بتوانیم خدمتی شایسته و در خور به انجام رسانیم و در مسیر سازندگی و بالندگی ایران اسلامی و سرافرازی کشورمان از طریق رشد علمی فرزندان این آب و خاک حرکت نمائیم.

در مجموعه حاضر که از تعامل دو پژوهشکده تخصصی حمل‌ونقل و هواشناسی حاصل آمده، تصادفات جاده‌ای از منظر آب و هوا مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. با توجه به تنوع آب و هوا در نقاط مختلف کشور آسیب پذیری حمل و نقل نیز در رابطه با نامناسب بودن آب و هوا دارای وضعیت‌های متفاوتی می‌گردد. سرما و یخبندان، توفان و گردوخاک، مه و کاهش دید، بوران برف و بادهای شدید، پدیده‌های آب و هوایی هستند که می‌توانند در ایمنی جاده‌ها اثر گذاشته و باعث افزایش تصادفات جاده‌ای می‌شوند. از طرفی نوع مصالح مصرفی در آماده‌سازی راهها از جمله نوع آسفالت تابعی از شرایط آب و هوایی در مناطق مختلف است. با توجه به توسعه فن‌آوری در

هواشناسی و حمل‌ونقل اقدامات ایمنی نیز توسعه گسترده‌ای در جهان پیدا نموده است که در این کتاب به بخش‌هایی از آن اشاره شده است. جمع‌آوری و تحلیل داده‌های موجود و مشترک آب و هوا و تصادفات جاده‌ای از جمله مسائلی است که در این کتاب مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. چاپ این کتاب نمونه‌ای از تعامل دو بخش تخصصی وزارت راه و ترابری است و می‌تواند دانش کاربردی و مورد نیاز بخش حمل‌ونقل را ارتقاء دهد.

بدون شک نقایص نوشتاری و محتوایی این کتاب از چشم تیزبین اساتید، صاحب‌نظران و متخصصان پوشیده نخواهد ماند و مطمئناً ما را از راهنماییهای خویش بهره‌مند خواهند نمود.

پژوهشکده هواشناسی و پژوهشکده حمل‌ونقل به این وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به مولفین کتاب آقای **دکتر مجید حبیبی نوخندان** و آقای **دکتر غلامعلی کمالی** و از ویراستاران کتاب آقای **مهندس شاهین شعبانی** و آقای **دکتر اکبر شائمی** ابراز می‌دارد. همچنین از کلیه بخشها، سازمانها و مؤسساتی که در مراحل تهیه و نظرخواهی این مجموعه همکاری نمودند، سپاسگزاری می‌گردد.

محمود عامری
رییس پژوهشکده حمل‌ونقل

عبدالله صداقت کردار
رییس پژوهشکده هواشناسی

مقدمه

تصادفات جاده‌ای یکی از اصلی‌ترین عوامل مرگ و میر و صدمات شدید جانی و مالی محسوب می‌شود که آثار سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن، جوامع بشری را به شدت مورد تهدید قرار داده است. عوامل متعددی در بروز تصادفات جاده‌ای نقش دارند که از جمله این عوامل می‌توان به عوامل انسانی، وسیله نقلیه و شرایط محیطی جاده اشاره نمود. یکی از مهمترین متغیرهای محیطی موثر بر بروز تصادفات جاده‌ای نامناسب بودن شرایط جوی و آب و هوایی است. بروز تصادفات جاده‌ای پی در پی و اذعان رانندگان از شرایط نامساعد جوی در هنگام بروز تصادفات و نبود اطلاعات جوی و جاده‌ای، مسئولین و متولیان حمل‌ونقل را بر آن داشت تا با هماهنگی مراکز هواشناسی چاره‌ای بیندیشند. در این ارتباط شرکت‌های سازنده ادوات و سنجنده‌های هواشناسی اقدام به ساخت ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای زیر نظر متخصصین نمودند. هواشناسی جاده‌ای یکی از موضوعات کاربردی هواشناسی است که شکل گیری آن به دهه ۱۹۷۰ بر می‌گردد. این موضوع به سرعت جایگاه خود را در بین تحقیقات پیدا نمود و جلسات و همایش‌های منطقه‌ای و بین‌المللی مختلفی به منظور تبادل اطلاعات و تجربیات مرتبط در سه دهه گذشته برگزار شده است. در این رابطه پس از برگزاری موفق سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی هواشناسی جاده‌ای در شهر تورینو ایتالیا، چهاردهمین کنفرانس در شهر پراگ جمهوری چک در سال ۲۰۰۸ در حال برنامه ریزی است. همچنین مقالات بسیار ارزنده‌ای در مجلات علمی معتبر به ویژه مجله Meteorological Application به چاپ رسیده است و در تعدادی از دانشگاه‌های معتبر دنیا نیز گروه هواشناسی جاده‌ای و اخیراً گروه اقلیم‌شناسی جاده‌ای ایجاد شده است. در کشور ما نیز با توجه به گستردگی عرض جغرافیایی و وجود ارتفاعات، شبکه حمل‌ونقل زمینی، در طول مسیر خود در معرض شرایط مختلف آب و هوایی است؛ به طوری که همه ساله در حدود بیش از ۲۷۰ گردنه برفگیر و کوهستانی شاهد یخبندان‌های گسترده و طولانی مدت، سقوط بهمن‌های پی در پی و عظیم، کولاک برف، لغزندگی جاده‌ها، توفان گرد و خاک و شن و در نتیجه اختلال در شبکه حمل‌ونقل می‌باشیم. آغاز فعالیت‌های علمی هواشناسی جاده‌ای در

کشور در سال ۱۳۷۸ آغاز شد و در این رابطه وزارت راه و ترابری تعداد پنج ایستگاه هواشناسی جاده‌ای در گردنه‌های برفگیر و کوهستانی هراز (در مسیر جاده تهران – آمل)، گدوک (جاده تهران– قائمشهر)، کندوان (جاده کرج– چالوس)، کوهین (جاده قزوین– رشت) و گردنه اسدآباد (جاده همدان– کرمانشاه) نصب نمود و عملاً جمع‌آوری داده‌های هواشناسی جاده‌ای آغاز گردید. سازمان هواشناسی کشور نیز بر اساس وظایف سازمانی خود بخش هواشناسی جاده‌ای را در این سازمان راه‌اندازی و اطلاعیه و اخطاریه‌های تخصصی را ارایه می‌دهد.

ارایه خدمات هواشناسی و سرویس‌های آگاهی از تغییرات جوی در سیستم حمل‌ونقل از یک سو به علت ضرورت اطلاع رسانی و بالا بردن ضریب آگاهی مسافران و رانندگان از شرایط جاده و از سوی دیگر برای مدیران و دست اندرکاران نگهداری جاده‌ها بسیار اهمیت دارد.

کتاب آب و هوا و ایمنی جاده‌ها از چهارفصل تشکیل شده که در فصل اول آن کلیات مرتبط با آب و هوا و جاده‌ها و کاربردهای مختلف هواشناسی در فعالیت‌های انسانی و به ویژه تصادفات جاده‌ای اشاره‌گردیده است. در فصل دوم کتاب مفاهیم هواشناسی جاده‌ای از جمله چگونگی اندازه‌گیریهای تجربی و تحلیل‌های تخصصی، تبادل اطلاعات و تحلیل های مرتبط می‌باشد. تحلیل همزمان داده‌های هواشناسی، تصادفات و ایمنی جاده‌ها و تجربیات کشورهای مختلف دنیا در فصل سوم کتاب مورد بحث قرار گرفته است. در فصل چهارم از منظر هر یک از مولفه‌های محدود کننده آب و هوا از جمله مه، بارش شدید، یخبندان، تندبادها، توفان شن و گرد و غبار و برف و بوران در ارتباط با حوادث جاده‌ای بحث شده است. در بخش منابع نیز سعی شده است علاوه بر اشاره به منابع مورد استفاده، آدرس پایگاه‌های الکترونیکی مرتبط که می‌تواند اطلاعات و دانش ارزشمندی را در اختیار قرار دهد، آورده شده است.

در مجموع هدف این کتاب که با نگرش عمیق و جامع گرایانه به موضوع هواشناسی جاده‌ای پرداخته، تدارک مجموعه‌ای هماهنگ با آخرین دستاوردهای علمی که حاصل چندین سال تلاش و مطالعه از منابع علمی معتبر بوده است که بتواند به عنوان منبعی جامع جوابگوی نیاز دانشجویان، محققین و کارشناسان متخصص باشد.

از آنجایی که این کتاب اولین کتابی است که در مقوله هواشناسی جاده‌ای به زبان فارسی منتشر و به جامعه علمی و دانشگاهی تقدیم می‌شود، خالی از اشکال نخواهد بود. امید است که محققان و صاحبنظران بدان به دیده اغماض نگریسته، مولفین را با انتقاد و راهنماییهای خویش ما در جهت اصلاح اشکالات احتمالی یاری نمایید.

در اینجا بر خود فرض می‌دانیم از باب **"من علمنی حرفا فقد صیرنی عبدا"** از زحمات اساتید گرانقدر و همکاران ارجمندی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ این کتاب همکاری و راهنمایی داشته‌اند و همچنین آقای مجید خداداد که در طراحی مقدماتی جلد این کتاب نقش بسزایی داشته‌اند، تشکر و قدردانی نماییم.

مجید حبیبی نوخندان- غلامعلی کمالی

آب و هوا و ایمنی جاده‌ها

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- کلیات

۱-۱- اهمیت و نقش حمل‌ونقل ۱

۱-۲- تصادفات جاده‌ای ۲

۱-۳- تاریخچه هواشناسی ٦

۱-٤- فعالیتهای سازمان هواشناسی ایران ۹

۱-۵- وضعیت شبکه ایستگاه‌های هواشناسی کشور ۱۱

۱-٦- مراکز پیش‌بینی و اطلاعات جوی ۱۳

۱-۷- آمار و اطلاعات هواشناسی ۱٤

۱-۷-۱- هواشناسی و توریسم ۱۵

۱-۷-۲- هواشناسی و کشاورزی ۱۵

۱-۷-۳- هواشناسی و بهداشت عمومی ۱۵

۱-۷-٤- هواشناسی و انرژیهای نو ۱٦

۱-۷-۵- هواشناسی و آلودگی هوا ۱٦

۱-۷-٦- هواشناسی و کاهش بلایا ۱٦

۱-۷-۷- هواشناسی و هوانوردی ۱٦

۱-۷-۸- هواشناسی و حمل‌ونقل دریایی ۱۷

۱-۷-۹- اقلیم‌شناسی ۱۷

۱-۷-۱۰- هواشناسی و ورزش ۱۷

۱-۷-۱۱- هواشناسی و شهرسازی ۱۸
۱-۷-۱۲- هواشناسی و صنعت ۱۸
۱-۷-۱۳- هواشناسی آب ۱۸
۱-۷-۱٤- هواشناسی و توسعه پایدار ۱۹
۱-۷-۱۵- هواشناسی و حمل‌ونقل جاده‌ای ۱۹

فصل دوم- هواشناسی جاده‌ای

۲-۱- تاریخچه برگزاری کنفرانس‌های هواشناسی جاده‌ای ۲۵
۲-۲- سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای..... ۲۸
۲-۳- سنجنده‌های سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای ۲۹
۲-۳-۱- سنجنده‌های وضعیت جوی ۳۱
۲-۳-۲- سنجنده‌های وضعیت جاده ۳۱
۲-۳-۳- مشخصات سنجنده‌های جوی..... ۳۱
۲-۳-٤- مشخصات سنجنده‌های وضعیت جاده..... ۳٦
۲-٤- مروری بر فعالیت سازمان هواشناسی جهانی در رابطه با هواشناسی جاده‌ای... ۳۹
۲-٤-۱- وضعیت استقرار ادوات ٤۲
۲-۵- ساختار شبکه‌های ارتباطی و مخابراتی در سامانه هواشناسی جاده‌ای ٤۲
۲-٦- روشهای ارایه اطلاعات آب و هوایی جاده‌ها به کاربران ٤۵
۲-٦-۱- تابلوهای پیام متغیر خبری در کنار جاده‌ها و بزرگراهها ٤۵
۲-٦-۲- ارایه اطلاعات از طریق تلفن ٤۷
۲-٦-۳- ارایه اطلاعات از طریق تلفن گویا ٤۷
۲-٦-٤- ارایه اطلاعات از طریق رادیو پیام در بزرگراهها ٤۸
۲-٦-۵- ارایه اطلاعات از طریق رادیو و تلویزیون ٤۹

۲-٦-٦- ارایه اطلاعات از طریق اینترنت ٤٩
۲-٦-۷- ارایه اطلاعات از طریق تلفن همراه ٥١
۲-٦-۸- ارایه اطلاعات از طریق Touch Screen ٥٢
۲-۷- موقعیت و تعداد ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ٥٢
۲-۸- راهنمای مکان‌یابی ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ٥٤
۲-۹- نگهداری مداوم سنجنده‌ها و کالیبراسیون آنها ٥٦
۲-۱۰- هزینه - فایده سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای ٥٦
۲-۱۱- وضعیت هواشناسی جاده‌ای در ایران ٥٧
۲-۱۲- ساختار سامانه اطلاع رسانی و پیش آگاهی هواشناسی جاده‌ای ٦١
۲-۱۲-۱- دیدبانی هواشناسی جاده‌ای در استان‌ها ٦٢
۲-۱۲-۲- مرکز مخابرات سازمان هواشناسی کشور ٦٢
۲-۱۲-۳- اداره کل پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور ٦٣
۲-۱۲-٤- پلیس راه ٦٤
۲-۱۲-٥- رسانه‌های گروهی (سمعی و بصری) ٦٤
۲-۱۲-٦- اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی ٦٤
۲-۱۲-۷- خدمات عمومی هواشناسی (PWS) ٦٥
۲-۱۲-۸- تارنمای سازمان هواشناسی کشور ٦٥
۲-۱۲-۹- مرکز اطلاعات راههای کشور ٦٦
۲-۱۳- ساختار سازمانی شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ٦٦
۲-۱٤- مکان‌یابی ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در محورهای سه‌گانه تهران- کرج ٦٧
۲-۱٤-۱- بررسی وضعیت اقلیمی ٦٨
۲-۱٥- بررسی مشترک آب و هوا و تصادفات جاده‌ای ۷۲

فصل سوم- پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای

۳-۱- وضعیت و روند پیش‌بینی وضع هوا ۷۵
۳-۲- پیش‌بینی وضع هوا در ایران ۸۵
۳-۳- پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای ۸۱
۳-۳-۱- نقش رادار در پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای ۸۲
۳-۳-۲- کاربرد مدل‌ها در پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای ۸٦
۳-۳-۲-۱- مدل برون یابی ۸۸
۳-۳-۲-۲- چالش‌های بکارگیری مدل‌ها ۸۸
۳-٤- تجربیات کشورهای مختلف در زمینه پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای ۹۲
۳-٤-۱- سوئد ۹۳
۳-٤-۲- دانمارک ۹٦
۳-٤-۳- آلمان ۱۰۱
۳-٤-٤- نروژ ۱۰٦
۳-٤-٥- فنلاند ۱۰۸
۳-٤-٦- انگلستان ۱۱۲
۳-٤-۷- ژاپن ۱۱٤
۳-٤-۸- کانادا ۱۱٦
۳-٤-۹- نیوزیلند ۱۱۷
۳-٤-۱۰- سوئیس ۱۱۹

فصل چهارم- آب و هوا و حوادث جاده‌ای

٤-۱- اثرات مه بر حوادث جاده‌ای ۱۲٥

٤-٢- توزیع مکانی و زمانی مناطق با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر..... ۱۳۳
٤-٣- مه و حوادث جاده‌ای حاصل از آن در کشور..... ۱٤٥
٤-٤- راهکارهای حفاظتی در شرایط وقوع مه ۱٤٦
٤-٥- بارش و اثرات آن بر حوادث جاده‌ای ۱٤۸
٤-٦- رخداد تصادفات جاده‌ای در شرایط بارش ۱٥۳
٤-۷- اثرات یخبندان بر حوادث جاده‌ای ۱٥٦
٤-۸- تعیین مکان و زمان آغاز و خاتمه یخبندان در کشور ۱٥۸
٤-۹- تصادفات و شرایط مختلف سطح جاده (خشک، تر و یخبندان) ۱٦۱
٤-۱۰- اثرات تندبادها بر حوادث جاده‌ای ۱٦۳
٤-۱۱- پل‌ها و تندبادها ۱۷۰
٤-۱۲- توفان‌های شن و گرد و غبار و اثرات آن بر ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای ۱۷۲
٤-۱۳- توزیع مکانی و زمانی مناطق با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه ۱۷٥
٤-۱٤- بررسی تصادفات در شرایط وقوع تندباد در ایران..... ۱۸٦
٥- منابع مورد استفاده ۱۸۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

۱-۱- روند رخداد سوانح تصادفات در ایران به تفکیک تعداد کشته‌ها و مجروحین..... ٤
۱-۲- عوامل مؤثر در وقوع تصادفات ٥
۲-۱- سنجنده‌های مختلف در یک ایستگاه هواشناسی جاده‌ای ۳۰
۲-۲- سنجنده دمای هوا ۳۲
۲-۳- سنجنده‌های سمت و سرعت باد ۳۲
۲-٤- سنجنده بارش ۳٤
۲-٥- سنجنده ارتفاع برف ۳٤
۲-٦- سنجنده میدان دید ۳٥
۲-۷- سنجنده تابش..... ۳٦
۲-۸- سنجنده جهت جریان هوا ۳٦
۲-۹- سنجنده‌های دمای سطح و لایه‌های زیر سطح آسفالت ۳۷
۲-۱۰- سنجنده وضعیت جاده ۳۸
۲-۱۱- سنجنده دمای زیر سطح جاده ۳۹
۲-۱۲- نمونه‌های از تابلوهای پیام متغیر خبری در کنار جاده‌ها و بزرگراهها ٤٥
۲-۱۳- نمونه‌ای از تابلوهای پیام متغیر خبری برای اعلام وضعیت عادی ٤٦
۲-۱٤- نمونه‌ای از اعلام شرایط آب و هوایی توسط تلفن گویا ٤۷
۲-۱٥- نمونه‌ای از تابلوهای اعلام فرکانس‌های مختلف رادیویی ٤۹
۲-۱٦- نمونه‌ای از نمایش تلویزیونی اطلاعات هواشناسی جاده‌ای ٥۰
۲-۱۷- نمونه‌ای از یک نقشه که با انتخاب یک ناحیه بر روی آن می‌توان اطلاعات آب و هوایی ناحیه مورد نظر را به دست آورد..... ٥۰

۲-۱۸- نمونه‌ای از ارایه خدمات آب و هوایی توسط تلفن همراه ۵۲
۲-۱۹- نقشه موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ایران ۵۹
۲-۲۰- تصاویری از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ایران (ایستگاه اسدآباد و گدوک). ٦۰
۲-۲۱- نمونه‌ای از خروجی نرم افزار هواشناسی جاده‌ای مستقر در گردونه گدوک – جاده فیروزکوه ٦۰
۲-۲۲- چارت پیشنهادی ساختار سامانه اطلاع‌رسانی و پیش‌آگاهی هواشناسی جاده‌ای ٦۱
۲-۲۳- ساختار سازمانی پیشنهادی شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ٦۷
۲-۲٤- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در محور تهران- کرج ٦۸
۲-۲۵- میانگین ماهانه دمای حداکثر، حداقل و مطلق ایستگاه مهرآباد ٦۹
۲-۲٦- میانگین ماهانه دمای حداکثر، حداقل و مطلق ایستگاه چیتگر ٦۹
۲-۲۷- میانگین ماهانه بارش در ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر و کرج ۷۰
۲-۲۸- میانگین ماهانه دمای حداکثر، حداقل و مطلق ایستگاه کرج ۷۰
۲-۲۹- فراوانی ماهانه تعداد روزهای بارانی در ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر و کرج ۷۰
۲-۳۰- فراوانی ماهانه تعداد روزهای یخبندان در ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر و کرج . ۷۱
۲-۳۱- فراوانی ماهانه تعداد روزهای برفی در ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر و کرج ۷۱
۲-۳۲- مکانهای حادثه خیز به هنگام وضعیت‌های نامساعد در محور تهران - کرج..... ۷۳
۳-۱- دیده‌بانی‌های سطح زمین(a) و جو بالا(b) که به عنوان بخشی از داده‌های خام در مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند ۷٦
۳-۲- دیده‌بانی‌های انجام‌شده (۱۰۰٤۵) در ساعت 00:00 گرینویچ توسط ماهواره‌های مدار قطبی ۷۹
۳-۳- یکی از رادارهای هواشناسی موجود در اهواز ۸۲
۳-٤- مقادیر بازتاب در اسکن با زاویه ارتفاعی ۰,٦ درجه ۸۳
۳-۵- یک محصول هشدار رادار ۸٤

۳-٦- نمونه‌ای از یک توفان تندری که توسط رادار شناسایی و ردیابی شده است..... ۸٦
٤-۱- وقوع یک تصادف در شرایط مه‌آلود ۱۲۷
٤-۲- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در فروردین ماه ۱۳۳
٤-۳- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در اردیبهشت ماه ۱۳٤
٤-٤- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در خرداد ماه ۱۳۵
٤-۵- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در تیر ماه ۱۳٦
٤-٦- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در مرداد ماه ۱۳۷
٤-۷- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در شهریور ماه ۱۳۸
٤-۸- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در مهر ماه ۱۳۹
٤-۹- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در آبان ماه ۱٤۰
٤-۱۰- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در آذر ماه ۱٤۱
٤-۱۱- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در دی ماه ۱٤۲
٤-۱۲- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در بهمن ماه ۱٤۳
٤-۱۳- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در اسفند ماه ۱٤٤
٤-۱٤- سهم توزیع مکانی وقوع مه در رخداد تصادفات جاده‌ای ۱٤۵
٤-۱۵- باران‌های شدید منجر به بروز سیلاب در سطح جاده‌ها می‌شود ۱۵۰
٤-۱٦- توزیع زمانی و مکانی آغاز ریزش برف در کشور ۱۵۲
٤-۱۷- توزیع زمانی و مکانی خاتمه ریزش برف در کشور ۱۵۳
٤-۱۸- توزیع مکانی سهم بارندگی در رخداد تصادفات ۱۵٤
٤-۱۹- توزیع مکانی سهم بارش برف در رخداد تصادفات ۱۵٦
٤-۲۰- ریزش برف سنگین، دید کم، یخبندان و نمک پاشی سطح جاده – گردنه اسدآباد همدان ۱۵۷
٤-۲۱- توزیع زمانی و مکانی آغاز یخبندان در کشور..... ۱٦۰

٤-٢٢- توزیع زمانی و مکانی خاتمه یخبندان در کشور..... ١٦١
٤-٢٣- سهم شرایط مختلف جاده در تصادفات منجر به فوت، جرح و خسارت ١٦٢
٤-٢٤- توزیع مکانی سهم تر بودن سطح جاده در رخداد تصادفات در استان‌های مختلف کشور..... ١٦٣
٤-٢٥- توزیع مکانی سهم یخبندان سطح جاده در رخداد تصادفات در استان‌های مختلف کشور..... ١٦٤
٤-٢٦- نقش توپوگرافی در تغییر سرعت و جهت بادها ١٦٦
٤-٢٧- کانالیزه شدن باد در دره‌ها و پلها ١٦٧
٤-٢٨- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متربرثانیه درفروردین‌ماه ١٧٥
٤-٢٩- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠متربرثانیه دراردیبهشت‌ماه ١٧٦
٤-٣٠- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در خردادماه ١٧٧
٤-٣١- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در تیر ماه ١٧٨
٤-٣٢- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در مردادماه ١٧٩
٤-٣٣- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه درشهریور ١٨٠
٤-٣٤- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در مهر ماه ١٨١
٤-٣٥- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در آبان ماه ١٨٢
٤-٣٦- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در آذر ماه ١٨٣
٤-٣٧- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در دی ماه ١٨٤
٤-٣٨- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در بهمن ماه ١٨٥
٤-٣٩- توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ١٠ متر بر ثانیه در اسفندماه ١٨٦
٤-٤٠- توزیع مکانی سهم رخداد توفان در تصادفات ١٨٧

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

۱-۱- فراوانی رخداد تصادفات جاده‌ای به تفکیک کشته‌ها و مجروحین ٤
۱-۲- نمونه‌ای از مطالعات موردی در زمینه ارتباط بین شرایط نامساعد جوی و ایمنی راه‌ها ۲۰
۲-۱- خلاصه‌ای از وضعیت تعداد ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در کشورهای مختلف تا پایان سال ۲۰۰٤ ..... ۲٦
۲-۲- تاریخچه برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی هواشناسی جاده‌ای ۲۷
۲-۳- تعداد و درصد تصادفات با توجه به شرایط آب و هوایی مختلف ۷۲
۲-٤- فراوانی مکانی تصادفات با توجه به گزارش پلیس راه ۷۲
۳-۱- مدل‌های عددی پیش‌بینی وضع هوا ۷۹
٤-۱- مهمترین تصادفات در شرایط مه غلیظ در بزرگراههای ژاپن ۱۳۰
٤-۲- آستانه‌های هشدار مه (میدان دید کم) ۱۳۱
٤-۳- سهم شرایط مختلف جاده در نوع تصادف ۱٦۲
٤-٤- مراحل مختلف اقدامات ایمنی در هنگام وقوع تندبادهای بیش از ۱۰ متر بر ثانیه ۱۷۱
٤-۵- میانگین تعداد روزهای همراه با توفان گرد و خاک در جنوب خراسان و سیستان ۱۷٤

فصل اول

کلیات

۱-۱- اهمیت و نقش حمل‌ونقل

حمل‌ونقل در معنای وسیع کلمه به جابجایی انسان و کالا از نقطه‌ای به نقطه دیگر اطلاق می‌شود، که از طریق راههای زمینی، آبی و هوایی (راه، راه‌آهن، بندر و فرودگاه و ...) و به کمک وسایل نقلیه (انواع خودرو، کشتی، هواپیما و ...) صورت می‌پذیرد. در ٤٠ سال اخیر حمل‌ونقل از توسعه کافی برخوردار نبوده بطوریکه سهم ارزش افزوده این بخش در تولید ناخالص داخلی به سختی از سطح ۸ درصد تجاوز نموده است. در کشورهای کم توسعه یافته این رقم کمتر از ۱۰ درصد و در کشورهای پیشرفته حدود ۲۰ درصد است.

قابل توجه است که نقش حمل‌ونقل در مراحل مختلف توسعه اقتصادی- اجتماعی یک کشور و همچنین در اقتصاد کشورهایی با درجات مختلف توسعه، متفاوت است. اما تاثیر و تعامل آن در اقتصاد و فرآیند توسعه‌اقتصادی کلیه کشورها به ویژه کشورهای در حال توسعه بسیار جدی است، به طوریکه عملکرد حمل‌ونقل می‌تواند فرآیند توسعه اقتصادی کشورها را تحت تاثیر جدی قرار دهد.

در جمهوری اسلامی ایران در مقایسه با سایر کشورها به سبب ویژگی‌های جمعیتی، وسعت زیاد، شهرهای پراکنده، وجود نواحی دورافتاده و حاشیه‌ای، گسستگی ارتباطات بین منطقه‌ای، شرایط خاص اجتماعی- اقتصادی و مراحل و درجات خاص توسعه، حمل‌ونقل به عنوان یک بخش زیربنایی، اثرات فراوانی در اقتصاد و توسعه اقتصادی دارد. لذا در کشور ما حمل‌ونقل و امور مربوط به آن در اقتصاد و تحولات اقتصادی اهمیت زیادی دارد.

ایمنی ترافیک یکی از اصول اساسی در مهندسی ترافیک و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل می‌باشد. در کشورهای توسعه یافته همگام با توسعه سایر بخش‌های مهندسی ترافیک، موضوع ایمنی حمل‌ونقل نیز مورد توجه ویژه قرار گرفته و با برنامه‌ریزی، انجام مطالعات و اقدامات لازم و تامین تسهیلات مورد نیاز، سعی شده است که تصادفات و پیامدهای ناشی از آن تا حد ممکن به حداقل برسد. هدف از سیاست حمل‌ونقل در یک کشور به وجود آوردن بهترین، کارآمدترین و ایمن‌ترین سیستم حمل‌ونقل به ازای کمترین هزینه می‌باشد. بدیهی است برای رسیدن به این هدف می‌بایست علل و به تبع آن هزینه تصادفات وسایل نقلیه به دقت مورد بررسی قرار گیرند زیرا:

۱- تصادفات جاده‌ای در بسیاری از کشورهای در حال توسعه یکی از عمده‌ترین عوامل مرگ‌ومیر در محدوده سنی افرادی است که از نظر اقتصادی فعال به حساب می‌آیند.
۲- ارزش اقتصادی از دست رفته در نتیجه تصادفات جاده‌ای در کشورهای مختلف از حدود یک تا ۳ درصد تولید ناخالص ملی و گاهی بیش از آن را شامل می‌شود.
۳- در کشورهای در حال توسعه، نسبت تصادفات به ازای وسیله نقلیه- کیلومتر طی شده، ده تا پانزده برابر بیشتر از کشورهای توسعه یافته است (ژاکوبس و سیر، ۱۹۸۳).

۱-۲- تصادفات جاده‌ای

وسایل نقلیه موتوری در حمل‌ونقل جاده‌ای انقلابی ایجاد نموده و منافع بی‌شماری برای جامعه بشری به ارمغان آورده است. اما متاسفانه، این منافع با تلفات انسانی زیادی در جاده‌ها همراه بوده است. طی بیست سال گذشته، سازمان بهداشت جهانی تعداد تقریبی کل تلفات جاده‌ها

در سطح جهان را سالیانه بیش از یک میلیون و دویست هزار نفر و تعداد کل مجروحین را حدود ده میلیون نفر برآورد و به ثبت رسانده است، که از این دسته سهم کشورهای در حال توسعه بیشتر از کشورهای توسعه یافته می‌باشد.[WHO,2004] سازمان بهداشت جهانی همواره معتقد بوده که «شکست در کنترل این بلای فراگیر، مصیبت بزرگی خواهد بود».

تصادفات ترافیکی از عوامل بسیار مهم مرگ‌ومیر و صدمات شدید جانی و مالی بوده و پیامدهای سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن جوامع بشری را به شدت مورد تهدید قرار داده است. شدت این صدمات در کشورهای در حال توسعه بیشتر بوده و در مقایسه با کشورهای توسعه یافته چندین مرتبه بالاتر است. آمار مرگ‌ومیر نشان می‌دهد که تصادفات جاده‌ای حتی در کشورهای توسعه یافته صنعتی در صدر علل مرگ‌ومیر بوده است به ویژه در رده سنی ۱۵ تا ۲۵ سال بیش از هر عامل دیگر باعث تلفات انسانی می‌شود (آیتی، ۱۳۷۷). تحقیقات اخیر در ایران نشان می‌دهد که هم اکنون ۲۵ درصد یعنی یک چهارم تلفات ناشی از مرگ‌ومیرهای غیر طبیعی در کشور ناشی از تصادفات ترافیکی است (Attaran,1996).

بر اساس آمار سال ۱۳۸۳ تعداد کشته‌شدگان ناشی از تصادفات ۲۶۰۸۹ نفر بوده است که به طور متوسط هر روز ۷۲ نفر در کشور بر اثر تصادفات کشته شده‌اند. متأسفانه آمار سال ۸٤ و اوایل ۸۵ نشان‌دهندهٔ رشد تعداد کشته‌های تصادفات است و همچنین آخرین مطالعات و تحقیقات انجام شده میزان خسارات ناشی از تصادفات را بیش از ۷۰۰۰ میلیارد تومان برآورد نموده‌اند.[پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۳۸۵]

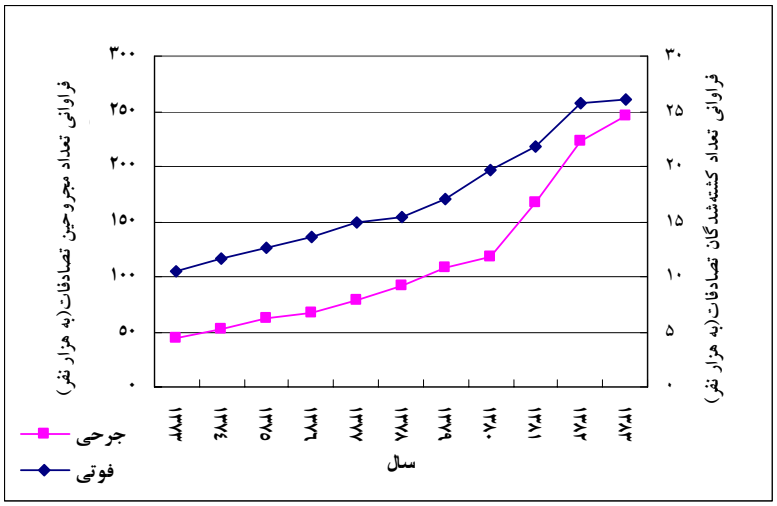
جدول(۱-۱) و شکل(۱-۱) آمار تصادفات را در کشور برای سالهای۸۳-۱۳۷۳ بـه تفکیـک تعداد کشته‌ها و مجروحین نشان می‌دهد.

بدون تردید، شکل گرفتن سیستم شبکه راههای کافی و مدرن در یک کشور، سطح زندگی عموم را بالا برده و با آسان‌تر رساندن محصول به بازار و کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، سطح تولید را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر احداث راههای جدید منجر به افزایش احتمال وقوع تصادفات گشته و عملا آثار مفید این منافع را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

جدول (۱-۱) فراوانی رخداد تصادفات به تفکیک کشته‌ها و مجروحین

(سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، ۱۳۸٤)

سال	تعداد کشته‌ها (نفر)	درصد تغییرات به سال قبل	تعداد مجروح‌ها (نفر)	درصد تغییرات به سال قبل
۱۳۷۳	۱۰٥٤٥	–	٤٤۲۱٦	–
۱۳۷٤	۱۱٥۹۱	+۹/۹	٥۲٦۹٦	+۱۱/۹
۱۳۷٥	۱۲٥۸۳	+۸/٦	٦۲٤٦٦	+۱۱/۸
۱۳۷٦	۱۳٦۷٦	+۸/۷	٦۷۷۹٦	+۸/٥
۱۳۷۷	۱٤۹٦٦	+۹/٤	۷۹۲۸۹	+۱٦/۹
۱۳۷۸	۱٥٤۸۲	+۳/٤	۹۱۰٤۸	+۱٤/۸
۱۳۷۹	۱۷۰٥۹	+۱۰/۲	۱۰۸۳۰۰	+۱۸/۹
۱۳۸۰	۱۹۷۲۷	+۱٥/٦	۱۱۷٥٦٦	+۸/٥
۱۳۸۱	۲۱۸۷۳	+۱۰/۹	۱٦۷۳۷۲	+٤۲/٤
۱۳۸۲	۲٥۷۲۲	+۱۷/٦	۲۲۲۳۰۹	+۳۲/۸
۱۳۸۳	۲٦۰۸۹	+۱/٤	۲٤٥۷٥٤	+۱۰/٥

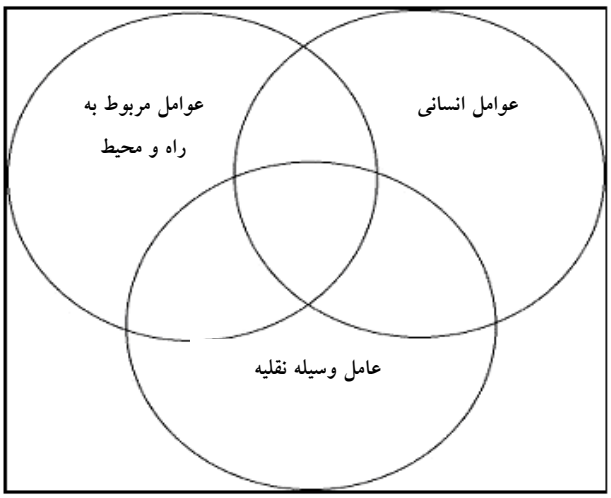


شکل (۱-۱) روند رخداد تصادفات در ایران به تفکیک تعداد کشته‌ها و مجروحین

(سازمان راهداری و حمل‌ونقل کشور ۱۳۸٤)

متاسفانه اطلاع رسانی درست و سریع مربوط به تصادفات مانند بسیاری از موارد دیگر در کشور، جایگاه واقعی خود را پیدا نکرده است. در اختیار نهادن بهنگام اطلاعات و آمار علاوه بر آنکه می‌تواند باعث ایجاد انگیزه تحقیق و بررسی کارشناسان و ارایه راه‌حل‌های مفید گردد، زمینه پیش آگاهی و هشدار و آموزش‌های پیشگیرانه را در سطح عموم فراهم می‌کند.

بر اساس بررسی‌های محققین مختلف، وقوع یک تصادف تنها معلول یک عامل نیست. در واقع عموماً تداخل و ترکیبی از عوامل مختلف در این زمینه نقش دارند. بدین ترتیب مسئولیت ایمنی راهها به یک حوزه تخصصی و علمی خاص محدود نمی‌شود. از طرف دیگر ثابت شده است که تداخل و تاثیر متقابل تعداد نسبی تصادفات و عناصر راه با حجم و نوع جریان ترافیک قطعی است. از طرفی ارتباط بین تعداد نسبی تصادفات با مشخصات راه، حجم و نوع جریان ترافیک به اثبات رسیده است (شکل ۱-۱). تصادفات جاده‌ای نتیجه ترکیبی از عوامل مختلف محیطی، انسانی و تکنولوژیکی است. به عبارت دیگر، تصادف عبارت است از یک حادثه غیرمنتظره که عوامل مختلفی در وقوع آن دخیل بوده و با تسلیم شدن یک یا چند کاربر راه منجر به ایجاد خسارت می‌شود. شناخت هر یک از عوامل فوق و سهم آنها در وقوع تصادفات نقش بسزایی در کاهش آن خواهد داشت. شکل (۱-۲) چگونگی ارتباط عوامل موثر در تصادفات را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲) عوامل مؤثر در وقوع تصادفات (سید و عبدالوهاب ۱۹۹۸)

۱-۳- تاریخچه هواشناسی

انسان اولیه، بشری که در غارها می‌زیست به نقش هوا در زندگیش واقف بود. هنگامی که می‌دید زنبورهای عسل به کندو باز می‌گردند، موقعی که مشاهده می‌کرد نیلوفر خود را جمع کرده، می‌دانست توفان شدیدی را باید انتظار داشت. بشر آن دوران می‌دانست نه تنها برای زنده ماندن به هوا احتیاج دارد؛ بلکه برای زندگی کردن نیز به شناخت هوا نیاز دارد. بشر به تدریج این نیاز را با تجربه و شناخت هوا برای خود تامین نمود. او با پاشیدن مشتی خاک در هوا جهت باد را تشخیص می‌داد و آنگاه در خلاف جهت وزش باد به دنبال شکار می‌رفت و صید خود را بدست می‌آورد. بشر بسیار زود هوا را شناخت، اما خیلی بطئی دانش آنرا فرا گرفت. تاریخچه این دانش از کهن‌ترین روایات گرفته تا بزرگترین حوادث تاریخی را شامل می‌شود. انسان اولیه می‌اندیشید که باید هوا را بشناسد، از اسرار آن آگاه شود و حتی اگر مقدور گشت آن را مهار نماید. این اندیشه آن روز انسانها بود. آنها لازم داشتند بدانند چه زمان باید زمین را شخم زد، چه وقت بذر پاشید و چه موقع آن را آبیاری نمود. او الزام داشت باد را بشناسد و به اتکاء آن در پهنهٔ دریاها به جستجوی صید بپردازد. ناخدای کشتی‌ها می‌بایست کالای خویش را سالم به بندرگاه برسانند و بدین ترتیب دانش هوا آغاز گشت. حضرت «نوح» را می‌توان از نخستین هواشناسان تاریخ دانست. کشتی افسانه‌ای او پیش‌بینی عجیب و استثنایی او و بالاخره تحقق آنچه گفته بود، دلیل بر آنست که بشر به چه میزان به شناخت هوا می‌اندیشید. حضرت «یوسف» نیز پس از دیدن خوابی عجیب و تفکر بسیار پیرامون آن دریافت که مصر هفت سال دچار خشکسالی و در پی آن قحطی خواهد شد، که خود یک نوع پیش‌بینی بلند مدت آب و هوا در آن زمان به حساب می‌آمد.

«آنکسیمانوس» (آناکسیمن) شاگرد «تالوس» هوا را ماده المواد می‌خواند و قبض و بسط آن را موجد عناصر دیگر می پنداشت.

«بقراط» پدر دانش پزشکی در قرن پنجم قبل از میلاد به این نتیجه رسید که بادهای جنوبی موجب آماس و التهاب و بادهای شمالی محرک پیچش و انقباض عضلات می‌گردند. «هیپوکرات» در ٤٣٠ سال قبل از میلاد مسیح، کتابی درباره رابطه آب و هوا و طب به رشته تحریر در آورد و

صد سال پس از او «ارسطو» (۳۲۲-۳۸٤ ق- م) به وجود بخار آب در هوا پی برده و در این مورد کتاب علم کاینات جو را نگاشت.

همچنین این دانشمند معتقد بود که باد و مخصوصاً جهت آن با نوع هوا بستگی دارد و به این نتیجه رسید که مثلاً عواملی را که باد شمال در بر دارد کاملاً با عوامل باد جنوب متفاوت است. همزمان با پیشرفت این دانش در یونان، دیگر نقاط جهان نیز بدان توجه داشتند.

در هندوستان مقدار باران را اندازه می‌گرفتند و ایرانیان باستان نزولات جوی را مقدس دانسته و فرشته پاک و مقدس آب را آناهیتا یا ناهیتا (ناهید) می‌خواندند.

بابلیها که قومی ستاره‌شناس و کاوشگر آسمان بودند ستاره‌ای را مأمور تنظیم در امور جوی می‌دانستند و غالب پیش‌بینی‌ها را در قالب اشعار بیان می‌داشتند.

عبریها نیز معتقدات و مراسم مذهبی خاصی در این مورد داشتند و کلدانیها عقیده داشتند که اگر دور ماه‌هاله‌ای تشکیل شود علامت ریزش باران است.

ایرانیان باستان، مصریان، هندیها و چینی‌ها چهار ملتی بودند که بیش از سایر ملل به باران توجه داشتند. تاریخ آبیاری و ابتکارهای آنها در امر تامین آب بر سایر ملل به مراتب برتری داشت و در این زمینه بر آنها پیشی جسته بودند.

آریاییان از دیر باز به دو مبدأ خیر و شر ایمان داشتند. امور نیک از قبیل روشنایی و باران را به خدایان و امور بد چون تاریکی و خشکی را به اهریمنان نسبت می‌دادند. آتش، پسر آسمان در شکل ابتدایی خود که برق باشد؛ در مبارزه ارواح منور که حامل و حامی روشنی، گرما و زندگی بودند با ارواح پلید که در مقابل حامی تاریکی و خشکی به شمار می‌آمدند نقش مؤثری داشت.

بدیهی است میدان این مبارزات میان زمین و آسمان بود و پهنهٔ آسمان را به صورت مرتع سبز و خرمی می‌پنداشتند که ابرهای لطیف که آنان را به گله‌های گاو تشبیه می‌کردند و در آن به چرا مشغولند. باران را شیر این گاوها می‌پنداشتند که برای تغذیه زمین و همه موجودات آن نازل می‌گردد.

در همان دوران زارعین در یونان به مهاجرت لک لکها توجه داشتند، چون مهاجرت آنها آغاز فصل بارندگی را گوشزد می‌کرد و نشان می‌داد باید هر چه زودتر زمین را شخم زده و بذرکاری نمود.

دریانوردان با نگاه به درختان انجیر می‌دانستند که چه وقت آرامش آسمان فرا می‌رسد و آن هنگامی بود که برگ انجیر به بزرگی پنجه کلاغ می‌شد، آنگاه بادبانها را افراشته، در پهنه ی اقیانوسها به سفر می‌پرداختند.

بی مناسبت نیست در این قسمت از استنباطات تجربی گذشتگان در مورد هوا که هنوز هم با گذشت هزاران سال در میان اقوام مختلف متداول است، ذکری به میان آوریم.

در هنگام‌غروب آفتاب اگر رنگ آسمان به سرخی گراید دال بر خشکی جو بوده و نشانه‌ای از صافی هوا و آفتابی بودن روز بعد است. اگر رنگ آسمان متمایل به سبز یا زرد باشد، آنوقت خشکی جو بیش از حد بوده و پیش‌بینی هوای صاف و آفتابی برای روز بعد صد در صد خواهد بود.

در موقع طلوع آفتاب اگر هوا تیره و ابری و همراه با مه صبحگاهی باشد روز صاف و آفتابی و در صورتیکه رنگ آسمان متمایل به سرخی باشد، هوای آن روز ابری و توفانی خواهد بود.

وقتی ستارگان با روشنی و وضوح دیده شوند و آسمان صاف و پر از ستاره باشد هوای فردای آن شب صاف و آفتابی ولی اگر ستاره‌ها رنگ پریده و آسمان تیره باشد و فقط ستارگان پر نور از دور به رنگ آبی سوسو بزنند، توفان به دنبال خواهد داشت و در صورتیکه رنگ آسمان متمایل به سرخی باشد، هوای آن روز ابری و توفانی خواهد بود.

رنگین کمان صبحگاهی علامت بروز رگبار و رنگین کمان بعد از ظهر هوای صاف وشفاف و روز آفتابی را به به دنبال دارد .

هواشناسی به تدریج به مرحله نوین خود می‌رسید و جهانیان متمدن تر گشته و علم در زمینه‌های مختلف پیشرفت می‌کرد.

مطالعه و بررسی جو همیشه مورد نظر دانشمندان ایرانی بوده است. از این رو خیلی از دانشمندان نجوم در آثار خود بخشی را به مسایل جوی اختصاص داده اند. محمد بن ذکریای

رازی، ابن سینا، حکیم عمر خیام، ابوریحان بیرونی و انوری شاعر معروف از شخصیتها و دانشمندان ایرانی بوده‌اند که پیرامون پدیده‌های جوی مطالبی در آثار خود به یادگار گذاشته‌اند.

۱-٤- فعالیتهای سازمان هواشناسی ایران

فعالیت‌های منظم هواشناسی در ایران اولین بار با اندازه‌گیری عناصر جوی توسط سفارتخانه‌های انگلیس و روس در تهران و مناطق نفت خیز جنوب کشور شروع شد. این اطلاعات صرفاً به بایگانی کشورهای مربوطه منتقل شده و احتمالاً در برنامه‌های تحقیقاتی آنها مورد استفاده ویژه قرار گرفته است. درس هواشناسی در سال ۱۲۹۸ در برنامه درسی مدرسه بزرگران منظور شد که این درس توسط معلمان فرانسوی تدریس می‌شد و در همان محل اولین سکوی هواشناسی احداث شد که اکثر عناصر جوی را دیده‌بانی می‌کرد. به تدریج در اثر نیاز شدید بخشهای کشاورزی و آبیاری تعدادی ایستگاه نیز بر حسب ضرورت در نقاط مختلف کشور تأسیس گردید که مسوولیت آن با بنگاه مستقل آبیاری وابسته به وزارت کشاورزی وقت بود. بعد از جنگ جهانی دوم نیروهای متفقین برای سلامت پرواز هواپیماهای خودی، واحد کوچک هواشناسی دایر کردند که نیازهای هواشناسی بخش هواپیمایی آنها را تأمین می‌کرد. در این زمان بنگاه مستقل آبیاری وزارت کشاورزی اقدام به تربیت یک گروه دیده‌بان هواشناس نمود که این دیده‌بان‌ها در سال ۱۳۲۷ فارغ‌التحصیل و در ایستگاه‌های هواشناسی آن زمان مشغول به کار شدند. هواپیمایی کشوری نیز به علت نیاز به اطلاعات جوی در فرودگاه‌های کشور اقدام به تأسیس ایستگاه‌های هواشناسی نمود. در اثر نیاز شدید برنامه‌ریزان به آمار و اطلاعات اقلیمی از نواحی مختلف کشور و ناهماهنگی در تاسیس ایستگاه‌های هواشناسی که توسط بخشهای مختلف ایجاد می‌شد مسوولان وقت، تأسیس یک واحد هواشناسی مستقل در کشور را ضروری دانسته و در سال ۱۳۳٤ شمسی اداره کل هواشناسی کشور در وزارت راه تأسیس شد. این اداره کل، بعدها به صورت سازمانی مستقل زیر نظر وزارت جنگ قرار گرفت که بعد از انقلاب اسلامی مجدداً زیر نظارت وزارت راه و ترابری درآمد در هنگام تشکیل اداره کل هواشناسی در سال ۱۳۳٤، تمامی ایستگاه‌های هواشناسی که

توسط بخشهای مختلف تأسیس شده بودند، به این اداره کل واگذار شد. ایستگاه‌های واگذار شده از نوع همدیدی(سینوپتیک)، اقلیم شناسی و باران سنجی بودند که هر یک دیده‌بانی‌های مربوط به خود را انجام می‌دادند. در آن زمان تعداد ایستگاه‌های همدیدی ۳٤ و اقلیم شناسی ۱۰۷ و باران‌سنجی ۱٦۰ ایستگاه بود. گسترش ایستگاه‌های هواشناسی و توسعه شبکه آن پس از انقلاب اسلامی شتاب بیشتری پیدا کرده است. در سال ۱۳۳۸ هواشناسی ایران به عنوان یکصد و سومین عضو سازمان هواشناسی جهانی به عضویت این سازمان جهانی درآمد. سازمان هواشناسی کشور قبل از انقلاب بیشتر در خدمت حمل‌ونقل هوایی و صنعت هواپیمایی بود و به مسایل هواشناسی کاربردی کمتر توجه می‌شد. ولی پس از انقلاب اسلامی و با تعیین کشاورزی به عنوان محور اصلی فعالیتهای اقتصادی کشور، این سازمان نیز خدمات خود را به سمت کشاورزی متوجه کرد و امروزه توسعه ایستگاه‌های هواشناسی کشاورزی و بهبود سیستم آمار هواشناسی کشور در جهت ارایه خدمات به بخشهای تحقیقاتی کشاورزی، دامداری، آبیاری و غیره گرایش دارد. امر تحقیقات به عنوان بخشی از فعالیتهای مستمر این سازمان بدون استفاده از کامپیوتر و اصلاح روشهای جمع‌آوری و بایگانی آمار میسر نبوده لذا از سال ۱۳٦۲ سعی شد با تجهیز مرکز کامپیوتر سازمان به یکی از پیشرفته‌ترین کامپیوترهای موجود در آن زمان و با تبدیل نقشه‌ها و گرافها به صورت میکروفیلم، مجموعه این مدارک بتواند پژوهشگران را در دسترسی سریع به اطلاعات یاری کند.

همچنین مراکز تحقیقاتی سازمان با تشویق کارشناسان و محققان هواشناسی توانسته‌اند مجموعه‌ای از ۱۳۲ اثر از ترجمه و تألیف ارایه نمایند که به تدریج چاپ و منتشر شده است. با توجه به اهمیت ارتباطات هواشناسی، شبکه ایستگاه‌های همدیدی کشور با مجهز شدن به دستگاههای بی سیم SSB (اس- اس- بی) و برقراری خطوط تلکس در مراکز مناطق، تقویت شده، کلیه اطلاعات جوی از ۱٦۰ ایستگاه همدیدی به طور همزمان ساعت به ساعت در مرکز مخابرات تهران جمع‌آوری می‌شود به صورت بلادرنگ و یا به صورت آمار در اختیار مرکز پیش‌بینی و مرکز خدمات کامپیوتری سازمان قرار می‌گیرد. کارشناسان مرکز کامپیوتر با توجه به دستورالعملها و استانداردهای بین المللی در چند مرحله، کار کنترل کیفی و کمی اطلاعات رسیده

را به صورت دستی و کامپیوتری انجام می‌دهند و نتایج را روی نوار و دیسک‌های کامپیوتری منتقل می‌کنند.

مرکز پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور با دریافت اطلاعات جوی ساعت به ساعت کلیه کشورهای خاورمیانه، اروپا و آسیا و جمع‌آوری همزمان اطلاعات از ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی داخل کشور، روزانه چندین نقشه هواشناسی در سطوح مختلف جو تهیه و پیش‌بینی‌های لازم را صادر می‌کند. مرکز اخطاریه‌های ویژه پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور که از چند سال قبل دایر شده است پیش آگهی و اخطاریه‌های لازم را در مورد وقوع توفان، سیل، سرمای شدید و ناگهانی، بروز آفات کشاورزی و غیره تهیه می‌کند و به سازمانها و نهادهای ذیربط ارسال می‌دارد.

۱-۵- وضعیت شبکه ایستگاه‌های هواشناسی کشور

ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی ساعت به ساعت و یا هر سه ساعت یک بار حدود بیست پارامتر جوی را دیده‌بانی می‌کنند و از طریق شبکه مخابراتی هواشناسی کشور به مرکز پیش‌بینی تهران ارسال می‌دارند، از این نوع ایستگاه‌ها در زمان انقلاب ۵۰ ایستگاه و در ابتدای سال ۱۳٦٤ به ۹۰ ایستگاه و در پایان سال ۱۳٦۵ به ۱۱٤ و تا سال ۱۳٦۹ به ۱۲۲ ایستگاه و در سال ۱۳۸٤ بالغ بر ۳۰۷ ایستگاه رسیده است.

در ایستگاه‌های کاوش جو (سطوح بالا) دستگاههایی به نام رادیو سوند، توسط بالنهایی که با گاز هیدروژن پر شده‌اند، در هر شبانه روز دو مرتبه به سطوح فوقانی جو حمل می‌شوند و مشخصات لایه‌های جو را دقیقه به دقیقه تا پایان عمل کاوش (سوندینگ) گزارش می‌کنند. از این نوع ایستگاه‌ها قبل از پیروزی انقلاب اسلامی ۷ ایستگاه و سال ۱۳٦٤ تعداد ۱۰ ایستگاه و امروز ۱٤ ایستگاه در کشور مشغول به کار هستند.

ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی علاوه بر دیده‌بانیهای همدیدی، یک سری دیده‌بانیهای فنولوژی[1] و اندازه‌گیری‌های بیومتری[2] روی ۱۷ محصول مهم کشور را انجام می‌دهند

1- Phonology
2- Biometric

و هم زمان یک سری مطالعه و تحقیق بر روی ارتباط عوامل جوی با رشد محصولات مختلف در ایستگاه به عمل می‌آورند. از این نوع ایستگاه‌ها قبل از انقلاب اسلامی ۲ ایستگاه وجود داشته که امروزه تعداد آنها به ۲۸ ایستگاه رسیده است.

پس از انقلاب مجموعاً ۱۸ ایستگاه هواشناسی دریایی سینوپتیک محلی بر روی سکوها، جزایر و بنادر جنوب کشور تأسیس شده است. این ایستگاه‌ها در سواحل دریاها، اقیانوسها و جزایر و کشتیها به صورت ثابت و متحرک قرار دارند. علاوه بر اطلاعات جوی، اطلاعاتی در مورد دمای آب دریا، طول امواج، سرعت امواج و غیره را اندازه‌گیری می‌کنند.

ایستگاه‌های اقلیم شناسی که فقط ۳ نوبت در روز پارامترهای مهم جوی (دمای هوا، دمای خاک، رطوبت هوا، تبخیر، سمت وسرعت باد و مقدار ابر) را دیده‌بانی و در دفاتر مخصوص ثبت می‌کنند. از این نوع در حال حاضر ۵۸۹ ایستگاه در کشور مشغول به کار هستند.

ایستگاه‌های باران سنجی که فقط ریزش‌های جوی را اندازه‌گیری می‌کنند، آمار آنها نیاز بیشتر موسسات و سازمانهای تحقیقاتی کشور را در زمینه کشاورزی و آبیاری برطرف می‌سازد، پس از انقلاب به علت نیاز، رشد بیشتری داشته‌اند به طوری که تعداد کل ایستگاه‌های باران‌سنجی کشور (مربوط به سازمان هواشناسی کشور) تا کنون به حدود ۳۵۸۸ رسیده است.

ایستگاه‌های تابش‌سنجی، میزان کل تابش خورشیدی را به صورت تابش کلی و تابش پراکنده و بازتاب زمینی اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند. این ایستگاه‌ها در سال ۱۳٦٤ به تعداد ۲۱ ایستگاه بوده که امروزه به ۱۲۷ ایستگاه رسیده است.

ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای، نوسانات دمای هوا و سطح جاده، میزان دید، سمت و سرعت باد، رطوبت نسبی، نوع و مقدار بارش، میزان تابش خورشیدی و وضعیت سطح جاده (خشک، تر و یخبندان بودن) را اندازه‌گیری و ثبت می‌نمایند. در سال ۱۳۷۸ تعداد ۵ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای در پنج گردنه ی برفگیر و کوهستانی، هراز (در مسیر جاده تهران - آمل)، گدوک (جاده تهران- قائمشهر)، کندوان (جاده کرج- چالوس)، کوهین (جاده قزوین- رشت) و گردنه اسدآباد (جاده همدان- کرمانشاه) نصب گردیده است.

۱-٦- مراکز پیش‌بینی و اطلاعات جوی

مراکز مخابرات هواشناسی کشورهای مختلف، همانگونه که اطلاعات کشور خود را به نقاط دیگر جهان ارسال می‌کنند، اطلاعات کشورهای دیگر را نیز دریافت می‌کنند. این اطلاعات به مراکز پیش‌بینی فرستاده می‌شود. در مراکز پیش‌بینی هواشناسی این اطلاعات بازخوانی شده و یعنی از حالت رمز خارج و روی نقشه‌های جغرافیایی مخصوصی که برای همین منظور تهیه شده پلات و علامت‌گذاری می‌شوند. سپس نقشه‌های تهیه شده تحلیل می‌شوند و خطوط هم مقدار، روی آن رسم می‌گردد. مناطق کم فشار[1] و پرفشار[2]، توده‌های مختلف هوا و جبهه‌های همراه با آنها و همچنین سمت و سرعت حرکت و تقویت و تضعیف سیستمها شناسایی می‌شود. پس از آن با استفاده از نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای و نتایج مدلهای پیش‌بینی عددی[3] (که با استفاده از همین اطلاعات توسط کامپیوتر بدست می‌آید)، وضعیت جوی روزهای آینده پیش‌بینی می‌شوند.

به علت عدم شناخت بعضی از عوامل که روی تقویت و تضعیف و حرکت سیستم‌های جوی تأثیر می‌گذارند هنوز هیچیک از کشورهای جهان حتی کشورهای توسعه یافته با همه تجهیزات پیشرفته نتوانسته اند صحت پیش‌بینی هوا را به صد در صد برسانند.

یکی از عوامل مهمی که روی حرکت و فعالیت سیستم‌های جوی اثر می‌گذارد ناهمواریهای زمین و رشته کوهها می‌باشد. وجود سلسله جبال زاگرس و البرز در ایران تأثیر زیادی روی حرکت و فعالیت سیستم‌های جوی دارد. به عنوان مثال پیش‌بینی وضع هوا برای کشوری مثل انگلستان که رشته کوه ندارد به مراتب آسانتر از ایران است.

پیش‌بینی‌هایی که به این نحو صادر می‌شود از طریق رسانه‌های گروهی و صدا و سیما در اختیار مردم قرار می‌گیرد. گزارش‌های تخصصی برای فرودگاه‌ها و مسیر پرواز هواپیماها و بنادر کشتیرانی، صادر و در اختیار آنها قرار داده می‌شود. توصیه‌ها و پیش آگاهی‌های لازم برای امور

1- Low Pressure
2- High Pressure
3- Numerical Models

کشاورزی تا سه روز بعد، صادر می‌شود که از آنها در مدیریت مزرعه مانند آبیاری، سمپاشی، برداشت محصول و غیره استفاده می‌شود.

۱-۷- آمار و اطلاعات هواشناسی

اطلاعات هواشناسی در موقع دیده‌بانی در دفاتر مخصوص ثبت می‌گردد. همزمان با دیده‌بانی بیشتر متغیرهای هواشناسی توسط دستگاههای ثبات به طور مداوم اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد. به عنوان مثال متغیرهایی نظیر دما، فشار، رطوبت هوا و بارش از چهل سال پیش تا کنون در آرشیو هواشناسی موجود است و برای هر لحظه که نیاز باشد می‌توان به آن مراجعه و آنها استفاده کرد. ذکر این نکته ممکن است جالب باشد که حتی در زمان جنگ تحمیلی ایستگاه هواشناسی آبادان تعطیل نشد و در کار تهیه آمار آن گسستگی و خللی به وجود نیامد.

به هر حال دفاتر ثبت اطلاعات و گرافهای دستگاههای ثبات در پایان هر ماه به مرکز کامپیوتر سازمان هواشناسی ارسال می‌گردد. در مرکز کامپیوتر اطلاعات وارد حافظه کامپیوتر گشته و پردازش می‌شوند. اطلاعات پردازش شده به اشکال مختلف بر حسب نوع نیاز در اختیار استفاده کنندگان قرار داده می‌شود. این اطلاعات برای شناخت رفتار اتمسفر و علل تغییرات آن و شناسایی اقلیم نقاط مختلف، طرحهای توسعه‌ای مانند سدسازی، شهرسازی، کشاورزی، دامداری، شیلات و احداث فرودگاه‌ها و غیره به کار برده می‌شود. البته در ایستگاه‌های همدیدی کلیه ثبت، انتقال داده‌ها، کنترل کیفی و بایگانی به صورت اتوماتیک و الکترونیکی صورت می‌پذیرد.

هم اکنون کمیته‌های هشت گانه تحقیقاتی کشور در گرایش‌های مختلف هواشناسی محض و هواشناسی کاربردی از جمله هواشناسی کشاورزی، هواشناسی آبشناسی، هواشناسی دریایی، اقیانوس شناسی فیزیکی، آلودگی هوا و اقلیم شناسی با همکاری کارشناسان سازمان هواشناسی و اساتید دانشگاهها و محققین کشور در این زمینه مشغول مطالعه و تحقیق هستند. کاربرد آمار و اطلاعات‌هواشناسی در کلیه گرایش‌ها و فعالیت‌های بشری نقش اساسی دارد و امروزه گرایش‌های

مختلف در زمینه‌های هواشناسی کاربردی بوجود آمده است که در اینجا به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

۱-۷-۱- هواشناسی و توریسم

هر گردشگری علاقمند به دانستن وضعیت آب و هوایی منطقه مورد نظر قبل از مسافرت است و هواشناسی می‌تواند این اطلاعات مورد نیاز را به موقع جهت برنامه ریزی‌های لازم در اختیار گردشگران و نیز مسئولان مناطق توریستی، قرار دهد.

۱-۷-۲- هواشناسی و کشاورزی

امر کاشت، داشت و برداشت محصولات کشاورزی بدون در نظر گرفتن پارامترهای هواشناسی دارای بازده اندک و همراه با خسارت احتمالی زیادی است. هواشناسی علاوه بر تحقیقات در مورد سازگاری گونه‌های مختلف گیاهی با آب و هوا، در تعیین مناسب ترین زمان کاشت، داشت و برداشت محصول، فعالیت‌های داشت از جمله سمپاشی، کوددهی و آبیاری و کاهش خسارات جوی به ویژه سرمازدگی و پیش‌بینی آفات گیاهی می‌تواند مسوولان و کشاورزان را یاری دهد.

۱-۷-۳- هواشناسی و بهداشت عمومی

تغییرات ناگهانی دمای هوا نظیر سرد شدن و گرم شدن ناگهانی و نیز افزایش آلودگی شهرهای بزرگ در نتیجه پدیده وارونگی دما و دیگر پدیده‌های جوی منجر به گسترش بعضی از بیماریها و بروز خطرات جانی و ضررهای مادی به شهروندان می‌گردد. هواشناسی می‌تواند با آگاهی دادن به موقع به مردم و مسوولان این آسیبها را تا حد زیادی کاهش دهد.

۱-۷-٤- هواشناسی و انرژیهای نو

آلودگی‌های ناشی از استفاده بی رویه از سوخت‌های فسیلی از یک سو و اتمام این منابع انرژی در آینده نه چندان دور، استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر نظیر انرژی بادی، انرژی

حاصل از امواج دریا و نظایر آنها را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. استفاده بهینه از چنین منابعی مستلزم اطلاعات آب و هوایی طولانی می‌باشد. اطلاعات حاصل از ایستگاه و دانش هواشناسی می‌تواند دستیابی به چنین انرژی‌هایی را تسهیل نماید.

۱-۷-۵- هواشناسی و آلودگی هوا

توسعه شهرها و افزایش جمعیت و مصرف روز افزون سوخت‌های فسیلی باعث افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای موجود در جو گردیده و گرم شدن جو را در پی داشته است. وقوع وارونگی دمایی به ویژه در فصول سرد و افزایش غلظت آلاینده‌های جوی، بارانهای اسیدی، افزایش هواویزها در جو و گازهای صنعتی جدید در اتمسفر و انتقال آنها در داخل شهرها و آلودگی زمینه جو و کاهش لایه ازن از دیگر مواردی است که در زمینه هواشناسی و آلودگی هوا مطالعه می‌شود.

۱-۷-٦- هواشناسی و کاهش بلایا

بسیاری از بلایای غیرمترقبه نظیر سیل و توفان، آلودگی شدید هوا و سرمازدگی، حریق در جنگلها و ... ناشی از عوامل جوی است که به کمک اطلاعات و آمار هواشناسی و نیز پیش‌بینی به موقع پدیده‌های مخرب جوی می‌توان خسارات مادی و جانی از این حوادث را به حداقل رسانید.

۱-۷-۷- هواشناسی و هوانوردی

صعود و فرود هواپیماها در فرودگاه‌های مبدأ و مقصد و نیز حرکت هرگونه هواپیمایی در آسمان بدون در دست بودن اطلاعات جوی اعم از اطلاعات به موقع و نیز پیش‌بینی هوای مسیر پرواز فرودگاه‌ها عملاً غیر ممکن است و در دسترس نبودن این اطلاعات می‌تواند به سوانح هوایی منجر شود. بدین جهت در کلیه فرودگاه‌ها وجود هواشناسی سینوپتیک و در فرودگاه‌های اصلی علاوه بر ایستگاه، وجود مرکز پیش‌بینی هواشناسی ضروری است.

۱-۷-۸- هواشناسی و حمل‌ونقل دریایی

امروزه کشتیهای بزرگ و کوچک زیادی در بندرگاهها متوقف و یا در اقیانوسها و دریاها مشغول حمل بار و مسافر می‌باشند. همینطور کشتیها و قایق‌های ماهیگیری زیادی در دریاهای دور و نزدیک کشورها مشغول فعالیتند، وقوع توفانهای دریایی و دیگر شرایط جوی نامساعد خطر دایمی برای کشتیها و مسافرین و محموله آنها می‌باشد. اطلاعات جوی به موقع و صدور پیش‌بینی‌های لازم مهمترین عامل برای کاهش خسارات مالی و جانی به ویژه در مورد ماهیگیران و قایقهای تفریحی و امور کشتیرانی می‌باشد.

۱-۷-۹- اقلیم‌شناسی

مطالعه اقلیم به منظور سازگار نمودن فعالیت‌های بشری مربوط با آن، جزو مهمترین بخش‌های کاربردی اقلیم شناسی است. بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی، توسعه کویرها، تغییرات اقلیمی، توفان‌های گرد و خاک و توفان‌های تندری، بلایای جوی و اقلیمی از دیگر مواردی است که در بخش اقلیم مورد مطالعه و بحث قرار می‌گیرد. آمایش سرزمین و استفاده از امکانات بالقوه اقلیمی از مهمترین بخش‌های کاربردی اقلیم شناسی به حساب می‌آید.

۱-۷-۱۰- هواشناسی و ورزش

هر ورزشی نیازمند آب و هوای خاص است. در ورزشهای زمستانی نظیر اسکی، برفی بودن هوا، در موج سواری، توفانی بودن دریا و در ورزشهایی نظیر فوتبال و دو میدانی هوای صاف نقش مهمی دارد. تغییر فشار هوا و ارتفاع و تنوع آب و هوا تأثیر فیزیکی خاص بر ورزشکاران دارد که با شناخت و سازگاری می‌توان ورزشکار را آماده رقابت نمود. این امر با ارایه اطلاعات جوی و پیش آگاهی‌های لازم، ورزشکاران و مسوولان ورزشی و تماشاگران را در انجام بهتر فعالیت‌های ورزشی و برگزاری مسابقات ورزشی در هوای مناسب یاری می‌دهد.

۱-۷-۱۱- هواشناسی و شهرسازی

بسیاری از شهرها بدون توجه به اطلاعات اقلیمی ساخته شده یا گسترش یافته‌اند. به طوری که با مشکلاتی نظیر آلودگی هوا، تأمین آب مورد نیاز و سیل خیز بودن منطقه و نظایر اینها که جملگی ناشی از عوامل جوی و اقلیمی می‌باشند، روبرو هستند. تنوع اقلیمی در ساخت و ساز اماکن و ساختمان و نوع گرم و سرد نمودن آنها با هواشناسی رابطه مستقیم دارد، استفاده از اطلاعات و آمار هواشناسی در طراحی و احداث شهرهای جدید و نیز توسعه شهرهای قدیمی می‌تواند این عوارض را به حداقل برساند.

۱-۷-۱۲- هواشناسی و صنعت

بسیاری از صنایع آلودگی ایجاد می‌کنند و احتیاج به مکان مناسب برای استقرار دارند. بعضی از صنایع به عناصر جوی نظیر رطوبت، دما و باد حساسند و حتی بعضی از صنایع داروسازی احتیاج به هوای تمیز و عاری از آلودگی دارند. لذا ایجاد و گسترش هر گونه صنعتی احتیاج به اطلاعات هواشناسی دارد و داده‌های هواشناسی می‌تواند با تعیین مکان مناسب، ماشین‌آلات مناسب و صنایع مناسب برای هر ناحیه‌ای ضمن بالا بردن راندمان تولید، خسارات احتمالی این صنایع را به حداقل کاهش دهد.

۱-۷-۱۳- هواشناسی آب

با توجه به اهمیت آب در مناطق خشک، فعالیت‌های هواشناسی آب جایگاه ویژه‌ای در کشور ما دارد. مکان‌یابی سدها، آبگیری، ذخیره، انتقال و توزیع آب تابع وضعیت آب و هوا بوده و آمار و اطلاعات هواشناسی کاربرد گسترده‌ای در این زمینه دارد. فرسایش خاک، وقوع سیل، تفکیک مناطق دیم و مرتع با توجه به ریزش‌های جوی در هواشناسی آب مطالعه می‌شود.

۱-۷-۱٤- هواشناسی و توسعه پایدار

با توجه به مطالب ذکر شده، ایجاد هر گونه تأسیسات زیربنایی نظیر احداث سد و جاده‌ها، راه‌آهن و احداث فرودگاه‌ها و بنادر و شبکه‌های آبیاری، حفظ منابع آب و خاک، حفاظت جنگلها و منابع طبیعی، حفظ محیط زیست، جلوگیری از آلودگی هوا، دسترسی به انرژی‌های سالم و ارزان، توسعه منابع غذایی و در یک جمله تمام عوامل لازم برای دست یافتن به توسعه پایدار، داشتن اطلاعات و آمار داده‌های هواشناسی و دسترسی و استفاده بهینه از این اطلاعات و کاربردی نمودن آن ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۷-۱۵- هواشناسی و حمل‌ونقل جاده‌ای

تهیه اطلاعات جوی لازم در مورد وضعیت راهها برای تسهیل در امر جابجایی کالا و مسافر، کاهش خسارات احتمالی و نیز آسایش مسافرین امری ضروری است. این امر به ویژه در مناطق کوهستانی سرد که جاده‌های آن برف‌گیر، بهمن‌خیز و لغزنده می‌باشند، از اهمیت بیشتری برخوردار است. صدور اطلاعات و پیش‌آگاهی‌های لازم برای مسئولان و مردم ضمن تسهیل در امر رفت و آمد، خسارات جانی و مالی حوادث جاده‌ای، را در حد قابل توجهی کاهش می‌دهد.

از میان شرایط محیطی که ایمنی حمل‌ونقل را تحت تاثیر قرار می‌دهند، می‌توان به شرایط آب و هوایی و پدیده‌های جوی اشاره نمود که در سالهای اخیر توجه بسیاری از محققان را در جهان به خود معطوف داشته است. هر چند ممکن است شرایط جوی عامل اصلی در رخداد تصادفات محسوب نشود، اما بدون تردید یکی از مؤلفه‌های محیطی عمده در تصادفات بشمار می‌رود. جدول(۱-۲) مطالعات انجام شده در زمینه ارتباط شرایط نامساعد جوی و ایمنی راهها در مناطق مختلف دنیا را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۲) نمونه‌ای از مطالعات موردی در زمینه ارتباط بین شرایط نامساعد جوی و ایمنی راهها (اندری، ۲۰۰۰)

ردیف	منبع و نام مؤلف (محقق)	زمینه تحقیق	نتایج اصلی
۱	آندری، میلز، لهی و سگت(۲۰۰۱)[1] گروه جغرافیادانشگاه واترلو – کانادا	مطالعه ٦ شهر کانادا بین سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۸	هنگام بارندگی ۷۵٪ افزایش در تصادفات و ٤٥٪ افزایش در صدمات جانی داریم.
۲	نپ، اسمیتسون و خاتاک (۲۰۰۰)[2] دانشگاه ایالتی آیوا – ایالت متحده	ایالت آیوا ۱۹۹۷	هنگام توفان‌های برف شدت و تعداد حوادث افزایش می‌یابد، بطوریکه مشخص گردیده که ۱۳۰۰ درصد افزایش خسارت در طی توفان‌های زمستانی وجود داشته است.
۳	نپ (۲۰۰۱)[3] دانشگاه ایالتی آیوا- ایالت متحده	ایالت آیو ۱۹۹۵–۱۹۹۸	حدود ۹٤۲ درصد افزایش فراوانی تصادفات در ساعات مختلف روز در طی وقوع توفان‌های زمستانی داریم.
٤	سگت (۱۹۹۹)[4] دانشگاه رجینا – کانادا	منطقه رجینا ۱۹۹۱-۱۹۹٤	ریزش برف به هنگام رانندگی میزان خسارات مالی احتمالی را ۲ برابر و میزان تلفات جانی را تا ۷۰ درصد افزایش می‌دهد. خطرات جانی و مالی در هنگام بارندگی کمتر از هنگام بارش برف است.
٥	ادواردز (۱۹۹٦)[5] دانشگاه ولز– انگلستان	ولز و انگلستان ۱۹۸۰-۱۹۹۰	بین ۱۱ تا ۱۷ درصد از تصادفات در هنگام بارندگی رخ می‌دهد. ۱ تا ۱۰ درصد از تصادفات مربوط به وزش تندبادهاست و در هنگام وقوع مه حدود ۰/٥ تا ٥ درصد افزایش تصادفات خواهیم داشت.

1- Andrey, Mills, Leahy & Suggett (2001)
2- Knapp, Smithson & Khattak (2000)
3- Knapp (2001)
4- Suggett (1999)
5- Edwards (1996)

ادامه جدول (۱-۲) نمونه‌ای از مطالعات موردی در زمینه ارتباط بین شرایط نامساعد جوی و ایمنی راهها

ردیف	منبع و نام مؤلف (محقق)	زمینه تحقیق	نتایج اصلی
٦	لوین، کیم و نیتز (۱۹۹۵)[1] دانشگاه هاوایی – هاوایی	استان و شهر هونولولو ۱۹۹۰	برای هر ۲/۵ سانتیمتر بارندگی در حدود ۱۳/٤مورد تصادف در هر روز خواهیم داشت.
۷	شانکار، منرینگ و بارفیلد، (۱۹۹۵)[2] دانشگاه واشنگتن	جاده I-90 در سیاتل شرقی ۱۹۹۳-۱۹۸۸	یک درصد افزایش در تعداد روزهای بارانی، باعث افزایش ۲٦ درصد در فراوانی حوادث جاده‌ای می‌شود.
۸	ادواردز (۱۹۹٤)[3] دانشگاه ولز – انگلستان	انگلیس و ولز ۱۹۹۰-۱۹۸۰	درحدود ۰/٦ تا ٦/٤ درصد از مجموع تصادفات در ارتباط با سرعت باد می‌باشد.
۹	آندری و یاگار (۱۹۹۳)[4] دانشگاه واترلو – کانادا	منطقه ادمونتون و کالگاری ۱۹۸۳-۱۹۷۹	خطر بروز تصادفات به هنگام ریزش برف و باران بیشتر است بطوریکه در حدود ۷۰ درصد از تصادفات به هنگام ریزش باران رخ می‌دهد.
۱۰	پایک (۱۹۹۲) [5]مجله هواشناسی انگلستان	انگلستان ۲۹ مارس ۱۹۸٦	۱۱ مورد تصادفات شدید ناشی از ریزش تگرگ (که باعث کاهش دید می‌شود) اتفاق افتاده است. ناگفته نماند که در هنگام بروز تگرگ سرعت رانندگان افزایش می‌یابد.
۱۱	پری و سایمونز (۱۹۹۱)[6] مجله جغرافیا – انگلستان	توفان برف ژانویه ۱۹۹۰ در انگلستان	این توفان شدید در انگلستان باعث تخریب ساختمان‌ها، زخمی‌شدن افراد و حتی مرگ‌ومیر گردید. ناپایداری پل‌ها، انحراف وسایط نقلیه در جاده در نتیجه نیروی دینامیک و استاتیک از دیگر شرایطی بود که توسط این پدیده جوی رخ داد.

1- Levine, Kim & Nitz (1995)
2- Shankar, Mannering & barfield (1995)
3- Edwards (1994)
4- Andrey & Yagar (1993)
5- Pike (1992)
6- Perry and Symons (1991)

ادامه جدول (۱-۲) نمونه‌ای از مطالعات موردی در زمینه ارتباط بین شرایط نامساعد جوی و ایمنی راهها

ردیف	منبع و نام مؤلف (محقق)	زمینه تحقیق	نتایج اصلی
۱۲	آندری و اولی (۱۹۹۰)[1] دانشگاه واترلو کانادا	ادمونتون– کانادا ۱۹۸۳	۲ درصد از تصادفاتی که در فصل تابستان رخ می‌دهند وقتی است که سطح جاده خیس باشد. در حالی که ٤٠ درصد از تصادفات که در زمستان رخ می‌دهند زمانی است که سطح جاده یخبندان، خیس و یا برفی است.
۱۳	برودسکی و هکرت (۱۹۸۸)[2] گروه جغرافیای دانشگاه مریلند	فلسطین اشغالی ۱۹۷۹-۱۹۸۱ ایالات متحده آمریکا	بارندگی عامل ١٤ درصد از تصادفات جرحی است.
١٤	کمپبل (١٩٨٦)[3]- کانادا	محدوده شهر وینی پک ١٩٧٤-١٩٨٤	دماهای زیر ۱۵- درجه سلسیوس نقش مهمی در تصادفات نسبت به دماهای صفر تا ۱۵- درجه سلسیوس دارند.
١٥	مرسر (١٩٨٦)[4] دانشگاه تورنتو– کانادا	بریتیش کلمبیا ١٩٨٤	۱۱/۱ درصد از مجموع تصادفات مربوط به شرایط جوی است. از این مقدار ٤٢٪ در هنگام ریزش باران و ۱۹ درصد درهنگام ریزش برف رخ داده است.
١٦	جوانیز و دلور (۱۹۸۳)[5] گروه مهندسی دانشگاه شمال غرب – ایلی نویز ایالات متحده آمریکا	جاده‌های ایندیانا۱۹۸۱	فراوانی تصادفات در روزهای همراه با ریزش برف نسبت به روزهای صاف بیشتر است اما نسبت به روزهای همراه با ریزش باران تفاوت چندانی ندارد.

1- Andrey & Olley (1990)
2- Brodsky and hakkert (1988)
3- Campbell (1986)
4- Mercer (1986)
5- Jovanis & Delleur (1983)

ادامه جدول (۱-۲) نمونه‌ای از مطالعات موردی در زمینه ارتباط بین شرایط نامساعد جوی و ایمنی راهها

ردیف	منبع و نام مؤلف (محقق)	زمینه تحقیق	نتایج اصلی
۱۷	اسکات (۱۹۸۳)[1] مرکز مطالعات حمل‌ونقل انگلستان	انگلستان ۱۹۷۰-۱۹۷۸	تصادفات در هنگام ریزش باران افزایش می‌یابد.
۱۸	اسمیت (۱۹۸۲)[2] گروه جغرافیایی دانشگاه استراس لاند- اسکاتلند	گلاسکو، اسکاتلند ۱۹۷۸-۱۹۷۹	در هنگام ریزش‌های جوی ۲ تا ۲۵۰ درصد افزایش سوانح جاده‌ای خواهیم داشت.
۱۹	مرکز ایمنی حمل‌ونقل ملی (۱۹۸۰) [3]	ایالات متحده آمریکا	ریسک تصادفات منجر به فوت در آسفالت‌های خیس ۳/۹ تا ٤/٥برابر نسبت به آسفالت‌های خشک بیشتر است. در بزرگراهها ۱۳/۵ درصد تصادفات به هنگام خیس بودن سطح بزرگراه رخ می‌دهد.
۲۰	مند (۱۹۸۲)[4] گروه مهندسی دانشگاه تورنتو – کانادا	بزرگراه تورنتو زمستان ۸۱-۱۹۸۰	در هنگام ریزش برف نسبت روزانه تصادفات ۱/۳ تا ۲/٤ بار بیشتر از متوسط تصادفات روزانه می‌شود.
۲۱	برتنز (۱۹۸۰)[5] مرکز تحقیقات آب ایالتایلی نویز	محدوده شیکاگو در تابستان‌ها	میزان حوادث جاده‌ای در روزهای بارانی نسبت به روزهای خشک ۲ برابر است.
۲۲	اولاری (۱۹۷۸)[6] گروه جغرافیای دانشگاه ویلد فریدلوریر- کانادا	محدوده کیت چنر ۱۹۷۸	تصادفات در شرایط برفی در حدود ۲۵۰ درصد در مقایسه با متوسط دیگر روزها بیشتر است.
۲۳	کودلینگ (۱۹۷٤)[7]	انگلستان ۱۹۷۰-۱۹٦۹	نرخ حوادث منجر به جرح حدوداً ۵۰ درصد در شرایط بارندگی بیشتر است.

1- Scott (1983)
2- Smith (1982)
3- National Transportation Safety Board (1980)
4- Mend (1982)
5- Bartness (1980)
6- Oleary (1978)
7- Codling (1974)

فصل دوم

هواشناسي جاده‌اي

هواشناسی جاده‌ای از موضوعاتی است که به بررسی نقش پدیده‌های جوی در ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای می‌پردازد. این موضوع در عرصه بین‌المللی از دهه ۱۹۷۰ مطرح شد و به جهت اهمیت آن مورد توجه مراکز معتبر علمی چون سازمان هواشناسی جهانی[1]، مجمع جهانی راه[2] (پیارک) و سازمان همکاری اقتصاد و توسعه قرار گرفت؛ به طوری که در حال حاضر در حدود ۸۹۱۳ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای در سطح جهان به جمع‌آوری و ثبت اطلاعات جوی- جاده‌ای می‌پردازند. جدول(۲-۱)تعدادایستگاه‌های‌هواشناسی جاده‌ای را در بعضی از کشورها نشان می‌دهد.

۲-۱- تاریخچه برگزاری کنفرانس‌های هواشناسی جاده‌ای

با توجه به توسعه روز افزون تجربیات علمی در زمینه هواشناسی جاده‌ای همه ساله کنفرانس‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی در این زمینه در نقاط مختلف دنیا برگزار می‌شود. اولین کنفرانس کمیسیون هواشناسی جاده‌ای در سال ۱۹۸٤ در هلند برگزار گردید و کنفرانسهای بعدی به ترتیب از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰٤ در کشورهای دانمارک، فنلاند، ایتالیا، نروژ، ایالات متحده امریکا، استرالیا، انگلستان، سوئد، سوئیس، ژاپن و آلمان برگزار شدند. آخرین گردهمایی در سال ۲۰۰٦ در

1- World Meteorological Organization(WMO)
2- World Road Association

تورینو[1] ایتالیا برگزار شد و بر طبق برنامه‌ریزی‌های انجام شده چهاردهمین کنفرانس در سال ۲۰۰۸ در شهر پراگ[2] جمهوری چک برگزارخواهد شد. جدول(۲-۲) هر یک از چهارده کنفرانس بین المللی هواشناسی جاده‌ای را با قید مکان و سال برگزاری نشان می‌دهد.

جدول (۲-۱) خلاصه‌ای از وضعیت تعداد ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای درکشورهای مختلف تا پایان سال ۲۰۰٤ (سایت سرویک)

کشور	تعداد ایستگاه‌ها	کشور	تعداد ایستگاه‌ها
اتریش	۲۸۰	روسیه	۱۰
اسپانیا	۱۰	ژاپن	۲۰۰۰
استرالیا	۱۰	سوئد	٦۸۰
استوانی	۳۲	سوئیس	۵۹۰
آلمان	۸۰۰	فرانسه	٦۵۰
انگلستان	۸۰۰	فنلاند	۳۰۰
ایالات متحده امریکا	۱۲۵۰	کانادا	۱۵۵
ایالت بالتیک	۸۰	لوگزامبورگ	۲۰
ایتالیا	۱۰۰	لهستان	۷۰
ایران	۵	لیتوانی	۲۲
ایسلند	۱۰	مجارستان	۳۰
بلژیک	۱۰۰	نروژ	۲۰۰
جمهوری ایرلند	۳۰	نیوزلند	۷
چک اسلواکی	٤۹	هلند	۳۳۰
دانمارک	۲۹۰		
جمع کل			۸۹۱۰

جدول (۲-۲) تاریخچه برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی هواشناسی جاده‌ای (سایت سرویک)

1- Torino
2- Prague

سال	عنوان	شهر	کشور
۱۹۸٤	اولین کنفرانس	هاگو	هلند
۱۹۸۵	دومین کنفرانس	کپنهاگ	دانمارک
۱۹۸٦	سومین کنفرانس	تامپر	فنلاند
۱۹۸۸	چهارمین کنفرانس	فلورانس	ایتالیا
۱۹۹۰	پنجمین کنفرانس	ترومسو	نروژ
۱۹۹۲	ششمین کنفرانس	مینیاپولیس	ایالات متحده
۱۹۹٤	هفتمین کنفرانس	سیفلد	استرالیا
۱۹۹٦	هشتمین کنفرانس	بیرمنگام	انگلستان
۱۹۹۸	نهمین کنفرانس	لولیا	سوئد
۲۰۰۰	دهمین کنفرانس	داوس	سوئیس
۲۰۰۲	یازدهمین کنفرانس	ساپورو	ژاپن
۲۰۰٤	دوازدهیمن کنفرانس	بینگن	آلمان
۲۰۰٦	سیزدهمین کنفرانس	تورینو	ایتالیا
۲۰۰۸	چهاردهمین کنفرانس	پراگ	جمهوری چک

با توسعه فن‌آوری در همه زمینه‌های علمی و کاربردی، فناوری‌های هواشناسی جاده‌ای نیز ابتدا در اروپا و سپس در ایالات متحده امریکا، کانادا و ژاپن گسترش یافت و امروزه این فن‌آوری به کلیه کشورها انتقال یافته است. رئوس توسعه فناورهای هواشناسی در زمینه‌های زیر است:

- سنجنده‌های ثبت دمای هوا و سطح جاده، قابلیت دید(مه)، وضعیت سطح جاده (یخبندان، پوشش‌برف، تر و خشک بودن سطح جاده و ...)، تجمع مواد یخ‌زدا، سمت و سرعت باد، رطوبت نسبی، نوع و مقدار بارش و ... می باشد،
- سنجنده‌هایی که با نصب در کف اتومبیل‌های ویژه به صورت متحرک به جمع‌آوری و ثبت اطلاعات دمای سطح جاده می‌پردازد،

- تهیه نقشه‌های دمایی[1] از بخش‌های مختلف جاده،
- مدل‌های پیش‌بینی رقومی جوی - جاده‌ای،
- سامانه اطلاعات جوی - جاده‌ای پیشرفته.

به تدریج با همکاری و مشارکت بین هواشناسان و مهندسین راه در دهه ۱۹۸۰ تحول شگرفی در اندازه‌گیری و پیش‌بینی شرایط سطح جاده به منظور حفظ و نگهداری زمستانی راهها ایجاد شد که مرتبا در حال توسعه و تکامل است.

اصولا هواشناسی جاده‌ای از بخش‌های مختلفی تشکیل می شود که با هم در ارتباط می‌باشند. سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای از چهار جزء اصلی تشکیل شده است که لازم است برای هر منطقه بررسی و سامانه مورد نیاز طراحی و اجرا شود. این چهار جزء اصلی سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای شامل:

الف) تحلیل مکانی شرایط خرد اقلیم جاده‌ها از طریق نقشه‌برداری دمایی،

ب) سنجنده‌های جوی ـ جاده‌ای با هدف ثبت اطلاعات به هنگام از شرایط جاده‌ها،

ج) کامپیوتر و شبکه ارتباطی،

د) پیش‌بینی و صدور پیش‌آگاهی‌هایی جهت ریزش برف و یخبندان.

۲-۲- سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای

در سالهای اخیر پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در کاربرد هواشناسی جاده‌ای جهت ایمنی بیشتر، صرفه اقتصادی و استفاده بهینه از جاده‌ها صورت گرفته است. مسایلی مانند پیش‌بینی تشکیل یخبندان بر سطح جاده، بادهای قوی بر روی پل‌ها، بارش شدید، کاهش دید بر اثر مه یا بارش مورد بررسی قرار گرفته‌اند و این امر منجر به رشد سریع در بهره‌گیری از سامانه‌های دیده‌بانی و گزارش به موقع دیده‌بانی‌های سطح زمین گشته است.

بر اساس مطالعات صورت گرفته، بیشترین کاربرد علمی اندازه‌گیری‌های هواشناسی جاده‌ای در حال حاضر یا آینده مستقیماً به راهداری جاده‌ها در زمستان (پیش‌بینی و هشدار

1- Thermal Mapping

یخبندان در راهها) بر می‌گردد. اطلاعات به هنگام و دقیق شرایط جوی مقدمه‌ای برای توسعه پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای و در نتیجه، کاهش هزینه‌های راهداری است.

سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای کار جمع‌آوری، ذخیره و پردازش اطلاعات اندازه‌گیری شده توسط سنجنده‌ها را به عهده دارد. یک سامانه هواشناسی جاده‌ای شامل همه تجهیزات اصلی و فرعی و جانبی می‌باشد. مهمترین این تجهیزات در ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای شامل: امکانات سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، تدارکات، زمین مورد نیاز برای احداث ایستگاه، تجهیزات ارتباطی و هر گونه الزامات دیگری که برای تکمیل یک ایستگاه هواشناسی جاده‌ای مورد نیاز است، می‌باشد.

۲-۳- سنجنده‌های سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای

سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای دارای سنجنده‌هایی برای جمع‌آوری، ذخیره و ارسال اطلاعات می‌باشد که در شکل (۲-۱) مشخص شده است. برخی از سنجنده‌ها کاملا مکانیکی و برخی دیگر دیجیتالی‌اند. سنجنده‌های مکانیکی مانند سنجنده سمت و سرعت باد به منظور تبدیل انرژی مکانیکی به سیگنال‌های الکتریکی به یک‌دستگاه ترانسفورماتور نیاز دارند.

سه نوع عمده از سنجنده‌ها وجود دارد:

- سنجنده‌های فعال[1]
- سنجنده‌های غیرفعال[2]
- سنجنده‌های بدون تماس[3]

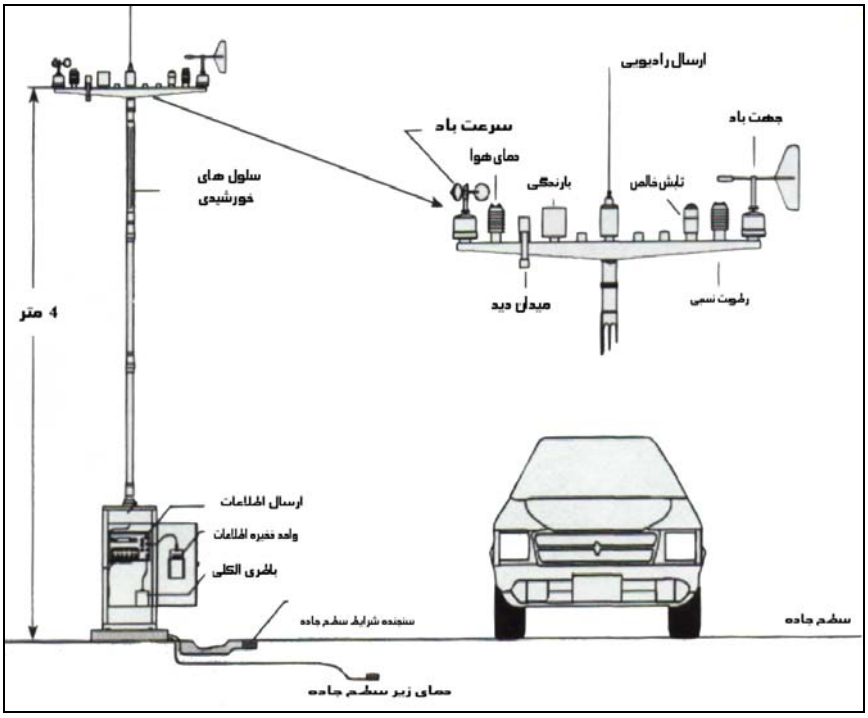
الف) سنجنده‌های فعال: این گروه از سنجنده‌ها به هنگام خنک شدن اطراف سنجنده در سطح جاده و نزدیک شدن به کمتر از از دو درجه سانتی‌گراد، هشدار صادر می‌نمایند.

1- Active Sen sores
2- Passive Sen sores
3- Non - Contact Sen sores

ب) سنجنده‌های غیرفعال: این سنجنده‌ها در سطح جاده قرار می‌گیرند و بدون دریافت انرژی به اندازه‌گیری شرایط سطح جاده می‌پردازند. هر دو نوع سنجنده‌های فوق به اندازه‌گیری رطوبت در سطح جاده و حضور نمک و دیگر مواد یخ‌زدا نیز می‌پردازند.

ج) سنجنده‌های بدون تماس: این سنجنده‌ها با بکارگیری امواج مادون قرمز، در کنار گذر جاده و یا بر روی وسیله نقلیه نصب و به اندازه‌گیری دمای سطح جاده می‌پردازند.

لازم به ذکر است که بکارگیری هر یک از سنجنده‌های فوق باید بر اساس مطالعات دقیق و با توجه به پارامتر هزینه – فایده صورت گیرد.



شکل (۲-۱) سنجنده‌های مختلف در یک ایستگاه هواشناسی جاده‌ای (حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

اصولاً سنجنده‌های یک سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای دارای دو دسته سنجنده به منظور اندازه‌گیری پارامترهای جوی و جاده‌ای می‌باشد:

۲-۳-۱- سنجنده‌های وضعیت جوی

سنجنده‌های مربوط به اندازه‌گیری پارامترهای جوی، متغیرهای زیر را ثبت می‌کنند:

- دما
- رطوبت نسبی
- فشار هوا
- داده‌های مربوط به بارش (شامل نوع، مقدار، ارتفاع)
- میدان دید
- باد (سمت و سرعت)
- انرژی خورشیدی

۲-۳-۲- سنجنده‌های وضعیت جاده

سنجنده‌های مربوط به اندازه‌گیری پارامترهای جاده‌ای به ثبت متغیرهای زیر می‌پردازند:

- دمای سطح آسفالت(روسازی)،
- دمای لایه‌های زیرین(زیرسازی)،
- سنجنده کنترل ترافیک و شمارش تعداد خودروهای عبوری.

۲-۳-۳- مشخصات سنجنده‌های جوی

الف) سنجنده دمای هوا

روشن است که آگاهی از وضعیت دمای هوا عامل مهمی در تصمیم‌گیریهای مربوط به کنترل یخ و برف است. سنجنده دمای هوا به عنوان یکی از اجزای ضروری سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای مطرح می باشد. در واقع می‌توان گفت، آگاهی از این پارامتر برای اعلام وضعیت هوای حاضر و به عنوان یکی از ورودی‌ها در مدلهای پیش‌بینی، همچنین برای فعالیت و

اتخاذ تصمیم راهداران حیاتی می‌باشد. نوعی از سنجنده‌های دما بر روی اتومبیل‌ها و نوعی دیگر از آنها بر روی پلها نصب می‌گردند.

این نوع سنجنده‌ها با دقت ۱± درجه فارنهایت دما را اندازه‌گیری می‌کنند و از دمای ٤٠- درجه فارنهایت تا ۱۷٦ (٤٠- تا ۸۰ درجه سانتیگراد) توانایی کار کردن دارند. شکل (۲-۲) نوعی از این دستگاه را نشان می‌دهد.

شکل (۲-۲) سنجنده دمای هوا (حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

ب) سنجنده‌های سمت و سرعت باد

سمت و سرعت باد نیز از پارامترهای کلیدی در پیش‌بینی‌های جوی و وضعیت جاده می‌باشد. آگاهی از سمت و سرعت باد به خصوص زمانی که برف یا باران در حال باریدن است بسیار حیاتی است.

سنجنده‌های سمت و سرعت باد نیز جزء سنجنده‌هایی می‌باشند که حتما باید در یک سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای وجود داشته باشند. سنجنده‌های مربوط به باد جهت باد را با دقت ۳± درجه و بین صفر تا ۳٦۰ درجه اندازه‌گیری کرده و هچنین میزان سرعت باد را از ۰ تا

۵۰ متر بر ثانیه با دقت ۰/۱ ± متر اندازه‌گیری می‌کنند. شکل (۲-۳) نمونه‌ای از سنجنده‌های اندازه‌گیری سمت و سرعت باد را نشان می‌دهد.

سنجنده سرعت باد **سنجنده سمت باد**

شکل (۲-۳) سنجنده‌های سمت و سرعت باد (حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

ج) سنجنده نقطه شبنم

نقطه شبنم حد دمایی است که، هوا از بخار آب اشباع می‌شود. دمای نقطه شبنم برای پیش‌بینی میدان دید و بارش بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر این با آگاهی از دمای نقطه شبنم و دمای سطح جاده به صورت همزمان می‌توان اطلاعات ارزشمندی را درباره تشکیل شبنم یخ‌زده و یخبندان بر روی سطح جاده بدست آورد. سنجنده دمای نقطه شبنم نیز از سنجنده‌هایی است که می‌بایست الزاما در یک سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای وجود داشته باشد.

د) سنجنده رطوبت نسبی

این سنجنده نسبت رطوبت نسبی را به مقدار بخار آب موجود در جو اندازه‌گیری می‌کند. البته رطوبت نسبی هوا را می‌توان با استفاده از داده‌های ثبت شده مانند نقطه شبنم نیز بدست آورد. پس در صورتیکه در سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای، سنجنده نقطه شبنم وجود داشته

باشد، نصب سنجنده رطوبت نسبی الزامی نمی‌باشد. سنجنده‌های رطوبت نسبی با دقت ۵± درصد و در محدوده صفر تا ۱۰۰ درصد رطوبت را اندازه‌گیری می‌کنند.

ه) سنجنده بارش

اطلاعات مربوط به بارش نیز از پارامترهای اساسی برای تصمیم‌گیریهای مربوط به کنترل یخ و برف می‌باشد. همچنین برای اطلاع‌رسانی وضعیتهای مختلف جوی و وضعیت جاده آگاهی از این پارامترها ضروری است. سنجنده‌های مربوط به بارش جنبه‌های مختلفی از بارش از جمله نوع بارش را اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند. نوع بارش می تواند شامل باران، برف و یخ باشد. بعضی از سنجنده‌های بارش، قادر به اندازه‌گیری شدت باران نیز هستند. شدت بارندگی عبارتست از ارتفاع باران در واحد زمان. دقت اندازه‌گیری شدت بارش در این سنجنده‌ها از ۰/۰۰۱ تا ۵/۱ میلیمتر بارش در ساعت با دقت ۰/۱ ± میلیمتر می‌باشد.

در این دستگاه‌ها اطلاعات مربوط به بارش در فرمهای مختلف قابل دریافت می‌باشد. این سنجنده‌ها شامل دو نوع نوری و یا مکانیکی هستند. شکل (۲-٤) و شکل (۲-۵) نمونه‌هایی از این سنجنده‌های بارش را نشان می‌دهد.

شکل (۲-٤) سنجنده بارش

(حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

شکل (۲-۵) سنجنده ارتفاع برف

(حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

و) سنجنده میدان دید

این سنجنده میزان دید افقی را بر روی جاده‌ها اندازه‌گیری می‌کند. این ابزار علاوه بر میدان دید، اطلاعات ارزشمندی را از دید در زمان بارش، نوع بارش، شدت بارش و همچنین میزان دید عمودی در اختیار کاربران و راهداران قرار می‌دهد. این سنجنده توانایی تعیین میدان دید از ۰/۰۵ مایل تا ۱ مایل را دارا می‌باشد. در شکل (۲-٦) سنجنده میدان دید نشان داده شده است.

شکل (۲-٦) سنجنده میدان دید (حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

ز) سنجنده تابش

این سنجنده، شدت انرژی تابش خورشیدی و همچنین میزان انرژی بازتابیده از سطح زمین را اندازه‌گیری می‌کند. متغیر تابش به عنوان یکی از ورودی‌های مهم در پیش‌بینی‌های مربوط به دمای سطح جاده حائز اهمیت می‌باشد. سنجنده‌های مربوط به تابش با دقت ۵± درصد میزان انرژی رسیده به واحد سطح را اندازه‌گیری می‌کنند شکل (۲-۷) نوعی از این سنجنده را نشان می‌دهد.

ح) سنجنده فشار جو

سنجنده‌های مربوط به فشار جو با دقت ۰/۰۰۰٦± اینچ از ارتفاع ستون جیوه، فشار جو را اندازه‌گیری می‌کنند (۰/۰۲± هکتوپاسکال). این سنجنده‌ها به جهت این که لازم است در مناطق کوهستانی در ارتفاعات بسیار بالا مورد استفاده قرار گیرند قادر به اندازه گیری تغییرات فشار در دامنه وسیعی هستند. این دامنه از ٦۰۰ تا ۱۰٦۰ هکتوپاسکال می‌باشد.

شکل (۲-۷) سنجنده تابش
(حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

شکل (۲-۸) سنجنده جهت جریان هوا
(حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

ط) سنجنده اندازه‌گیری جریان هوا

این سنجنده برای اندازه‌گیری جریان هوا در تونلها می‌باشد که با سطح دقت ۰/۱ متر بر ثانیه جریان هوا را اندازه‌گیری می‌کند.

ی) سنجنده مشخص کننده جهت جریان هوا

برای تعیین جهت جریان هوا در داخل تونلها از این سنجنده استفاده می‌کنند که این عمل با هدف اطلاع از جهت جریان هوا، به منظور تهویه ضروری می‌باشد شکل (۲-۸) نمونه‌ای از این سنجنده را نشان می‌دهد.

۲-۳-٤- مشخصات سنجنده‌های وضعیت جاده

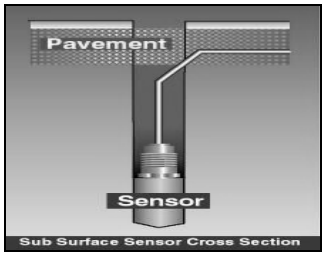
الف- سنجنده دمای سطح جاده

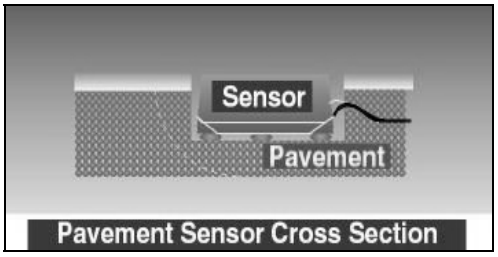
همانطور که قبلا اشاره شد دمای سطح جاده در تصمیم‌گیریهای مربوط به کنترل یخ و برف از پارامترهای اساسی به شمار می‌رود که به وسیله سنجنده‌هایی که در سطح جاده تعبیه

می‌شوند اندازه‌گیری می‌شود. در شکل (۲-۹) چگونگی قرارگیری این نوع سنجنده‌ها نشان داده شده است. مکان‌یابی سنجنده‌های سطح جاده می‌بایست به دقت صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که خروجی‌های سنجنده‌ها نشان‌دهنده دمای واقعی سطح جاده است.

اکثر سنجنده‌های دمای سطح جاده در طول شبانه‌روز فعال می‌باشند و به جهت اهمیت بسیار زیاد این سنجنده‌ها در عملیات کنترل یخ و برف، وجود آن در سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای الزامی می‌باشد.

این سنجنده با دقت ۰/۳٦± درجه فارنهایت و در دمای ٤۰- تا ۱۷٦ درجه فارنهایت (٤۰- تا ۸۰ درجه سانتیگراد) توانایی کار کردن دارد.





شکل (۲-۹) سنجنده‌های دمای سطح و لایه‌های زیر سطح آسفالت (حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

ب- سنجنده وضعیت جاده

این سنجنده جزء ادوات اجباری یک سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای است. در شکل (۲-۱۰) نمونه‌ای از آن نشان داده شده‌است.این سنجنده چهار پارامتر را اندازه‌گیری می‌کند که شامل:

- دمای سطح جاده، خشک و تر سطح جاده، رطوبت سطح جاده و ایجاد لایه برف در سطح جاده می‌باشد.

نوع پیشرفته این سنجنده موارد زیر را ثبت می کند که شامل:

- وضعیت سطح جاده: خشک و مرطوب بودن آن در دمای بیش از ۳۲ درجه فارنهایت،
- درصد یخبندان: از صفر تا صد در صد،
- عمق یا ارتفاع یخبندان: از صفر تا ۱۲/۷ میلیمتر،

– مقدار ترکیبات شیمیایی: از صفر تا صد درصد بوسیله وزن نمودن املاح یخ زدای موجود در سطح جاده.

شکل (۲–۱۰) سنجنده وضعیت جاده (حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

ج– سنجنده نقطه انجماد

این سنجنده دمای سطح مرطوبی را که شروع به یخ زدن می‌نماید اندازه‌گیری می‌کند و این اطلاعات را در اختیار تصمیم‌گیران و دست‌اندرکاران راهداری قرار می‌دهد.

این سنجنده به عنوان یک بخش کاملا ضروری در سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای و صدور هشدار مورد کاربرد قرار می‌گیرد. به خصوص زمانی که سطح جاده استعداد یخبندان را نیز داشته باشد.

د– سنجنده دمای زیر سطح جاده

این سنجنده معمولاً در مکان‌هایی نصب می‌شود که پیش‌بینی‌های دمای سطح جاده مورد نیاز باشد (شکل ۲–۱۱). این سنجنده‌ها معمولا در عمق نیم متری از سطح آسفالت تعبیه می‌شود. این سنجندها می‌تواند دمای خاک و لایه‌های زیرین را تا عمق نیم متری با دقت ۰/۳٦± درجه فارنهایت اندازه‌گیری کند.

شکل (۲-۱۱) سنجنده دمای زیر سطح جاده (حبیبی نوخندان،۱۳۸٤)

د- سنجنده رطوبت خاک

این سنجنده با دقت ۵± درصد میزان رطوبت خاک را اندازه‌گیری می‌کند و در محدوده صفر تا حد اشباع اندازه‌گیری را انجام می‌کند.

ه- سنجنده کنترل ترافیک و شمارش تعداد خودروهای عبوری

علاوه بر موارد فوق برخی از سامانه‌های اطلاعات هواشناسی جاده‌ای دارای سنجنده‌هایی هستند که توانایی و قابلیت جمع‌آوری، ذخیره و ارسال تصاویر لحظه‌ای به صورت زنده در یک سامانه تلویزیونی مداربسته را دارند. این امر با نصب دوربین‌هایی در ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای امکان‌پذیر خواهد بود. علاوه بر آن در این ایستگاه‌ها تجهیزات مربوط به کنترل ترافیک و شمارش تعداد خودروهای عبوری و کنترل سرعت وسایل نقلیه وجود دارد و این ایستگاهها مجهز به امکانات مخابراتی و الکترونیکی هستند که جزء اصلی ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای به حساب نمی‌آیند.

۲-٤- مروری بر فعالیت سازمان هواشناسی جهانی در رابطه با هواشناسی جاده‌ای

کلیه فعالیت‌های تخصصی سازمان هواشناسی جهانی در قالب هشت کمیسیون تخصصی صورت می‌گیرد. این هشت کمیسیون نیازهای احداثی و تجهیزاتی، پایش، پیش‌آگاهی، تحقیقات و آموزش را در زمینه‌های مختلف هواشناسی محض و هواشناسی کاربردی انجام می‌دهند. از

مهمترین‌اموری که این کمیسیون‌ها و اجلاس‌های منطقه‌ای در WMO انجام می‌دهند، نیازسنجی، استاندارد سازی، کاربردی نمودن، هماهنگی و مشارکت بین کشورهای عضو می‌باشد.

درارتباط با نیاز سنجی هواشناسی جاده‌ای در کشورهای مختلف جهان سازمان هواشناسی جهانی از طریق کمیسیون ادوات و روش‌های دیدبانی[1] خود اقدام به طراحی پرسشنامه‌هایی نموده است که منظور از آن جمع‌آوری نظرات اعضای خود در سراسر دنیا نسبت به موقعیت‌های جوی در جاده‌ها و دیدبانی پدیده‌های جوی- جاده‌ای بوده است.

این سازمان پس از دریافت پرسشنامه‌های تکمیل شده و تحلیل پاسخ‌ها به این حقیقت دست یافت که غالب پاسخ‌ها معطوف به نیاز کشورها به پیش‌بینی یخبندان در سطح جاده‌ها می‌باشد که در کشورهای مختلف با روش‌های ملی مربوط به خود به صورت برنامه، هشدار و یا اخطار به مدیران ترافیک جاده‌ها اجرا می‌شود.

اعضای این سازمان جهانی در مورد متغیرهای مورد دیدبانی و یا ادوات اندازه‌گیری آنها، نظرات بسیار متفاوتی ابراز داشتند.

این نظرات با همه تنوعی که در برداشته‌اند و با نگرش به ویژگی‌های جغرافیایی کشورهای مختلف جهان، جمع‌بندی شده و راه‌اندازی هواشناسی جاده‌ای و تجهیز ادوات آن را لازم دانستند. در جمع‌بندی این بررسی جهانی، چهار محور اساسی به شرح ذیل برای این فعالیت ارایه گردید.

الف) تعریف پارامترهای هواشناسی جاده‌ای و تعیین روش اندازه‌گیری،

ب) تعیین محل دقیق استقرار ادوات،

ج) ارزیابی ادوات سنجش پارامترهای جوی،

ه) ارزیابی سامانه‌های اندازه‌گیری.

پاسخ‌های جمع‌آوری شده از ٧٤ کشور عضو سازمان هواشناسی جهانی منجر به تهیه یک سند فنی راجع به هواشناسی جاده‌ای گردید که اساس و پایه کلیه فعالیت‌ها را تشکیل داد.

1- CIMO

با توجه به اهمیت این سند و شکل‌گیری فعالیت‌های هواشناسی جاده‌ای در دنیا، تاریخچه‌ای از آن در اینجا اشاره می‌شود. از میان کشورهای عضو، ۴۳ درصد خواهان راه‌اندازی هواشناسی جاده‌ای بودند و تقاضای دیدبانی‌های آن را داشتند، ۲۳ درصد کشورها، موضوع هواشناسی جاده‌ای را مورد اهمیت چندانی قرار ندادند، ۱۱ درصد آنها چگونگی فعالیت خود را در این زمینه توضیح دادند و بقیه نیز جواب‌های صحیحی برای این پرسشنامه‌ها ارایه نکردند. کشورهایی که آمادگی خود را جهت دیدبانی‌های جاده‌ای اعلام نمودند، مقاصد خاصی را از داده‌های شبکه اطلاعاتی جوی در جاده‌ها تعقیب می کردند و در پی هماهنگی آن با سایر کشورها نبودند.

با تاکید بر آنچه گذشت سازمان هواشناسی جهانی سند فنی و یا دستورالعمل اجرایی برای این هدف انتشار نداد و با تدوین و ارسال پرسشنامه‌ها و بررسی‌های همه جانبه پاسخنامه‌ها، به این دریافت کلی رسیدند که در جاده‌ها پیش‌بینی عوامل جوی از درجه اهمیت بالایی برخوردار است که در آن باید به نکات زیر توجه شود:

- پیش‌بینی یخبندان و تشکیل یخ روی سطح جاده‌ها،
- پیش‌بینی بادهای قوی برروی پل‌ها،
- پیش‌بینی باران‌های شدید،
- پیش‌بینی مه.

اما اینکه پیش‌بینی‌ها چگونه انجام شود و از چه ادواتی برای اندازه‌گیری (دیدبانی) استفاده گرددو یااساساً در چه نقاطی دیدبانی صورت پذیرداز نکاتی است که به بررسی بیشتری نیاز دارد.

در جمع‌بندی کلی مسئله مشخص گردید که غالب کشورها نگران نگهداری جاده‌های خود در فصل زمستان هستند و برخی از این کشورها اقدام به اجرای پروژه‌هایی در ارتباط با دید و سرعت ترافیک وسایط نقلیه در رابطه با شرایط جوی نموده‌اند. در این میان کشورهای استرالیا و بریتانیا نسبت به دیگران در این خصوص پیشی گرفته‌اند.

اما آنچه که همه کشورها را علیرغم نبودن تجربه واحد در فعالیت‌ها و برنامه‌هایشان هدفمند نموده است، اندازه‌گیری پارامترهایی چون یخبندان، بارش، رطوبت نسبی، دید، سمت و

سرعت باد، دما و روش‌های جلوگیری از یخبندان جاده‌ای به منظور به حداقل رسانیدن حوادث رانندگی می‌باشد. این مسئله با توجه به اینکه برآیند کلیه عوامل جوی است، ضرورت ادامه بحث را پیرامون سایر پارامترهای جوی مطرح می‌سازد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۷۸).

۲-٤-۱- وضعیت استقرار ادوات

در زمینه استقرار ادوات، وضعیت کشورها بسیار ناهمگون است و استفاده از نتایج کار آنها تنها در سطوح محلی امکان‌پذیر است. در سطوح منطقه‌ای کاربرد نتایج بسیار احتیاط‌آمیز می‌باشد.

با توجه به موارد فوق، می توان در ارتباط با موضوع هواشناسی جاده‌ای از منظر سازمان هواشناسی جهانی نتایج ذیل را استنباط نمود:

۱- به منظور اندازه‌گیری متغیرهای هواشناسی جهت مقاصد جاده‌ای، نیاز است روش‌های اندازه‌گیری و برقراری ایستگاه‌های خاص به صورت یک خط‌مشی کلی و استاندارد صورت پذیرد تا نتایج حاصل بتواند قابل استفاده در تصمیم‌گیری‌ها باشد.
۲- برقراری ایستگاه‌ها در زمینه چگونگی استقرار ادوات و چگونگی دیدبانی و فرآیند اطلاعات نیازمند یک روش واحد و معین است.
۳- کنفرانس دائمی بین‌المللی هواشناسی جاده‌ای باید به صورت فعالتری برگزار گردد.
٤- با همکاری کمیسیون دیدبانی هواشناسی(CIMO) می‌بایست کارگاههایی برگزار گردد و سطح فعالیت آن ترسیم شده و برای کلیه فعالیت‌ها روش ارایه شود.
۵- برای فعال ساختن اجلاس‌های آتی در زمینه هواشناسی جاده‌ای، گزارشگرانی انتخاب گردند و به تهیه گزارش اقدام نمایند (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۷۸).

۲-۵- ساختار شبکه‌های ارتباطی و مخابراتی در سامانه هواشناسی جاده‌ای

اطلاعات بدست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی و سنجنده‌های جاده‌ای با یکدیگر ترکیب شده و برای مهندسین و مسئولین حمل‌ونقل و دیگر سرویس‌های اورژانس و مراکز عمومی

ارسال می‌گردند. برخی کشورها تجربه ارسال اطلاعات گسترده‌ای را با سرویس تلفکس دارند اما به دلیل اینکه تصاویر گرافیک در تلفکس سرعت بسیار کمی دارند، لذا این شیوه نتوانست به سرعت توسعه یابد و مورد توافق عمومی قرار گیرد.

سامانه تلفکس تنها جهت نمایش اطلاعات مناسب است و قابلیت ارسال اطلاعات به کامپیوترها را ندارد. در شبکه هواشناسی جاده‌ای می‌بایست کلیه ایستگاه‌ها به صورت یک ترمینال به کامپیوتر موجود در مرکز مرتبط گردند. به همین دلیل در این سامانه نیاز است که مسئولین، واحد تحلیل مرکزی را به منظور جمع‌آوری اطلاعات در اختیار داشته باشند. از این رو یک مودم[1] جهت ارتباط شبکه مخابراتی نیاز است. سامانه‌های رادیویی هم در خطوط نزدیک به هم کاربرد دارد. امروزه در بیشتر کشورهای پیشرفته، ارتباطات ماهواره‌ای صرفه اقتصادی مناسبتری دارند و جایگزین سیستم ارتباطی فوق شده اند.

بطور کلی مشخصه سامانه‌های هواشناسی جاده‌ای جهت انتقال داده‌ها را می‌توان به سه دسته به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

۱) ارتباطات یک طرفه: در این روش داده‌ها فقط در یک جهت منتقل می‌شوند، به طور مثال ارتباط یک طرفه از ایستگاه به مرکز کنترل، صورت می‌گیرد.

۲) روش دوطرفه همزمان: در این روش انتقال داده‌ها به صورت دوطرفه همزمان صورت می‌گیرد و امکان دسترسی و دریافت اطلاعات در هر لحظه و به صورت همزمان وجود دارد. این روش در مواردی استفاده می شود که حجم گسترده‌ای از داده‌ها باید در هر لحظه جابجا شوند. این روش در مقایسه با دیگر روشها گران‌تر می‌باشد.

۳) روش دوطرفه غیرهمزمان: در این روش زمان انتقال به دو بازه تقسیم می‌شود، به این صورت که در هر لحظه داده‌ها یا در حال ارسال و یا در حال دریافت می‌باشند. این روش در کاربرهایی با حجم پایین استفاده می‌شود. در خصوص ایستگاه‌های‌هواشناسی جاده‌ای روش انتقال دوطرفه غیرهمزمان می‌تواند روش بهینه باشد.

1- Modem

مساله دیگر در اینجا انتخاب سامانه و روش مناسب برای ارسال داده‌ها می‌باشد. در حال حاضر روش‌هایی نیز برای ارسال داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که مهمترین آنها به شرح زیر می‌باشد:

۱) ارتباط مستقیم با کامپیوتر مرکزی

در این روش بین ایستگاه‌های هواشناسی و مرکز کنترل، از طریق انواع کابل و یا فیبر نوری ارتباط مستقیم ایجاد می‌شود. این روش در فواصل بسیار کم و یا در مناطقی که ارتباطات کابلی و یا فیبر نوری از قبل موجود باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. از طریق این روش می توان به ایجاد شبکه نیز مبادرت ورزید.

۲) استفاده از تلفن‌های ثابت

اساس این روش استفاده از خطوط تلفن ثابت برای انتقال داده‌ها می‌باشد. در اینجا با استفاده از یک مودم، برقراری ارتباط ممکن می‌شود. این روش ارزان و مقرون به صرفه می‌باشد و فقط به اشتراک یک تلفن ثابت نیاز دارد.

۳) استفاده از سامانه مخابرات سیار

این روش از قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار است به این علت که برای کارکرد فقط به وجود شبکه مخابرات سلولی نیاز است و مکان ایستگاه می‌تواند در هر نقطه دلخواه درون سلول مخابراتی باشد.

٤) استفاده از مخابرات رادیویی

در مکانهایی که دسترسی به شبکه تلفن ثابت و یا همراه ممکن نباشد می‌توان از این روش استفاده کرد. در این روش امکان انتقال داده‌ها به صورت یک طرفه یا دو طرفه وجود دارد. از مشکلات این روش می‌توان به ساخت و نصب تجهیزات مخابراتی رادیویی اشاره نمود. همچنین در این روش حداکثر فاصله بین ایستگاه و مرکز به تکنولوژی و نحوه نصب تجهیزات بستگی دارد.

۵) روش ارتباط ماهواره ای

این روش در شرایطی که استفاده از روشهای فوق ممکن نباشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین لازم به ذکر است که داده‌ها به صورت یک طرفه و سریع از ایستگاه به مرکز فرستاده می‌شود. این روش بیشتر برای مناطق کوهستانی که امکانات و بسترهای لازم مخابراتی ملی وجود ندارد، استفاده می‌گردد.

۲-٦- روشهای ارایه اطلاعات آب و هوایی جاده‌ها به کاربران

اطلاع‌رسانی در سامانه هواشناسی جاده‌ای یکی از مهمترین مواردی است که بایستی مد نظر قرار گیرد. امروزه تجهیزات و روش‌های مختلفی برای اطلاع‌رسانی در کشورهای مختلف وجـود دارد. بدیهی است که هرچه اطلاع‌رسانی سامانه‌های هواشناسی جاده‌ای توسعه یابد، ایمنی جاده‌ها بیشتر خواهدشد. روش‌های اطلاع‌رسانی در جاده‌ها می‌تواند از طریق تابلو، بولتن، پیام‌های رادیویی و تلویزیونی، روزنامه و روش‌های دیگر ارایه شود که به طور خلاصه به آنها اشاره می‌شود.

۲-٦-۱- تابلوهای پیام متغیر خبری در کنار جاده‌ها و بزرگراهها

نصب تابلوهای پیام‌متغیرخبری در کنار جاده‌ها، بزرگراهها و ترمینال‌های مهم برای آگاهی مسافران و رانندگان از وضعیت جوی جاده از اهمیت خاصی برخوردار بوده و نقش موثری در کاهش تصادفات و جلوگیری از ترافیک و ازدحام در جاده‌ها دارد. شکل (۲-۱۲) نمونه‌هایی از این نوع تابلوها را نشان می‌دهد.

شکل (۲-۱۲) نمونه‌هایی از تابلوهای پیام متغیر خبری در کنار جاده‌ها و بزرگراهها (حبیبی نوخندان، ۱۳۸٤)

اطلاعاتی از قبیل وضعیت هوا و شرایط جاده، که به وسیله سنجنده‌ها اندازه‌گیری شده‌اند؛ توسط این تابلوها برای آگاهی عموم نمایش داده می‌شود. علاوه بر نمایش اطلاعات آب و هوایی و راهنمایی‌های مسیر، حداکثر سرعت مجاز رانندگی نیز از مواردی است که با توجه به شرایط سطح جاده توسط این تابلوها برای رانندگان ارایه می‌گردد. دلیل اصلی مفید و موثر بودن این تابلوها در این است که در طول جاده بسیار جلب توجه نموده و رانندگان را به طور ناخواسته متوجه خود می‌گرداند. این تابلوها معمولا در کنار ایستگاه‌های هواشناسی کنار جاده نصب می‌گردند. از دیگر کاربردهای تابلوهای پیام متغیر خبری، نمایش وضعیت رخداد سیل در جاده می‌باشد. نحوه عملکرد سامانه به این طریق است که هنگامی‌که سیلاب به کنار جاده می‌رسد، از طریق سنجنده‌ها به این تابلوهای پیام متغیر خبری، پیامی ارسال می‌گردد و بر آن اساس متن پیام تابلو تغییر نموده و چراغ‌های چشمک زن، روشن می‌گردند. به این طریق به رانندگان جاده هشدار داده می‌شود که سیل در این مسیر در حال رخداد است. در شکل (۲-۱۳) دو نوع از این تابلوها که در کنار جاده‌ها نصب می‌شود نشان داده شده است.

شکل (۲-۱۳) نمونه‌ای از تابلوهای پیام متغیر خبری برای اعلام وضعیت عادی (تصویر سمت راست) **و برای وضعیت هشدار سیل**(تصویر سمت چپ) (حبیبی نوخندان، ۱۳۸٤)

۲-٦-۲- ارایه اطلاعات از طریق تلفن

یکی از سرویس‌های موجود برای اطلاع‌رسانی وضعیت آب و هوای جاده‌ای، سامانه پیشرفته اطلاع‌رسانی به مسافران از طریق تلفن می‌باشد. تمرکز این سامانه روی مسافران و رانندگان وسایل نقلیه عمومی و تجاری است و اطلاعاتی که برای مسافران با ارزش بوده و می‌تواند در تصمیم‌گیری در طول سفر بکار آید را در اختیار آنان قرار می‌دهد. مسافران پس از برقراری تماس از طریق تلفن و پس از پاسخگویی به ۳ یا ٤ سوال در مورد موقعیتشان، با توجه به مسیر سفر خود می‌توانند گزارش شرایط ویژه سفر و پیش‌بینی‌های آب و هوایی مربوطه را نه فقط برای ناحیه‌ای از جاده که در آن قرار دارند بلکه برای حدود ۹۷ کیلومتر در مسیر جلوتر از مکانی که راننده مکانش را گزارش داده است، شنیده و دریافت نماید. بدین ترتیب کاربر پس از مدت کوتاهی اطلاعات آب و هوایی و شرایط جاده‌ای مورد نیاز برای تصمیم گیری را در اختیار خواهد داشت.

۲-٦-۳- ارایه اطلاعات از طریق تلفن گویا

شماره تلفن گویای اطلاعات سفر، وسیله‌ای است که با امکان دسترسی آسان، گزارش شرایط جاده و پیش‌بینی‌های ویژه آب و هوای مسیر سفر و دیگر اطلاعات مورد نیاز مسافران را در خصوص تصمیم‌گیری سفر در اختیارشان قرار می‌دهد. شکل (۲-١٤) نمونه‌هایی از شماره تلفن گویا جهت دریافت اطلاعات وضعیت جاده را نشان می‌دهد. این سامانه به سامانه جهانی اطلاعات مسافران نیز متصل می‌گردد.

شکل (۲-١٤) نمونه‌ای از اعلام شرایط آب و هوایی توسط تلفن گویا (حبیبی نوخندان، ١٣٨٤)

کاربران با استفاده از تلفن‌های همراه[1] و یا تلفن‌های ثابت و با برقراری ارتباط با این سامانه قادر به برنامه‌ریزی سفر و نیز تغییر برنامه سفر در شرایط آب و هوایی بد خواهند بود.

در این سامانه، برای جمع‌آوری اطلاعات آب و هوایی و شرایط جاده نیاز به استفاده از سامانه‌های متنوع و تکنولوژی‌های پیشرفته می‌باشد. این سامانه می‌تواند اطلاعات مورد نیاز خود را از طریق شبکه سنجنده‌های جاده، داده‌های ماهواره‌ای، رادارهای هواشناسی، شبکه ملی آشکار سازی رعد و برق و اشخاصی که شرایط بزرگراهها را گزارش می‌دهند، بدست آورد. از دیگر امکانات آن می‌توان به انتخاب زبان، دریافت گزارش‌های ترافیکی، دادن اطلاعات به وسایل نقلیه تجاری، اطلاعات مورد نظر توریست‌ها و قابلیت دسترسی به اطلاعات سامانه فوق از طریق تارنما[2] اشاره کرد.

٢-٦-٤- ارایه اطلاعات از طریق رادیو پیام در بزرگراهها

رادیو پیام، اطلاعات مهمی را برای مسافران تهیه می‌کند؛ تا آنان بتوانند برای برنامه‌ریزی سفر خود تصمیمات بهتری بگیرند. پیام‌های آب و هوایی، شرایط جاری ترافیکی، اطلاعات عمومی ایمنی سفر از جمله اطلاعاتی است که رادیو پیام به طور شبانه روزی در اختیار مسافران قرار می‌دهد. همچنین در مسیرجاده‌ها و بزرگراهها تابلوهایی به منظور آگاهی مسافران از فرکانس این رادیوها نصب می‌شود که شکل (٢-١٥) نمونه‌هایی از این تابلوها را نشان می‌دهد.

گزارش رادیویی آب و هوایی جاده‌ها و بزرگراههای نواحی شهری و روستایی برای ارایه اطلاعات به مسافران در زمینه موضوعاتی چون برف و یخ در جاده‌ها به کار می‌رود. هدف این رادیو این است که بتواند مسافران را قبل از ورود به جاده از شرایط اضطراری آگاه سازد به‌طوری که آنان بتوانند در مورد انتخاب مسیر خود تصمیم‌گیری نمایند و نیز رانندگانی که در بزرگراه مشغول رانندگی هستند بتوانند در صورت به‌وجود آمدن شرایط اضطراری، از مسیر بحرانی خارج شوند.

1- Cellular Phone
2- Web Site

شکل (۲-۱۵) نمونه‌ای از تابلوهای اعلام فرکانس‌های مختلف رادیویی در بزرگراهها جهت اعلام شرایط آب و هوایی به رانندگان (حبیبی نوخندان، ١٣٨٤)

۲-٦-۵- ارایه اطلاعات از طریق رادیو و تلویزیون

علاوه بر رادیو پیام که به طور ٢٤ ساعته و شبانه روزی در روز اطلاعات آب و هوایی بزرگراه را در اختیار مسافران قرار می‌دهد، مسافران می‌توانند از طریق دیگر شبکه‌های رادیویی در جریان اطلاعات آب و هوایی قرار گیرند. تلویزیون نیز از دیگر رسانه‌های مفید برای پخش اطلاعات آب و هوایی راهها برای عده زیادی از مردم می‌باشد. شکل (۲-١٦) نمونه‌ای از یک برنامه تلویزیونی که در آن شرایط جاده‌ها از نظر هواشناسی تحلیل می‌شود را نشان می‌دهد.

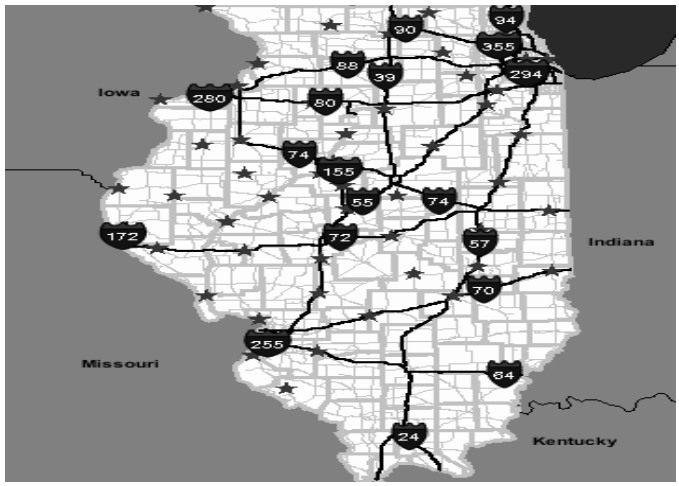
۲-٦-٦- ارایه اطلاعات از طریق اینترنت

در کامپیوترهای شخصی (PC) با دسترسی به اینترنت می‌توان اطلاعات آب و هوایی جاده‌ای را از طریق تارنمای‌هایی[1] که اطلاعات بهنگام[2] از وضعیت آب و هوایی راهها در اختیار کاربران قرار می‌دهند، بدست آورد. نمونه‌ای از اطلاعات ارایه شده از طریق تارنماها در شکل

1- Web Site
2- On-line

(۲-۱۷) آورده شده است. معمولاً این نقشه‌ها به صورت هوشمند بوده و می‌توان با فعال نمودن کلیدهای آن اطلاعات نقطه به نقطه و یا منطقه را مشخص نمود.

شکل (۲-۱۶) نمونه‌ای از نمایش تلویزیونی اطلاعات هواشناسی جاده‌ای
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸٤)



شکل (۲-۱۷) نمونه‌ای از یک نقشه که با انتخاب یک ناحیه بر روی آن می‌توان اطلاعات آب و هوایی ناحیه مورد نظر را به دست آورد (حبیبی نوخندان، ۱۳۸٤)

امروزه از طریق شبکه‌های اینترنتی از اطلاعات بسیار گسترده تا جزئی در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. این اطلاعات در همه زمینه‌ها از جمله هواشناسی جاده‌ای می‌باشد. اطلاعاتی را که می‌توان از طریق اینترنت بدست آورد به شرح زیر می‌باشد:

- اعلام وضعیت آب و هوایی راهها با استفاده از نقشه گرافیکی،
- ارایه نمای تصویری از وضعیت آب و هوایی راهها از جمله نمایش نقشه میزان دید و شرایط جوی، نقشه دما و نقشه سرعت باد و... و یا استفاده از تصاویر راداری را می‌توان نام برد،
- امکان مشاهده تصاویر وضعیت جاری جاده‌ها با استفاده از دوربین‌های کنار جاده که از طریق اینترنت و به صورت بهنگام قابل نمایش می‌باشد،
- استفاده از نقشه‌های موقعیت ایستگاه‌های سامانه اطلاعات آب و هوایی جاده‌ای، مکان‌های قرارگیری سنجنده‌ها و دوربین‌های موجود در جاده‌ها و علاوه بر آن ارایه اطلاعات موجود در آن‌ها در مورد وضعیت جاری آب و هوایی جاده به طور بهنگام بطوری که روی نقشه قابل دستیابی باشد،
- ارایه اطلاعات بهنگام از وضعیت جوی جاده‌ها از طریق پایگاه‌های اینترنتی. کاربران با دسترسی به اینترنت، امکان دریافت اطلاعات الکترونیکی را دارند. دریافت اطلاعات آب و هوایی جاده‌ای از طریق پست الکترونیکی. در بسیاری از پایگاه‌های اینترنتی این امکان برای کاربران وجود دارد تا بتوانند اطلاعات مورد نیاز خود در مورد بزرگراهها و جاده‌ها از قبیل آب و هوای نامناسب، تاخیرهای ترافیکی و دیگر رویدادهایی که بر روی سفرشان تاثیر گذار می‌باشد را از طریق پست الکترونیکی دریافت نمایند.

۲-٦-۷- ارایه اطلاعات از طریق تلفن همراه

در حال حاضر ارسال گزارش از وضعیت آب و هوایی جاده‌ای برای تلفن‌های همراه و کامپیوترهای جیبی به صورت SMS و یا MMS (تصاویر متحرک ویدیوئی و ...) وجود دارد. از

این طریق در زمان واقعی و بر اساس موقعیت جاری وسایل نقلیه، گزارشات آب و هوایی جاده‌ها در اختیار کاربران قرار داده می‌شود. شکل (۲-۱۸) نمونه‌هایی از این خدمات آب و هوایی توسط تلفن همراه نشان داده شده است.

شکل (۲-۱۸) نمونه‌ای از ارایه خدمات آب و هوایی توسط تلفن همراه (حبیبی نوخندان، ۱۳۸٤)

۲-٦-۸- ارایه اطلاعات از طریق Touch Screen

با نصب ایستگاه‌های سخت افزاری Touch Screen و نرم‌افزارهای هوشمند هواشناسی جاده‌ای در ترمینال‌های مسافربری و باربری و یا راه‌آهن و فرودگاه‌ها، می‌توان مسافران و رانندگان را راهنمایی نمود. این نرم‌افزارها که معمولاً به صورت زیبا طراحی می‌شوند به صورت ارایه نقشه و انتخاب مسیر توسط کاربر، وضعیت جاده‌های مسیر را از نظر هواشناسی مشخص می‌کند. نصب تلویزیون‌های بزرگ در ترمینال‌ها و نمایش این نوع نقشه‌ها، اطلاعات هواشناسی جاده‌ای را برای مسافران در حال انتظار ارایه می‌دهد.

۲-۷- موقعیت و تعداد ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای

تاکنون برای موقعیت یابی ایستگاه‌ها به ندرت به وضعیت چهره‌های طبیعی و ناهمواریها در میان مقیاس توجه شده است.

پروفسور دلانوی[1] (۲۰۰۳) مدیر بخش تحقیقات هواشناسی کانادا معتقد است که یک مسیر طولانی در حوالی خط ساحلی به تعداد محدودی از ایستگاه‌ها نیاز دارد. اما در نواحی که سطح آب مدام بر روی بخش‌هایی از جاده پیشروی می‌کند، مستلزم استقرار ایستگاه‌های بیشتری است. به طوریکه هر۱۰ کیلومتر یا کمتر یک ایستگاه نیاز است. در ملاحظات موقعیت‌یابی، سطوح ناهموار و کوهستانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. بویژه در دره‌های عمیق و پل‌های بزرگ وجود ایستگاه‌ها الزامی است. البته باید توجه داشت که درگردنه‌های مرتفع به خاطر فراوانی بارش برف نسبت به بقیه مسیرها و ارایه اطلاعات مناسب و دقیق به تعداد ایستگاه‌های بیشتری نیاز است.

انواع خاک‌ها و پوشش گیاهی نیز در انتخاب مکان ایستگاه اهمیت دارند. مثلاً در محدوده‌های جنگلی تنها یک ایستگاه لازم است تا تعادل بین محدوده‌های جنگلی را با محدوده‌های باز اطراف جنگل برقرار نماید.

تغییر در ویژگی خاک در طول مسیر جاده مثلا از خاک رس به ماسه و شنی می‌تواند دلیل دیگری برای استقرار و موقعیت‌یابی ایستگاه‌های بیشتر باشد. چرا که خاک‌های شنی اتلاف گرمایی بسیار بیشتری در طول شب دارند. مثال فوق به خوبی اهمیت خرداقلیم‌ها را در طول شبکه راههایی که با طبیعت‌های مختلف محصور شده‌اند نشان می‌دهد.

همانطور که قبلا نیز اشاره شد، نقشه‌برداری دمایی از بهترین روش‌های تعیین نقاط بحرانی جهت استقرار ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای است. با استفاده از این فناوری می‌توان شرایط سطح جاده را در مناطق دور از دسترس بررسی نمود.

تعداد و تراکم ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای به طور معمول وابسته به تراکم شبکه راهها و نوسانات شرایط آب وهوایی در طول مسیرهای ارتباطی است و در هر ۲۵۰ کیلومتر یک سنجنده نیاز است. نیاز به برق و خط تلفن برای هر ایستگاه ضروری است و اغلب تهیه این

1- Dellannoy

ادوات هزینه فوق‌العاده‌ای دارد. اما در آینده نزدیک با کمک گرفتن از نیروی باتری وخطوط ارتباطی ماهواره‌ای می‌توان ایستگاه‌ها را توسعه بخشید.

۲-۸- راهنمای مکان‌یابی ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای

به منظور استاندارد شدن و قابل استفاده بودن داده‌ها و مقایسه‌ها آنها استانداردی برای مکان‌یابی و استقرار هریک از ادوات ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای تعریف شده است که به طور خلاصه اشاره می‌شود:

- سطح مورد نیاز جهت استقرار ایستگاه حداقل ٤×٤ متر (در شرایط ایده‌آل ۱۵×۱۵ متر) است که می بایست پوشیده از گیاهان طبیعی (علفزار) باشد. سطوح بایر و عریان در اولویت دوم قرار دارند. ولی سطوح آسفالت وسنگفرش شده برای این کار مناسب نیستند.
- دکل و برج ادوات هواشناسی می بایست به منظور استقرار سنجنده‌ها از پایداری و استقامت مناسبی برخوردار باشند. به منظور مراقبت از رعد و برق احتمالی اتصالات زمینی الزامی است. حصارکشی در اطراف ایستگاه جهت جلوگیری از ورود دام و یا افراد مخرب الزامی است.
- فاصله برج بادسنج با هر مانعی می‌بایست ده برابر ارتفاع آن مانع باشد. البته در بعضی از شرایط حداقل فاصله ۵ برابر ارتفاع مانع را می توان درنظر گرفت.
- برج ادوات هواشناسی می‌بایست در کنار جاده مستقر باشد؛ البته به گونه‌ای که در معرض خودروهای عبوری قرار نگیرد و خطری آن را تهدید نکند.
- ارتفاع مناسب برج ادوات در حد ایده‌آل ۱/۵ متر از سطح جاده می‌باشد.
- در دسترس بودن برق و خطوط ارتباط تلفن حائز اهمیت است.

در موقعیت‌یابی ایستگاه‌ها اجتناب از موارد زیر الزامی است:

- از حوضچه‌ها و منابع آبی و جویبارها فاصله بیشتری نیاز است.

– موقعیت ایستگاه طوری باشد که تحت تاثیر برف‌روب‌ها و خودروهای عبوری قرار نگیرد.
– دور از محیط‌های تجمع برف قرار داشته باشد.
– موقعیت ایستگاه در محلی باشد که نور مصنوعی، قابلیت دید را محدود نکند.
– از محدوده‌های پارک خودروها اجتناب شود.
– از مناطق مسکونی و خودروها که دارای گرمای خروجی است دور باشد.
– دره‌ها و تپه‌ها مگر اینکه آنها شرایط ویژه‌ای داشته باشند انتخاب نشوند.
– از محدوده توسعه آتی راهها اجتناب شود.

هر یک از سایت‌های ایستگاه هواشناسی جاده‌ای نیاز به شناسنامه کاملی[1] دارند که شامل موارد ذیل می‌باشد:

– طول و عرض جغرافیایی،
– ارتفاع مبنا (استخراج ارتفاع با استفاده از نقاط ارتفاعی و یا GPS)،
– توصیف فیزیکی پایگاه و نوع خاک،
– اطلاعات سنجنده‌های نصب شده و تاریخ نصب آنها،
– تاریخ بازرسی و ماموریت جهت نگهداری،
– ساختار و ساختمان جاده (آسفالت، سیمانی، ضخامت، برش، عایق‌دار بودن یا نبودن)،
– پوشش گیاهی در سطح منطقه (برای هر سمت از جاده، نوع پوشش گیاهی و ارتفاع آن)،
– تعیین زمان‌هایی که ایستگاه در طول ماه‌های زمستان در سایه قرار دارند،
– اطلاعاتی پیرامون مسئول اپراتور و نگهدارنده ایستگاه،
– تصاویر دیجیتالی از چهار جهت اصلی چشم‌انداز ایستگاه.

در صورت وجود داده‌های رقومی پایه (GIS) و اطلاعات مربوط به نقشه‌های دمای سطح جاده و خروجی پیش‌بینی‌های هواشناسی می‌توان برای صدها کیلومتر از راهها با استفاده از روش درون‌یابی وضعیت جوی و جاده‌ای را مشخص نمود.

1- Metadata

۲-۹- نگهداری مداوم سنجنده‌ها و کالیبراسیون آنها

یکی از مهمترین اقداماتی که در سامانه هواشناسی جاده‌ای بایستی مد نظر قرار گیرد؛ کنترل صحت‌برداشت اطلاعات سنجنده‌های مورد نیاز در این سامانه می‌باشد. کشورها بر اساس امکانات خودنگهداری و کنترل صحت ادوات ایستگاه‌های هواشناسی جاده (کالیبراسیون) را انجام می‌دهند. مناسبترین روش استانداردی که امروزه در این ارتباط وجود دارد؛ پروتکل MCE 2020G انگلیس و ضمائم آن می‌باشد.

سازمان حمل‌ونقل بریتانیا پروتکل MCE 2020G را در سال ۱۹۸۸ به منظورر ساخت سنجنده‌های استاندارد مورد توافق قرار داد. استاندارد بین‌المللی برای صحت سنجنده‌های جوی – جاده‌ای در برنامه COST 309 به توافق کارخانجات سازنده ادوات رسید. برنامه اجرایی ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای از ۱۵ اکتبر تا ۱۵ آوریل می‌باشد که این برنامه در مناطق کوهستانی از اول سپتامبر تا ۳۰ می اجرا می‌شود. هر دو ماه یکبار کلیه سنجنده‌ها می‌بایست کالیبره (واسنجی) شوند. این عمل قبل از شروع فصل سرما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در حال حاضر سنجنده‌های درجه حرارت به صورت اتوماتیک کالیبره می‌شوند.

۲-۱۰- هزینه- فایده سامانه اطلاعات هواشناسی جاده‌ای

برآورد و تحلیل هزینه– فایده این سامانه بسیار مشکل است. البته هزینه‌های نصب و نگهداری سامانه هواشناسی جاده‌ای قابل محاسبه است.

مطابق مطالعاتی که در کشور فنلاند (وزارت ارتباطات فنلاند[1]، ۱۹۸۲) و در انگلیس (تورنس، ۱۹۸۹) انجام شده به این نتیجه رسیده‌اند که فواید قابل توجهی از نصب این سیستم‌ها حاصل گردیده است.

از مهمترین فواید این سامانه می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود (پیسانو[2]، ۲۰۰۲):

– تعیین زمان دقیق آغاز و پایان راهداری زمستانی،

1- Ministry of Communication, Finland
2- Pisano

- اطلاع‌رسانی نحوه راهداری و کنترل ترافیک سالانه،
- بیان نیاز به هشدار و حتی ممانعت از حرکت رانندگان در طول مسیرهای ارتباطی،
- هشدار بلایای جوی جاده‌ای به صورت اتوماتیک،
- تهیه اطلاعات از دمای سطح جاده در نقاط معین،
- قابلیت نصب شبکه پخش نمک در موقعیت‌های بحرانی با استفاده از اطلاعات جوی- جاده‌ای،
- قابلیت نصب شبکه روشنایی در مناطق مخاطره‌آمیز و با کاهش دید و کنترل آن از طریق ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای،
- تهیه داده‌های اقلیمی از وضعیت منطقه جهت برنامه‌ریزی دقیق در برابر کولاک برف،
- مهیا نمودن اطلاعات سفر برای عموم،
- سرویس‌های راهداری زمستانه موثر،
- کاهش زمان سفر،
- کاهش تعداد تصادفات،
- به حداقل رساندن خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف نمک در سطح جاده‌ها.

۲-۱۱- وضعیت هواشناسی جاده‌ای در ایران

مشکلات و نارسایی‌های طبیعی در محدوده بعضی از گذرگاه‌های جاده‌ای، بویژه در فصل زمستان از موارد قابل مطالعه و بررسی در زمینه علوم هواشناسی می‌باشد. تردد در بعضی از جاده‌ها و گذرگاه‌های سردسیری در ایران به صورت یک مشکل حاد درآمده که برای رفع این بحرانها، مطالعات هواشناسی جاده‌ای مناسب با مقتضیات این موضوع تشخیص داده شده است. با مطالعه شرایط ویژه جوی و اقلیمی و جغرافیایی این گذرگاه‌های جاده‌ای، می‌توان مواردی را به صورت یک الگو در جمیع جهات اقلیمی این مناطق مشخص و تدوین نمود. البته طبیعت این گذرگاه‌ها دارای عوامل ناشناخته و مجهول هواشناختی می‌باشد. با مطالعه و بررسی و تحقیق و کسب تجربه می‌توان به نکات کلی حاکم بر اوضاع و احوال شرایط اقلیمی و جغرافیایی این نقاط

که مطمئنا یکسان نمی‌باشند، پی برد. معمولا کلیه پیامدهای طبیعی از قوانین مخصوص به خود پیروی می‌نمایند و مطیع قوانین مسلم علمی می‌باشد. طبیعت اقلیم هر منطقه‌ای دارای عوامل ناشناخته و مجهول مخصوص به خود می‌باشند و لذا با تحقیقات و تجربه می‌توان رمزهای طبیعت اقلیم هر نقطه‌ای را گشود و چه بسا که بتوان، قوای شگرف آنرا به خدمت درآورد.

در اقصی نقاط ایران، بویژه در رشته کوههای البرز، انسانها، گذرگاه‌های جاده‌ای بوجود آورده‌اند که از نظر شناخت اقلیمی همچنان ناشناخته باقی مانده است. این مسیرهای مواصلاتی، به دلیل ارتفاعاتی که دارند، در چند ماه از سال بویژه در فصل زمستان پوشیده از برف هستند. این گذرگاه‌ها حتی در تابستان ممکن است با برف و سرما روبرو باشند. در بعضی از نقاط محدوده‌های نزدیک این گذرگاههای جاده‌ای، احتمال سقوط بهمن وجود دارد که می‌تواند در جاده‌ها خطرات جانی و مالی فراوانی به بار آورد.

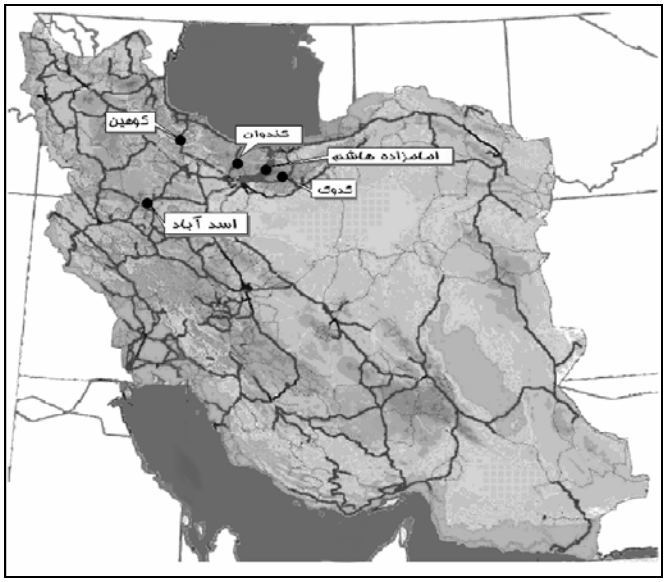
بهمن ممکن است در فصل بهار وقتی که گرمای هوا باعث آب شدن برف می‌گردد، نیز روی دهد. همچنین زمین لرزه و صداهای بلند و ناگهانی چون رعد و برق سبب سقوط بهمن می‌شود. در فصل زمستان در محدوده این گذرگاههای جاده‌ای، ریزش بهمن حوادثی بوجود می‌آورد که بازتاب وحشتناک آن موضوع روز می‌گردد. متأسفانه شناخت دلایل وقوع بهمن در این گذرگاهها هنوز در پرده ابهام باقی مانده است.

شاید خاطره‌های دردناک مربوط به فاجعه سقوط بهمن محدوده کندوان را در سال ۱۳۶۳ به یاد داشته باشیم. در این حادثه هولناک ۳۰ تن از مسافرین این گذرگاه بکام مرگ رفتند و در سال ۱۳٦٤ سقوط بهمن در جاده هراز در خاطره‌ها باقی ماند. همچنین در سال ۱۳۷٦ سقوط بهمن در محدوده آبعلی گردنه امام زاده هاشم (جاده هراز) جان جمعی از هموطنان را گرفت.

بروز حوادث گوناگون ناشی از شرایط نامساعد جوی در جاده‌ها که از مهمترین شریان‌های اقتصادی کشور محسوب می شوند، سازمان هواشناسی را بر آن داشت تا ضمن مطالعه و بررسی امکانات موجود، شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای را جهت پیش‌بینی وضعیت جوی در طول مسیر جاده‌ها و گردنه‌ها ایجاد نماید. با دریافت آمار و اطلاعات از این شبکه و آگاهی از وضعیت

جوی در طول مسیر جاده‌ها، بزرگراهها و به ویژه گردنه‌های کشور و با پیش آگاهی و پیشگیری‌های لازم، از حوادث ناگوار جلوگیری شده و یا خسارت‌های آن به حداقل خواهد رسید.

از سال ۱۳۷۸ وزارت راه و ترابری تعداد پنج ایستگاه را از شرکت بوشونگ سویس (تولیدکننده ماشین‌های راهداری زمستانه) خریداری نمود و در گردنه‌های برفگیر و کوهستانی هراز (جاده تهران- آمل)، گدوک (جاده تهران- قائمشهر)، کندوان (جاده کرج- چالوس)، کوهین (جاده قزوین- رشت) و گردنه اسدآباد (جاده همدان- کرمانشاه) نصب نمود. البته تاکنون این ایستگاه‌ها عملیاتی نشده و قابل استفاده نیستند شکل‌های (۲-۱۹) و شکل (۲-۲۰) مکان این ایستگاه‌ها و ادوات مستقر در آنها را نشان می‌دهد.



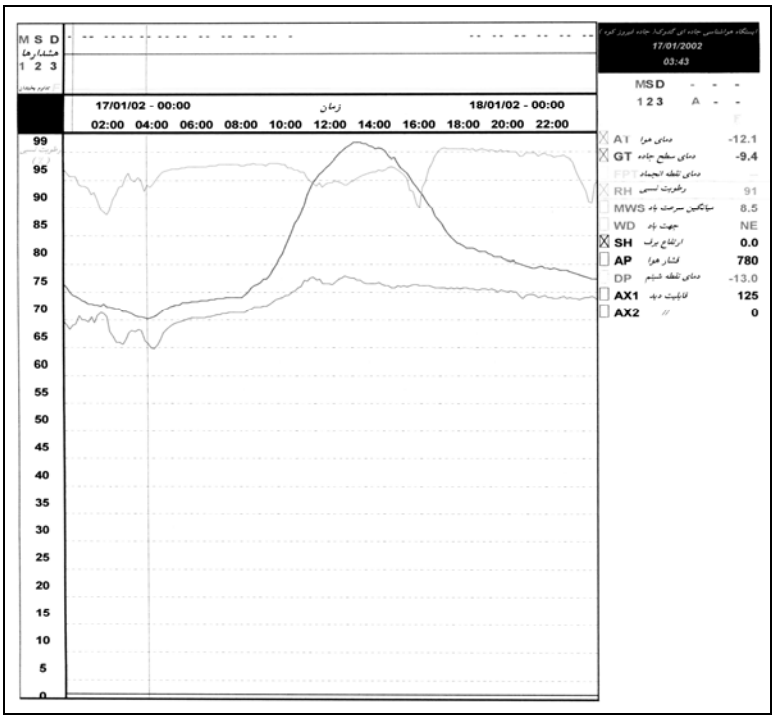
شکل (۲-۱۹) نقشه موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ایران (حبیبی نوخندان، ۱۳۸٤)

این ایستگاه‌ها به طور مجزا دارای خروجی‌هایی می‌باشند ولیکن به علت عدم اجـرای کامـل، طرح سامانه اصلی اجرا نشده است. شکل (۲-۲۱) نمونه‌ای از خروجی نرم افزار پیش‌بینی و هشدار شرایط جوی و جاده‌ای[1] مربوط به ایستگاه گدوک را نشان می‌دهد.

1- Swiss-Borma Software

شکل (۲-۲۰) تصاویری از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ایران (ایستگاه اسد آباد و گدوک)

(حبیبی نوخندان، ١٣٨٤)

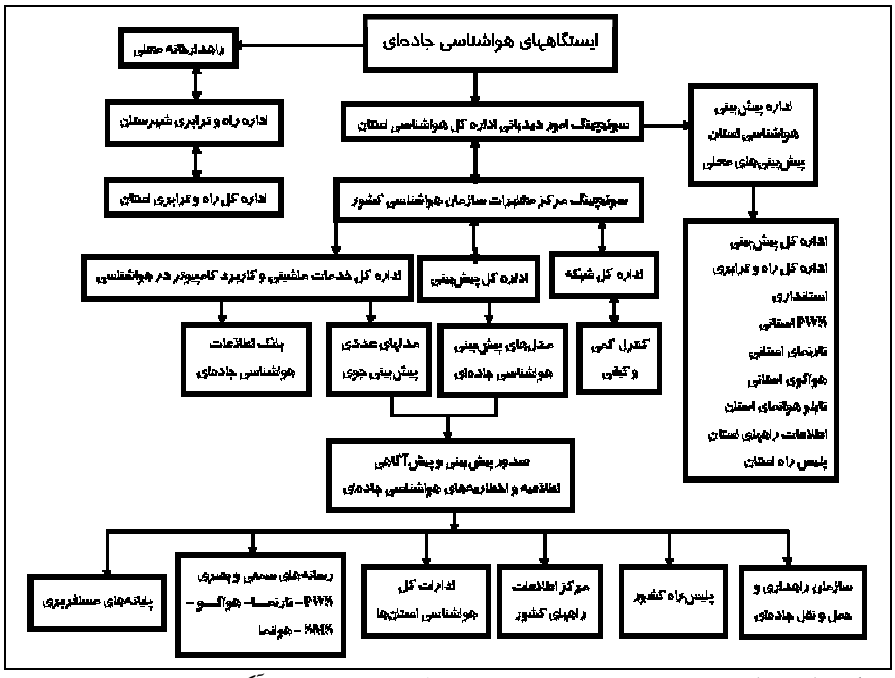


شکل (۲-۲۱) نمونه‌ای از خروجی نرم افزار هواشناسی جاده‌ای مستقر در گردنه گدوک- جاده فیروزکوه

(حبیبی نوخندان، ١٣٨٤)

۲-۱۲- ساختار سامانه اطلاع‌رسانی و پیش‌آگاهی هواشناسی جاده‌ای(پیشنهادی برای ایران)

ارایه خدمات هواشناسی و سرویس‌های آگاهی از تغییرات جوی در سامانه حمل‌ونقل از یک سو به علت ضرورت اطلاع‌رسانی و بالا بردن ضریب آگاهی مسافران و رانندگان از شرایط جاده و از سوی دیگر برای مدیران و راهداران بسیار اهمیت دارد. شکل (۲-۲۲) ساختار اصلی مورد نیاز سیستم اطلاع‌رسانی و پیش آگاهی هواشناسی جاده‌ای که همان سامانه مورد نیاز هواشناسی جاده‌ای می‌باشد را نشان می‌دهد. این ساختار نیاز به همکاری بخش‌های مختلف اجرایی کشور دارد به طوریکه چندین وزارت و سازمان و ارگان را در بر می‌گیرد. مهمترین سازمان‌ها شامل معاونت راهداری وزارت راه و ترابری، بخش‌های مختلف سازمان هواشناسی کشور، مخابرات، پلیس راه، وزارت کشور، صدا و سیما، روزنامه‌ها و ترمینال‌های مسافربری و باربری، راه‌آهن و فرودگاه‌ها می‌باشند.



شکل (۲-۲۲) چارت پیشنهادی ساختار سامانه اطلاع‌رسانی و پیش‌آگاهی هواشناسی جاده‌ای
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

۲-۱۲-۱- دیده‌بانی هواشناسی جاده‌ای در استان‌ها

این مرکز جهت گردآوری پارامترهای جوی– جاده‌ای در مراکز استانها ایجاد می‌شود و با توجه به اهمیت این بخش و هماهنگی‌های که بایستی انجام دهد؛ وظیفه سنگینی را عهده‌دار خواهد شد. با توجه به تجربیات موجود و امکاناتی که در اختیار این بخش قرار خواهد گرفت؛ وظیفه زیر می‌تواند الگوی رفتاری این بخش باشد:

۱- دریافت مداوم اطلاعات و پارامترهای ایستگاه هواشناسی جاده‌ای تحت پوشش آن مرکز،
۲- کنترل کمی و کیفی اطلاعات دریافتی،
۳- ارسال اطلاعات به مرکز مخابرات هواشناسی کشور و دریافت تحلیل‌های احتمالی آنها،
٤- ارسال مداوم اطلاعات به مراکز تصمیم‌گیری محلی مانند استانداری، اداره کل راه و ترابری استان و مراکز پلیس.

پس از جمع‌آوری و مبادله اطلاعات از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای و ارسال آن به مراکز هواشناسی، تحلیل‌های مرتبط به منظور پیش‌بینی و پیش‌آگاهی‌های هواشناسی جاده‌ها می‌بایستی در مراکز هواشناسی انجام شود. این مهم در مراکز مخابرات پیش‌بینی به شرح زیر انجام می‌شود.

۲-۱۲-۲- مرکز مخابرات سازمان هواشناسی کشور

تمامی اطلاعات شبکه دیدبانی جاده‌ای هر یک از استانها و اطلاعات به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی کشور، دریافت تصاویر و اطلاعات از ماهواره‌ها و همچنین اطلاعات به دست آمده از شبکه GTS[1] و RTH[2] به این مرکز ارسال می‌گردد. اطلاعات گردآوری شده در سطح کشور به اداره کل پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور، اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی و اداره کل شبکه فرستاده می‌شود. این ارتباطات از طریق سامانه‌های VSAT[3]، Modem، GSM و UHF صورت می‌گیرد.

1- Global Telecommunication Services
2- Regional Telecommunication Hob
3- Very Small Aperture Terminal

۲-۱۲-۳- اداره کل پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور

وظایف این قسمت در رابطه با سامانه هواشناسی جاده‌ای به شرح زیر می‌باشد:

۱- دریافت مداوم اطلاعات از مرکز مخابرات هواشناسی کشور،

۲- اجرای مدلهای پیش‌بینی عددی هواشناسی،

۳- اجرای مدلهای جفت شده پیش‌بینی عددی وضع هوا و هواشناسی جاده‌ای،

٤- تلفیق پیش‌بینی‌ها به منظور ارایه مناسب‌ترین پیش‌بینی برای جاده‌های کشور در مقیاس زمانی و مکانی مناسب،

۵- کنترل کیفی و کمی و همچنین بازنگری پیش‌بینی‌های انجام شده،

٦- صدور پیش‌آگاهی هواشناسی جاده‌ای و ارسال آن به مراکز زیر:

- سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور
- پایانه‌های مسافربری و باربری و هوانما
- مرکز کنترل ترافیک
- پلیس راه
- رسانه‌های گروهی
- اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی
- خدمات عمومی هواشناسی و هواگو
- تارنما
- ستاد حوادث غیرمترقبه
- مرکز اطلاعات راهها
- روزنامه‌ها
- رادیو و تلویزیون

۲-۱۲-٤- پلیس راه

وظایف این قسمت به شرح زیر می‌باشد:

۱- اجرای دستورهای دریافت شده از وزارت راه و ترابری از قبیل جلوگیری از تردد وسایط نقلیه فاقد وسایل ایمنی در هنگام بروز پدیده‌های جوی، بستن جاده‌ها در هنگام بروز سیل و ...،

۲- استقرار نیروهای امداد با همکاری سازمان هلال احمر در مسیر جاده‌ها به منظور کمک به مسافرین آسیب‌دیده،

۳- استفاده از نیروهای نظامی و بسیجی و بهره‌گیری از امکانات موجود آنها در مواقع بحرانی،

٤- جابه‌جایی وسایط نقلیه جامانده و بازگشایی جاده‌ها.

۲-۱۲-۵- رسانه‌های گروهی (سمعی و بصری)

رسانه‌های گروهی شامل تلویزیون، رادیو و روزنامه‌ها به طور ٢٤ ساعته اطلاعات وضعیت‌جوی– جاده‌ای را در اختیار مسافران قرار می‌دهند. مسافران می‌توانند از طریق شبکه‌های رادیویی‌درجریان اطلاعات وضعیت جوی – جاده‌ای قرار گیرند. تلویزیون نیز از دیگر رسانه‌های مفید جهت انتشار اطلاعات وضعیت جوی جاده‌های کشور برای عده زیادی از مردم می‌باشد.

۲-۱۲-٦- اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی

این قسمت به منظور بایگانی کلیه داده‌های به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ایجاد گردیده و وظایف آن به شرح زیر می‌باشد:

۱- دریافت مداوم داده‌ها از مرکز مخابرات هواشناسی کشور،

۲- کنترل داده‌های دریافتی از نظر درستی،

۳- پردازش داده‌های دریافتی،

٤- جمع‌آوری و بایگانی الکترونیکی تمامی اطلاعات به دست آمده از مرکز مخابرات هواشناسی کشور به منظور تهیه یک پایگاه اطلاعاتی،

٥- تهیه سالنامه اطلاعات به دست آمده از تمامی ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای کشور،
٦- ارایه داده‌ها به کاربران به منظور استفاده در پروژه‌های تحقیقاتی،
٧- تهیه بروشور، بولتن و تراکت شرایط جوی و اقلیمی جاده‌های کشور خصوصاً جاده‌های ترانزیتی.

٢-١٢-٧- خدمات عمومی هواشناسی[1] (PWS)

خدمات عمومی هواشناسی، زیر مجموعه‌ای از مرکز خدمات ماشینی بوده و شامل سامانه پیام کوتاه[2](SMS) ، تابلوهای هوانما (پیام متغیر)، سامانه هواگو (تلفن ١٣٤) Touch Screen می‌باشد. وظایف این قسمت به شرح زیر است:

ارسال گزارشات وضعیت جوی جاده‌ها برای دستگاه‌های تلفن همراه، کامپیوترهای جیبی، PCs، به صورت SMS و یا تصاویر متحرک ویدیویی. بدین طریق به صورت بهنگام و بر اساس موقعیت جاری وسایط نقلیه، گزارشهای آب و هوایی جاده‌ها در اختیار کاربران قرار داده می‌شود، بنابراین:

١- بکارگیری تلفن گویا برای دادن اطلاعات آب و هوایی جاده‌ای،
٢- نصب تابلوهای پیام متغیر خبری در کنار جاده‌ها، بزرگراهها و ترمینال‌های مهم برای آگاهی مسافران و رانندگان از وضعیت جوی جاده‌ها.

٢-١٢-٨- تارنمای سازمان هواشناسی کشور

در کامپیوترهای شخصی با امکان دسترسی به اینترنت می‌توان اطلاعات وضعیت جوی جاده‌ها را از طریق تارنماهایی[3] که اطلاعات روی خطی[4] را از وضعیت آب و هوایی راهها در اختیار کاربران قرار می‌دهند، بدست آورد.

1- Public Weather Service
2- Short Message Service
3- Web Site
4- On-line

در بسیاری از تارنماها این امکان برای کاربران وجود دارد تا بتوانند اطلاعات مورد نیاز خود در مورد جاده‌ها و بزرگراهها (از قبیل آب و هوا، تأخیرهای ترافیکی و دیگر رویدادهایی که بر روی سفرشان تاثیر گذار می‌باشد) را از طریق پست الکترونیکی دریافت نمایند.

۲-۱۲-۹- مرکز اطلاعات راههای کشور

یکی از سرویس‌های موجود برای اطلاع رسانی وضعیت آب و هوای جاده‌ای به کاربران، سامانه پیشرفته مرکز اطلاعات راهها از طریق تلفن می‌باشد. تمرکز این سامانه روی مسافران و رانندگان وسایط نقلیه عمومی و تجاری می‌باشد و اطلاعاتی را که برای مسافران با ارزش بوده و می‌تواند در تصمیم‌گیری سفرشان بکار آید را در اختیارشان قرار می‌دهد.

مسافران پس از برقراری تماس از طریق تلفن و پاسخگویی به ۳ یا ٤ سؤال در مورد موقعیتشان، با توجه به مسیر سفر خود می‌توانند گزارش شرایط ویژه سفر و پیش‌بینی‌های آب و هوایی مربوطه را نه فقط برای ناحیه‌ای از جاده که در آن قرار دارند بلکه برای حدود ۵۰ کیلومتر درمسیر جلوتر از مسیر فعلی را، شنیده و دریافت نمایند. بدین ترتیب کاربر پس از مدت کوتاهی اطلاعات آب و هوایی و شرایط جاده‌ای مورد نیاز برای تصمیم گیری را در اختیار خواهد داشت.

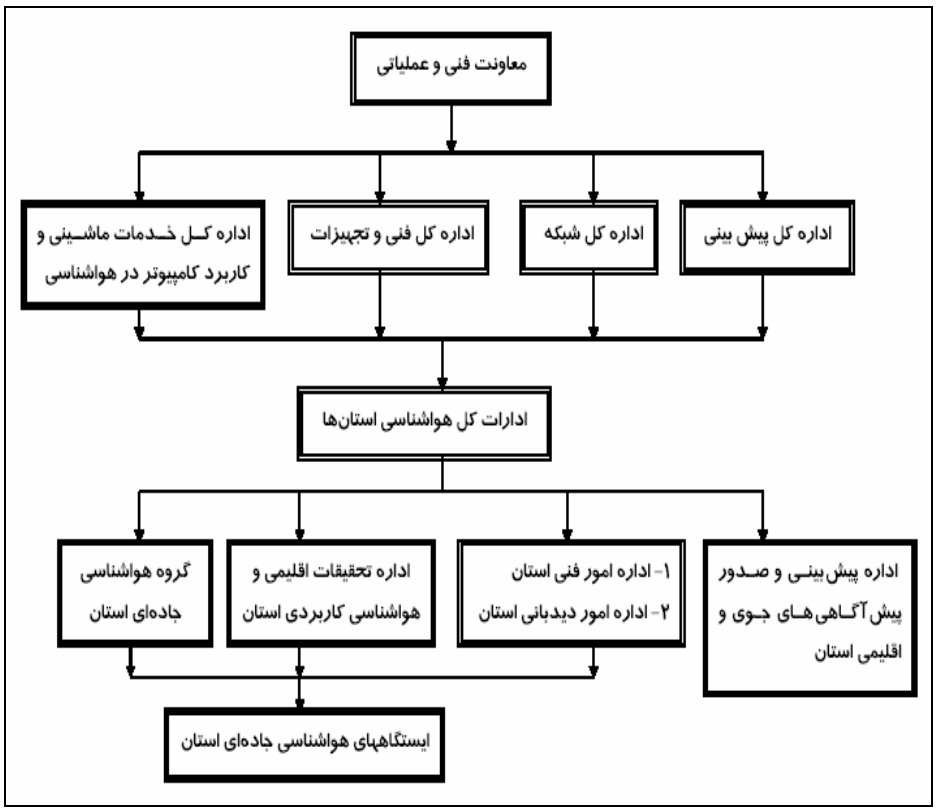
۲-۱۳- ساختار سازمانی شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای (پیشنهادی برای ایران)

شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای مولفه‌ای از سامانه هواشناسی جاده‌ای می‌باشد که خود بایستی دارای ساختاری مشخص با وظایف و محدوده اختیارات اجرایی مناسب باشد.

ساختار سازمانی شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای را می‌توان به بخش‌های زیر تقسیم نمود، البته پیشنهاد می‌گردد که ساختار سازمانی هواشناسی جاده‌ای پس از تعیین شبکه و بر حسب تعداد ایستگاه و حجم کار تعریف گردد. شکل (۲-۲۳) ساختار سازمانی پیشنهادی شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای را نمایش می‌دهد.

۲-۱٤- مکان‌یابی ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در محورهای سه‌گانه تهران- کرج (پروژه ITS[1])

با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی جاده‌های کشور ایستگاه‌های مختلفی برای هواشناسی جاده‌ای مورد نیاز است. هر یک از مناطق نیاز به مطالعات مکان‌یابی دارد که در اینجا با توجه به اهمیت محورهای سه‌گانه تهران- کرج مکان‌یابی پایلوت برای این محور، بررسی و پیشنهاد می‌شود.



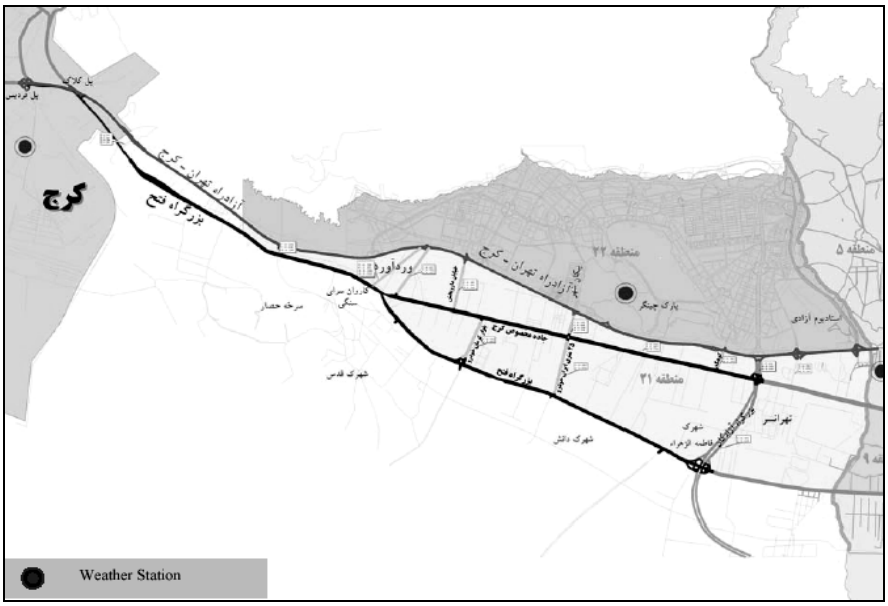
شکل (۲-۲۳) ساختار سازمانی پیشنهادی شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

1- Intelligent Transportation System

۲-۱٤-۱- بررسی وضعیت اقلیمی

در محور تهران - کرج سه ایستگاه هواشناسی مهرآباد، چیتگر و کرج وجود دارد که ایستگاه مهرآباد از نوع سینوپتیک و دو ایستگاه دیگر از نوع اقلیم شناسی می باشد. شکل (۲-۲٤) مکان هر یک از این ایستگاه‌ها را در مسیر این محور نشان می‌دهد.



شکل (۲-۲٤) موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در محور تهران- کرج

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)

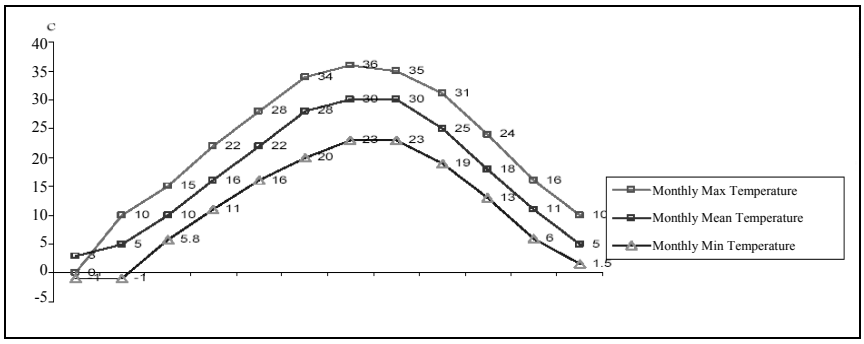
بطور کلی با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام گرفته در خصوص مکان‌یابی نصب ایستگاه هواشناسی جاده‌ای در محورهای سه گانه تهران – کرج و بر اساس تحلیل داده‌های ایستگاه‌های نصب شده و گراف‌های ترسیم شده در شکل‌های (۲-۲۵) الی (۲-۳۱)، نتایج زیر حاصل شده است (شکل‌های ۲-۲۵ الی ۲-۳۱).

۱- با مقایسه داده‌های مربوط به پارامترهای مختلف اقلیمی از جمله درجه حرارت، رطوبت نسبی، مقدار بارش، تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای برفی و تعداد

روزهای یخبندان در این سه ایستگاه می‌توان گفت به استثنای میانگین دمای حداقل ایستگاه کرج که از دو ایستگاه دیگر کمتر می‌باشد، سایر پارامترها شباهت زیادی با یکدیگر دارند.

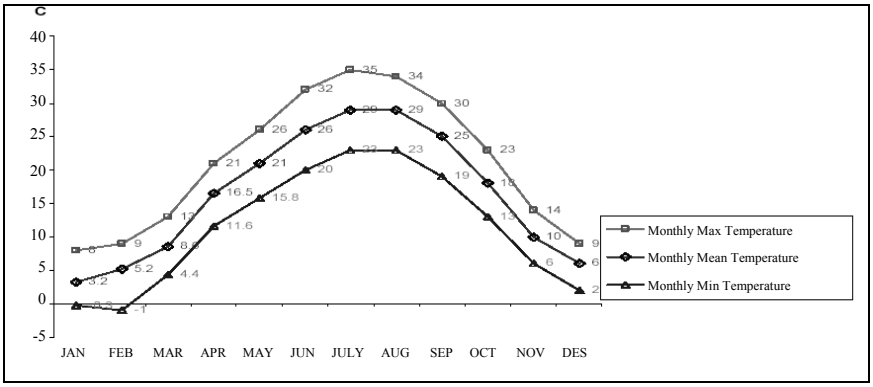
۲- در محدوده مورد مطالعه، اقلیم یکسانی حکمفرما می‌باشد.

۳- ارتفاع بیشتر ایستگاه کرج از سطح دریا و نزدیکی آن به جاده چالوس، علت پایین بودن میانگین دمای حداقل در ایستگاه کرج و پیرو آن، تعداد بیشتر روزهای یخبندان می‌باشد.



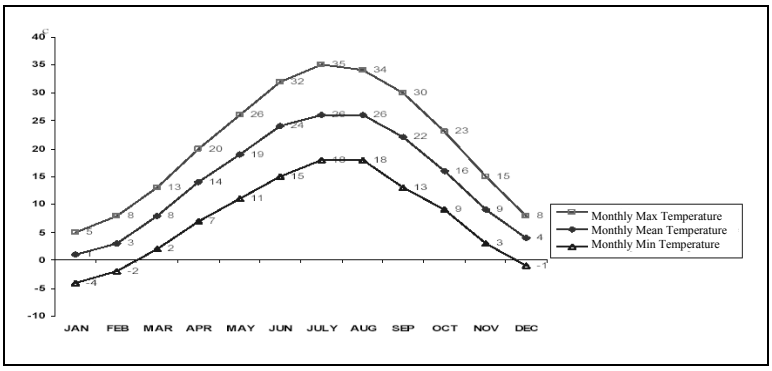
شکل (۲-۲۵) میانگین ماهانه دمای حداکثر، حداقل و مطلق ایستگاه مهرآباد(۲۰۰۰-۱۹۶۱)

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)



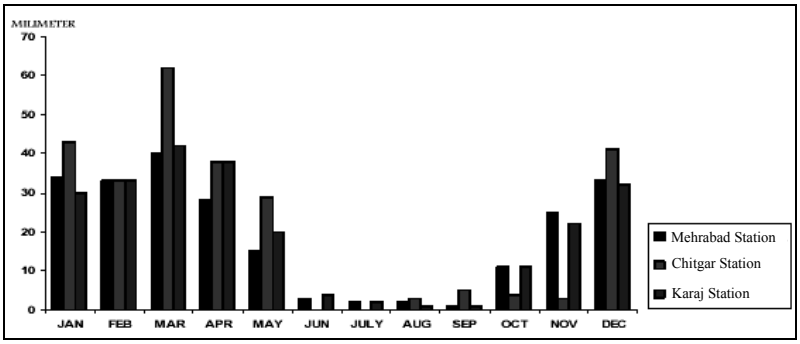
شکل (۲-۲۶) میانگین ماهانه دمای حداکثر، حداقل و مطلق ایستگاه چیتگر(۲۰۰۰-۱۹۶۱)

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)



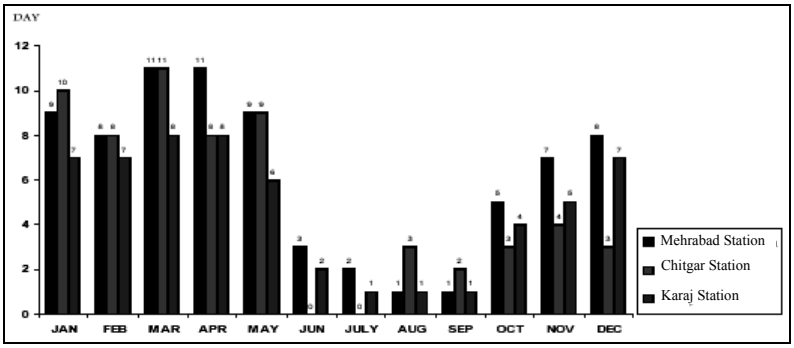
شکل (۲-۲۷) میانگین ماهانه بارش در ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر و کرج (۲۰۰۰-۱۹۶۱)

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)



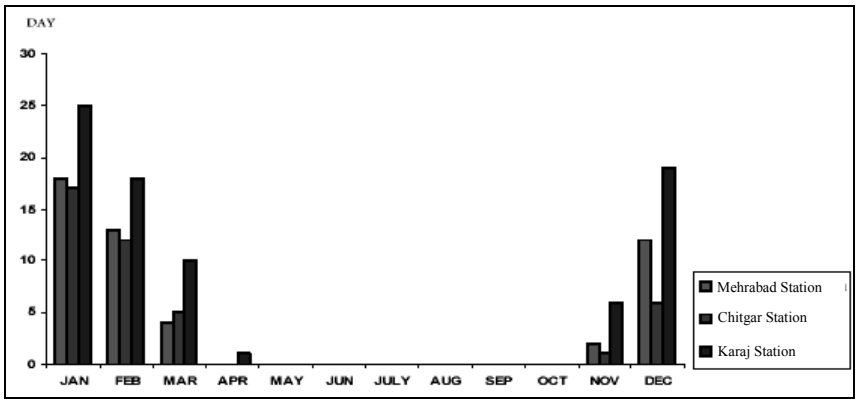
شکل (۲-۲۸) میانگین ماهانه دمای حداکثر، حداقل و مطلق ایستگاه کرج (۲۰۰۰-۱۹۶۱)

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)



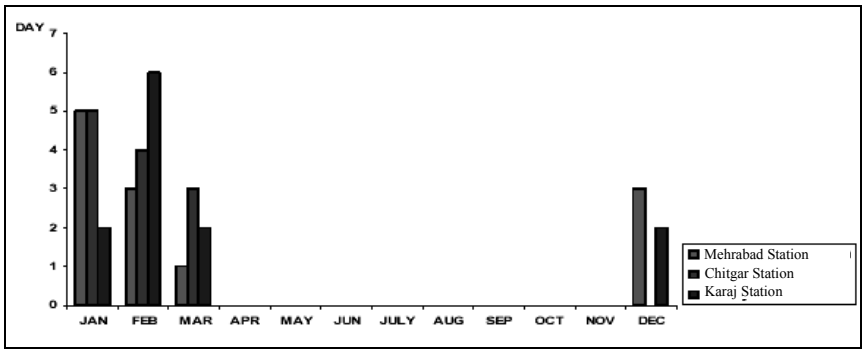
شکل (۲-۲۹) فراوانی ماهانه تعداد روزهای بارانی در ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر و کرج (۲۰۰۰-۱۹۶۱)

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)



شکل (۲-۳۰) فراوانی ماهانه تعداد روزهای یخبندان در ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر و کرج (۲۰۰۰-۱۹۶۱)

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)



شکل (۲-۳۱) فراوانی ماهانه تعداد روزهای برفی در ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر و کرج (۲۰۰۰-۱۹۶۱)

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)

با توجه به اینکه ایستگاه هواشناسی چیتگر در حد واسط این محور ارتباطی قراردارد، بهتر از ایستگاه‌های کرج و مهرآباد می‌تواند معرف اقلیم حاکم بر منطقه باشد. لذا با توجه به داده‌های بلند مدت این ایستگاه‌ها که شامل ٦٨ روز بارندگی در تمام سال، ٤١ روز یخبندان و دماهای زیر صفر درجه سانتیگراد، ۱۲ روز برفی و ۲۵۹ میلی‌متر بارندگی سالیانه می‌باشد و همچنین تاثیر این پدیده‌ها بر بخش‌های مختلف حمل‌ونقل، ضرورت نصب حداقل یک ایستگاه هواشناسی جاده‌ای با کلیه سنجنده‌های جوی و همچنین سنجنده‌های پایش وضعیت جاده ضروری به نظر می‌رسد.

۲-۱۵- بررسی مشترک آب و هوا و تصادفات

با نگاهی به نتایج حاصل از بانک اطلاعات تصادفات محور تهران– کرج نقاط خاصی از جمله تقاطع اتوبان با ایران خودرو، پل دستواره و انحرافی مترو، به عنوان نقاط حادثه‌خیز به هنگام وقوع شرایط نامساعد آب و هوایی شناسایی شده‌اند. جداول (۲-۳) و (۲-٤) و شکل (۲-۳۲) آمارهای آب و هوا و تصادفات جاده‌ای و نتایج حاصل از آنها را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۳) تعداد و درصد تصادفات با توجه به شرایط آب و هوایی مختلف

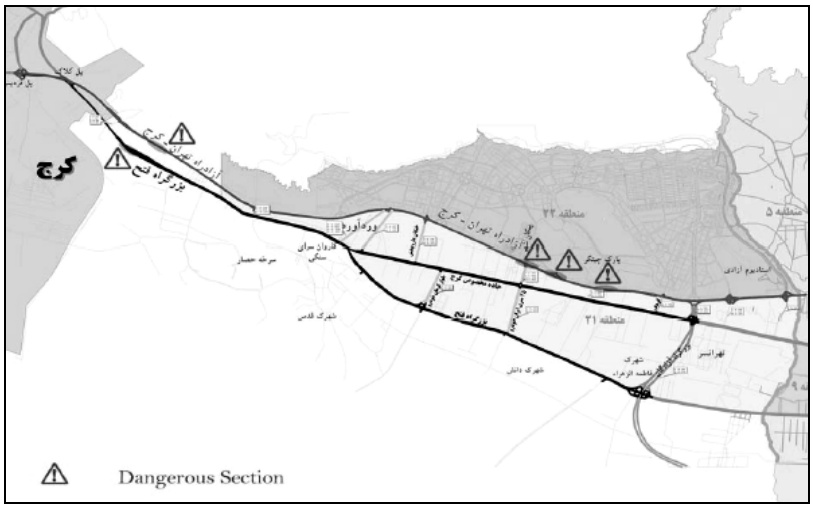
(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)

وضع هوا	تعداد تصادفات	درصد
ریزش باران	۱۸	۲/۲۵
ریزش برف	۵	۰/٦۲
ابری	۱۷	۲/۱
مه	۵	۰/٦۲
توفان	۰	۰
جمع کل	٤۵	۵/٦

جدول (۲-٤) فراوانی مکانی تصادفات با توجه به گزارش پلیس راه

(شرکت مهندسین مشاور مترا، ۱۳۸۳)

ردیف	مکان	تعداد تصادفات در وضیت‌های نامساعد جوی					مجموع
		برفی	بارانی	مه	ابری	توفان	
۱	تقاطع اتوبان ایران خودرو (واقع در آزاد راه)	۲	۷	۳	٦	۰	۱٦
۲	پل دستواره	۰	٤	۰	۷	۰	۱۱
۳	انحرافی مترو	۰	٤	۰	۰	۰	۳
٤	گرمدره	۰	۳	۲	٤	۰	۹
۵	پیکان شهر	۳	۰	۰	۰	۰	۳
٦	جمع کل	۵	۱۸	۵	۱۷	۰	٤۵



شکل (۲-۳۲) مکانهای حادثه‌خیز به هنگام وضعیت‌های نامساعد جوی در محور تهران – کرج

(شرکت مهندسی مشاور مترا، ۱۳۸۳)

با عنایت به مطالب فوق و همچنین با توجه به اینکه در طول این محور ارتباطی اقلیم یکسانی حکم فرما می‌باشد، پیشنهاد می‌شود که یک ایستگاه هواشناسی جاده‌ای در محل وردآورد بعد از پارک جنگلی چیتگر استقرار یابد؛ زیرا این مقطع می‌تواند به لحاظ وضعیت جوی معرف وضعیت اقلیمی کل محور باشد. در خصوص مکان‌یابی برای نصب سنجنده‌های هواشناسی مربوط به پایش وضعیت جاده با توجه به نتایج حاصله باید از نقشه برداری حرارتی استفاده کرد.

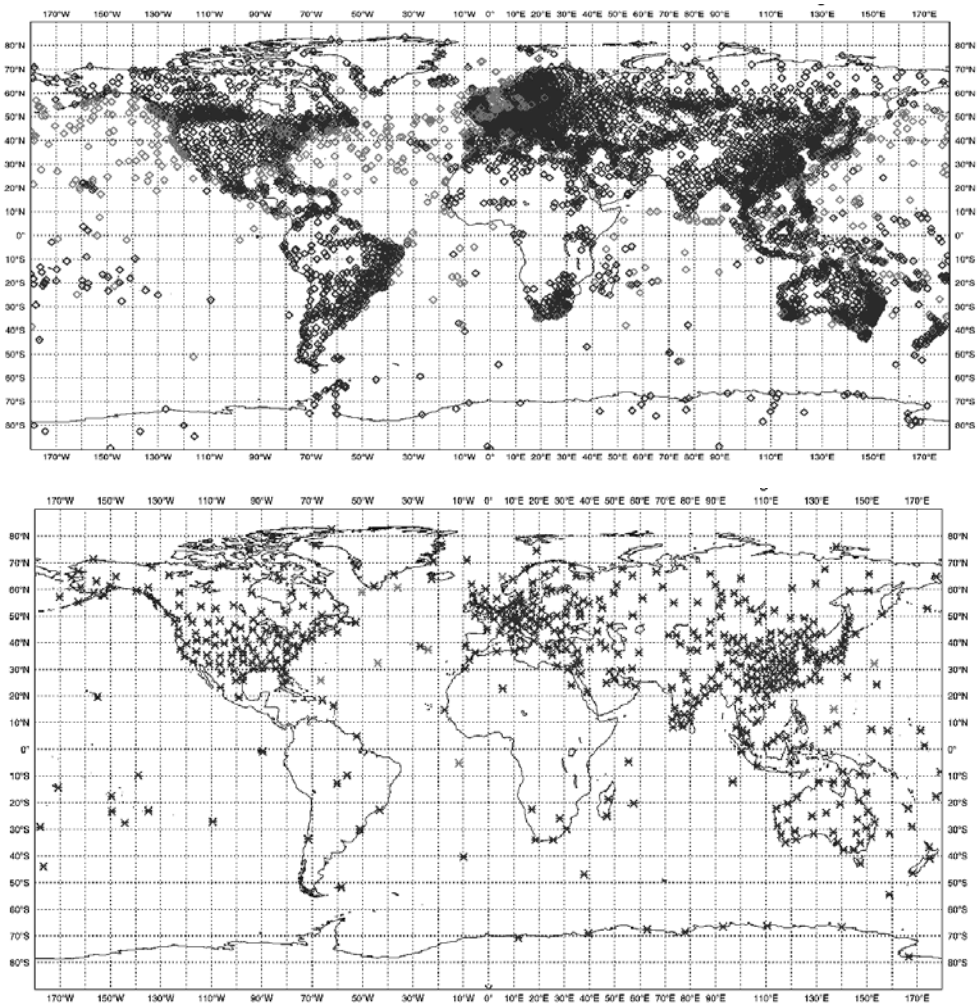
فصل سوم

پیش بینی‌های هواشناسی جاده‌ای

۳-۱- وضعیت و روند پیش‌بینی وضع هوا

با توجه به ارتباط نزدیک بین فعالیت‌های انسانی و شرایط وضع هوا، ضرورت و اهمیت پیش‌بینی‌های هواشناسی روز به روز آشکارتر می‌شود. در حال حاضر تلاش‌های گسترده‌ای در سطح جهان، جهت افزایش دقت پیش‌بینی‌های جوی صورت می‌گیرد زیرا صدور هر پیش‌بینی به موقع و صحیح، زندگی هزاران و یا میلیون‌ها انسان را تحت شعاع قرار خواهد داد. برای صدور هر پیش‌بینی علاوه بر آگاهی از وضعیت جوی حاضر آن منطقه، نیاز به اطلاعات و داده‌های هواشناسی در سطح وسیع‌تری است. برای بدست آوردن این اطلاعات شبکه‌ای از ایستگاه‌ها در سراسر جهان، دیدبانی‌ها را انجام می‌دهند. بیش از ده هزار ایستگاه خشکی و صدها کشتی در مسیر حرکت و در روی آبهای دریاها، صدها هواپیما در مسیر پروازی خود داده‌های لازم سطح زمین را چندین نوبت در روز فراهم می‌آورند. علاوه بر این در فرودگاه‌ها دیدبانی‌های نیم ساعتی نیز انجام می‌شود. رادیوسوندها، هواپیماها، ماهواره‌ها، رادارها، صودارها و لیدارها نیز جهت دیدبانی‌های جو بویژه جو بالا بکار می روند. تراکم این اندازه‌گیری در نقاط مختلف جهان بسته به نوع متغیر و وضعیت زمین متفاوت، همچنین تعداد داده‌ها در سطح زمین در مقایسه با سطوح

فوقانی جو بسیار بیشتر است. شکل (۳-۱) شبکه انواع ایستگاه‌های هواشناسی را در سطح زمین و سطوح فوقانی جو نشان می‌دهد.



شکل (۳-۱) دیده‌بانی‌های سطح زمین(a) و جو بالا(b) که به عنوان بخشی از داده‌های خام در مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸٤)

تا اواخر دهۀ ۱۹۵۰ نقشه‌های هواشناسی بوسیله دست، پلات و رسم می‌شدند. این نقشه‌ها بطور مجزا در هر مرکز پیش‌بینی تحلیل می‌شدند. پیش‌بینی‌ها با بکار بردن قوانین مربوط به سیستم‌های وضع هوا و شرایط جوی حاضر، پیش‌بینی‌های کوتاه مدت حدود بیست و چهار ساعته یا کمتر را بر اساس آهنگ یکنواخت تغییرات و حرکت سیستم‌های جوی صادر می‌کردند. در بسیاری حالت‌ها این گونه پیش‌بینی‌ها نادرست و از دقت لازم برخوردار نبودند. لذا برای رفع این مشکلات استفاده از کامپیوترهای مدرن ضروری به نظر می‌رسید. کامپیوترهای مدرن امروزی که محاسبات بسیار زیادی را در مدت زمان کوتاهی انجام می‌دهند، از ضروری‌ترین وسایل برای تحلیل داده‌ها و اجرای مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا می‌باشند.

در هر روز میلیون‌ها داده دیده‌بانی شده به مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP)[1] منتقل شده و کامپیوترهایی با سرعت های بسیار بالا، پلات و ترسیم داده‌ها و کنتورها را روی نقشه‌های سطح زمین و جو بالا انجام می‌دهند.

امروزه مراکز منطقه‌ای و بین‌المللی برای کل جهان، پیش‌بینی وضع هوا صادر می‌کنند. مراکز مطالعاتی متعددی مدلهای پیش‌بینی وضع هوا را برای مناطق مختلف سازگار نموده و محصولات مختلفی را به کاربران خود ارایه می‌دهند، یکی از این مراکز مهم NCEP می‌باشد.

هواشناسان با توجه به الگوهای وضع هوا، این نقشه‌ها را بررسی و خطاهای احتمالی را برطرف می‌کنند و آنگاه نقشه‌های اصلاح شده برای صدور به دیگر مراکز پیش‌بینی برگشت داده می‌شود. کامپیوترها علاوه بر پلات و تحلیل داده‌ها، وضع هوا را نیز پیش‌بینی می‌کنند. پیش‌بینی روزانۀ وضع هوا که توسط کامپیوترها صورت می‌گیرد به پیش‌بینی عددی وضع هوا معروف است. شکل(۳-۲) نمونه‌ای از این نقشه‌های آماده که بین کشورها مبادله می‌شود را نشان می‌دهد.

بطورکلی نقص‌های غیرقابل رفع در مدل‌های کامپیوتری وجود دارد که دقت پیش‌بینی‌های وضع هوا را محدود می‌کند. در مدل‌های کامپیوتری ارایه شده برای پیش‌بینی وضع هوا به ناچار

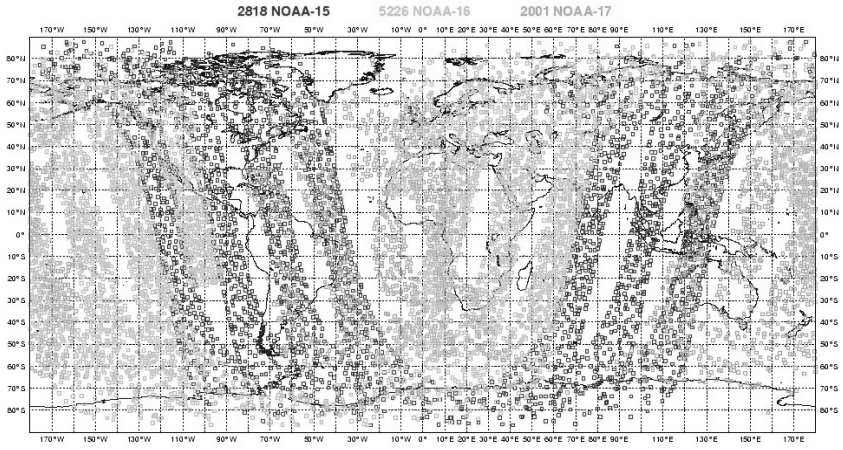
1- National Center for Environmental Prediction

فرض‌ها و تقریب‌های معینی برای جو واقعی در نظر گرفته می‌شود که این تقریب‌ها برای بعضی از موقعیت‌های سینوپتیکی درست و برای بعضی دیگر نادرست می‌باشد. در نتیجه پیش‌بینی‌های کامپیوتری در بعضی از روزها به واقعیت نزدیک و در بعضی دیگر متفاوت از حالت واقعی جو می‌باشند. بطور خلاصه پیش‌بینی‌های عددی وضع هوا ممکن است به دلایل زیر از دقت کافی برخوردار نباشند:

۱- به علت نقص مدل‌های کامپیوتری،
۲- لحاظ نشدن درست بسیاری از فرایندهای فیزیکی مربوطه بـه بـرهمکنش‌هـای سطح زمین با موقعیت‌های سینوپتیکی و سیستم‌های جوی،
۳- پراکندگی داده‌ها و خطاهای موجود در آنها،
٤- وجود رفتارهای اغتشاشی و بی‌نظمی‌های ذاتی در جو،
۵- ویژگی‌های جغرافیایی، پستی، بلندی و پیچیدگی‌های توپوگرافی خـاص کـشور نیز از دلایل عدم دقت در پیش‌بینی جوی می‌باشد.

با وجود همهٔ نقص‌ها و مشکلاتی که دقت کامل پیش‌بینی‌های عددی را محدود می‌کند، امروزه با پیشرفتی که در علم و تکنولوژی حاصل شده است؛ پیش‌بینی‌های عددی وضع هوا از دقت، اعتبار و ارزش خاصی برخوردار می‌باشند. در جدول (۳-۱) بعضی از مدل‌های کامپیوتری پیش‌بینی وضع هوا بطور مختصر نشان داده شده است. بطورکلی می‌توان مدل‌های کامپیوتری را به سه گروه اصلی طبقه‌بندی کرد. اولین گروه مدل‌های جهانی[1] هستند که برای تمام کره زمین اجرا شده و محصولات پیش‌بینی را تولید می‌نمایند. دومین گروه مدل‌های کامپیوتری، مدل‌های ملی یا منطقه‌ای[2] هستند که برای یک کشور خاص یا یک منطقه خاص اجرا می‌شوند. سومین گروه، مدل‌هایی هستند که از قدرت تفکیک بسیار بالایی برخوردارند و توسط اندازه سطح جغرافیایی که می‌توانند آنرا پیش‌بینی کنند محدود می‌شوند. این مدل‌ها برای پیش‌بینی پدیده‌های خاص (مانند توفان از جمله هاریکن‌ها) در محل‌های خاص بکار برده می‌شوند.

1- Global Models
2- Regional Models



شکل (۳-۲) دیده‌بانی‌های انجام شده (۱۰۰٤۵) در ساعت 00:00 گرینویچ ۲۰۰۳/۱۲/۹ توسط ماهواره‌های مدار قطبی که به عنوان بخشی از داده‌های خام در مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا بکار می‌روند
(مرکز پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸٤)

جدول (۳-۱) مدل‌های عددی پیش‌بینی وضع هوا (مرکز پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸٤)

Global Models (operational)	Mesoscale Models (operational)	Ensemble Prediction Systems
[1]CMC	[2]AFWA, MM5	CMC
[3]ECMWF	Eta	ECMWF
NCEP GFS	[4]CMC GEM	NCEP GFS
[5]NOGAPS	[6]RUC	[7]NCEP SREF
[8]UKMET		NOGAPS

1- Canadian Meteorological Center
2- Air Force Weather Agency State /NCAR Mesoscale Model 5
3- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
4- Canadian Meteorological Center /Global Environmental Multiscale Model
5- Navy Operational Global Atmospheric Prediction System
6- Rapid Update Cycle
7- National Center for Environmental Prediction /Short Range Ensemble Forecasting
8- U.K. Meteorological Office

۳-۲- پیش‌بینی وضع هوا در ایران

طی سال‌های اخیر خروجی‌های مدل ECMWF که مرکز صدور پیش‌بینی‌های اتحادیه اروپا می‌باشد و نقشه‌های کمکی که با استفاده از این داده‌ها در مرکز پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور تهیه می‌گردد؛ نقش بسیار مهمی در ارتقاء دقت پیش‌بینی‌های وضع هوای ایران داشته است. خروجی‌های این مدل روی یک شبکه منظم تولید و داده‌های آن موجود می‌باشد. این داده‌ها برای ایران در منطقه‌ای موسوم به ناحیه D (۹۰°N-۲۰°N، ۹۰°E-۰°E) دریافت می‌شود. داده‌های دریافتی شامل پیش‌بینی‌های پنج روزه، به فواصل زمانی۲٤ ساعته در دو تراز (فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال) است. درجه تفکیک افقی این داده‌ها ۵ درجه می‌باشد. داده‌های دیگری نیز از مدل ECMWF با فرمت گریب (GRIB) دریافت می‌شود که این داده‌ها شامل: فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال، دما در ترازهای ۸۵۰ و۵۰۰ هکتوپاسکال، رطوبت در ترازهای ۹۵۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و۵۰۰ هکتوپاسکال، بردار باد افقی در سطح زمین و ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰، ۲۰۰هکتوپاسکال است. درجه تفکیک افقی داده‌های گریب ۲/۵ درجه و شامل پیش‌بینی‌های هفت روزه، به فواصل زمانی ۱۲ ساعته می‌باشد. درجه تفکیک افقی این پیش‌بینی‌ها کم است به علاوه یک مدل کامپیوتری هرچند که کارایی و دقت بسیار بالایی هم داشته باشد نمی‌تواند همه موقعیت‌ها و سیستم‌های جوی را به خوبی پیش‌بینی کند **(مرکز پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸٤)**.

با توجه به گام شبکه‌ای که این داده‌ها دارند و پیچیدگی توپوگرافی خاص کشور ایران، امکان پیش‌بینی سیستم‌های میان مقیاس و یا کوچکتر بسیار مشکل و دشوار است. برای رفع این مشکلات طی دو ساله گذشته سعی بر این بوده است که یک مدل منطقه‌ای که توانایی چند دامنه‌ای (آشیانه‌ای) شدن را داشته باشد در ایران عملیاتی شود. لذا با اجرای مدل منطقه‌ای مانند MM5 در ایران بسیاری از مشکلات برطرف می‌شود. مدل MM5 شرایط اولیه و داده‌های لازم

را برای برآورد اولیه از مدل AVN گرفته و سپس با توجه به طرح‌واره‌های[1] فیزیکی مناسب، اجرا می‌گردد.

۳-۳- پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای

کشور پهناور ایران با توجه به تنوع آب وهوایی و ویژگی‌های خاص جغرافیایی که دارد، تحقیقات و مطالعات جامع و پیوسته‌ای را در این خصوص می‌طلبد.

از اواسط دهه ۱۹۸۰، پیش‌بینی‌های جوی، سنجش از دور، کامپیوترها، ارتباطات مخابراتی و فناوری‌های مهندسی به عنوان ابزارهایی جهت پیش‌بینی شرایط سطح جاده بکار می‌روند.

اطلاعات بهنگام و دقیق شرایط جوی، مقدمه‌ای برای گسترش سیستم‌های پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای و به تبع آن، کاهش هزینه‌های راهداری است.

مدل‌های پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای بیشتر برای مدل‌سازی دمای سطح جاده به کار می‌روند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به مدل تورنس[2] از دانشگاه بیرمنگام و مدل U.K. MET اشاره نمود. در تمامی مدل‌های به کار رفته در پیش‌بینی یخبندان سطح جاده‌ها، دو نوع خطا مشاهده می‌شود:

- خطای نوع اول: یخبندان پیش‌بینی نمی‌شود ولی در عمل یخبندان اتفاق می‌افتد (خطر وقوع تصادفات).
- خطای نوع دوم: یخبندان پیش‌بینی می‌شود ولی در واقع این امر رخ نمی‌دهد (مصرف بیش از حد نمک).

خطر نوع اول بسیار جدی است و تقریباً ۳۳ درصد از خطاها در پیش‌بینی از نوع اول است. به همین منظور هدف اصلی به حداقل رساندن این دو نوع خطاست. تحقیقات بیشتر، مدل پیش‌بینی یخبندان جاده‌ای را توسعه بخشیده است. یخبندان در این مفهوم عبارتست از افت دمای

1- Scheme
2- Thornes (1985)

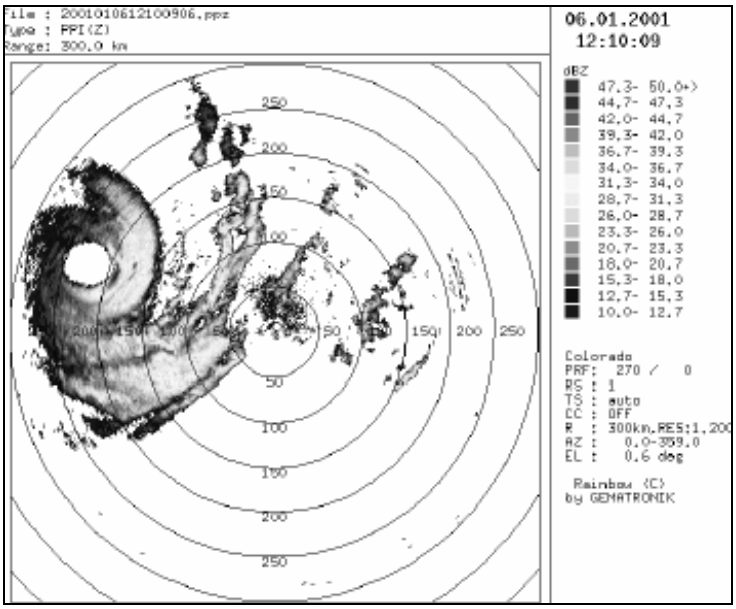
سطح جاده به زیر صفر درجه سانتی‌گراد و دراین زمان، اتخاذ تصمیم ویژه برای راهداران و رانندگان وسایل نقلیه ضروری می‌شود.

۳-۳-۱- نقش رادار در پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای

رادارهای هواشناسی ابزار اندازه‌گیری دقیقی هستند که با کمک آنها می‌توان موقعیت هر نوع هدف و یا سیستم هواشناسی را تشخیص داد. تصویری از رادارهای کار اهواز در شکل (۳-۳) نشان داده شده است. رادارهای داپلری قادر به تعیین شدت، مقدار و موقعیت بارش‌ها، پیش‌بینی سیل، توفان و ردیابی آن، وقوع تگرگ و صدور اخطار می‌باشند که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

شکل (۳-۳) یکی از رادارهای هواشناسی موجود در اهواز (پروژه ملی رادار، سازمان هواشناسی کشور ۱۳۸٤)

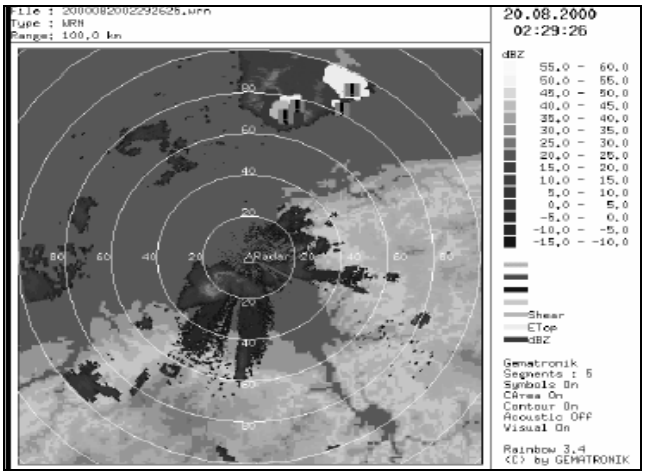
نمونه‌هایی از محصولاتی که این رادارها نمایش می‌دهند عبارتند از: شاخص موقعیت نقشه[۱]، شاخص موقعیت نقشه در عرض ثابت[۲]، هشدار[۳]، شدت بارش سطحی[٤]، برش عمودی[٥] و شاخص دامنه ارتفاع[٦] که با تحلیل این تصاویر و جمع‌آوری داده‌های رسیده می‌توان به اکثر رویدادهای هواشناسی در زمان حال و آینده پی برد و تمهیداتی جهت ایمنی بیشتر در جاده ها، ترافیک، محصولات کشاورزی، جمع آوری آبهای سطحی، بارورسازی ابرها، اخطارها و ... در نظر گرفت. در شکل‌های (۳-٤ و ۳-٥) نمونه‌ای از محصولات نمایش داده شده‌اند.



شکل (۳-٤) مقادیر بازتاب[۷] (Z) در اسکن با زاویه ارتفاعی ۰,٦ درجه

(پروژه ملی رادار، سازمان هواشناسی کشور ۱۳۸٤)

1- Plan Position Indicator (PPI)
2- Constant Altitude PPI (CAPPI)
3- Warning (WRN)
4- Surface Rainfall Intensity (SPRI)
5- Vertical Cut (VCUT)
6- Range Height Indicator (RHI)
7- Reflectivity



شکل (۳-۵) یک محصول هشدار رادار (پروژه ملی رادار، سازمان هواشناسی کشور ۱۳۸٤)

روش‌های کامپیوتری پیشرفته، هواشناسان را قادر به دستیابی به اطلاعاتی در رابطه با دیگر پارامترهای جریان هوا می‌سازد. به عنوان مثال با جستجوی باد و الگوهای بارش، می‌توان هوای نامساعد، توفانهای شدید و تورنادوها را دنبال کرد. اطلاعات جمع‌آوری شده از رادار و محصولات راداری از طریق یک شبکه گسترده قابل انتقال بوده و با ذخیره آن در یک بخش مرکزی در دسترس قرار خواهند گرفت. همچنین با ایجاد یک تیم مدیریتی که بر مبنای آگاهی از شرایط جوی نامساعد رخ داده در گذشته و حال می‌باشد، می‌توان پیش‌بینی‌های مناسب را برای فصول آینده و اخطارهای لازم را به کاربران ارایه داد. این اطلاعات قابل مشاهده در یک شبکه تارنمای[1] بوده و امکان تهیه داده‌ها برای کاربرد در مدیریت ریسک و ارتباط برای افرادی که نیاز به دسترسی به این اطلاعات دارند را فراهم می‌سازند.

یکی از حوادث مهم در جاده‌ها وقوع توفان است که با رادارها می‌توان بارندگی‌هایی را که درون توفان وجود دارد را تشخیص داده و توفان را تا مسافتهای دور دنبال کرد. همچنین می‌توان انواع چرخندها و تلاطم‌های[2] شدید و حتی ارتفاع توفان و پیش‌بینی حرکت آنها را انجام داد. این پیش‌بینی‌ها می‌تواند ساعتی بوده و آهنگ تغییر هر نوع پدیده را دنبال کند و ساعت دقیق

1- Web Site
2- Turbulences

وقوع پدیده را هم تخمین بزنند و لحظه رسیدن پدیده را به هر منطقه که در شعاع دید رادار باشد، تعیین کنند. شکل (۳-٦) نمونه‌ای از یک رادار توفان مشاهده می‌شود. پروژه بین‌المللی رادار یک طرح چندین ساله برای پوشش وسیع رادارهای داپلری دارد. اصولاً اطلاعات راداری برای پیش‌بینی‌های خیلی کوتاه مدت[1] به کار برده می‌شود. در پیش‌بینی وضع هوا، به علت بالا بردن مقیاس‌های مکانی، تفکیک پدیده‌هایی که در محدوده‌های مکانی کوچک اتفاق می‌افتد قابل مشاهده و دقت نظر نمی‌باشند. رادارها می‌توانند این نقص پیش‌بینی را برطرف نموده و پدیده‌هایی که در زمان کوتاه و در مکانی محدود شکل گرفته و در حال عمل می‌باشند را مشخص نمایند. رگبارهای شدید، وقوع توفانها، بادهای شدید از جمله مواردی است که رادارها می‌توانند آنها را ردیابی کنند.

شکل (۳-٦) نمونه‌ای از یک توفان تندری که توسط رادار شناسایی و ردیابی شده است

(پروژه ملی رادار، سازمان هواشناسی کشور ۱۳۸٤)

1- Nowcasting

از کشورهایی که در حفاظت جاده‌ها و پیش‌بینی هواشناسی و مدیریت امنیت جاده‌ای پیشرفت چشم‌گیری نموده است می‌توان به کشور کانادا اشاره نمود. بیش از ۹۵ درصد کشور کانادا تحت پوشش رادارهای هواشناسی می‌باشد. رادارها تاکنون ابزار بسیار مناسبی جهت پیش‌بینی حوادث و بلایای جوی در این کشور بوده‌اند. در حوادث جاده‌ای که اکثر آنها در اثر برف ویخ می‌باشند؛ سالانه قریب به ۳۰۰ کانادایی کشته می‌شوند و ۱۱۰۰ نفر آسیب می‌بینند.

تا کنون استفاده از داده‌های رادارهای هواشناسی، پیش‌بینی‌های دقیقی را از وضعیت هوای جاده مانند دمای هوا، سرعت باد، رطوبت، برف، یخ و ... امکان‌پذیر ساخته و این اجازه را به افرادی که نیاز به استفاده از این راهها داشته‌اند داده است تا قبل از ورود به جاده‌ها، آمادگی لازم را پیدا کنند. از این رو با توجه به تجربه کشورهای پیشرفته و الگوبرداری مناسبی از آنها و ایجاد یک مدیریت حفاظتی مناسب جاده‌ای، می‌توان از داده‌های رادارهای هواشناسی جهت بهبود پیش‌بینی و ارایه پیش‌آگاهی مناسب (با استفاده از یک بانک اطلاعاتی دقیق) برای حوادث جاده‌ای استفاده نمود.

۳-۳-۲- کاربرد مدل‌ها در پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای

گستره تحقیقات هواشناسی جاده‌ای بسیار وسیع بوده و در ارتباط با موضوعاتی چون دمای سطح جاده و لغزندگی جاده‌ای بحث می‌شود. پس از گذشت ۱۵ سال (از اولین تحقیقات پیرامون هواشناسی جاده‌ای) اقلیم‌شناسی جاده‌ای تاکید خود را بر توسعه و بهبود مدل‌های پیش‌بینی وضعیت دمای سطح جاده نهاده است. بطور مثال:

محاسبات عددی برآورد تعادل انژری یا همرفت دمایی از طریق متغیرهای هواشناسی از جمله دمای هوا، سرعت باد، رطوبت، ابرناکی و غیره صورت می‌گیرد (ریر[1] (۱۹۸۷)، پارمنتر و تورنس[2](۱۹۸۶)).

1- Rayer
2- Parmenter & Thornes

متغیرهای مورد استفاده عبارتند از دمای سطح جاده، دمای هوا، سرعت باد، جهت باد و بارش که به عنوان ورودی مدل بکار می روند (شاو و لیستر[۱] (۱۹۹٦) و جنسن[۲] (۱۹۸۵)).

برخی مدل‌ها با استناد به آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای و اندازه‌گیری‌های میدانی به برآورد رگرسیون دمای سطح جاده پرداختند(روزنبرگ[۳] ۱۹۸٤).

ایستگاه‌های اندازه‌گیری پارامترهای جوی- جاده‌ای در کنار جاده ها و در شرایط محیطی مختلف که خطر لغزندگی بسیار بالایی دارند، مکان‌یابی شده‌اند.

اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی در مدل رقومی تعادل انرژی به منظور پیش‌بینی دمای ایستگاه بکار می‌روند (نی ستن[٤] ۱۹۸۰، ریر ۱۹۸۷، تورنس ۱۹۸۹، تورنس و شاو ۱۹۹۲، بوگرن و گوستاوسون ۱۹۹٤، شاو و لیستر ۱۹۹٦، ژاکوبس و ریتز[٥] ۱۹۹٦ و ساس[٦] ۱۹۹۷).

بوگرن و همکاران (۱۹۹۲)، گوستاوسون و بوگرن (۱۹۹۳) روش دیگری به نام مدل اقلیم محلی[۷](LCM) را به منظور تشریح و پیش‌بینی نوسان‌های دما در طول جاده‌ها بکار بردند. در این مدل نقشه برداری دمایی، داده‌های جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای و نقشه توپوگرافی بکار می‌رود و در ارتباط با شرایط جوی، جاده‌ها را به بخشهای مختلف تقسیم می‌نماید. در یک الگوریتم، اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک و ایستگاه هواشناسی جاده‌ای جهت بررسی و توزیع زمانی وضعیت غالب جوی مورد ارزیابی قرار گرفتند. اثر بادهای شدید و یا ابرناکی در میزان اختلاف دمای سطح جاده نیز مورد بررسی قرار گرفت. بیشتر مطالعات نشان دادند که تغییر در شرایط جوی احتمال بروز شرایط بحرانی در سطح جاده‌ها را افزایش می‌دهند (گوستاوسون و بوگرن ۱۹۹۰، گوستاوسون ۱۹۹۱، وود و کلارک[۸] ۱۹۹۹، بوگران و همکاران، ۲۰۰۰ پوستگارد و لیندکوسیت [۹] ۲۰۰۱).

1- Show & lister
2- Jensen
3- Roodenburg
4- Nysten
5- Jakubs & Raatz
6- Sass
7- Local Climate Model
8- Wood & Clark
9- Postgurd & lindqvist

۳-۳-۲-۱- مدل برون یابی

یکی دیگر از روش‌های ارزیابی شرایط بحرانی، اسفاده از مدل برون‌یابی است. این کار از طریق نقشه‌برداری دمایی از سطح جاده انجام می‌گیرد. تورنس(۱۹۸۹) با استفاده از روش نقشه برداری دمایی از سطح جاده در وضعیت‌های مختلف جوی (شبهای بحرانی، متوسط و آرام) توانست این برون یابی را انجام دهد که برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۷۰ مطرح و مورد استفاده قرار گرفت. این فناوری جهت برآورد نوسانات فضایی دمای سطح جاده در هنگام شب در طول شبکه راهها به کار می‌رود (تورنس ۱۹۹۱).

به منظور برون‌یابی متغیرها لازم است که همه محدوده‌های جاده از نظر احتمال وقوع لغزندگی بررسی شوند.

بوگرن و همکاران[1](۱۹۹۲) و گوستاوسون و بوگرن[2] (۱۹۹۳) فرمول تجربی را به منظور برون‌یابی دما از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای برای بخش‌های مختلف جاده در شرایط متفاوت جوی بکار بردند.

۳-۳-۲-۲- چالش های بکارگیری مدل‌ها

موقعیت سنجنده‌ها اهمیت بسیار زیادی در مطالعات اقلیم‌شناسی جاده‌ای دارند. دقت پیش‌بینی‌ها نه تنها به کیفیت مدل‌ها، بلکه به دقت سنجنده‌های اندازه‌گیری نیز بستگی دارند. سنجنده‌ها می‌بایست در ارتفاع و مکان معین و مناسبی نصب شوند تا گویای وضعیت اقلیمی جاده باشند (بوگرن و گوستاوسون ۱۹۸۹).

در اینجا سوالاتی مطرح می‌شود که آیا موقعیت یک ایستگاه می‌تواند وضعیت اقلیمی جاده را نشان دهد؟ و آیا تجهیزات ثبت و اندازه‌گیری شرایط اقلیمی برای دمای سطح جاده معتبر و قابل استفاده هستند؟

1- Bogren et al
2- Gustavsson & Bogren

بنا به دلایل علمی ثبت اطلاعات اقلیمی در ایستگاه‌های هواشناسی و اقلیم شناسی در ارتفاع ۲ متری انجام می‌گیرد. با توجه به نتایج تحقیقات چن و همکاران[1] (۱۹۹۱) گرادیان دما در پروفیل نزدیک به سطح جاده در طی شرایط جوی معین بسیار بالاست. در تحقیق دیگر که به هنگام لغزندگی جاده‌ای در جریان وزش هوای گرم صورت گرفته، نشان داده شده است که اختلاف دمای زیادی بین سطح جاده و دمای لایه جو بالای سطح جاده وجود دارد (گوستاوسون و بوگرن ۱۹۹۰). هنگام بررسی دمای سطح جاده، آگاهی از وضعیت گرادیان دما در لایه جوی نزدیک به سطح در شرایط جوی مختلف بسیار اهمیت دارد. از آنجایی که اندازه گیری های دمای نقطه شبنم در سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای بر پایه اندازه‌گیری برداشت شده از ارتفاع ۲ متری است لذا اختلاف دمای بسیار زیاد در لایه پایین جو، می‌تواند باعث خطا در پیش بینی یخبندان سطح جاده گردد. بدین منظور اندازه گیری و برآورد و همچنین تحلیل مواردی چون شرایط جوی منطقه، شرایط جوی حاضر، وضعیت سطح جاده، موقع روز، بررسی اختلاف دمای بالای سطح جاده، از اهمیت ویژه‌ای دارند.

اختلاف دما در روزهای صاف و آفتابی بین جو و سطح جاده بیشتر است همچنین به هنگام عبور یک جبهه گرم در صورتی که جلوی جبهه، هوای صاف آرام باشد تغییرات دمای سطح جاده ۳/۵ ساعت آرامتر از تغییرات دمای هوا است (پوستگارد و لیندکوسیت ۲۰۰۱).

دمای سطح جاده از پارامترهای بسیار متغیری است بطوریکه در یک زمان، در طول جاده ممکن است اختلاف ۱۰ درجه سانتی گراد نیز مشاهده شود (شاو و همکاران ۱۹۹۶). عوامل متعددی بر دمای سطح جاده می‌توانند موثر باشند که در ذیل به مهمترین عوامل موثر بر دمای سطح جاده اشاره و چند مورد آن توضیح داده می‌شود:

الف- فاکتورهای محیطی،

ب- عرض جغرافیایی،

ج- ارتفاع،

1- Chen & et al

د- توپوگرافی و مورفولوژی،
ر- اثر سایه‌ای[1] (سایه گیر بودن)،
ز- فاکتور منظر دید،
م- کاربری اراضی،
ن- طرح ساختار جاده،
و- تراکم ترافیک.

الف- فاکتورهای محیطی

تورنس و شاو (۱۹۹۱) حساسیت هر پارامتر جوی را در سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای با بکارگیری اطلاعات جمع‌آوری شده مورد آزمون قرار داده بطوریکه خطاهای پیش‌بینی را بیشتر به پیش‌بینی نادرست پوشش ابر و پایداری هوا نسبت می‌دهند چرا که این عامل، بیشتر پارامترهای موثر در دمای سطح جاده را کنترل می‌کنند و در ارتباط نزدیکی با هم هستند (تورنس ۱۹۹۱، بوگران و گوستاوسون ۱۹۹۱ و لیندکوسیت۱۹۹۲). از این رو هر نوسان در دمای هوا در مقیاس محلی متاثر از فاکتورهای محیطی است که دمای سطح جاده را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

ب- عرض جغرافیایی

عرض جغرافیایی یکی از مهمترین عوامل موثر بر اقلیم و دمای سطح جاده‌ها می‌باشد. بطور مثال در اسکاتلند مقدار برف و یخبندان نسبت به دیگر نقاط بریتانیا بیشتر است (کورن فورد و تورنس۱۹۹٦). کشورهای با عرض جغرافیایی بالا، زمستان طولانی‌تری نسبت به کشورهای جنوبی دارند (تورنس۱۹۹۱). بطور خلاصه عرض جغرافیایی در میزان دریافت تابش خورشیدی نقش اساسی دارد.

1- Screening Effect

ج- ارتفاع

دمای سطح جاده با ارتفاع از سطح دریا کاهش می یابد که این مسئله متأثر از افت محیطی دما است. حداکثر مقدار افت محیطی دما ۹/۸ درجه سانتی‌گراد برای هر ۱۰۰۰ متر است که در شرایط معمول ٦/٥ درجه برای هر ۱۰۰۰ متر می‌باشد (تابونی[1] ۱۹۸۵). شاو و همکاران در سال ۱۹۹۷ به مطالعه اثر ارتفاع بر دمای سطح جاده در ایالت نوادای ایالت متحده امریکا پرداختند. آنها نشان دادند که ارتفاع اثر قابل توجهی بر دمای سطح جاده دارد اما این ارتباط بین متغیرها غیرخطی است.

د- توپوگرافی و مورفولوژی

اختلاف اندکی در توپوگرافی منطقه، موجب نوسانات زیادی در دمای هوا و دمای سطح جاده در مقیاس محلی یک مسیر جاده ایجاد می‌کند. تئوری‌های متعددی در زمینه اثر این فاکتور تبیین شده است بطور مثال کامپسون در سال ۱۹۸٦ دریافت که توربولانس انتقال انرژی در مناطق پناهگاهی(سایه) متوقف می شود و به عنوان نقاط بحرانی ایجاد دمای حداقل معرفی می‌شود.

همچنین تابونی در سال ۱۹۸۵ خطوط هم‌دمای جاده‌های کوهستانی که در پناه کوه و در مقیاس محلی واقع شده‌اند را تبیین کرد. بیشتر تئوری‌ها ممکن است اثر خرد مقیاس توپوگرافی را در توزیع دما تشریح نمایند ولی وقتی صحبت از توپوگرافی بزرگ مقیاس به میان می‌آید، بیشترین توجه به نوسان دما متاثر از باد شبانه می‌باشد.

ر- اثر سایه‌ای (سایه‌گیر بودن)

اثرات سایه‌گیر بودن سطح به معنی وجود مانعی در برابر تابش موج کوتاه ورودی خورشید در طی روز به سطح جاده می‌باشد. در نتیجه این فرآیند (عدم وجود تابش خورشیدی) دمای سطح جاده کاهش می‌یابد (بوگرن،۱۹۹۱) .

1- Tabony

ز- فاکتور منظر دید[1]

به مقدار دید آسمان در هر منطقه اطلاق می‌شود که مقدار آن بین عدد صفر و یک در نوسان است. عدد یک برای مواقعی است که سطح، هموار و هیچ مانعی جهت دید در آسمان نباشد و عدد صفر زمانی است که موانعی از جمله ساختمان‌ها و درختان و یا ارتفاعات دیواره‌ای باعث کاهش مقدار اتلاف انرژی می‌شوند (اکی ۱۹۹۲).

این فاکتور نقش بسیار مهمی در اتلاف انرژی شبانه دارد و در صورتی که مقدار آن عدد یک باشد، انرژی موج بلند دریافتی سریعاً از دسترس خارج می‌شود و سرمای شبانه جایگزین آن می‌گردد (اکی و همکاران،۱۹۹۲) بنابراین افزایش دمای هوا و دمای سطح جاده در شب هنگام در نقاطی که مقدار این فاکتور صفر باشد مورد انتظار است.

پستگارد و نوتز (2000) دریافتند که فاکتور منظر دید، حداکثر ٦١٪ از نوسانات دمای سطح جاده را در جنوب شرق سوئد تحت تاثیر قرار می‌دهد.

م- کاربری اراضی[2]

اثر کاربری زمین بر اختلاف دمای بین روستا و شهر قابل بررسی است. تغییرات در تراکم ساختمان‌ها و پوشش گیاهی تغییرات میکروکلیمایی ایجاد می‌کند به طوری که در شرایط هوای پایدار، مناطق شهری به طور معمول چندین درجه گرمتر از مناطق روستایی هستند که دلیل اصلی آن جزیره‌های حرارتی شهری می‌باشد.

۳-٤- تجربیات کشورهای مختلف در زمینه پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای

دربسیاری از کشورها پروژه‌های متعددی در رابطه با ایمنی ترافیک، در حال اجرا می‌باشد. به عنوان نمونه پروژه درایو[3] زیر نظر کمیسیون جاده‌ای اروپا تحت برنامه راندو[4] انجام می‌گردد.

1- Sky View Factor
2- Land Use
3- DRIVE
4- RANDO

در این طرح عوامل جوی و دمای اعماق خاک توسط دماسنج مقاومت الکتریکی، اندازه‌گیری می‌شود. همچنین اندازه‌گیری دمای هوا و پیش‌بینی یخ‌زدگی سطح جاده‌ها جهت چگونگی نمک‌پاشی جاده به طور دقیق مدل‌سازی می‌شود و پوشش آسمان و تشعشع در رابطه با ذوب برف یا یخ در طی روز و یخ‌زدگی مجدد در طول شب مدلسازی می‌گردد. در این کشورها شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در زمان ساخت بزرگراهها نیز در امور اندازه‌گیری و تحقیقات زیربنایی راهها شرکت دارند. در اسکاندیناوی از دستگاه‌های خودکار رایانه‌ای Milos 500 و Qfc به صورت هوانما در جاده‌ها جهت اعلام اخبار هواشناسی جاده‌ای استفاده می‌گردد. در روسیه سیستم خودکار اعلام خطر یخبندان و لغزندگی در جاده‌ها و بزرگراهها طراحی و نصب شده است. این سیستم، نظارت بر شرایط جوی در طول جاده را به عهده داشته و پیش‌بینی ۲ تا ٢٤ ساعته از تغییرات هوای سطح جاده را اعلام می‌نماید. در استرالیا سیستم اخطاردهنده خودکار، وجود مه و یخبندان در جاده‌ها و بزرگراهها را به صورت تابلوهای هوانما نمایش می‌دهد.نظر به اهمیت اطلاع‌رسانی و چگونگی وضعیت سیستم هواشناسی جاده‌ای در کشورهای مختلف و استفاده از تجربیات بدست آمده، در اینجا به وضعیت سیستم هواشناسی جاده‌ای در برخی کشورها اشاره می‌شود.

۳-٤-۱- سوئد

اداره راههای ملی سوئد(SNRA)[1] از اواخر دهه ۱۹۷۰ در سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای(RWIS)[2] شرکت فعال دارد. SNRA در حال حاضر مسئولیت ٦٦۰ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای را در این کشور بر عهده دارد. توزیع ایستگاه‌ها با تراکم جاده‌ها رابطه مستقیم دارد. در نتیجه تعداد زیادی از ایستگاه‌ها در قسمت جنوبی این کشور واقع شده‌اند. جزء اصلی این سیستم، اداره راههای ملی سوئد (SNRA) و سیستم مرکزی جمع‌آوری و پردازش اطلاعات مربوط به یخبندان سطح جاده‌ها است. طی ماه‌های سرد که از اکتبر آغاز می‌شود، داده‌ها از تمامی ایستگاه‌ها،

1- Swedish National Roads Administration
2- Road Weather Information System

هر نیم ساعت یک بار به سیستم مرکزی ارسال می‌شوند. سیستم مرکزی، داده‌ها را جمع‌آوری و پیش‌بینی‌ها را در شبکه اطلاع‌رسانی اینترنت ارایه می‌دهد. در طی زمستان، انستیتو هیدرولوژی و هواشناسی سوئد(SMHI)[1] تصاویر ماهواره‌ای و راداری را در تمامی ۲٤ ساعت روز ارسال می‌کند. بنابراین SNRA تصاویر رادار و ماهواره‌ها را در مورد تشکیل جبهه‌ها و بارش، از انستیتوی هیدرولوژی و هواشناسی سوئد (SMHI) خریداری می‌نماید. این اطلاعات نیز در شبکه اطلاع‌رسانی ارایه و در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.

هنگامی‌که اوضاع جوی و جاده‌ای بحرانی می‌شود، سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای در سوئد پیش‌آگاهی صادر می‌کند. این اطلاعات بهنگام این امکان را می‌دهد که حتی قبل از اینکه در بخشهایی از جاده، یخبندان پدیدار شود، راهداران جاده‌ها، شروع به فعالیت کنند.

از آنجایی‌که پیش‌بینی‌های هواشناسی اهمیت بسیاری در حمل‌ونقل دارند، تهیه و تحلیل و تفسیر نقشه‌های هوا چند بار در روز انجام می‌شوند. به‌طوری‌که هر سه ساعت یک بار پیش‌بینی جوی و جاده‌ای، وضعیت دمای سطح جاده برای پنج ساعت آینده را ارایه می‌کند. کاربران (راهداران و رانندگان) می‌توانند جهت اطلاع از وضعیت آب‌وهوایی جاده‌ها با مرکز اطلاعات هواشناسی جاده‌ای و مدیریت جاده‌های ملی سوئد تماس حاصل نمایند.

در سوئد سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای دارای سنجنده‌های p۱۰۰ می‌باشد که دمای آسفالت را اندازه‌گیری می‌کنند و به منظور صدور پیش‌بینی‌ها از جدیدترین تصاویر رادار استفاده می‌شود.

یکی از وظایف سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای تهیه نقشه‌های حرارتی از وضعیت سطح جاده‌هاست. این کار در وضعیت‌های مختلف آب و هوایی به منظور تشخیص مکانهایی که مستعد یخبندان هستند و به منظور تعیین مکانهای مناسب برای استقرار ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای، انجام می‌شود. اطلاعات و خدمات ارایه شده توسط SMHI به RWIS جاده‌ای عبارتند از:

1- Swedish Meteorological and Hydrological Institute

- تصاویر رادار (با فرمت JPEG)،
- گزارش‌های مکتوب پیش‌بینی‌های ٢٤ ساعته،
- تصاویر ماهواره‌ای (با فرمت JPEG)،
- نقشه‌های هوا مربوط به ساعات ٦، ١٢، ١٨ و ٢٤ (با فرمت GIF)،
- پیش‌بینی بارندگی (٠ تا ٦ ساعته)، دما (٧ساعته) و ابرناکی (٧ساعته)،
- کنترل کیفی تمام داده‌های جمع‌آوری شده در پایان هر ٢٤ ساعت در RWIS که همراه با ارایه نتایج در تارنمای هیدرولوژی و هواشناسی و امکان ارتباط مرکز اطلاعات ترافیکی با مرکز هواشناسی است.

بهنگام کردن اطلاعات هواشناسی (که آژانس‌های هواشناسی جاده‌ای دریافت می‌کنند) از حالت مداوم تا یک بار در روز متفاوت است. تصاویر رادار هر ۳۰ دقیقه، تصاویر ماهواره‌ای هر یک ساعت، پیش‌بینی‌های بارش، دمای هوا و ابر هر سه ساعت و نقشه‌های هواشناسی حدود نیمه شب و ظهر بهنگام می‌شوند.

انستیتوی هیدرولوژی و هواشناسی سوئد به داده‌های هواشناسی جاده‌ای و تارنمای مدیریت جاده‌های ملی سوئد، دسترسی دارد و متقابلاً داده‌های هواشناسی جاده‌ای ۲۵ ایستگاه را به منظور پوشش دادن مناطقی که اطلاعات هواشناسی موجود نمی‌باشد، خریداری می‌نماید. لازم به ذکر است که به منظور راهداری و امنیت تارنما برای آن دسته از اطلاعاتی که قابل دسترس برای عموم نیستند، کلمه رمز[1] وجود دارد.

داده‌های هواشناسی جاده‌ای جمع‌آوری شده توسط RWIS عبارتند از:

- دمای سطح جاده،
- دمای هوا،
- رطوبت نسبی،
- دمای نقطه شبنم،

1- Password

- سمت و سرعت باد،
- نوع بارش و مقدار آن،
- قابلیت دید (مه)،
- تصعید،
- دمای نقطهٔ انجماد،
- تصاویر دوربین (وضعیت هوای حاضر).

کشور سوئد در تلاش برای یافتن بهترین پیش‌بینی‌های راداری (مربوط به ابرناکی) است تا پیش‌بینی‌های دمای سطح جاده بهتر انجام شود.

اطلاعات جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای با استفاده ازFTP در اینترنت به مراکز هواشناسی ارسال می‌شوند (با فرمت‌های JPEG, GIF, TXT) و سپس توسط مرکز اطلاعات راهها به کاربران ارایه می‌گردند. تارنما تنها از طریق کلمه رمز و شناسه قابل استفاده است.

۳-٤-۲- دانمارک

سیستم هشدار جاده‌های لغزنده در دانمارک برای اولین بار در سال ۱۹۸۱ راه‌اندازی شد که همان زمان در اولین ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای نیز نصب گردید. در سال ۹۹-۱۹۹۸ تعداد ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای ۲۷۵ ایستگاه بود ولی تا اوایل سال ۲۰۰۳ در حدود ۳۰۰ ایستگاه در جاده‌ها و بزرگراههای این کشور نصب شده است که در فصل زمستان، اطلاعات این ایستگاه‌ها سه بار در ساعت اخذ و بررسی می‌شود و اگر دما به صفر نزدیک شود این تعداد در هر ساعت بیشتر هم می‌شود زیرا در این حالت شرایط جاده سریعاً در حال تغییر است. در فصل تابستان بررسی اطلاعات، هر ساعت یک بار انجام می‌شود. قطع ارسال اطلاعات از این ایستگاه‌ها ممکن است به خاطر خراب شدن یا در دست تعمیر بودن یا قطع ارتباط آن با مرکز باشد.

ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در شبکه جاده‌ای دانمارک، داده‌های مربوط به هواشناسی و وضعیت جاده را جمع‌آوری می‌کنند. این ایستگاه‌ها دمای سطح و زیرسطح جاده، دمای هوا، رطوبت هوا و سمت و سرعت باد را با کمک سنجنده‌هایی که در سطح جاده‌ها در محل هر ایستگاه نصب شده‌اند، اندازه‌گیری می‌کنند. سپس داده‌های جمع‌آوری شده به مؤسسه هواشناسی دانمارک[1] (DMI) ارسال می‌شوند. بر مبنای این داده‌ها و سایر اطلاعاتی که از دیگر منابع و مراجع اخذ می‌گردند مؤسسه هواشناسی دانمارک، پیش‌بینی‌هایی را در سطح ناحیه‌ای و بر پایه اطلاعات ایستگاه‌هایی که با کامپیوترهای اصلی مراکز کنترل زمستانی در ارتباط می‌باشند، ارایه می‌دهد و زمانی که شرایط جوی در حال تغییر باشد هشدارهای صوتی و تصویری به کاربران ارسال می‌گردد. این هشدارها در تارنمای http://www.dmi.dk قابل دسترس می‌باشند. علاوه بر آن دمای هوا و دمای سطح جاده در طول فصل زمستان در تارنمای http://www.vintertrafik.dk موجود می‌باشد که وضعیت جاده و فعالیتهای روزمره جاده‌ای شامل نمک‌پاشی و برف‌روبی نیز در این تارنما توصیف شده است.

در دانمارک، هیئت مدیره حمل‌ونقل جاده‌ای دانمارک(DRD)[2] توافق‌نامه‌ای با مؤسسه هواشناسی دانمارک تا سال ۱۹۸۳ داشته است. آنها یک تفاهم‌نامه مکتوب را بین اعضاء در مورد استقرار تیم هشدار یخبندان جاده‌ای در ١٤ منطقه از کشور، تهیه کرده‌اند. ارتباطات و مکاتباتی میان تمام اعضای سیستم به نام سیستم هشدار یخبندان جاده‌ای وجود دارد. مجموعه‌ای از کامپیوترها در ١٤ مرکز زمستانی نصب شده است. این کامپیوترها داده‌ها را از ایستگاه‌های ثبت اطلاعات و مؤسسه هواشناسی دانمارک دریافت می‌کنند. هدف استفاده از پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای حفظ خدمات در سطحی رضایت‌بخش در جاده‌های ارتباطی در طول ماه‌های سرد سال است. خدمات ارایه شده توسط مؤسسه هواشناسی دانمارک شامل موارد زیر می‌باشد:

- پیش‌بینی وضعیت جوی (٢٤ ساعته)
- پیش‌بینی‌های سه ساعته

1- Danish Meteorological Institute
2- Danish Road Directorate

- تصاویر راداری

اطلاعات هر ساعت به صورت مداوم به روز می‌شوند. مرکز اطلاعات ترافیکی، علاوه بر اطلاعات ترافیک، وضعیت آب و هوایی جاده‌ها را برای رانندگان بر پایه اطلاعات مرکز زمستانی و تا حدی بر پایه اطلاعات مؤسسه هواشناسی دانمارک تأمین می‌کند.

در دانمارک به منظور مدیریت جاده‌ها در نواحی که با مشکلات زمستانی مواجه هستند آژانس هواشناسی، کاربران جاده را از اطلاعات و پیش‌بینی‌های هواشناسی و شرایط جاده با استفاده از تارنمای http://www.vintertrafik.dk مطلع می‌سازد. تارنمای http://www.vintertrafik.dk، مسؤولیت همکاری و هماهنگی بین هواشناسی و حمل‌ونقل را دارد که فقط در طول زمستان قابل دسترس می‌باشد. این تارنما اطلاعات و پیش‌بینی‌هایی را دربارهٔ وضعیت جاده‌ها (ترافیک، نمک‌پاشی، یخبندان، ریزش برف) و دما (هوا و جاده) ارایه می‌دهد، این تارنما به زبان دانمارکی است.

پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای دانمارک به کمک مدل پیش‌بینی عددی HS4CAST صورت می‌گیرد. این مدل در مورد وضعیت جاده‌ای در دانمارک بر مبنای ۲۵۰ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای است که در هر ساعت، پیش‌بینی پنج ساعت آینده را ارایه می‌نمایند. در طول روزهایی با وضعیت جوی بحرانی، می‌توان تفاوت‌های شگرفی را در فواصل کم در طول مسیر جاده ملاحظه کرد. در یک چنین وضعی تنها تفاوتهای جغرافیایی مکانی نظیر کوه و پستی و بلندی و درخت و ... دخالت ندارند، بلکه خود ساختار جاده‌ها و پلها و تفاوت آنها در نقاط مختلف نیز دخالت چشمگیری دارند. مدل HS4CAST باید بین ایستگاه هواشناسی جاده‌ای و نمایشگری که مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی‌ها را نمایش می‌دهد قرار داده شود. پیش‌بینی‌هایی که براساس داده‌های سنجنده‌ها صادر می‌شوند، همانجا تجزیه و تحلیل شده و یا در یک ساختمان مرکزی که توسط ارسال کننده‌های بیشتری تغذیه می‌شود، برای پایگاه‌های الکترونیکی مختلف پیش‌بینی ارایه می‌دهند. برای دقت هر چه بیشتر در پیش‌بینی‌ها، مطالعه و تحقیق درباره وضعیت دمای جاده‌ای مورد نیاز است. بایستی توجه داشت که مطالعات هر یک از مکانها باید جداگانه انجام شود، چرا که هر الگوی جوی روش پیش‌بینی خاص خود را می‌طلبد. برای مثال، روش پیش‌بینی

۳۰ دقیقه‌ای با روش پیش‌بینی سه ساعته متفاوت است. اطلاعات ارسالی از ایستگاه کنار جاده براساس نوع هوای آن زمان طبقه‌بندی می‌شود. بدین منظور از اطلاعات طبقه‌بندی شده، ترکیب صحیح مدل‌های حرارتی یا دمایی و مدل‌های احتمالی برای پیش‌بینی استفاده می‌شود. پیش‌بینی‌های جاده‌ای معمولاً یک ساعته، سه ساعته، شش ساعته و ٢٤ ساعته صادر و اعلام می‌گردد. مدل HS4CAST به دو طریق اجرا می‌شود:

۱- در مرکز پیش‌بینی توسط یک PC که به سایتهای اندازه‌گیری ارتباط دارد، هماهنگی‌های لازم صورت می‌گیرد.

۲- در مرکز پیش‌بینی منطقه‌ای توسط یک سایت اندازه‌گیری که همان میکروکامپیوتر است، مدل پیش‌بینی جاده‌ای اجرا می‌شود.

در اینجا منظور از میکروکامپیوتر، یک میکروپروسسور است که با یک تبدیل A/D و تجهیزات ارسال اطلاعات در ارتباط است. از اینرو یک سایت دریافت و ارسال کننده اطلاعات به یک سایت پیش‌بینی تبدیل می‌شود. اطلاعات حاصل و پیش‌بینی‌های بدست آمده، می‌توانند به یک پایگاه مرکزی نیز ارسال شوند. پیشرفت‌های حاصل از HS4CAST عبارتند از:

- تعیین وضعیت دمای سطح جاده با استفاده از پیش‌بینی تمامی پارامترهای مؤثر در هواشناسی جاده‌ای میسر است.
- ایجاد فضای مناسب برای استفاده کننده نهایی کاملاً مهیا است.
- پیش‌بینی وضعیت جاده بدون استفاده از مداخله افراد صورت می‌گیرد.
- امکان استفاده از طیف وسیعی از اطلاعات حاصل از دیده‌بانی‌های مکرر برای پیش‌بینی وضعیت بارش وجود دارد.
- دیده‌بانی‌هایی که با بکارگیری الگوهای منطق فازی[1] استخراج می‌شوند و امکان استفاده از روش‌های پیش‌بینی مختلف را امکان‌پذیر می‌کند در این سامانه قابل استفاده است.

1- Fazzy Logic

- پیش‌بینی تشکیل یا چگالش یخ بر سطح جاده بدون مداخله افراد می‌تواند انجام شود.
- استفاده از مدل پیش‌بینی خودآموز که در این مدل تغییر و عکس‌العمل کلی سیستم پیش‌بینی نسبت به تغییرات بوجود آمده مورد بررسی قرار می‌گیرد. پدیده هایی چون درختها، ساختمانها و موانع و مواضع جدیدی که دور تا دور سیستم را احاطه کرده و همچنین عواملی نظیر انعکاس برف، مد نظر قرار دارد.
- برآورد خطای پیش‌بینی به صورت نمودار می‌تواند صورت گیرد.
- مقایسه پیش‌بینی‌های گذشته با شرایط در حال وقوع انجام می‌شود.
- اعلام غیرضروری بودن تجهیز ادوات و نیروی انسانی جهت یخ‌زدایی انجام می‌گردد.
- حصول اطمینان از بی‌خطر بودن جاده با پیش‌بینی‌های لازم جاده‌ای و در نتیجه کاهش تصادفات احتمالی صورت می‌پذیرد.
- پیشگیری از استفاده موادشیمیایی ضد یخ بی‌موقع و بی‌جا با توجه به مقوله اکولوژی و مسئله محیط زیست.
- کاهش احتمال وقوع صدمات در پلها با استفاده از نمک به عنوان ماده ضد یخ.
- فعال‌تر شدن سیستم هشدار سقوط بهمن.
- اطلاع رسانی سریع و جامع برای گردشگران.

بطورکلی کاهش حوادث حاصل از یخ‌زدگی سطح جاده‌ها به علت محدودیت‌های زمانی، تنها با بکار بردن سنجنده‌ها یخ میسر نیست، بلکه باید پیش‌بینی با حداقل زمان سه ساعت قبل از وقوع یخ‌زدگی انجام پذیرد. این امر با استفاده از مدلهایی که تمامی عوامل مؤثر بر دمای سطح جاده را چه در حالت خشک و چه در حالت نمناک در بردارند، میسر است.

برخی از پیش‌بینی‌های هواشناسی شهری نیاز به‌مدل سه‌بعدی دارد. درحالیکه این پیش‌بینی‌ها در حواشی شهر با مدل تک‌بعدی انجام می‌شود. بیشتر مدل‌های معمول ارزیابی کیفیت هوا نیاز به اطلاعات تک بعدی دارند. مدل سه بعدی، قادر است همچون یک شاخص پیش‌بینی وضعیت

باد، دما، رطوبت و پایداری را در مناطق شهری و روستایی، خصوصاً حالت کوهستانی و شهری با یکدیگر مقایسه کند.

۳-٤-۳- آلمان

سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای آلمان[1] (SWIS) یک پروژه مشترک میان ارگان‌های زیر است:

- وزارت حمل‌ونقل
- ۱۸ متصدی جاده‌ای در سطح ایالات و استانهای کشور
- سرویس هواشناسی آلمان[2]

پروژه در سال ۱۹۹۱ شروع شد و در ابتدا به صورت سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای در سطح ملی عمل نمود. SWIS به عنوان یک ابزار در بهبود کیفی نگهداری از جاده‌ها در فصل زمستان، مورد توجه واقع شد. هدف SWIS پیشگیری از تشکیل یخ و کوتاه نمودن زمان لغزندگی جاده‌ها تا حد ممکن است. مسؤولیت‌ها به صورت زیر توزیع می‌شوند:

- مدیر جاده محلی، مسؤول تصمیم‌گیری در مورد آب و هوا است.
- هواشناس، مسؤول پیش‌بینی وضعیت هواشناسی جاده‌ای است.

نتایج و پیامدهای این پروژه مشترک شامل موارد زیر است :

- پیش‌بینی‌ها به صورت دقیق به منظور رفع نیازهای مسؤولین حمل‌ونقل جاده‌ای انجام می‌گیرند.
- پیوندهای ارتباطی به صورت مؤثرتری ایجاد می‌شوند.
- نیازها و امکانات یکدیگر مورد شناسایی قرار می‌گیرند.

در آلمان در حدود ٤٥٠ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای در طول راهها وجود دارد. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در ابتدا به وسیله مدیر جاده محلی بر طبق تجربهٔ مکانهایی که

1- StraBenzustands und Wether informations system
2- Deustscher Wetterdinst

مستعد لغزندگی تشخیص داده شده‌اند، انتخاب می‌شود. تجارب نشان داده است که نقشه‌های پهنه‌بندی حرارتی ممکن است که به عنوان تنها روش تشخیص موقعیت ایستگاه مورد استفاده واقع شوند.

سرویس هواشناسی آلمان به یافتن نقطه دقیق برای نصب ایستگاه کمک می‌کند و موقعیتهای مناسب را به منظور دست‌یابی شبکه‌های ارتباطی مشابه که به صورت افقی و عمودی توزیع یافته‌اند، پیشنهاد می‌دهد. علاوه بر این ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در مکانهایی نصب می‌شوند که دارای خصوصیات متفاوتی با یکدیگر باشند مثلاً از لحاظ استاندارد جاده، پل‌ها و ....

ایستگاه‌ها بر طبق استاندارد SWIS مجهز و نصب می‌شوند. این استانداردها شامل:

- استانداردهای ارتباطی یکنواخت در سرویس هواشناسی آلمان، شبکه ارتباطی متصدیان جاده‌ها در سطح کشور و ارتباط میان متصدیان جاده‌ای و سرویس هواشناسی آلمان.
- یکسان کردن استانداردهایی برای تجهیزات، که به منظور به وجود آوردن داده‌های قابل مقایسه مورد استفاده قرار می‌گیرند:

الف) سنجنده‌های جوی در ارتفاع ٤ متری بر روی یک دکل نزدیک جاده نصب می‌شوند و پارامترهای زیر را می‌سنجند :

- دمای هوا
- رطوبت
- بارش
- سمت و سرعت باد
- قابلیت دید

(دلیل انتخاب ارتفاع ٤ متری به این علت است که در ارتفاع ۲ متری سنجنده‌ها به وسیلهٔ خاک و مواد افشان حاصل از ترافیک متأثر می‌شوند).

ب) نصب سنجنده‌های جاده‌ای در مرکز خطوط ارتباطی که پارامترهای زیر را می‌سنجند:

- دمای سطح جاده

- وضعیت جاده
- نمک‌پاشی (دمای یخبندان)
- دمای زیر سطح

داده‌های شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای می‌توانند به منظور تکمیل داده‌های سینوپتیکی مورد استفاده قرار گیرند. البته باید خاطر نشان کرد که ممکن است داده‌های SWIS متأثر از ترافیک سنگین بوده و با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیکی که در یک محیط سالم جمع‌آوری می‌شوند، فرق داشته باشد. داده‌های SWIS برای پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی موجود بسیار مهم بوده و مدیران جاده‌ها از آنها برای پایش وضعیت آب و هوایی موجود استفاده می‌کنند. هر دو دقیقه یکبار داده‌ها به مرکز کنترل راه و هر ۱۵ دقیقه یکبار به مرکز پیش‌بینی ناحیه‌ای هواشناسی آلمان فرستاده می‌شوند. هواشناسی آلمان داده‌های SWIS را به منظور بسط و توسعه ایستگاه‌های اقلیم شناسی و گسترش روشهای جدید پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای استفاده می‌کند.

در هفت مرکز پیش‌بینی ناحیه‌ای، گزارش‌های پیش‌بینی سرویس هواشناسی آلمان به صورت روزانه از ۱۵ اکتبر تا ۱۵ آوریل، تهیه می‌شوند. خروجی های مربوط به پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای به منظور رفع دو نیاز اساسی طراحی شده‌اند:

- برنامه پیش‌بینی یک تا سه روزه برای راهداری زمستانی به منظور برآورد تجهیزات مورد نیاز و روش بکارگیری آنها مانند مقدار و نحوه نمک‌پاشی،
- بکارگیری این گزارش ها در امر تصمیم‌گیری راهداری زمستانه جاده‌ها به صورت روزانه در دورهٔ زمانی ۲ تا ۲٤ ساعت

در این سامانه چهار نوع پیش‌بینی قابل دسترس است:

- پیش‌بینی سه روزه برای یک ایالت و انتشار آن در ساعت ۱۰ به وقت محلی و ارایه آن به صورت گزارش عمومی،

- پیش‌بینی ۲٤ ساعته عمومی برای یک ایالت در سطح کشور و انتشار آن در ساعات ۷ و ۱۱ به وقت محلی در رابطه با پارامترهایی نظیر ابرناکی آسمان، وضعیت جوی، دمای هوا، دمای سطح جاده و وضعیت جاده،
- پیش‌بینی ناحیه‌ای ۲٤ ساعته با جزئیات همراه با تحلیل سه ساعته که در ساعات ۱۰ و ۲۰ به وقت محلی گزارش می‌شوند. خروجی آن در رابطه با پارامترهایی نظیر ابرناکی آسمان، وضعیت جوی، باد و گرد و خاک، دمای هوا و دمای سطح جاده می‌باشد؛ که بر اساس مدل تعادل انرژی محاسبه می‌شوند.
- انتشار و ارایه هشدارهای کوتاه مدت ۲ تا ٤ ساعته مربوط به شرایط احتمالی بحرانی آینده مانند ریزش بارش های ناگهانی و شدید.

بر خلاف بسیاری از کشورها، پیش‌بینی دقیق ۲٤ ساعته یک مکان خاص نیست. نواحی، بر مبنای خصوصیات اقلیمی‌شان به فاصله‌های ۲۰۰ متری تقسیم‌بندی می‌شوند. در حدود ۱۷۰ ناحیهٔ پیش‌بینی در آلمان تعیین شده‌اند. تصور بر این است که پیش‌بینی وضعیت آب و هوا در یک دورهٔ ۲٤ ساعته، امری غیرممکن است. اگرچه ارزیابی های متفاوتی را در مورد سطوح جاده‌ها و پل‌ها به وسیلهٔ مدل تعادل انرژی می‌توان ارایه نمود. مسؤولین و راهداران محلی که از ویژگی‌های ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در شبکه جاده‌ای خود آگاهی دارند، قادر خواهند بود این اطلاعات را به کار برند.

در آلمان، سرویس هواشناسی آلمان یک آژانس اجرایی وابسته به وزارت راه و ترابری و مسکن و شهرسازی می‌باشد. این آژانس پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای را برای جاده‌ها در سطح فدرال و ایالات و استانهای کشور بدون دریافت هیچ هزینه‌ای ارایه می‌دهد. در نتیجه دولت فدرال هزینه‌های پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای و نگهداری ایستگاه‌ها در فصل زمستان را متحمل می‌شود. پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای سرویس هواشناسی آلمان برای جاده‌های اصلی کشور به عنوان بخشی از عملکرد به صورت منظم ارایه می‌گردند. هنوز توافق‌نامه مکتوبی از طرف وزارت راه و ترابری و مسکن و شهرسازی برای سرویس هواشناسی آلمان و همچنین هیچ

توافق‌نامهٔ اجرایی میان ایالت فدرال و هواشناسی وجود ندارد. اطلاعات، داده‌ها و دیگر خدمات ارایه شده توسط سرویس هواشناسی آلمان عبارتند از:

- پیش‌بینی میان مدت هواشناسی جاده‌ای (از ظهر یک روز تا ظهر سه روز بعد)،
- پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای به صورت ۲٤ ساعته تا ظهر روز بعد،
- پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای با جزئیات بیشتر به صورت سه ساعته برای ۲٤ ساعت شبانه روز،
- هشدار در مواقع غیر قابل انتظار در موقعیت‌های بحرانی جوی و جاده‌ای.

به روز کردن اطلاعات هواشناسی دریافت شده در مقیاسهای زیر صورت می‌گیرد:

- پیش‌بینی میان مقیاس به صورت روزانه در ساعت ۱۰ صبح،
- پیش‌بینی‌های عمومی و ناحیه‌ای به صورتی جزئی‌تر و روزانه در ابتدای هر روز،
- اعلام موقعیتهای بحرانی وضعیت جوی و غیر قابل انتظار، هر زمانی که لازم باشد.

به طور معمول در آلمان تارنمایی برای مشاهده اطلاعات توسط آژانس‌های حمل‌ونقل وجود ندارد.

سرویس هواشناسی آلمان اطلاعات زیر را برای متصدیان جاده‌ای فراهم می‌آورد:

- پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای در میان مقیاس، پیش‌بینی وضعیت هوا از ظهر تا روز بعد، همین‌طور تا ظهر روز سوم. این امر کمکی برای برنامه‌ریزی در آخر هفته می‌باشد.
- پیش‌بینی‌های عمومی هواشناسی جاده‌ای، تهیه اطلاعات در رابطه با وضعیت هواشناسی در ۲٤ ساعت آینده که تا ظهر روز بعد معتبر است.
- پیش‌بینی ناحیه‌ای هواشناسی جاده‌ای، شامل ابرناکی، بارندگی، دمای هوا، دمای سطح جاده، سمت و سرعت باد و وضعیت جاده به صورت سه ساعته برای ۲٤ ساعت آینده، که در فرم های جدولی تعیین می‌شوند.
- هشدار درباره وضعیتهای بحرانی و غیر قابل انتظار.

سرویس هواشناسی آلمان اطلاعات را به صورت متن و جدول الکترونیکی، با استفاده از خصوصیات ASCII، برای کامپیوتر مرکزی وضعیت جاده‌ها و سیستم اطلاعات هواشناسی

(SWIS) به تمام ایالتهای کشور انتقال می‌دهد. انتقال به صورت نرم‌افزاری کنترل شده، با استفاده از dial- in از طریق شبکه تلفن عمومی با تکنولوژی ISDN صورت می‌گیرد. پروتکل انتقال استاندارد، UNIX و FTP است. یکی از وظایف سیستم اطلاعات هواشناسی، فرستادن این اطلاعات از طریق کابل‌های تله ارتباطی (ارتباط از راه دور) از راههای فدرال با استفاده از پروتکل خاص به ایستگاه‌های جاده‌ها می‌باشد. مراکز راهداری کشور و ایالت با کابلهای ارتباط از راه‌دور مرتبط نیستند و اطلاعات اولیه را از کامپیوتر مرکزی SWIS به وسیلهٔ فاکس از طریق شبکه تلفن عمومی دریافت می‌کنند.

در حدود ۶۰۰ ایستگاه با سایت خاص سنجش وضعیت جوی– جاده‌ای، در شبکه راههای فدرال انتخاب شده‌اند که متغیرهای زیر را ثبت و جمع‌آوری می‌نمایند.

- دما و رطوبت نسبی،
- سمت و سرعت باد (تنها در بعضی نقاط)،
- بارندگی و دمای نقطه شبنم،
- دمای سطح جاده و وضعیت سطح راهها،
- وضعیت دما در عمق ۳۰ سانتیمتری (تنها در بعضی نقاط).

این داده‌ها در اختیار کلیه ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای است که از طریق شبکه ارتباط از راه دور فدرال در ارتباط می‌باشند.

۳-٤-٤- نروژ

اداره جاده‌های عمومی نروژ، پیش‌بینی‌های آب و هوایی و داده‌های اقلیمی را از مؤسسه‌های هواشناسی نروژ خریداری می‌کند. توافق‌نامه مکتوبی بین اداره کل جاده‌های عمومی نروژ(NPRA)[1] و مؤسسه هواشناسی نروژ(DNMI)[2] در ارتباط با تولیداتی که اداره کل جاده‌های

1- Norwegian Public Road Administration
2- The Norwegian Meteorological Institute

عمومی نروژ از مؤسسه هواشناسی نروژ خریداری می‌کند، وجود دارد. این توافق‌نامه ارتباط بین آژانس‌های حمل‌ونقل و آژانس هواشناسی را پوشش می‌دهد.

در نروژ خدمات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی شامل موارد زیر می‌باشند:

- پیش‌بینی ترسیمی (سمت و سرعت باد، بارش، دما، فشار، نقطه شبنم و پوشش ابر)،
- پیش‌بینی‌های مکتوب،
- تصاویر رادار،
- تصاویر ماهواره‌ای،
- توسعه یک شاخص زمستانی برای نروژ.

در کشور نروژ، اطلاعات رادار هر ۱۵ دقیقه، تصاویر ماهواره‌ای چهار بار در روز و پیش‌بینی‌های مکتوب و گرافیکی سه بار در روز تجدید می‌شوند. نقشه‌های هواشناسی در حدود نیمه شب و ظهر بهنگام می‌شوند. پیش‌بینی‌های بارندگی و دما و ابرناکی هر ساعت انجام می‌شود. تمام این کارها به طور مداوم صورت می‌گیرد. در این کشور برای مشاهده اطلاعات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی برای آژانس‌های حمل‌ونقل تارنمایی وجود دارد که به منظور امنیت آن، برای آن دسته از اطلاعاتی که قابل دسترس برای عموم نیستند کلمه رمز وجود دارد.

در نروژ ۱۸۰ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای در شبکه حمل‌ونقل گسترده شده‌اند. مؤسسه هواشناسی نروژ به داده‌های حدود ۱۰ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای دسترسی دارد. آنها این داده‌ها را برای کالیبره کردن و بررسی‌های گرافیکی برای این مکان‌ها به کار می‌برند. همچنین مؤسسه هواشناسی نروژ داده‌هایی از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در دو ایالت (در حدود ۲۳ ایستگاه) برای ارائه پیش‌بینی‌هایی از طریق سیستم Vaisala Ice Cast (پیش‌بینی وضعیت سطح جاده) به کار می‌برد. در این کشور تنها در دو ناحیه سیستم Ice Cast وجود دارد که دسترسی به پیش‌بینی دما و وضعیت سطح جاده و برنامه‌ریزی جهت گسترش این سیستم در سطح کشور را دارند. آنها همچنین به پیش‌بینی با استفاده ازتصاویر راداری هواشناسی امیدوارند.

مؤسسه هواشناسی نروژ، پیش‌بینی‌های هواشناسی و داده‌های اقلیم‌شناسی را به فروش می‌رساند. اداره کل راههای عمومی نروژ (NPRA) موارد زیر را از موسسه هواشناسی نروژ خریداری می‌کند:

- پیش‌بینی‌های گرافیکی برای سمت و سرعت باد، بارندگی، دمای هوا، فشار هوا، دمای نقطه شبنم و پوشش ابر،
- پیش‌بینی‌های مکتوب و گزارشها،
- تصاویر رادارهای هواشناسی،
- تصاویر ماهواره‌ای.

این تولیدات، کل کشور را تحت پوشش قرار می‌دهند و به طور منظم در طول سال تهیه می‌شوند.

اطلاعات به وسیلهٔ ماهواره برای پنج موقعیت اصلی فرستاده و سپس برای کاربران از طریق اینترانت (شبکه داخلی) انتقال می‌یابد و در تارنما ارایه می‌شود. در نروژ تارنمایی برای دستیابی به اطلاعات هواشناسی جاده‌ای در دسترس نیست. آدرس تارنمای هواشناسی نروژ http://www.dnmi.no می‌باشد.

۳-٤-۵- فنلاند

سرویس اطلاع‌رسانی هواشناسی جاده‌ای در فنلاند در زمستان ۹۸-۱۹۹۷ کار خود را آغاز نمود. این سرویس با پیش‌بینی شرایط جوی زمستان بین ماههای اکتبر تا مارس به رانندگان خدمات ارایه می‌دهد. با کمک پیش‌بینی‌های این سرویس رانندگان می‌توانند با آگاهی از شرایط جوی آینده در جاده امنیت بیشتری داشته باشند. پس از گذشت هر زمستان این سرویس مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بهترین نتیجه‌ای که از مصاحبه‌کنندگان به دست آمده است حاکی از این است که حدود ۹۰ درصد مردم با خدمات این سرویس آشنایی دارند و از آن بهره می‌برند. در این ارزیابی‌ها از دو دسته افراد جهت مصاحبه استفاده شده است: ۱- رانندگان ۲- کارشناسان.

سرویس اطلاع رسانی هواشناسی جاده‌ای به صورت مداوم با سازمان‌ها و مراکز زیر همکاری می‌کند:

- اداره کل راههای ملی فنلاند[1]،
- مرکز هواشناسی،
- سازمان مرکزی ایمنی ترافیک فنلاند،
- مرکز بیمه خودرو،
- سازمان صدا و سیمای فنلاند.

مرکز هواشناسی جاده‌ها بر اساس فاکتورهای جوی برای ۲٤ ساعت آینده پیش‌بینی می‌کند. پیش‌بینی‌های انجام شده برای بیشتر از این زمان توسط ادارات محلی صورت می‌گیرد. پیش‌بینی هواشناسی جاده‌ای از ابتدای اکتبر آغاز و سه بار در روز انجام می‌شود : صبح زود، پیش‌ازظهر و بعدازظهر. این اطلاعات برای هر ۱۹ استان فنلاند تهیه می‌شود.

سیستم اطلاعاتی هواشناسی جاده‌ای (RWIS) سه سطح را برای شرایط جاده‌های اصلی در نظر گرفته است: نرمال، ضعیف و حادثه‌خیز که بر این اساس کشور را به سه ناحیه تقسیم می‌کند. در مدل پیش‌بینی با استفاده از دوربین‌های دیجیتالی که هر یک مساحتی حدود ۲۰ مترمربع را پوشش می‌دهد پیش‌بینی ۲٤ ساعته انجام می‌گیرد.

بعد از هر زمستان مشخص شده است که در حدود ۹۰ درصد پیش‌بینی‌های انجام شده صحیح بوده است. در بررسیهای انجام شده مشخص گردیده که بیشترین میزان تصادفات در ۵ الی ۱۰ روز در سال اتفاق می‌افتد و تعداد تصادفات در این روزها دو برابر میانگین روزانه تصادفات بوده است. همچنین بررسیها نشان داده است که تأثیر فاکتور آب و هوا بر تصادفات زمانی‌که پیش آگاهی لازم داده شود به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. در مصاحبه‌ای که با کارشناسان انجام گرفت پیشنهادات زیر جهت بهبود این سرویس ارایه گردیده است:

- واژگان و اصطلاحات به کار رفته در بیان پیش‌بینی‌ها بایستی اصلاح شوند،

1- Finnish National Road Administration

- مدت پیش‌بینی افزایش پیدا کند (از ۲٤ ساعت بیشتر شود)،
- فرمت اطلاعاتی که به کاربر نشان داده می‌شود، بهبود یابد،
- دلیل بروز شرایط نامساعد جوی و رابطه آن با هشدار شرایط بحرانی جاده‌ها ارایه گردد.

از سال ۹۹-۱۹۹۸ از ۲۷۵ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای، داده‌ها در فصل زمستان هر ساعت ۳ بار، اندازه‌گیری و بررسی می‌شود و اگر دما به نزدیک صفر درجه سانتی‌گراد برسد، این تعداد در هر ساعت بیشتر هم می‌شود، زیرا در این حالت شرایط جاده سریعاً در حالت تغییر است. در فصل تابستان این بررسی و اندازه‌گیری در هر ساعت یک بار انجام می‌شود. قطع ارسال اطلاعات از این دستگاهها ممکن است به علت خراب شدن یا در دست تعمیر بودن یا قطع ارتباط آن با مرکز باشد. اطلاعات این ایستگاه‌ها گاهی اوقات ممکن است، به علت خرابی یا شکستگی یکی از سنجنده ها غلط گزارش شده باشد.

جهت و زاویه تابش خورشید به صورت روزانه بررسی می‌شود تا درجه سایه (گستره پیدایش سایه) و میزان دریافت انرژی محاسبه شود. نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از نمودارهای بررسی شده اثرات حرارتی مقایسه می‌شود. از یک مدل ساده بالانس انرژی سطحی تک بعدی، جهت شبیه‌سازی رشد جزیره حرارتی در شبهای صاف و آرام در گذشته استفاده می‌شد. از مدل مذکور در بررسی اثرات ساختمانها بر روی امواج تابشی افقی و نیز امواج با طول موج بلند و اثرات پوشش ابری استفاده می‌شود. عوامل مؤثر در حرارت سطحی جاده‌ای: باد، ابر، موقعیت، دمای طبیعی منطقه زیر جاده و .... می‌باشند. بارش برف و یخبندان در جاده‌ها اثرات ترافیکی آشکاری را به همراه دارد. شرایط و موقعیت جاده‌ها خصوصاً ازلحاظ لغزنده بودن برای رانندگان مشکلات زیادی ایجاد می‌کند و در نتیجه خطرات احتمالی را نیز افزایش می‌دهد. به منظور کاهش خطرات، ایمنی بیشتر و ترافیک کمتر یک سیستم اطلاع‌رسانی و سرویس‌دهی جامع و گسترده در جاده‌های بین‌المللی فنلاند شروع به کار کرده است. این مرکز به رانندگانی که قصد عبور از این جاده‌ها را دارند توصیه‌های جامع و لازمی را در رابطه با وضعیت هوای هر منطقه

اعلام کرده و با سرویس‌دهی به موقع و منظم احتمال بروز خطرات را تا میزان زیادی کاهش داده است.

این مرکز اطلاعات مربوط به وضعیت هواشناسی هر ناحیه، در طول ۲٤ ساعت آینده، موقعیت سطح جاده‌ها و تغییرات جوی را به طور منظم و دقیق پیش‌بینی و اعلام می‌کند. این اطلاعات به رانندگان اطمینان و آگاهی بیشتری می‌دهد. همچنین پیش‌بینی هوای هر منطقه این امکان را به رانندگان می‌دهد تا از ضد یخ مناسب همان دما استفاده کنند. مطالعات انجام شده در مورد راهداری در زمستان و همچنین در مورد مفید بودن تشخیص و کنترل دقیق پدیده‌های جوی در جاده‌ها نشان داده که این فعالیت‌ها از لحاظ ایمنی اثرات بسیار مثبتی داشته‌اند. نتایج بدست آمده از جاده آزمایشی فنلاند در خصوص کنترل آب و هوا که در سال ۲۰۰۱ میلادی انجام شد، نشان داد که هشدارهای داده شده منجر به رعایت سرعت مجاز و همچنین کاهش ترافیک جاده‌ای گردید. ولی سرمایه‌گذاری که برای این سیستم به عمل آمده بسیار بالا می‌باشد. بر اساس محاسبات انجام شده زمانی این سرمایه‌گذاری سوددهی خواهد داشت که از قیمت تکنولوژی جدید کاسته شد و به میزان ترافیک جاده‌ای افزوده گردد. سیستم اطلاع‌رسانی در مورد هواشناسی جاده‌های فنلاند از پیشرفت قابل توجهی برخوردار است. ایمنی و ترافیک روانی که امروزه در جاده‌های فنلاند به چشم می‌خورد نشانه پیشرفت و گسترش شبکه اطلاع‌رسانی هواشناسی جاده‌ای و ارایه به موقع به رانندگان است. خدمات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی فنلاند شامل موارد زیر می‌باشد:

- تهیه تصاویر ماهواره‌ای (از مؤسسه هواشناسان فنلاند)،
- ارایه محصولات پیش‌بینی آب و هوای جاده‌ها،
- نمایش نقشه‌های پیش‌بینی عمومی وضعیت جوی،
- استفاده از تصاویر راداری (از مؤسسه هواشناسان فنلاند)،
- تجزیه و تحلیل وضعیت جوی.

به روز کردن اطلاعات هواشناسی دریافت شده به صورت زیر انجام می‌گیرد:

- استفاده از اطلاعات راداری در هر ۱۵ دقیقه،

- پیش‌بینی در یک دوره سه تا نه ساعته و همچنین هنگامی که ضرورت ایجاب می‌کند.

داده‌های هواشناسی جاده‌ای جمع‌آوری شده شامل موارد زیر می‌باشد:

- اطلاعاتی از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای در رابطه با باد، دمای هوا و سطح جاده، نقطه شبنم، رطوبت، بارندگی، قدرت دید، وضعیت سطح جاده به علاوه بعضی سیگنالهایی از پلاریزاسیون و رسانایی،
- تصاویر ویدئویی از ایستگاه‌های کنار جاده در رابطه با وضعیت سطح جاده،
- آزمایش ارزیابی و اندازه‌گیری اصطکاک ماشین،
- بعضی اطلاعات پرسنل راهداری.

ادارهٔ کل جاده‌ای ملی فنلاند (Finnra) اطلاعات هواشناسی را از مؤسسه هواشناسی فنلاند (FMI)[1] و از یک شرکت خصوصی پیش‌بینی به نام خدمات هواشناسی فنلاند(WSF)[2] خریداری می‌کند.

در کشور فنلاند، برای مشاهده اطلاعات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی و ارایه به آژانس حمل‌ونقل تارنمایی وجود دارد که به منظور راهداری و امنیت تارنما برای آن دسته از اطلاعاتی که برای عموم قابل دسترس نیستند کلمه رمز دارند. تارنمای http://vip.weather.fi/tieh/demo/saapalvelu.html در کنار شبکه محلی وجود دارد ولی عمومی نیست.

۳-٤-٦- انگلستان

در انگلستان توافق‌نامه‌هایی با آژانس هواشناسی ملی به منظور ارایه پیش‌بینی‌ها و دیگر داده‌های هواشناسی وجود دارد. خدمات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی عبارتند از:

- ارایه گرافهای ویژه سایت و پیش‌بینی‌های مکتوب در ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای،

1- Finnish Meteorological Institute
2- Weather Service Finland

- پیش‌بینی ویژه سایت خودکار در ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای همراه با پیش‌بینی مکتوب برای ناحیه،
- پهنه‌بندی حرارتی (گرمایی) شبکه جاده‌های اصلی مرتبط با ایستگاه‌های هواشناسی منفرد،
- پیش‌بینی دو تا پنج روزه همراه با جزئیات پیش‌بینی عمومی برای روز بعد و سه روز آینده.

پارامترهای تعیین شده به صورت دائم به روز می‌شوند. در انگلستان به طور معمول تارنمایی برای مشاهده اطلاعات ارایه شده توسط آژانس هواشناسی برای آژانس حمل‌ونقل وجود ندارد. ۱۷ ایستگاه در انگلستان (لانکشایر)[1] در شبکه حمل‌ونقل گسترده شده‌اند. داده‌ها از ۱۱ ایستگاه هواشناسی جاده‌ای و شش ایستگاه در مجاورت آن جمع‌آوری می‌شوند که شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، نقطه شبنم، سمت و سرعت باد، دما و وضعیت سطح جاده، نوع بارش و در بعضی ایستگاه‌ها قدرت دید (مه) می‌باشند.

ایالت لانکشایر دارای قراردادی با دفتر هواشناسی (آژانس هواشناسی ملی) است و نیز توافق‌نامه‌هایی دارد که ارتباطات بین آژانس‌های حمل‌ونقل و آژانس‌های هواشناسی را پوشش می‌دهد. داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده توسط آژانس هواشناسی عبارتند از (اطلاعاتی که دریافت می‌شوند به صورت روزانه از ۱ اکتبر تا ۳۰ آوریل می‌آید):

- گرافها و متون ویژهٔ تارنما (پیش‌بینی) در تارنمای ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای،
- پیش‌بینی‌های خاص سایت اتوماتیک در ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای با پیش‌بینی‌های مکتوب شبکه جاده‌ای اصلی به نقشه حرارتی تبدیل شده و با همه ایستگاه‌های هواشناسی ارتباط می‌یابند.
- خلاصه پیش‌بینی‌های ۱۹ ساعته احتمالا گذشته و برای ۲۹ ساعت بعد به صورت آن گرافهای مختص تارنما منتشر می‌شوند.
- پیش‌بینی دو تا پنج روزه با پیش‌بینی عمومی جامعی برای فردا و سه روز بعد ارایه می‌شود.

1- Lancashire

به منظور مبادله اطلاعات از پروتکل TR2020C استفاده می‌شود. اگرچه هنوز در حال جستجوی سامانه‌هایی بر پایه تارنما هستند. سیستم‌های تارنما در حال راه اندازی می‌باشند. آدرس تارنمای Open Road در آژانس هواشناسی به صورت زیر است:

http://www.meteoffico.com/index.html

و

http://www.meteoffic.com/roads/openroad

۳-٤-۷- ژاپن

در ژاپن سازمان هواشناسی، داده‌های هواشناسی را به شرکتهای هواشناسی خصوصی می‌فروشد که پس از آن در اختیار کاربران قرار گیرد. مجمع هواشناسی ملی، آژانس هواشناسی ژاپن(JMA)[1] است. آنها داده‌های هواشناسی را جمع‌آوری و سپس پیش‌بینی را ارایه می‌کنند و به مرکز حمایت تجاری هواشناسی ژاپن (JMBSC)[2] انتقال می‌دهند.

شرکتهای پیش‌بینی خصوصی، داده‌ها و پیش‌بینی‌های JMBSC را خریداری و از آنها برای ارایه پیش‌بینی‌های خاص برای مشتریان ویژه خود استفاده می‌کنند. انجمن هواشناسی ژاپن یکی از بزرگترین شرکتهای هواشناسی ژاپن است.

خدمات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی مربوط به متغیرهای زیر است:

- دما،
- بارش،
- پیش‌بینی‌های عمومی در سطوح گسترده،
- سمت و سرعت باد،
- مدت و زمان تابش آفتاب،
- پیش‌بینی کمترین و بیشترین دما در شهرهای بزرگ،
- پیش‌بینی هوا در ۳ تا ۲٤ ساعت بعد،

1- Japan Meteorological Agency
2- Japan Meteorological Business Support Center

- پیش‌بینی بارش برای بیش از سه ساعت تا یک کیلومتر مربع.

روزآمد کردن اطلاعات، بستگی به نوع آنها دارد و به صورت مداوم انجام می‌شود. در ژاپن برای مشاهده اطلاعات ارائه شده توسط آژانسهای هواشناسی برای آژانس‌های حمل‌ونقل تارنمایی وجود ندارد.

آژانس هواشناسی ژاپن، همان آژانس هواشناسی ملی در این کشور است. در مورد دریافت اطلاعات هواشناسی، این آژانس داده‌های هواشناسی را جمع‌آوری می‌کند و پیش‌بینی هواشناسی ناحیه وسیعی را در کوتاه مدت (امروز، یک و دو روز بعد)، یک هفته و ... ارائه می‌دهد. به منظور تهیه اطلاعات برای شرکتهای آژانس‌های خصوصی، آژانس‌های هواشناسی ژاپن این داده‌ها را از JMBSC خریداری می‌کنند و پیش‌بینی‌های هواشناسی خاصی را برای مشتریان ترتیب می‌دهند. اداره توسعه هوکایدو (HDB)[1] اطلاعات هواشناسی را از طریق شرکت هواشناسی ژاپن(JWA)[2] که بزرگترین شرکت هواشناسی در ژاپن است، تأمین می‌کند و اطلاعات زیر دریافت می‌شود که JMA آن‌ها را برای JWA از طریق JMBSC تهیه می‌کند این اطلاعات عبارتند از:

- دمای هوا،
- سمت و سرعت باد،
- بارندگی،
- زاویه تابش آفتاب،
- پیش‌بینی نواحی هواشناسی گسترده،
- پیش‌بینی کمترین و بیشترین دما در شهرهای بزرگ،
- پیش‌بینی هوا در هر ۳ تا ٢٤ ساعت بعد،
- اطلاعات جزئی که JWA پیش‌بینی می‌کند،
- پیش‌بینی بارش هر سه ساعت تا یک کیلومتر مربع و ... .

1- Hokkaido Development Bureau
2- Japan Weather Association

به منظور مبادله اطلاعات شبکه دیجیتالی سرویسهای ترکیبی(ISDN)[1] با اجاره خط بین HDB و JWA استفاده می‌شود. پروتکل ارتباط از راه‌دور، TCP/IP است.

هم آژانس‌های‌هواشناسی ژاپن (JMA)و هم مرکز حمایت تجاری هواشناسی ژاپن (JMBSC) تارنما دارند. آژانس هواشناسی ژاپن (JWA) اطلاعات را در http://www.north-jwa.gr.ip/eweather/ ارایه می‌کند.

تا آوریل ۲۰۰۰ دفتر توسعه هوکایدو، ۱۸۹ ایستگاه سنجش در این ناحیه راه‌اندازی نموده است که آن را «دورسنجی هواشناسی جاده‌ای» نامیده‌اند. این سامانه، دمای هوا، دمای سطح جاده، سمت و سرعت باد، عمق برف و مقدار بارش را ثبت می‌کند.

۳-٤-۸- کانادا

در کانادا وزارت حمل‌ونقل اونتاریو[2] عضو کمیسیون آرورا[3] است و قرارداد مکتوبی را با سرویس هواشناسی کانادا(MSC)[4] منعقد نموده که هدف آن پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی جاده‌ها است. اطلاعات، داده‌ها و دیگر خدمات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی عبارتند از:

- پیش‌بینی‌های سطح جاده،
- نمایش صفحه وب،
- ارایه اطلاعات یا داده های راداری،
- پیش‌بینی‌های عمومی هوا،
- پیش‌بینی‌های محلی،
- تهیه بانک اطلاعاتی،
- ارایه خدمات مشاوره‌ای.

1- Integrated Service Digital Network
2- Ontario Ministry of Transportation
3- Aurara Consortium
4- Meteorological Service of Canada

RPU ها به وسیله گیرنده مرکزی هر ۱۰ دقیقه نمونه‌برداری می‌شوند. ممکن است بیش از ۳۰ دقیقه برای اجرا زمان ببرد تا اطلاعات روی تارنما قرار گیرد. صفحه تارنما در هر دو دقیقه به صورت جداگانه بهنگام می‌شود.

پیش‌بینی‌های هواشناسی جاده‌ای در سه صبح و سه بعدازظهر هر روز انجام می‌شوند. ممکن است در بین این ساعتها هم این کار انجام شود که بستگی به پیش‌بین دارد. اگرچه نیازمند این هستند که حداقل دو بار در روز به هنگام شوند.

داده‌ها، اطلاعات و دیگر خدماتی که برای آژانس‌های حمل‌ونقل به وسیلهٔ آژانس هواشناسی تأمین می‌شود عبارتند از: پیش‌بینی‌های جاده‌ای، اجرای صفحهٔ تارنما، رادار، پیش‌بینی‌های عمومی، پیش‌بینی‌های فاکس شده به راهداران، آرشیو داده‌ها و سرویس‌های مشاوره‌ای.

به منظور مبادله اطلاعات در انتاریو انتقال فایل از طریق تارنما و اینترنت است. به منظور حمایت و امنیت صفحه تارنما کلمهٔ رمز از صفحهٔ تارنما حمایت می‌کند. در اونتاریو یک رمز امنیتی برای صفحه تارنما وجود دارد و تمام داده‌ها بایگانی شده‌اند.

۳-٤-۹- نیوزیلند

در نیوزیلند متولیان حمل‌ونقل جاده‌ای توافق‌ها و مکاتبه‌های فراوانی را با آژانس هواشناسی به منظور دریافت خدمات هواشناسی دارند. مشاوران تحت پیمان ترانزیت نیوزیلند با سرویس هواشناسی یک توافق‌نامه برای ارایه خدمات خاص دارند و عملکردها را مدیریت می‌کنند. خدمات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی عبارتند از:

- پیش‌بینی برای روز و شب بعد (٢٤ ساعت آینده)،
- پیش‌بینی سه روزه کوتاه مدت با پوشش یک ناحیه خاص در شرایط زمستانی سخت،
- اخطار در رابطه با رویدادهای مهمی که ممکن است رخ دهد،
- دسترسی مستقیم به پیش‌بین به منظور بحث در رابطه با هر رویداد.

پیش‌بینی‌های روزانه در حدود ظهر بهنگام می‌شوند. هشدار در رابطه با رویدادهای خاص نیز مورد نیاز است و در هر زمان برای بحث در رابطه با آن رویداد، می‌توان با پیش‌بین تماس برقرار کرد.

نیوزیلند برای مشاهده اطلاعات ارایه شده توسط آژانس‌های هواشناسی برای آژانس‌های حمل‌ونقل به طور معمول تارنمایی ندارد.

در نیوزیلند سرویس هواشناسی، ایستگاه‌های راداری را در شهرهای بزرگ به کار انداخته است. بنابراین نواحی وسیعی تحت پوشش نیست. ترانزیت و حمل‌ونقل در نیوزیلند نیازمند افزایش پوشش راداری است.

ترانزیت نیوزیلند، تمام کارهای عملیاتی روزانه حمل‌ونقل نیوزیلند، قراردادهای خارجی با مشاوران به منظور ارایه خدمات و سرویسهای رسمی و با پیمانکاران به منظور ارایه خدمات فیزیکی را انجام می‌دهد. مشاوران، مقدمات همکاری را با آژانس هواشناسی ایجاد می‌کنند. ترانزیت نیوزیلند با سرویس هواشناسی و مشاوران ارتباط دارد و دربارهٔ سرویس‌های رایج، هر گونه ابتکار را به منظور افزایش مدیریت جاده‌ای، بررسی می‌کند. در طول فصل زمستان (مه تا سپتامبر) سرویس هواشناسی، خدمات زیر را ارایه می‌دهد :

- پیش‌بینی شب و روز با پوشش یک ناحیه خاص در شرایط سخت زمستان،
- پیش‌بینی سه روزه،
- اخطار در رابطه با هر رویداد مهمی که پوشش داده نشده یا تا زمان پیش‌بینی تغییر کرده است،
- دسترسی مستقیم به پیش‌بین به منظور بحث در رابطه با هر رویداد.

جدا از نیازهای خاص راهها، سرویس هواشناسی هشدارهای توفان را در سطح ملی ارایه می‌دهد که به تمام بخشهای مورد نیاز بدون هیچ هزینه ای فاکس می‌شود. آنها همچنین یک سرویس عمومی برای پیش‌بینی‌های ملی به صورت جدول در هر دقیقه تهیه می‌کنند و یک تارنما با جداولی برای اطلاعات خاص طراحی کرده‌اند. انتقال پیش‌بینی‌های خاص از طریق پست الکترونیکی و فاکس برای کسانی که در لیست قرار دارند شامل ترانزیت، مشاوران و پیمانکاران

انجام می‌شود. ترانزیت نیوزیلند ایستگاه‌های آب و هوایی پایه را برای تأمین اطلاعات در رابطه با وضعیت یخ به کار انداخته است و چند سنجنده جاده‌ای پایه با داده‌های دورسنجی وجود دارند. البته آنها در مراحل نصب اولین ایستگاه سیستم هواشناسی جاده‌ای هستند.

۳-٤-۱۰- سوئیس

پیش از پرداختن به وضعیت سیستم هواشناسی جاده‌ای در سوئیس، نیاز است با اقلیم سوئیس آشنا شویم. اقلیم سوئیس شدیداً تحت تأثیر ارتفاعات شرایط توپوگرافی این کشور است. سوئیس را می‌توان به چهار منطقه اقلیمی تقسیم‌بندی نمود :

جورا[1]: از ویژگی‌های اقلیمی در این منطقه بارش فراوان با بادهای شدید متناوب و اقلیم زمستانی سرد و مرطوب است. میانگین بارش بین ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ میلیمتر با ۱۳۰ تا ۱٦۰ روز بارانی در سال می‌باشد. سرعت بادهای شدید به ۱۵۰km/h و ۲۰۰km/h در قلل کوهستانها می‌رسد.

نواحی مرکزی: از ویژگی‌های نواحی مرکزی توزیع متوازن بارش و تفاوت فراوان در میزان برف از سالی به سال دیگر می‌باشد. در زمستان، مه یک پدیده همیشگی است. متوسط بارش بین ۸۵۰ تا ۱۳۰۰ میلیمتر با ۱۳۰ تا ۱۵۰ روز بارانی در سال است. سرعت بادهای شدید ۱٦۵km/h می‌رسد.

آلپ : میانگین بارش بین ۱۳۰۰ تا ۲۱۰۰ میلیمتر (در والیس[2] فقط ۵۵ تا ۱۲۰ سانتی‌متر) با ۱۱۰ تا ۱٦۵ روز بارانی (در والیس ۷۰ تا ۱۲۰ روز) در سال است. سرعت بادهای شدید به ۲۷۰km/h در قلل کوهستانی می‌رسد. توفانهای فون (برای اقلیم گرم و خشک کوهستانی) در دره‌های شمالی و جنوبی دایمی است.

جنوب آلپ: بارش سالانه سنگین تا ۲۲۵۰ میلیمتر در بهار و پاییز می‌رسد. سرعت باد در دره‌ها به ۱۳۰km/h و در قلل به ۱٦۰km/h می‌رسد. عملیات زمستانی در این مناطق شامل کنترل

1- Jura
2- Wallis

یخ، برف روبی و راهداری در برابر بهمن می‌باشد. پروژه شاخص زمستانی که اکنون در حال اجرا می‌باشد، بر پایه رگرسیون ساده است. این شاخص اساساً همبستگی بین فاکتورهای اقلیمی خاص و هزینه‌های راهداری زمستانه است. فاکتورهای اقلیمی که مورد توجه قرار دارند شامل :

- مقدار برف،
- تعداد روزهایی که دمای هوا صفر درجه سانتیگراد است،
- تعداد روزهای برفی،
- دمای حداقل هوا،
- میزان بارش،
- روزهایی که همراه با پوشش برف است.

این شاخص زمستانه برای هر منطقه اقلیمی متفاوت خواهد بود.

طول سراسری راهها در سوئیس ۷۲۰۰۰km می‌باشد که ۱۸۵۰ کیلومتر آن راههای ملی (راههای اصلی)، ۱۸۳۰۰ کیلومتر راههای ایالتی و ۵۱۳۰۰ کیلومتر راههای عمومی می‌باشند.

در سوئیس به منظور برف‌زدایی و کنترل یخ، طبقه‌بندیهای زیر برای راهها تعریف شده‌اند:

- آزادراهها و بزرگراهها،
- راههای اصلی ترافیک، شیبراهه،
- راههای مورد استفاده برای حمل‌ونقل عمومی،
- راههای منتهی به ایستگاه‌های راه‌آهن، بیمارستانها، مراکز درمانی، مراکز پلیس، آتش‌نشانی و کارخانه‌های صنعتی،
- مسیرهای دوچرخه و عابر پیاده.

تمام راهها در یکی از سطوح سرویس‌دهی زیر قرار می‌گیرند:

سطح A: راههای آسفالته، با کنترل یخ و برف‌روبی کامل،

سطح B: راههایی که عملیات جلوگیری از یخبندان در آنها انجام می‌شود،

سطح C: راههایی که یخ‌زدایی در آنها انجام نمی‌شود،

سطح D: بدون راهداری زمستانی.

چندین نوع اطلاعات برای شروع عملیات راهداری زمستانی وجود دارد:

- اطلاعات هواشناسی: اداره ملی هواشناسی سوئیس، اطلاعاتی را در سطوح مختلف برای راهداری زمستانی تهیه می‌کند.
- پیش‌بینی عمومی هواشناسی جاده‌ای که از طریق اینترنت و رادیو در اختیار عامه مردم قرار می‌گیرد.
- پیش‌بینی ۲٤ ساعته هواشناسی جاده‌ای برای مراکز راهداری. این پیش‌بینی برای بیش از ٤۰ ناحیه با اقلیم‌های محلی متفاوت انجام می‌شود. اطلاعات توسط خطوط تلفن و شبکه کامپیوتر منتشر شده و مستقیماً به کامپیوتر RWIS در مرکز راهداری می‌رسد. میزان صحت آن ۸٦ تا ۹۰ درصد است.

اطلاعیه هواشناسی، ۳-۱ ساعت قبل از موقعیت‌های خطرناک آب و هوایی مثل باران منجمد یا بارش سنگین در یکی از ۱۵ منطقه منتشر می‌شود. این اطلاعیه‌ها مستقیماً به کامپیوتر RWIS در مرکز راهداری یا توسط SMS فرستاده می‌شوند.

تمام مراکز راهداری راههای ملی در سیستم RWIS قرار دارند. سیستم، اندازه‌گیری‌ها را با هشدارهای سنجنده‌های جاده و ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای و پیش‌بینی‌های محلی هواشناسی جاده‌ای که توسط سازمان هواشناسی سوئیس[1] ارایه می‌شود ترکیب می‌کند. سنجنده‌های جاده‌ای و ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای عموماً پارامترهای زیر را ارایه می‌کنند:

- دمای هوا در ارتفاع دو متری،
- دمای سطح جاده،
- رطوبت،
- نقطه شبنم،
- دمای انجماد،

1- Meteoswiss

- سمت و سرعت باد،
- وضعیت جاده (خشک یا مرطوب)،
- نمک باقیمانده،
- در مکان‌های انتخاب شده، ارتفاع برف و وقوع مه.

پیش‌بینی محلی آب و هوا هر روز، ساعت‌های ۷، ۱۱ یا ۱۵ با پوشش ۲٤ ساعته منتشر می‌شود که دمای هوا و سطح، رطوبت و نقطه شبنم، نوع و مقدار بارش، حد بارش برف، باد، سمت و سرعت باد، مقدار ابر و وضعیت سطح جاده‌ها را ارایه می‌کند. اگر تغییری طی ۲٤ ساعت رخ دهد پیش‌بینی به روز می‌شود. در کنار RWIS سایر ادوات پیش‌بینی مانند رادار هواشناسی و بعضی از سایر تولیدات رادار مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شبکه ملی راهها با سیستم‌های تشخیص یخ مجهز شده‌اند. سیستم‌های مورد استفاده عبارتند از : Boschung، Mecatronic ، Vaisala و Micks .

در سوئیس سازمان ویژه‌ای برای آموزش در زمینه راهداری وجود ندارد. در آغاز زمستان، سازمان هواشناسی سوئیس دوره‌هایی برای مدیران راهها و سرپرستان گروهها در زمینه هواشناسی پایه، تکنولوژی پیش‌بینی و کار با RWIS و رادار هواشناسی برگزار می‌کند.

در کشور سوئیس برای راهداری زمستانی تمام یا قسمتی از راهها، قراردادهایی بین پیمانکاران و مسئولان راههای ایالتی یا عمومی منعقد می‌شود.

مرکز راهداری، اطلاعات زیر را در اختیار دارد:

- پیش‌بینی کلی و منطقه‌ای آب و هوا از طریق رادیو، تلویزیون و اینترنت،
- بولتن وضعیت راهها و تارنمای http://www.meteoswiss.ch،
- پیش‌بینی RWIS،
- سیستم پایش یخبندان،
- هشدارهای آب و هوایی توسط سازمان هواشناسی سوئیس،
- ارتباط تلفنی با سازمان هواشناسی سوئیس که تصاویر رادار و ماهواره، داده‌های ایستگاه‌های ANETZ، پیش‌آگاهی خطر و هشدار از طریق پیجر را ارایه می‌کند،

- ComMet تولید MeteoNews، که پیش‌بینی، داده‌های واقعی و سایر ابزارها را ارایه می‌کند،
- گشت‌ها و پست‌های کنترل در وضعیت‌های استثنایی.

اطلاعات مربوط به پیش‌بینی آب و هوا و وضعیت راهها به چند طریق قابل دسترس است:

- رادیو،
- تلویزیون (تله تکست)،
- اینترنت،
- تلفن،
- VIZ (اطلاعات مرکزی ترافیک).

فصل چهارم

آب و هوا و حوادث جاده‌ای

٤-١- اثرات مه بر حوادث جاده‌ای

از مهم‌ترین مخاطرات جوی که شرایط نامطلوبی را برای رانندگان ایجاد می‌کند، می‌توان به ریزش برف و باران، یخبندان، وقوع مه و توفان اشاره نمود. این پدیده‌ها وقتی با هم و در تاریکی شب اتفاق می‌افتند، حوادث جاده‌ای بیشتری را به همراه خواهند داشت. معمولاً ریزش برف و یخبندان در مقایسه با وقوع مه خطرات بیشتری را برای رانندگان ایجاد می‌کند، از طرف دیگر وقوع برف و یخبندان را می‌توان با احتمال، پیش‌بینی نمود و حتی در صورت نیاز با تجهیزاتی چون برف‌روب‌ها و نمک‌پاش‌ها می‌توان آنها را کنترل کرد. پیش‌بینی باد نیز معمولاً دقیق است و خطرات حاصل از آن را نیز می‌توان با طراحی دقیق بخش‌هایی از جاده‌ها، ساختمان پل‌ها و همچنین استقرار بادشکن‌ها به صورت محلی کاهش داد اما مه از آن نوع پدیده‌های جوی است که پیش‌بینی آن بسیار مشکل و علت آن نیز تغییرات زمانی و مکانی این پدیده جوی می‌باشد.

مطالعات و بررسی‌های بسیار اجمالی در رابطه با مه و مخاطرات جاده‌ای در بعضی نقاط دنیا صورت گرفته است. در سال‌های اخیر در طراحی راهها و جاده‌های ارتباطی، برآورد تغییرات فضایی و زمانی وقوع مه به عنوان اطلاعات مورد نیاز جهت تحلیل شرایط اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالی که قبل از این، اهمیت در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی زیاد مورد توجه

نبوده است. وقوع مه محدود به برخی نقاط آسیب‌پذیر و دوام آن تنها چند ساعت است. از این رو شناسایی دقیق محل وقوع مه در طول راهها و جاده‌ها نقش به سزایی در ایمنی رانندگان دارد و این موضوع نیز می‌تواند بیانگر اقتصادی بودن برخی از مسیرهای جدید پیشنهادی باشد. مه غلیظ موجب کاهش سرعت ترافیک و افزایش تصادفات در طول راهها می‌شود بنابراین از بین چند مسیر پیشنهادی جهت ساخت راههای جدید، مسیرهایی که دارای مه غلیظ باشند دارای شرایطی چون کاهش ترافیک، تصادفات بالا، هزینه بالای راهداری و نگهداری راه نسبت به دیگر مسیرها خواهند بود از این رو از نقطه‌نظر برنامه‌ریزان، این مسیرها اقتصادی نمی‌باشند.

مه از جمله پدیده‌های جوی است که به طور مستقیم و بی‌واسطه بر ایمنی حمل‌ونقل تأثیر می‌گذارد. مطابق تحقیقات انجام گرفته آستانه‌های بحرانی این پدیده در حمل‌ونقل جاده‌ای به شرح زیر می‌باشند:

- مه متراکم: اگر میدان دید کمتر از ٤٠ متر باشد،
- مه غلیظ: اگر میدان دید بین ٤٠ تا ٢٠٠ متر باشد،
- مه معمولی: اگر میدان دید بین ٢٠٠ تا ١٠٠٠ متر باشد.

نتایج تحقیقات آزمایشگاه راه و حمل‌ونقل نشان می‌دهد که دید کمتر از ۱۵۰ متر برای رانندگان مخاطره‌آمیز است.

وقوع مه، به ویژه مه غلیظ با کاهش حجم ترافیک در جاده‌ها و افزایش خطر بروز تصادفات همراه است. شکل (٤-١) صحنه تصادفی که در شرایط مه آلوده به وقوع پیوسته را نشان می‌دهد.

کاهش سرعت اتومبیل‌ها و تأخیر زمانی حاصل از آن، افزایش استرس و فشارهای روانی به هنگام رانندگی برای رانندگان و حتی مسافرین نیز از عواملی است که منجر به افزایش مخاطرات جاده‌ای در زمان تشکیل مه می‌گردد. در هر جاده، نقاطی که با بحران مه مواجه هستند

به دیوار مه[1] و یا نقاط سیاه مه[2] معروفند که با رخداد آنها در جاده‌ها، خطر بسیار جدی برای رانندگان محسوب می‌شوند.

شکل (٤-١) وقوع یک تصادف در شرایط مه‌آلود (کیلومتر ۳۰ جاده فیروزکوه- پل‌سفید، سال ۱۳۷۸)
(سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۰)

سازمان همکاریهای اقتصادی و توسعه[3] (١٩٨٦) نتایج گزارش مطالعاتی خود را پیرامون مخاطرات رانندگی در شرایط مه به ویژه در هنگام غروب خورشید و در ساعات تاریکی شب ارایه نموده است. آنها محدودیت‌های رانندگی در جاده‌ها را در زمان تشکیل مه در مقایسه با شرایط عادی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج مطالعات آنها نشان داده است که مه غلیظ و متراکم نقش مؤثری در کاهش ترافیک تا میزان ۲۰ درصد نسبت به شرایط میانگین دارد. کودلینگ[4] (١٩٧٤) به تجزیه و تحلیل جریان ترافیک سال ١٩٦٤ در انگلستان براساس اطلاعات روزانه پرداخت و به این نتیجه رسید که مه غلیظ باعث ١٩/٦ درصد کاهش ترافیک در بزرگراهها، ٢١/١ درصد درجاده‌های درجه یک و ٢٢/٢ درصد در جاده‌های درجه دو شده است. البته این مقدار

1- Fog wall
2- Fog black spot
3- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
4- Codling

کاهش نسبت به روز هفته، ساعت روز و وضعیت جاده متفاوت است. در یک مقدار معین ترافیک، ساعت وقوع تصادف و محل آن به همراه کیلومتر سفر طی شده در هر مسیر راه نیز می‌بایست مطالعه شود تا هر جاده با توجه به محدودیت‌های خاص آن مورد شناسایی قرار گیرد.

کوکموند و پرچونوک[1] (۱۹۷۰) در بررسی خود از اثر مه غلیظ بر جریان ترافیک در آزاد راههای کالیفرنیا به این نتیجه رسیدند که کاهش سرعت خودروهای عبوری و همچنین کاهش تعداد وسایط نقلیه عبوری (ترافیک) از پیامدهای وقوع این نوع مه می‌باشد. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که سرعت خودروها بین پنج تا هشت مایل بر ساعت (۸ تا ۱۳ کیلومتر بر ساعت) در شرایط مه کاهش می‌یابد. بررسی دیگری در یک بزرگراه در نزدیکی المیرای نیویورک نشان داد که سرعت وسایط نقلیه بین چهار تا پنج مایل در ساعت (٦/٥ تا ٨ کیلومتر بر ساعت) در مه غلیظ کاهش می‌یابد. البته این کاهش در مقایسه با مه متراکم بسیار زیاد نیست ولیکن کاهش سرعت در هر نوع مه اجتناب‌ناپذیر است. مسأله سازترین جنبه وقوع مه در بزرگراهها، مشکل افزایش ریسک تصادفات است. به طور متوسط از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۷٤ از تمامی تصادفات منجر به جرح و فوت در جاده‌های انگلستان ۱/٤ درصد در شرایط مه و گرد و غبار رخ داده است. در انگلستان نقاط سیاه مه در جاده‌ها بیشتر متأثر از مه تابشی است. به طور مثال تصادفات جاده M25 در ماه دسامبر ۱۹۸٤ متأثر از این نوع مه بوده که در این واقعه ۲٦ وسیله نقلیه با یکدیگر برخورد نمودند و طی آن ۹ نفر جان خود را از دست دادند. در مطالعه‌ای جامع در انگلستان مشخص شده است که در بزرگراهها شش درصد از تصادفات در مه‌گرفتگی غلیظ رخ می‌دهد.

از سال ۱۹۷٦ تا ۱۹۸٥ بین ۰/۱٥ درصد تا ۱/٤٤ درصد از تمامی تصادفات خسارت بار در هر سال در شرایط مه‌آلود اتفاق افتاده است. معمولاً ویژگی تصادفات ناشی از مه در بزرگراهها مشابه تصادفاتی است که چند عامل در بروز آنها نقش دارند. مطالعات نشان داده است که تعداد مجروحان در این وضعیت نسبت به تصادفات در دیگر شرایط جوی بیشتر است. به طور مثال در سال ۱۹۸٥، ٤۷ درصد از تصادفات منجر به جرح در بزرگراهها و راههای اصلی در

1- Kocmond and Perchonok

شرایط مه‌آلود و ۱۷ درصد در هوای صاف رخ داده‌اند. در دیگر راهها (راههای فرعی)، این آمار در شرایط مه‌آلود ۲۱ درصد و در هوای صاف ۷ درصد بوده است که نشان از نسبت بیشتر فراوانی وقوع تصادفات در شرایط مه‌آلود است.

نظریات و دلایل فراوانی که در ارتباط با فراوانی وقوع تصادفات در بزرگراهها در مقایسه با سایر راهها وجود دارد و برخی از آنها که از اهمیت بیشتری برخوردارند، عبارتند از:

الف) به طور معمول سرعت وسایط نقلیه در بزرگراهها نسبت به دیگر راههای ارتباطی بیشتر است و علت آن نبود تقاطع‌ها و میادین در طول بزرگراههاست،

ب) پس از ورود به بزرگراه، راننده مجبور به ادامه حرکت خود حتی در شرایط مه‌آلود است چرا که امکان توقف و دور زدن در بزرگراهها وجود ندارد،

ج) در شرایط مه‌آلود چراغ‌های خطر خودرویی که جلوی وسایط نقلیه درحال حرکت است، مشکل دیده می‌شود. در هنگام مه‌گرفتگی، رانندگان وسایط نقلیه خود را به وسیله نقلیه جلویی نزدیک می‌کنند که در محدوده دید آنها باشد تا بدین ترتیب مشکل کاهش دید خود را برطرف نمایند.

د) رانندگان ممکن است به نوع رانندگی در شرایط مه آشنایی نداشته باشند که این خود عامل نسبتاً مؤثری در ایجاد تصادفات خواهد بود.

مطالعات دیگر بیانگر این مهم است که رانندگان سرعت خودروهای خود را تا وقتی که دید آنها بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر نرسد کاهش نمی‌دهند چرا که آنها معتقدند در این فاصله می‌توانند به موقع عکس‌العمل لازم را جهت ترمزگیری انجام دهند و وسیله نقلیه خود را متوقف سازند. اصولاً در شرایط مه‌آلود به علت جذب امواج با طول موج بلندتر، سرعت صوت کاهش می‌یابد از این رو راننده صدای تصادفی که احتمالاً در فاصله کوتاه و جلوتری رخ داده است را نمی‌شنود. لذا از سرعت خود نکاسته و احتمال بروز تصادفات بیشتر می‌شود. جدول (٤-١) آثار تصادفات بسیار مهمی را که در مه متراکم و غلیظ در کشور ژاپن رخ داده است، نشان می‌دهد.

جدول (٤-١) مهمترین تصادفات در شرایط مه غلیظ در بزرگراههای ژاپن
(حبیبی نوخندان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ١٣٨٤)

وضعیت جوی	تلفات انسانی	وضعیت تصادف	مکان	تاریخ و زمان وقوع
کم فشار	۲ کشته و ۲۳ زخمی	۲۹ خودرو با هم برخورد کردند و ٦ خودرو در آتش سوختند	سیزوکا ـ آزاد راه تومای	اول فوریه ۱۹۷۲ ساعت ۱۰:۵۵
واچرخند مهاجر	۱ کشته و ۳٦ زخمی	برخورد زنجیری	کیوتو ـ آزاد راه میشین	پنجم دسامبر ۱۹۷۲ صبح
واچرخند مهاجر	۱ کشته و ۲۷ زخمی	برخورد ۵۳ خودرو	سیاتاما ـ آزاد راه توهوکو	هشتم مارس ۱۹۸۷ ساعت ٦:٤٥
واچرخند مهاجر	۲۲ زخمی	برخورد ۷ خودرو	یاماگوچی ـ بزرگراه چوگوکو	ششم دسامبر ۱۹۹۱ ساعت ۹:۰۰
جبهه ایستا و پایدار	۱۸ زخمی	برخورد ۵۸ خودرو	گونما ـ بزرگراه کانتسو	بیست و سوم ژوئن ۱۹۹۳ ساعت ۰۰:۲۰
جبهه پایدار	۱۱ زخمی	۸ تصادف پشت سرهم	اوزاکا ـ آزاد راه هانشین	چهاردهم فوریه ۱۹۹٦ ساعت ۹:۰۰
کم فشار	۲ کشته و ۳۰ زخمی	برخورد ١٦ خودرو با هم	فوکوشیماـآزادراه بان انسو	اول دسامبر ۱۹۹۸ ساعت ۰۵:۵۰

معمولاً در ژاپن در ماههای سرد سال، مه درشرایط جوی بسیار متغیری اتفاق می‌افتد به طوری که معمولاً با چرخندهای برون حاره، واچرخندهای مهاجر و جبهه‌ها همراه است. البته این وضعیت‌ها همیشه با وقوع مه همراهی نمی‌کنند. معمولاً در نزدیکی نقاط حادثه‌خیز گرادیان فشار ناچیز و سرعت باد نیز بسیار کم می‌باشد و این شرایط پیش‌بینی‌ها را با اشکالات متعددی روبرو می‌کند. امروزه صدور پیش آگاهی و هشدارهای جوی ـ جاده‌ای با توجه به نوع این پدیده در کشورژاپن کاربرد گسترده‌ای یافته است. جدول (٤-٢) نمونه‌ای از این هشدارها را نشان می‌دهد.

اندازه‌گیری دید در ایستگاه‌های هواشناسی به صورت عینی و با استفاده از نقطه نشانه‌ها انجام می‌گیرد. در فرودگاه‌های بزرگ به علت وسعت و نیاز به دقت و صحت بالاتر، اندازه‌گیری دید با استفاده از ادوات الکترونیکی انجام می گیرد. محدودیت‌ها و مشکلات متعددی در رابطه با این نوع اندازه‌گیری‌ها و به کارگیری این نوع داده‌ها وجود دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

الف) بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی معتبر و موثق که اطلاعات میدان دید را به صورت دقیق و مرتب ارسال می‌کنند، ایستگاه‌های هواشناسی فرودگاهی هستند که در محدوده صاف و هموار باند فرودگاه و دور از محیط‌های خاصی که خطر رخداد مه بیشتر است، مستقر شده‌اند. از این رو اطلاعات میدان دید این ایستگاه‌ها نمی‌تواند به طور دقیق گویای واقعیت‌های شرایط نامساعد مه در محیط‌های اطراف به ویژه در جاده‌ها باشد. به علاوه اگر ایستگاه‌های هواشناسی در نزدیکی مراکز صنعتی و یا ساحل دریا باشند، این اختلاف بیشتر خواهد بود.

ب) به دلیل تراکم کم و فاصله زیاد ایستگاه‌های هواشناسی از یکدیگر، ممکن است منطقه مورد مطالعه فاصله زیادی تا ایستگاه داشته باشد.

ج) با توجه به عدم رابطه معنی دار بین ایجاد مه و سایر پدیده‌ها، اغلب درون یابی وقوع مه بین ایستگاه‌های مورد مشاهده غیر ممکن است. چرا که مه تغییرپذیری بسیار زیادی داشته و تابع شرایط زمانی و مکانی خاصی است. به این دلیل تعداد بسیار محدودی از نقشه های وقوع مه در منابع مختلف علمی جهان وجود دارد و برخلاف سایر متغیرها نمی‌توان خطوط هم مقدار دید و یا مه را تهیه نمود.

جدول (٤-٢) آستانه‌های هشدار مه (میدان دید کم) (حبیبی نوخندان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ١٣٨٤)

آستانه‌های میدان دید	نوع هشدار
میدان دید ۲۰۰ متر (با مشاهدات اداره هواشناسی)	هشدار وقوع مه (با مشاهدات هواشناسی)
میدان دید ۱۰۰ متر (کنترل سرعت و اعمال محدودیت سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت)	اعمال قوانین عبور و مرور در آزاد راهها
میدان دید ۵۰ متر	بستن جاده توسط پلیس‌راه

برداشت اطلاعات مه در بعضی از ایستگاه‌های اندازه‌گیری به صورت روزانه یک بار در ساعت ۰۹:۰۰ به وقت گرینویچ (۱۲/۵ ظهر محلی) و در یک جایگاه خاص انجام می‌گیرد. در این ایستگاه‌ها به منظور اندازه‌گیری میدان دید یک تخته سیاه در فاصله‌ای معین نسبت به جایگاه

اندازه‌گیری قرار داده شده است که با مشاهده آن دقت میزان دید (اندازه‌گیری مه) سنجیده می‌شود. برای اندازه‌گیری دید، فاصله‌های دورتر از نقطه نشانه‌های ثابت نسبت به محل ایستگاه استفاده می‌شود. فن‌آوری‌های نوین در سنجش میدان دید، با تهیه نمودارها و گراف‌های متوالی از اطلاعات میدان دید در نقاط مشخص، این فرآیند را تسهیل نموده‌اند. آزمایشگاه تحقیقات راه و حمل‌ونقل با استفاده از تجهیزات خود با اندازه‌گیری میزان عبور پرتو نور از فاصله‌ای معین در جو، به طور نسبی میدان دید را اندازه‌گیری می‌کند. روش دیگر، میزان پراکنش نور است که در رفت و برگشت آن، میزان قطرات مه در جو اندازه‌گیری می‌شود. این تجهیزات به طور مستمر میدان دید را با دقت بالا در نقاط تعیین شده، ثبت می‌کنند. با این وجود به جهت حساسیت بسیار بالای ادوات و سنجنده‌ها در صورتی که موانعی چون کولاک برف و یا حتی حشرات جلوی دید آنها را بگیرند، اطلاعات ناقص بوده و یا ارسال آنها با مشکل مواجه خواهد شد. از این رو به دلیل قیمت بسیار بالای این تجهیزات اغلب به منظور حفاظت از آنها از حصارهای محافظ و برنامه‌های خاص نگهداری، استفاده می‌شود.

فاکتورهای مختلفی در رابطه با تشکیل مه و رخدادهای حاصل از آن مؤثرند که در زیر بـه برخی از فاکتورهای محلی و محیطی مؤثر بر رخداد مه، اشاره می گردد:

الف) توپوگرافی محلی: دره‌ها و چاله‌های محلی که محل تجمع هوای سرد و سنگین ناشی از جریانات کاتاباتیک (ریزش هوای سرد در شبها) در مناطق کوهستانی هستند،

ب) آب‌های دایمی و وسعت آنها: دریاچه‌ها، آبگیرها، رودخانه‌ها و حوضه‌هـای سـیلابی، مرداب‌ها و باتلاق‌ها،

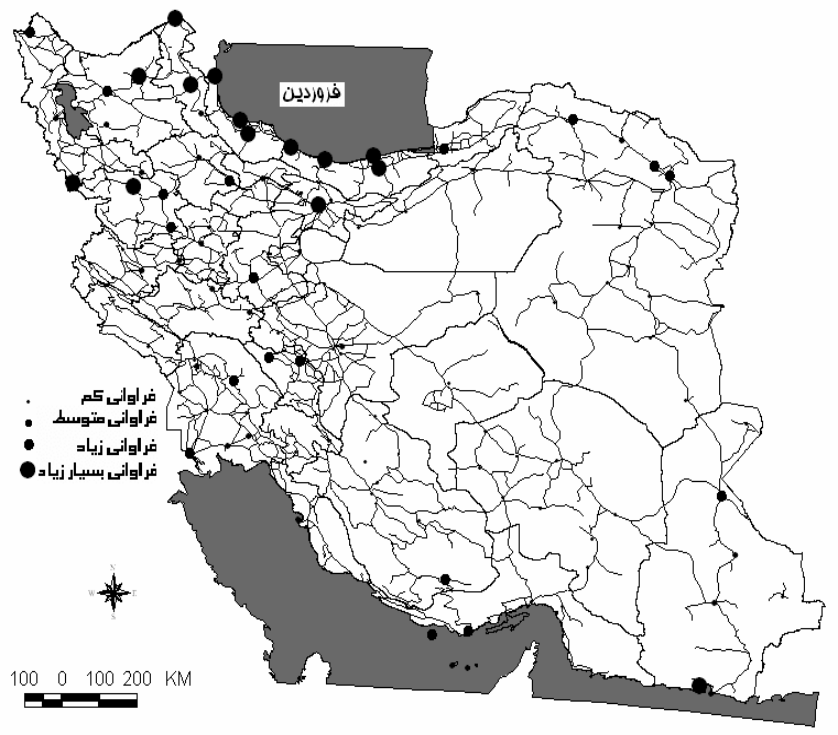
ج) بخار آب حاصـل از فعالیـت‌هـای منـابع انـسانی و آلـودگی‌هـای ناشـی از بـرج‌هـای خنک‌کننده ایستگاه‌های مولد برق،

د) منابع آلوده‌کننده خاص مانند کارخانه‌های محلی و محیط‌های شهری،

ه) اراضی جنگلی، کشتزارهای وسیع برنج که بصورت مرداب گونـه بـا سـطح وسـیعی از آب پوشیده شده‌اند.

٤-۲- توزیع مکانی و زمانی مناطق با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر

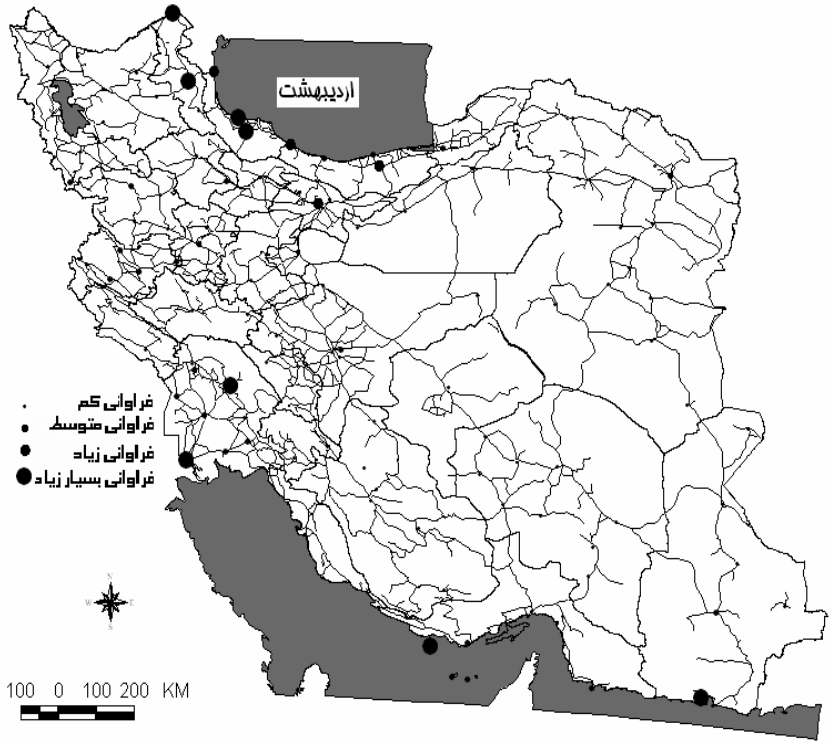
با توجه به تنوع اقلیم‌ها در کشور، وضعیت دید در نواحی مختلف متفاوت است. بررسی‌هایی بر روی داده‌های دید (که در غالب ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود) صورت گرفته است که نتایج آن برای دید کمتر از ۱۰۰۰ متر که از نظر ایمنی حمل‌ونقل دارای اهمیت ویژه‌ای است اشاره می‌شود.



شکل (٤-۲) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در فروردین ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

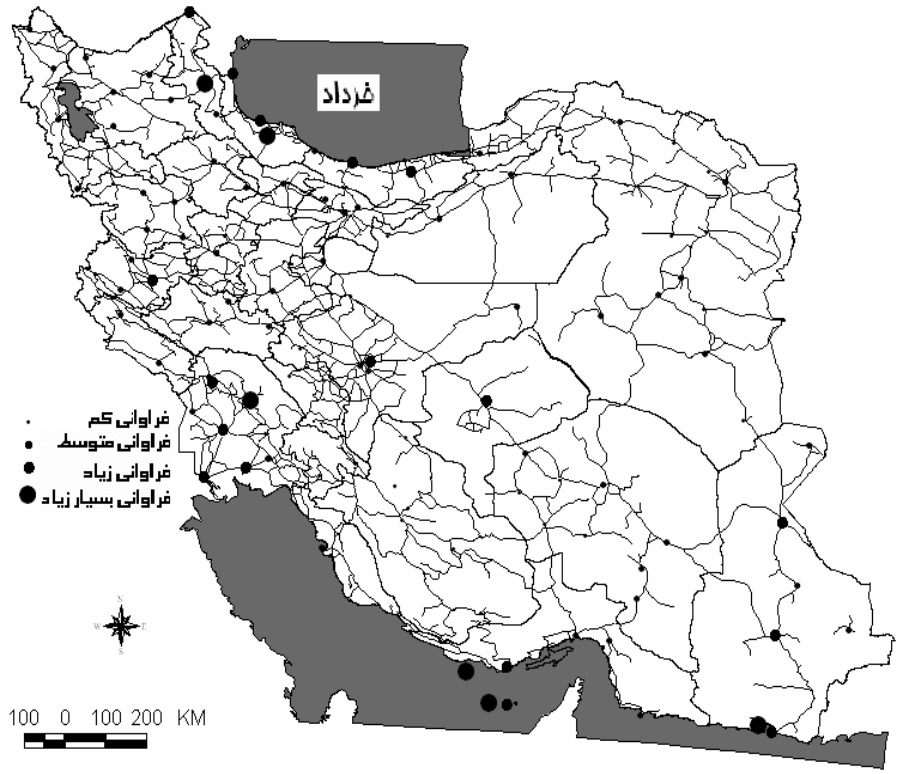
فروردین ماه: در این ماه سواحل دریای خزر، شمال غرب کشور و چابهار در جنوب شرق دارای فراوانی بالایی از دید کمتر از ۱۰۰۰ متر هستند و در سایر مناطق کشور این مسأله از فراوانی کمتری برخوردار است. در شکل (٤-۲) کانون‌های اشاره شده، مشخص گردیده است.



شکل (٤-۳) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در اردیبهشت ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

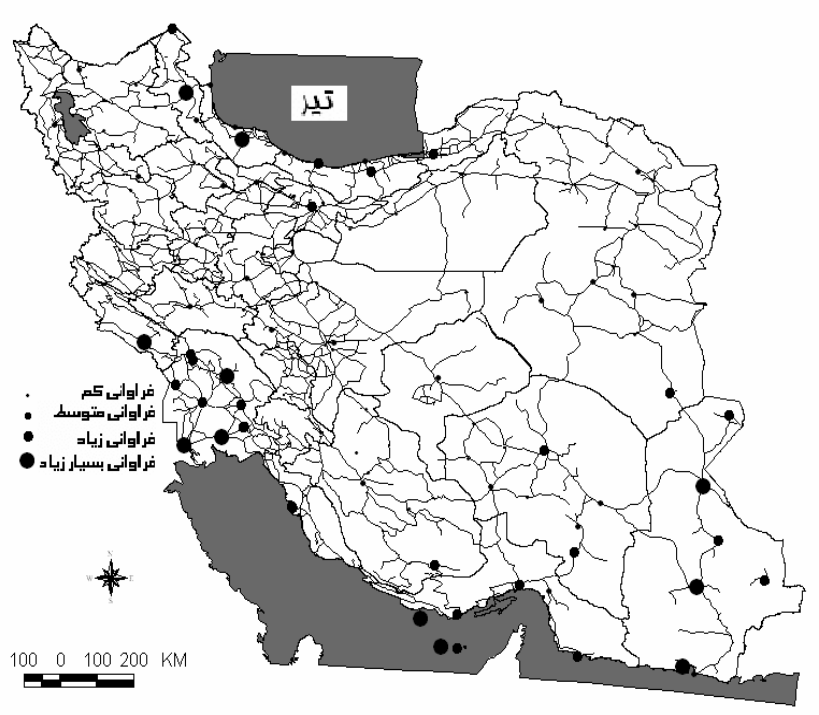
اردیبهشت ماه: در این ماه از تراکم نقاط بحرانی در سواحل دریای خزر به جز بخش‌های غربی ساحل کاسته شده است. در جنوب غرب کشور و همچنین در بندر لنگه و چابهار شاهد فراوانی بالایی هستیم. در دیگر نقاط کشور این شرایط مشاهده نمی‌شود. شکل (٤-۳) نواحی متاثر را نشان می‌دهد.



شکل (٤-٤) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در خرداد ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

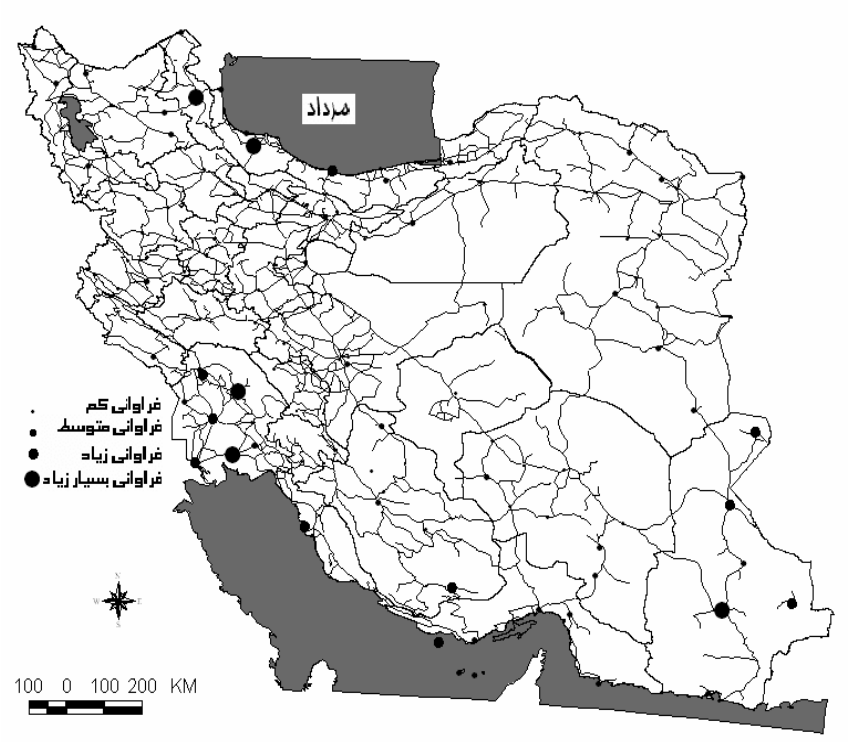
خرداد ماه: در این ماه از مقدار فراوانی مه در گستره کشور کاسته شده و این شرایط تنها در جزایر خلیج فارس و در تعداد محدودی از ایستگاه‌های استان خوزستان و بخش هایی از شمال مشاهده می‌شود. البته در ایستگاه‌های ساحلی دریای خزر این شرایط از فراوانی کمتری برخوردار است. از مهمترین دلایل این فراوانی در جزایر خلیج فارس، پدیده شرجی شدن در نتیجه استقرار پرفشار جنب حاره و ورود هوای مرطوب موسمی از جنوب شرقی و شرق و برخی از مناطق مرکزی توأم با گرد و غبار، وقوع رعد و برق و حتی در مواردی وزش بادهای سهمگین توأم با توفان شن و سامانه سودانی از جنوب غربی کشور است. در شکل (٤-٤) این نواحی را مشخص شده است.



شکل (٤-٥) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در تیر ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

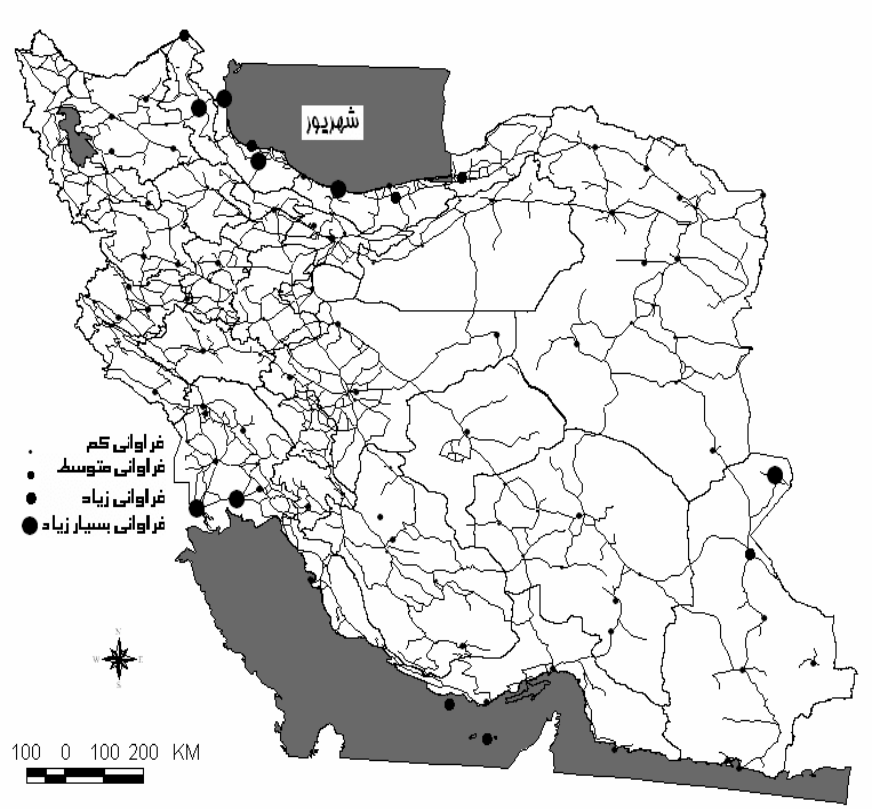
تیرماه: در این ماه الگوی ماه قبل ادامه دارد، با این تفاوت که در مناطق ساحلی شمال از شدت این پدیده کاسته شده و در شمال غرب نیز از این پدیده خبری نیست که علت آن استقرار پرفشار جنب حاره و خروج کامل کمربند بادهای غربی و بارانزا از کشور است. در جنوب شرق کشور به غیر از بادهای موسمی، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان نیز به همراه گرد و خاک نقش مؤثری در ایجاد شرایط دید کمتر از ۱۰۰۰ متر ایفا می کنند. در این ماه ایستگاه‌های استان خوزستان و جزایر خلیج فارس بیشتر با این پدیده درگیر هستند. شکل(٤-٥) این شرایط را نشان می‌دهد.



شکل (٤-٦) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در مرداد ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

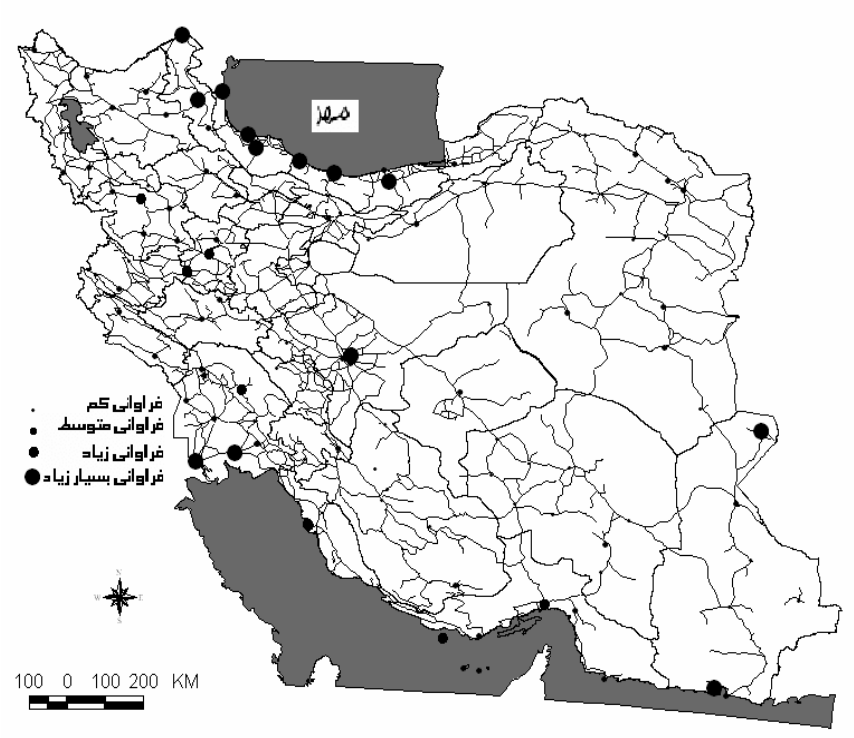
مرداد ماه: در این ماه نسبت به ماه‌های دیگر سال نقاط کمتری از کشور با این پدیده درگیر هستند، اما هنوز مناطقی از استان سیستان و بلوچستان، ایستگاه های انزلی و اردبیل در شمال و شمال غرب و مسجد سلیمان در جنوب غرب شاهد چنین وضعیتی هستند اما در غرب، شرق و مرکز کشور چنین رخدادی وجود ندارد که درشکل (٤-٦) این شرایط در کشور نشان داده شده است.



شکل (٤-٧) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در شهریور ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

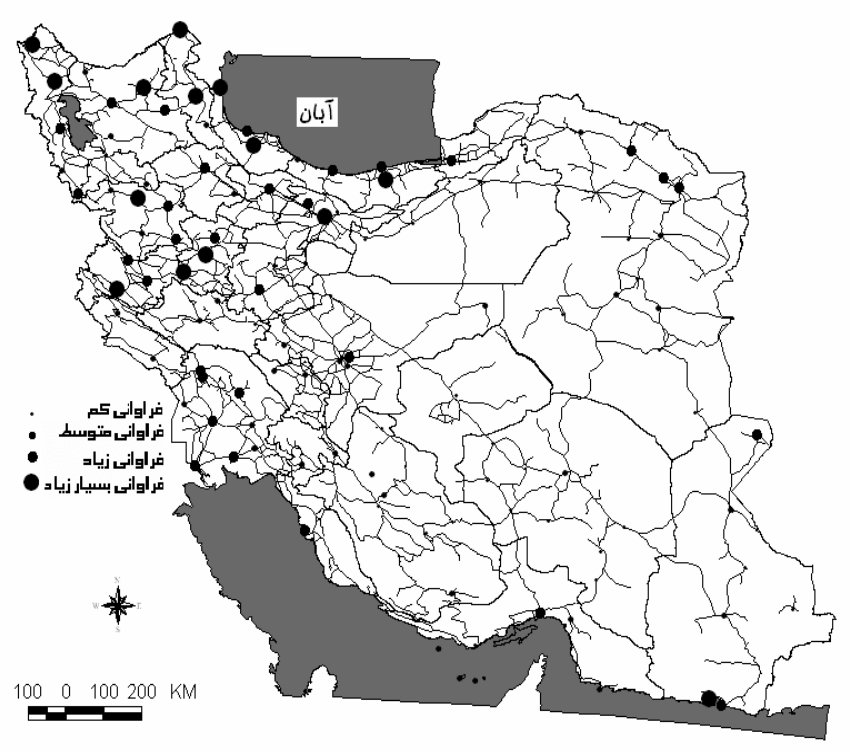
شهریور ماه: دراین ماه به تدریج در بخش‌های ساحلی شمال مه تقویت می‌شود و از شدت این پدیده در سواحل جنوبی و جنوب شرقی کاسته می شود ولی در سواحل جنوب غربی با اینکه تعداد ایستگاه‌های درگیر با این شرایط کم شده اما هنوز هم این شرایط مشاهده می‌شود. هنوز ایستگاه زابل به جهت ادامه فعالیت توفان‌های شن و گرد و غبار حاصل از بادهای ۱۲۰ روزه شاهد بروز چنین پدیده‌ای با فراوانی بالا است. شکل (٤-٧) پهنه بندی کشور را برای این شرایط نشان می‌دهد.



شکل (٤-٨) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در مهر ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

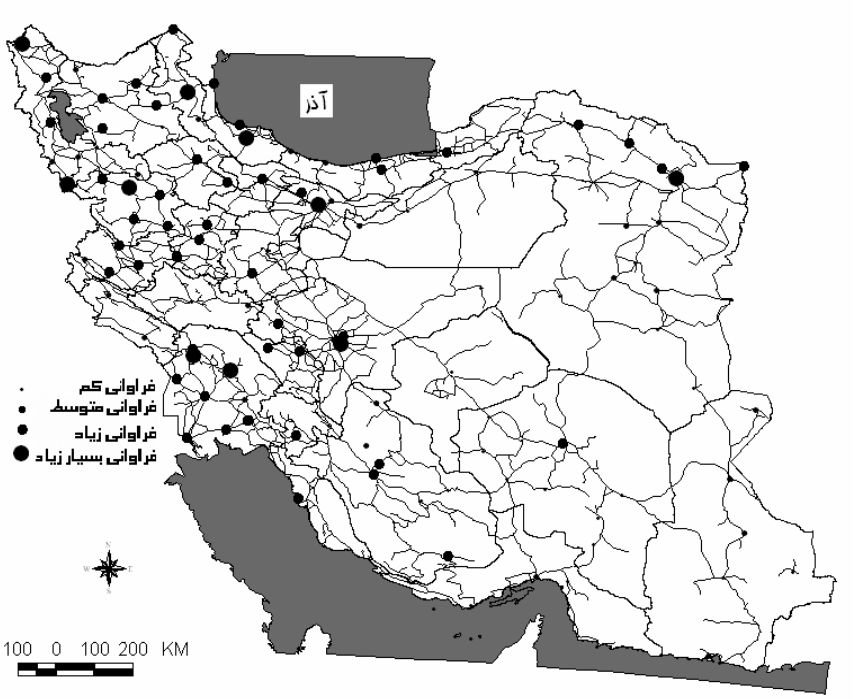
مهرماه: در این ماه در اکثر ایستگاه‌های ساحلی دریای خزر شاهد بروز این پدیده هستیم. وضعیت این ماه در جنوب غربی و جنوب شرقی مشابه ماه قبل است اما کم‌کم ایستگاه‌های شرق اصفهان و مناطقی از غرب کشور شاهد بروز چنین شرایطی هستند. در شمال شرق و شمال غرب کشور از حضور این شرایط خبری نیست. شکل (٤-٨) شرایط مورد اشاره در کشور را نشان می‌دهد.



شکل (٤-۹) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در آبان ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

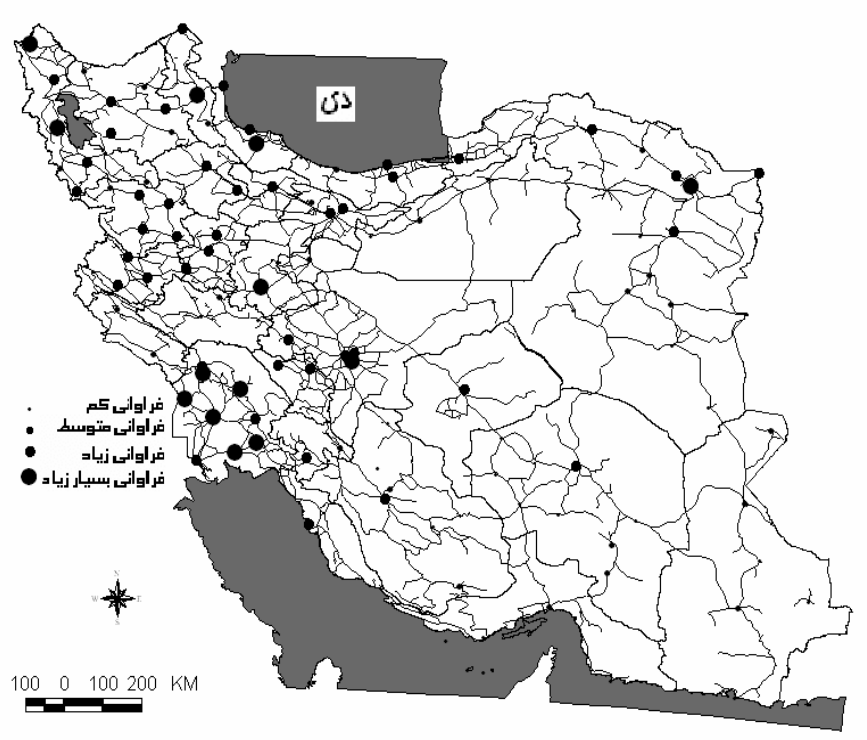
آبان ماه: در این ماه نسبت به مهر ماه، نقاط بیشتری از نواحی غربی، شمال غربی و شمالی کشور در معرض این شرایط قرار گرفته‌اند. اما از شدت آن در مناطق جنوب شرقی (استان سیستان و بلوچستان)، جنوب غربی و حتی جزایرخلیج فارس کاسته شده است. از این ماه کم‌کم رخداد این پدیده را در شمال خراسان و استان تهران شاهد هستیم. در شکل ٤-۹ این شرایط مشخص شده است.



شکل (٤-۱۰) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در آذر ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

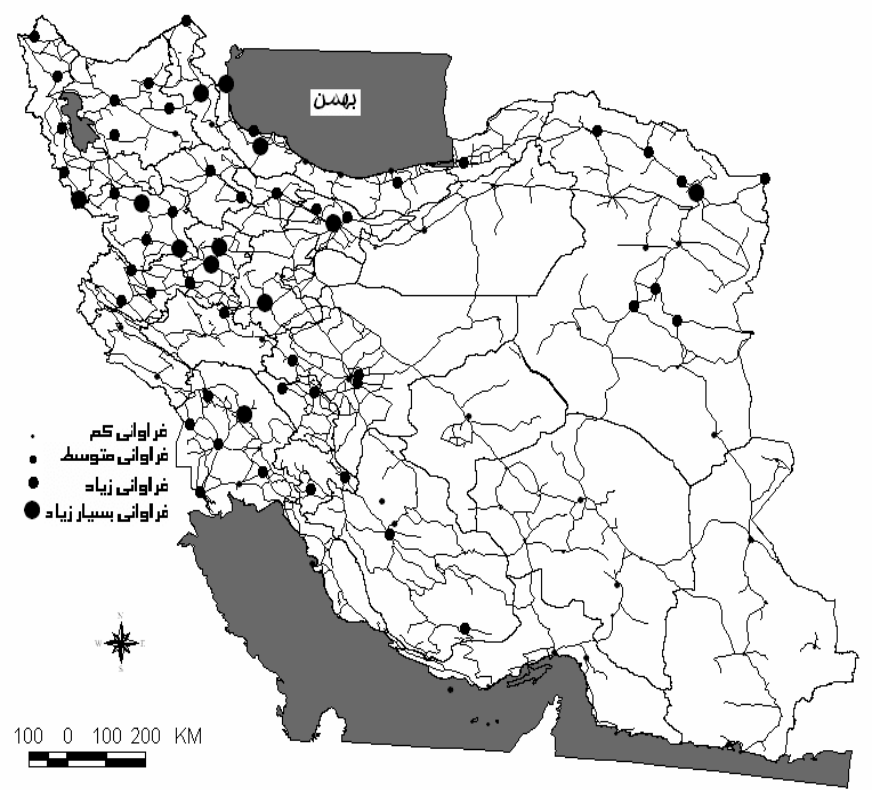
آذرماه: در این ماه غرب کشور از شمال تا جنوب و شمال خراسان با این پدیده درگیر می‌باشند. در جزایر خلیج فارس و مناطق جنوب شرق به دلیل ضعیف شدن (عقب‌نشینی) موسمی‌ها و قطع وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان آثاری از این پدیده مشاهده نمی‌شود. این پدیده در سواحل شرقی دریای خزر نسبت به سواحل غربی آن نیز از شدت کمتری برخوردار است که علت آن را می‌توان فراوانی بارش‌های سنگین در بخش‌های غربی سواحل دریای خزر در این ماه از سال دانست شکل (٤-۱۰) پهنه‌بندی کشور را با این شرایط نشان می‌دهد.



شکل (٤-۱۱) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در دی ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

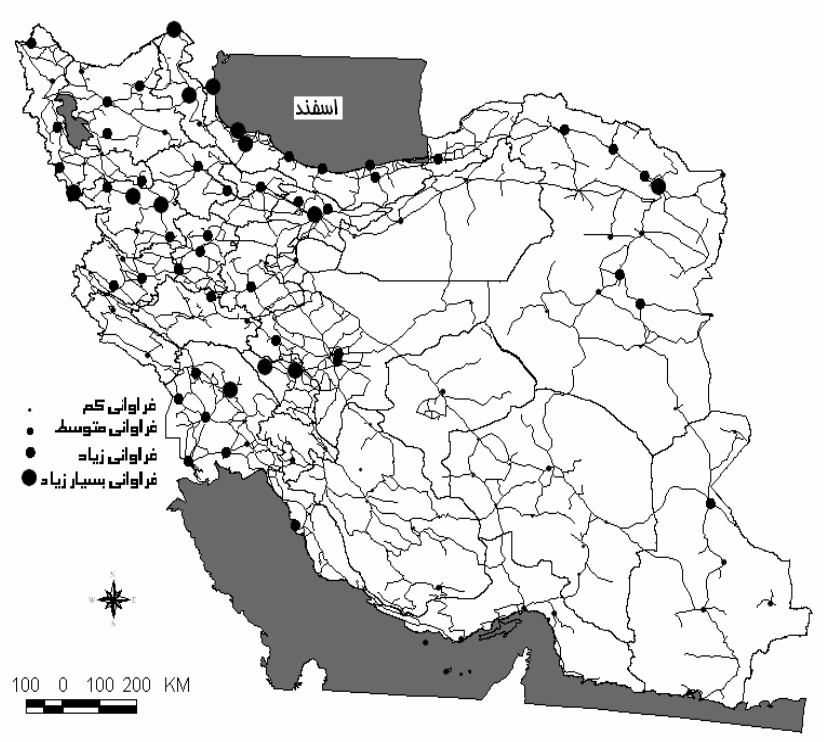
دی ماه: در این زمان کل نیمه غربی کشور (از شمال تا جنوب) با این پدیده درگیرند و بیشترین تراکم در محدوده جنوب غرب (استان خوزستان) مشاهده می‌شود. در این ماه نیز ایستگاه‌های ساحلی جنوب، جزایر و همچنین سواحل دریای خزر از فراوانی کمتری برخوردارند. در این زمان گستره این پدیده تا استان‌های کرمان و یزد نیز کشیده شده است. شکل(٤-۱۱) این شرایط را در کشور نشان می‌دهد.



شکل (٤-١٢) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در بهمن ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

بهمن ماه: در این ماه از شدت این شرایط در جنوب غربی (خوزستان) کاسته شده و بر تراکم آن در شمال غرب و غرب کشور افزوده می‌شود. در سواحل جنوبی و جنوب شرقی و همچنین جزایر، این پدیده مشاهده نمی‌شود (شکل ٤-١٢).



شکل (٤-١٣) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ١٠٠٠ متر در اسفند ماه

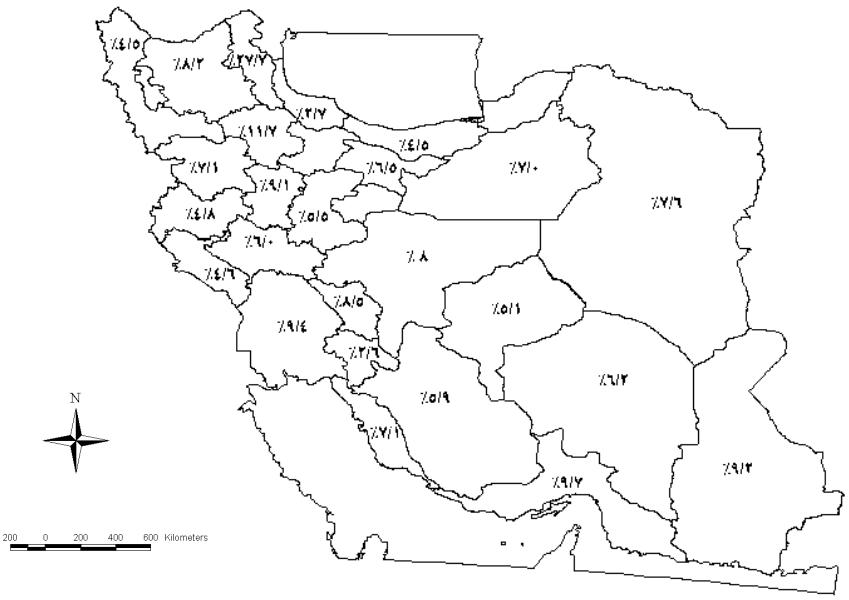
(حبیبی نوخندان، ١٣٨٣)

اسفند ماه: در این ماه شرایط مشابه بهمن ماه است با این تفاوت که بر تراکم نقاط بحرانی در کل کشور بالاخص در ایستگاه‌های حوالی زرد کوه بختیاری (استان چهار محال و بختیاری) افزوده شده است. در شکل (٤-١٣) مکان بروز این شرایط در اسفند ماه را در نقاط مختلف کشور نشان می‌دهد.

٤-۳- مه و حوادث جاده‌ای حاصل از آن در کشور

نتایج حاصل از بررسی آمار تصادفات در دوره آماری ۷۷-۱۳٦۹ مشخص نمود که ۵/۷ درصد از تصادفات در شرایط نامساعد جوی بویژه در شرایط مه روی می‌دهند.

بین تصادفات مرتبط با وقوع مه و توزیع جغرافیایی آن نیز ارتباط معنی داری وجود دارد. با بررسی توزیع مکانی تصادفات ناشی از وقوع مه مشخص شد که استانهای اردبیل (۲۷/۷ درصد)، زنجان (۱۱/۷ درصد)، هرمزگان (۹/۷ درصد)، خوزستان (۹/٤ درصد)، سیستان و بلوچستان (۹/۲ درصد) و همدان (۹/۱ درصد) بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل (٤-١٤) سهم توزیع مکانی وقوع مه در رخداد تصادفات جاده‌ای (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

شکل (٤-١٤) توزیع مکانی وقوع مه و رخداد تصادفات جاده‌ای را نشان می‌دهد. علت اصلی این تصادفات بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعات اقلیمی مناطق مذکور، فراوانی رخداد دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در این استانها نسبت به دیگر مناطق می‌باشد. بر اساس نتایج حاصله از توزیع زمانی تصادفات، بیشترین فراوانی مربوط به ماههای خرداد، تیر، مرداد، شهریور،

آذر و دی می‌باشد که رخداد توفان شن و گرد و خاک در مناطق جنوب شرقی و مرکزی ایران دلیل اصلی کاهش دید و در نتیجه افزایش تصادفات در طی ماههای گرم سال (خرداد- تیر- مرداد- شهریور) است. در شرایط مه آلود، بیشتر تصادفات از نوع خسارتی (٨٤/٤ درصد) بوده است.

٤-٤- راهکارهای حفاظتی در شرایط وقوع مه

امروزه با توجه به کاربرد گسترده هشدارهای جوی به منظور کاهش مخاطرات جاده‌ای، تجهیزات اعلام هشدار در جاده‌ها راه‌اندازی شده‌اند. با توجه به منابع آماری وقوع حوادث جاده ای ناشی از پدیده مه، می‌توان احتمالات وقوع این پدیده را در روزها و فصول مختلف سال تعیین نمود و در جهت اصلاح مسیرها و ایجاد امکانات مه زدایی و نصب چراغهای مه شکن در جاده، نصب علایم هشدار دهنده و... اقدامات لازم را به عمل آورد.

از سال ۱۹۹۰ نصب تجهیزات اندازه‌گیری مه در نقاط مستعد بزرگراه M25 در اطراف لندن صورت گرفته است. این سیستم به طور خودکار هرگاه دید کمتر از ۳۰۰ متر شود با علایم هشدار دهنده، کلمه مه را روی تابلو پیام نمای جاده‌ها نشان می‌دهد. جهت کاهش خسارات حاصل از مه روش‌های زیادی ارایه شده است که از آن جمله می‌توان به روش از بین بردن مه و تعدیل آن اشاره نمود. این روش‌ها هزینه بسیار بالایی دارد و کاربرد آن محدود به یک نقطه خاص می‌باشد. با گرم کردن لایه مه‌آلود، ظرفیت نگهداری بخار آب جو افزایش یافته و باعث تبخیر مه می‌شود. از مهم‌ترین روش‌های گرم کردن، روش فیدو[1] یا سوزاندن مواد نفتی است که در طول جنگ جهانی دوم در کنار باند فرودگاهها برای از بین بردن مه استفاده می‌شد. در جنگ دوم جهانی در انگلستان ۲۰۰۰ پرواز با این عملیات با موفقیت به انجام رسید؛ اما اجرای این روش در طول بزرگراهها بسیار مشکل و غیر قابل اجرا است. روش دیگر مه‌زدایی مکانیکی، روش جاروب نمودن است که برای اولین بار در کشور شیلی در ارتباط با مه‌های دریایی که بر

1- FIDO

روی اراضی خشک بوجود آمده بودند، مورد استفاده قرار گرفت. این عملیات شامل جاروب کردن مه با استفاده از یک شبکه از رشته‌های نایلونی است که با از روی مه، قطرات آب بر روی این رشته نایلونی جمع می‌شود و به سطح زمین می‌چکد. بعدها در ایالات متحده امریکا نیز از این فن‌آوری جهت برداشت مه سطحی که در بزرگراه نیوجرسی رخ داده بود، استفاده شد که نتیجه آن موفقیت‌آمیز بود.مهم‌ترین روش مه‌زدایی، بارورسازی مه است. اگر ذرات ریز هواویزهایی چون کلرید سدیم (نمک طعام) را پس از وقوع مه در جو بپاشیم، پس از این که مه تشکیل شد قطرات آن با هسته‌های تراکم، بارور شده و به صورت قطراتی از آب، مه را از بین می‌برند. این نوع بارورسازی برای مدت ۱۵ دقیقه مؤثر واقع می‌شود. این آزمایش در انگلستان با محلول نیترات آمونیوم امتحان شد. روش‌های شیمیایی بی‌شماری وجود دارند که کمتر مورد استقبال و توجه قرار گرفتند زیرا این روش‌ها برای محیط زیست مضر و خطرآفرین هستند. شاید بهترین و ارزان‌ترین روش مه‌زدایی روش تغذیه الکتریکی باشد که تغییراتی در منفی یا مثبت بودن قطرات مه ایجاد می‌کند و این امر باعث ایجاد جذب الکتریکی شده و شرایط را جهت ریزش قطرات مه ایجاد می‌نماید. مطالعات آزمایشگاهی این روش در ایالات متحده امریکا به پایان رسیده است. پاکسازی مه‌های سرد از دیگر موارد آسان‌تر انجام می‌شود. اساس پاکسازی آن بر این واقعیت استوار است که فشار بخار آب اشباع در دمای مشابه کمتر از فشار بخار آب روی یخ است. این بدان معنی است که هر گاه ذرات یخ و قطرات آب در مجاورت یکدیگر قرار بگیرند، گرادیان فشار به وجود آمده از قطره یخ باعث انتقال بخار آب از قطره به ذره یخ می‌شود و در نتیجه قطرات آب تبخیر شده و مه تحلیل می‌رود، در حالی که ذرات یخ مکرراً رشد می‌کنند. فن‌آوری مه‌زدایی (پاکسازی مه) مه‌های سرد، مستلزم بذرافشانی موادی است که می‌توانند خاصیت بلورهای یخی را داشته باشند. از این رو در عمل از یخ خشک (اکسید کربن خالص) و پروپان مایع استفاده می‌شود. یخ خشک از بالا (با هواپیما) بر روی لایه مه پاشیده می‌شود در حالی که پروپان مایع از پایین به لایه مزبور تزریق می‌شود. در این شرایط پروپان تبخیر و منبسط و در نتیجه سرد می‌شود و به هسته‌های منجمد تبدیل می‌گردد. در هر دو مورد، ذرات منجمد به بهای تحلیل قطرات آب موجود در مه رشد کرده و به صورت دانه‌های برف به سطح زمین سقوط

می‌کنند. این روش مؤثر مه‌زدایی، امروزه اقتصادی است و در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته هنوز روش خاصی جهت جلوگیری از تشکیل مه با هزینه‌های قابل قبول تا این زمان به دست نیامده است.

از روش‌های مختلفی که جهت کمک به رانندگان در مقابله با مه وجود دارد، به کارگیری چراغ‌های مه شکن است. درسال ۱۹۸٦ در انگلستان از ۲۸٥٦ کیلومتر بزرگراه (۱۷۷٥ مایل)، درحدود ۷۲۸ کیلومتر (٤٥٥ مایل) و یا ۲٥ درصد از کل بزرگراهها به سیستم روشنایی در برابر مه مجهز شدند. در حال حاضر با تحقیقات انجام گرفته از سوی سازمان حمل‌ونقل انگلستان، کلیه بزرگراههای درون شهری و تمامی مناطقی که تصادفات بالایی دارند، به چراغ‌های روشنایی مه‌شکن مجهز هستند. لامپ‌های سدیمی در ارتفاع ۱۲ متری با فواصل ۳۷ متر از هم استقرار می‌یابند و نقش آنها روشن نمودن جاده در کلیه شرایط جوی است و به طور مستمر در شرایط مه‌آلود مورد استفاده قرار می‌گیرند.

٤-٥- بارش و اثرات آن بر حوادث جاده‌ای

بارش، زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود هر دو با هم در منطقه‌ای وجود داشته باشند. به عبارت دیگر هوای مرطوب باید تا ارتفاع معینی بالا رود تا بر اثر سرد شدن پی در پی به نقطه اشباع برسد و در مرحله بعد ابر و سپس بارش را پدید می‌آورد. عدم وجود هر یک از این دو عامل مانع وقوع بارش می‌شود. صعود هوای مرطوب به منظور ایجاد بارش به عوامل متعددی نسبت داده شده است. براساس این عوامل، بارش را به انواع مختلف تقسیم کرده‌اند. متداول‌ترین این تقسیمات بارش جبهه‌ای، بارش همرفتی و بارش کوهستانی می‌باشند.

با توجه به آمار حوادث جاده‌ای، از بین پدیده‌های جوی مؤثر بر حمل‌ونقل جاده‌ای، بارندگی و جاده‌های خیس و لغزنده نسبت به یخبندان، ریزش برف و رخداد مه اهمیت بیشتری دارند. در ایالات متحده امریکا نشان داده شده است که نسبت تصادفات در روزهای بارانی در مقایسه با روزهای غیربارانی ۳۰٪ بیشتر است. در حدود ۲۰٪ از کل حوادث منجر به زخمی‌شدن

در جاده‌های انگلستان در نتیجه لغزندگی در سطح جاده می‌باشد. مشکل اصلی بارندگی در حمل‌ونقل جاده‌ای؛ کاهش دید، کاهش مقاومت وسیله نقلیه در برابر لغزندگی و انعکاس نور از سطح جاده خیس در هنگام شب است. ریزش باران به همراه بادهای شدید، حوادث را بیشتر می‌کند. پخش آب‌های گل‌آلود در هنگام عبور وسایط نقلیه بر روی شیشه اتومبیل‌های دیگر موجب کاهش دید بویژه در هنگام شب می‌شود. میزان تصادفات هنگامی که چندین مورد از شرایط مختلف جوی، نوری و جاده‌ای در کنار هم باشند، بیشتر خواهد بود.

مهمترین تغییرات مرتبط با شرایط جوی در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای تغییر در اصطکاک سطح جاده بعد از بارندگی است. تحقیقات تجربی قابل توجهی در سه دهه گذشته پیرامون تغییرات اصطکاک آسفالت و تایر اتومبیل‌ها در شرایط بارندگی انجام شده است. در بیشتر تحقیقات بر لغزنده بودن سطح جاده‌ها در نتیجه باران تأکید شده است. دو جنبه مهم در این امر ضخامت لایه آب در سطح جاده و طول مدتی است که سطح جاده خیس بوده است. در هر دو حالت مدل‌هایی این پارامترها را برآورد می‌کنند.

باران‌های شدید هزینه سنگینی را برای راهداران به علت تعمیر و نگهداری راهها به بار می‌آورد. به طوری که بارش بیشتر از ۵۰ میلی‌متر در ساعت باعث بروز سیلاب در سطح جاده‌ها می‌گردد. شکل (٤-١٥) نمونه‌ای از آبگرفتگی شدید جاده در اثر ریزش باران را نشان می‌دهد.

اریکسون و لیندکویست[1] (۲۰۰۲) به بررسی عامل لغزندگی سطح جاده به هنگام بارندگی و ریزش برف در سطح جاده پرداختند. این شرایط به هنگام عبور یک جبهه هوای گرم از روی منطقه‌ای که هوای سرد در آنجا حاکم است و دمای سطح جاده نیز زیر صفر درجه است، رخ می‌دهد. آنها در دو منطقه از جنوب سوئد به بررسی توزیع زمانی و مکانی باران و یخ برف بر روی سطوح یخزده پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که در ماه اکتبر سطح جاده هنوز گرمای ماههای قبل را دارد و یخ نمی‌بندد و در ماه آوریل هم به جهت این که تابش ورودی خورشید زیاد است شرایط بحرانی کمتری ایجاد می‌شود.

1- Eriksson and Lindquvist (2002)

ارتباط ساده‌ای بین تصادفات و شرایط جوی وجود ندارد. به طوری که در یک وضعیت معین مثلاً در هنگام ریزش برف رانندگان آهسته‌تر و با دقت بیشتری رانندگی می‌کنند و حتی ممکن است سفر خود را به تعویق انداخته و یا آن را لغو نمایند. این مسأله منجر به کاهش مجموع تصادفات خواهد شد.

در شرایط بارانی که سطح جاده خیس است؛ آمار تعداد تصادفات افزایش می‌یابد. این وضعیت با شرایطی چون ساعات طولانی تاریکی در زمستان، حجم بالای ترافیک در روزهای خاصی از هفته و در ساعات خاصی از یک روز همراه خواهد بود. رانندگان شناختی از شرایط جاده در فصل زمستان ندارند و حتی تجربه اینکه لغزندگی یک خطر محسوب می‌شود را نیز ندارند. همچنین مطابق بررسی‌های هینی جوکی[1] (۱۹۹٤) رانندگان توانایی تخمین صحیح لغزندگی سطح جاده را هم ندارند.

شکل (٤-۱۵) بارانهای شدید منجر به بروز سیلاب در سطح جاده‌ها می‌شود
(کیلومتر دو جاده گراش- خنج استان فارس) (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۰)

1- Heinijoki (1994)

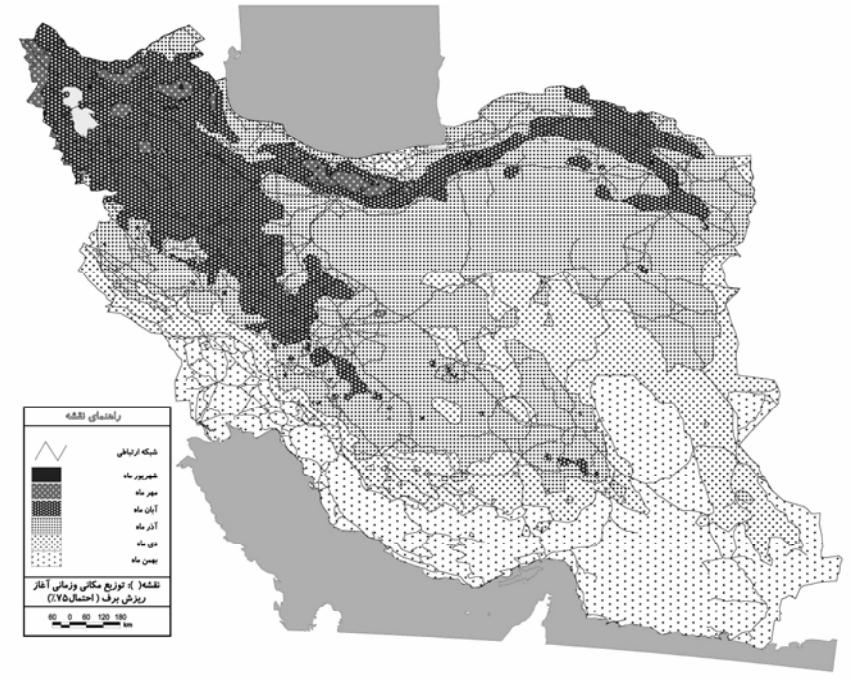
بر پایه یافته‌های سال‌های اخیر در ۵ تا ۱۰ روز از سال آمار سوانح دو برابر می‌شود (نسبت به آمار متوسط روزانه). حتی در برخی از زمستان‌ها تعداد این روزها افزایش می‌یابد مثلاً در سال ۱۹۹۵، ۱۵ روز با تصادفات بالا همراه بوده است. اسمیت[1] (۱۹۸۲) با بررسی تصادفات ناشی از شرایط جوی در گلاسکو با استفاده از اطلاعات هواشناسی محل واقعه، هزینه وقوع تصادفات در شرایط بارانی و لغزنده بودن سطح جاده را روزانه ٤/٥ میلیون پوند برآورد نمود. مطابق بررسی کانادایی‌ها تعداد زخمی‌ها در سوانح جاده‌ای در هنگام ریزش برف بیشتر و میزان خسارات مالی ناشی از آن نسبتاً کمتر می‌باشد.

پری و سایمونز[2] (۱۹۸۰) به مطالعه اثر توفان برف بر حمل‌ونقل جاده‌ای اسکاتلند در تاریخ ۲۸ تا ۳۰ ژانویه ۱۹۷۸ پرداختند. تصادفات و تلفات جاده‌ای در طی روزهای برفی نسبت به روزهای غیربرفی ۲۵٪ بیشتر است و میزان تلفات در واحد ترافیک حدود دو برابر می‌شود. پیش‌بینی بارش برف مشکل است بالاخص تعیین اینکه در کدام منطقه بارش برف بیشتر است و چه مقدار می‌بارد. برای ایجاد راهبندان نیاز به ریزش توده انبوهی از برف نیست; بلکه بارش حدود ۲۰ میلی‌متر یا کمتر هم می‌تواند در حرکت وسایط نقلیه اختلال ایجاد نماید. با افت دما، ذرات برف کوچکتر شده و ساختار شاخه‌ای بهتری نسبت به دماهای بالاتر دارند. از این رو تحت تأثیر باد و کولاک برف شرایط خطرناکی برای رانندگان بویژه در شب هنگام ایجاد می‌شود. اگر ریزش برف بیشتر از ٦ سانتی‌متر باشد، عملیات برف‌روبی باید انجام شود.

با توجه به آنکه شبکه پیچیده‌ای از راهها در منطقه کوهستانی غرب و شمال غرب کشور توسعه یافته است از این رو آگاهی از زمان آغاز و خاتمه ریزش برف نقش بسیار مهمی در عملیات راهداری زمستانه خواهد داشت. بر اساس شکل (٤-١٦) زمان آغاز ریزش برف در کشور به طور گویایی تابع ارتفاع، عرض جغرافیایی و ویژگی‌های محیطی است. به نحوی که در ارتفاعات البرز، زاگرس، خراسان و آذربایجان زمان آغاز ریزش برف آبان ماه است. البته بخش‌های بسیار مرتفع و قلل این ارتفاعات در مهرماه نیز ریزش برف را تجربه می‌کنند. سواحل

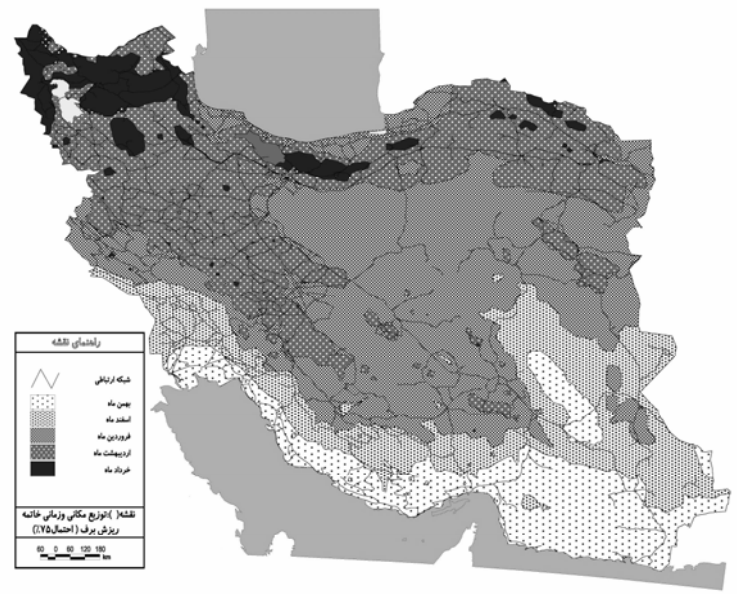
1- Smith (1982)
2- Perry & Symons (1980)

دریای خزر، بخش‌هایی از خراسان، سمنان، تهران، قم، اصفهان، کرمان و یزد در دی ماه و کـویر لوت، شمال خوزستان، جنوب فارس و شمال شرقی سیستان، ریزش برف را به ندرت آن هم در بهمن ماه شاهد خواهند بود.



شکل (٤-١٦) توزیع زمانی و مکانی آغاز ریزش برف در کشور (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

براساس نقشه توزیع زمانی و مکانی خاتمه ریزش برف که در شکل ٤-۱۷ مشخص شده است، در مرتفع‌ترین قسمت‌های ارتفاعات مرکزی البرز، ارتفاعات آذربایجان شرقی و غربی و اردبیل و همچنین ارتفاعات شمال خراسان تا خردادماه هم ادامه دارد. در دیگر ارتفاعات کشور ریزش برف تا اردیبهشت ماه ادامه دارد و سواحل دریای خزر و سراسر ایران مرکزی در 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 خلاصه می‌شود.

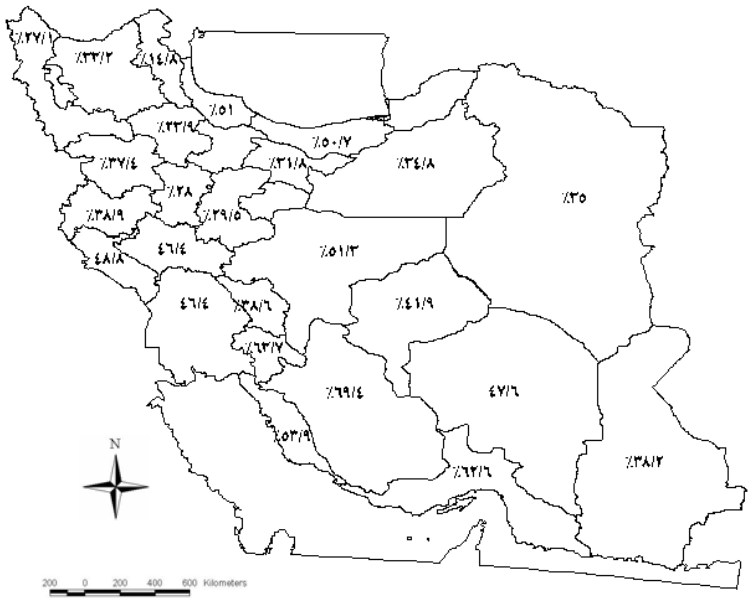


شکل (٤-١٧) توزیع زمانی و مکانی خاتمه ریزش برف در کشور (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

با توجه به نقشه‌های فوق، ارتفاع نسبت به عرض جغرافیایی نقش با اهیمت تری دارد چرا که ارتفاعات کرمان، بلوچستان و یزد با این که از عرض جغرافیایی پایینی برخوردارند اما شرایطی مشابه ارتفاعات عرض‌های بالای جغرافیایی را دارند.

٤-٦- رخداد تصادفات در شرایط بارش

با بررسی آماری تصادفات جاده‌ای کشور (از سال ١٣٦٩ تا ١٣٧٧) این نتیجه تأیید می‌شود که بارندگی در بین شرایط نامساعد، بیشترین درصد تصادفات (٤٣/٨ درصد) را به خود اختصاص داده است. نتایج حاصل از بررسی وضعیت تصادفات در استانهای کشور حاکی از این است که سهم بارندگی از مجموع تصادفات در استانهای فارس (٦٩/٤ درصد)، کهکیلویه و بویراحمد (٦٣/٧ درصد)، هرمزگان (٦٢/٦ درصد)، بوشهر (٥٢/٩ درصد)، اصفهان (٥١/٣ درصد)، گیلان (٥١ درصد) و مازندران (٥٠/٧ درصد) بیش از سایر استانها است (شکل ٤-١٨).



شکل (٤-١٨) توزیع مکانی سهم بارندگی در رخداد تصادفات (حبیبی نوخندان، ١٣٨٥)

بر اساس نتایج بدست آمده، فراوانی تصادفات استانهای گیلان و مازندران در شرایط بارندگی نسبت به دیگر استانها از سهم کمتری برخوردار است. در حالیکه میزان بارندگی سالانه این استانها بیش از سایر استانها است. دلیل اصلی را می‌توان سازگاری و آشنایی رانندگان این مناطق با نحوه رانندگی در چنین شرایطی دانست. علاوه بر تغییرات توزیع مکانی، رخداد تصادفات رابطه معنی‌داری را با توزیع زمانی (فصلی) نشان می‌دهد. بطوریکه بیشترین تصادفات در سه ماهه سوم سال یعنی فصل پاییز اتفاق افتاده است. در سایر فصول، فراوانی تصادفات در شرایط بارندگی کمتر از ٥٠ درصد است. از دیگر مسایل مهمی که در ثبت تصادفات اهمیت دارد، نوع تصادف (فوتی، جرحی و خسارتی) و نحوه برخورد وسایط نقلیه است. نتایج بررسی آمار تصادفات نشان می‌دهد که در شرایط بارندگی تصادفات خسارتی (٧٣/٨ درصد) بیش از تصادفات منجر به فوت و جرح است. همچنین با بررسی نحوه برخورد خودروها در چنین شرایطی مشخص شد که بیشتر تصادفات از نوع برخورد جلو به پهلو (٣٤/٩ درصد) و جلو به عقب (٢٨/٨

درصد) بوده است. با بررسی توزیع مکانی انواع نحوه برخورد در استانهای مختلف مشخص شد که برخورد جلو به پهلو در استانهای چهارمحال و بختیاری (۵۲ درصد)، گیلان (۵۲ درصد)، یزد (۵۰ درصد) و سیستان و بلوچستان (٤۹ درصد) و برخورد جلو به عقب در استانهای تهران (۳۳ درصد)، گیلان (۳۲ درصد)، مرکزی (۳۲ درصد)، هرمزگان (۳۲ درصد)، آذربایجان شرقی (۳۱ درصد)، فارس (۳۱ درصد)، مازندران (۳۰ درصد) و اردبیل (۳۰ درصد) بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است. علت اساسی این نوع برخوردها در شرایط بارندگی، عدم توانایی کنترل وسایط نقلیه، کاهش میدان دید رانندگان و سرعت غیر مجاز است.

پس از بارندگی، ریزش برف نقش بسیار مهمی در وقوع تصادفات جاده‌ای دارد. در روزهای برفی تصادفات حدود ۲۵۰ درصد بیشتر از متوسط دیگر روزها است. نتایج تحقیق در بزرگراههای تورنتو در سال ۸۱-۱۹۸۰ حاکی از این است که هنگام ریزش برف نسبت روزانه تصادفات ۱/۳ تا ۲/٤ بار بیشتر از حالت نرمال است. با توجه به اهمیت این پدیده، آمار تصادفات استانهای مختلف کشور در شرایط ریزش برف مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد; استانهای چهارمحال و بختیاری (۳۵/۷ درصد)، زنجان (۳۰/۷درصد)، تهران (۲۹/۸ درصد)، آذربایجان شرقی (۲٦/۹ درصد)، اردبیل (۲۵ درصد)، همدان (۲٤/۲ درصد) و مرکزی (۲٤/۱ درصد) بیشترین تصادفات را در این شرایط داشته‌اند (شکل ٤-۱۹). در بررسی توزیع زمانی تصادفات مرتبط با ریزش برف، دی ماه (۱۸/۸ درصد) ، بهمن ماه (۲٤/۳ درصد) و اسفند ماه (۱۳/۹ درصد) بیشترین درصد تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند که منطبق با افزایش میزان ریزش برف در این ماههای سال در جاده‌های مناطق کوهستانی و سردسیر کشور می‌باشد. در این شرایط نیز فراوانی تصادفات خسارتی (۷۹/٦ درصد) بیشتر از تصادفات منجر به جرح و فوت بوده است. با مقایسه انواع نحوه برخورد در شرایط برفی مشخص شد که برخوردهای جلو به پهلو (۲۹/۵ درصد) و جلو به عقب (۲۸ درصد) از فراوانی بیشتری برخوردار بوده‌اند.

شکل (٤-۱۹) توزیع مکانی سهم بارش برف در رخداد تصادفات

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

٤-۷- اثرات یخبندان بر حوادث جاده‌ای

پدیده یخبندان همه ساله خسارات گسترده‌ای را در زمینه‌های مختلف از جمله حمل‌ونقل ایجاد می‌نماید. این پدیده که به علت کاهش سریع انرژی در سطح منطقه ایجاد می‌شود، در ماههای سرد سال دارای فراوانی بیشتری است. وسعت خسارات ناشی از وقوع یخبندان در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی، آب، تهیه و توزیع سوخت، انرژی، جهانگردی، فعالیت‌های صنعتی و حمل‌ونقل اعم از پل‌سازی، جاده‌سازی و خطرات جاده‌ای، لزوم شناخت و مطالعه دقیق بر روی این پدیده را به منظور مقابله با خسارات احتمالی ضروری می‌سازد.

با گذر از موضوع عام و بسیار کلی انواع یخبندان، لزوم بررسی پایگاه مکانی یخبندان در این بخش پیش می‌آید که این پایگاه مکانی شامل جاده‌ها و محورهای ارتباطی می‌باشد. برف و

یخبندان سطح جاده‌ها نقش مؤثری در کاهش اصطکاک بین سطح جاده و تایر اتومبیل‌ها دارند. در مناطق کوهستانی که این پدیده از فراوانی بیشتری برخوردار است مشکل وقتی شدت می‌یابد که رانندگان نسبت به رانندگی در چنین شرایطی آگاهی نداشته باشند. شکل (٤-٢٠) یکی از این راه‌ها را نشان می‌دهد. روزهای زمستانی با دمای زیر صفر درجه به همراه بارش برف مشکلاتی چون کاهش سرعت متوسط خودروها، افزایش خطر تصادفات و افزایش هزینه مدیریت و نگهداری راهها را به دنبال دارد. علاوه بر برف‌روبی، مصرف قابل توجهی نمک به منظور بازگشایی جاده‌ها بعد از ریزش برف نیز می‌تواند مفید واقع شود.

شکل (٤-٢٠) ریزش برف سنگین، دید کم، یخبندان و نمک پاشی سطح جاده – گردنه اسد آباد همدان
(سازمان هواشناسی،۱۳۸۰)

میزان تصادفات رابطه مستقیمی با نسبت بارش به دما دارد. برآد و لارسون[1] (۱۹۸۱) با مقایسه تصادفات به هنگام ریزش باران با زمانی که بارندگی نبود دریافتند که میزان تصادفات وابسته به دمای هوا است؛ به طوری که حداکثر تصادفات هنگامی رخ می‌دهد که بارندگی همراه با

1- Brude and Larsson (1981)

دمای صفر درجه سانتی‌گراد و یا کمتر است. تعداد تصادفات در جاده‌های یخبندان و برفی همزمان با افزایش دما افزایش می‌یابد. این مقدار در طی شب دو برابر بیشتر از ساعات روز است. اما در شرایط برف و یخبندان (بدون شرایط ذوب) تفاوتی بین تعداد آن در هنگام شب و روز وجود ندارد.

آندرسون[1] (۱۹۷۸) به بررسی اثرات کاربرد نمک در میزان سوانح جاده‌ای عمومی بین سال‌های ۷٤-۱۹۷۰ که توسط پلیس گزارش شده بود، پرداخت و نتایج زیر را بدست آورد:

الف) میزان تصادفات در شرایط برف و یخبندان نسبت به سطح جاده خشک، ۳ تا ۲۰ برابر بیشتر است.

ب) رابطه‌ای بین مقدار نمک‌پاشی و تعداد تصادفات وجود ندارد.

ج) میزان تصادفات در جاده‌های نمک‌پاشی شده مشابه جاده‌های نمک‌پاشی نشده در طی ماه‌های نوامبر و فوریه ۵۲٪ و در ماههای مارس و آوریل و اکتبر ۲۲٪ است.

٤-۸- تعیین مکان و زمان آغاز و خاتمه یخبندان در کشور

فلات ایران در جنوب باختری آسیا و در مدار شمالی ۲۵ تا ٤۰ درجه قرار دارد و تحت تأثیر سیستم‌ها و توده‌های هوایی قرار می‌گیرد که غالباً از غرب به سوی عرض‌های جغرافیایی میانه روان هستند. در برخی از مواقع نیز جریانات هوا از مرزهای شمالی، جنوب غربی، جنوب شرقی و حتی شرقی وارد کشور می‌شوند و عرصه کشور را در می‌نوردند.

مراکز فشار هوا که در بخش‌های جنوبی اروپا تشکیل می‌شوند، در فصل پاییز توده‌های هوای کم فشاری را به سوی دریای مدیترانه گسیل می‌دارند. این توده‌های هوا در حین حرکت خود به سمت شرق مدیترانه از روی ایران عبور می‌کنند و تا اوایل بهار به حرکت خود به سوی ایران ادامه می‌دهند. برآیند عبور این توده‌های هوا در سلسله جبال البرز و زاگرس موجب ابرناکی هوا و بارش می‌گردد. اما آنچه از هجوم توده‌های هوای قطبی که از اروپای شمالی و قطب شمال

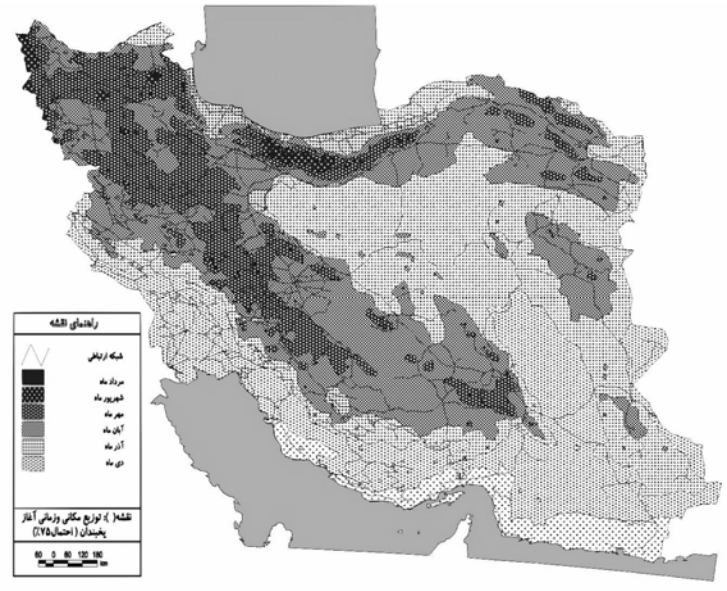
1- Anderson (1978)

می‌آیند عاید می‌شود، ورود سرما به نواحی شمالی، شمال غربی و شمال شرقی کشور و ریزش‌های جامد در قالب برف است. همراه با این توده‌های هوا، سیستم‌هایی نیز از روی شبه جزیره اسکاندیناوی و یا اقیانوس اطلس می‌آیند که دارای هوای سرد بوده، سرما و ابرناکی را با خود می‌آورند و بارندگی‌هایی را موجب می‌گردند. سرمای ناشی از ورود این توده‌های هوا به فرارفت هوای سرد[1] موسوم است که امکان دارد طی شب یا روز حادث شود. نفوذ هوای سرد جریانهای جوی عبوری، سبب سرد شدن هوا می‌گردد و زمینه انجام فعل و انفعالات پیچیده‌ای را در جو فراهم می آورد که به موجب آن آسمان در طول شب صاف شده و شرایط برای بروز نوع دیگری از سرما به نام سرمای تابشی مهیا می‌گردد. بروز سرمای تابشی به ویژه در فصل سرد باعث رخداد دماهای بحرانی می‌شود.

آگاهی از زمان آغاز و خاتمه یخبندان نقش بسیار مؤثری در مدیریت عملیات راهداری زمستانه، اقدامات ایمنی پلیس راه، آمادگی بیشتر رانندگان و کلیه افرادی که به نوبه‌ای با شبکه حمل‌ونقل در ارتباط هستند، دارد.

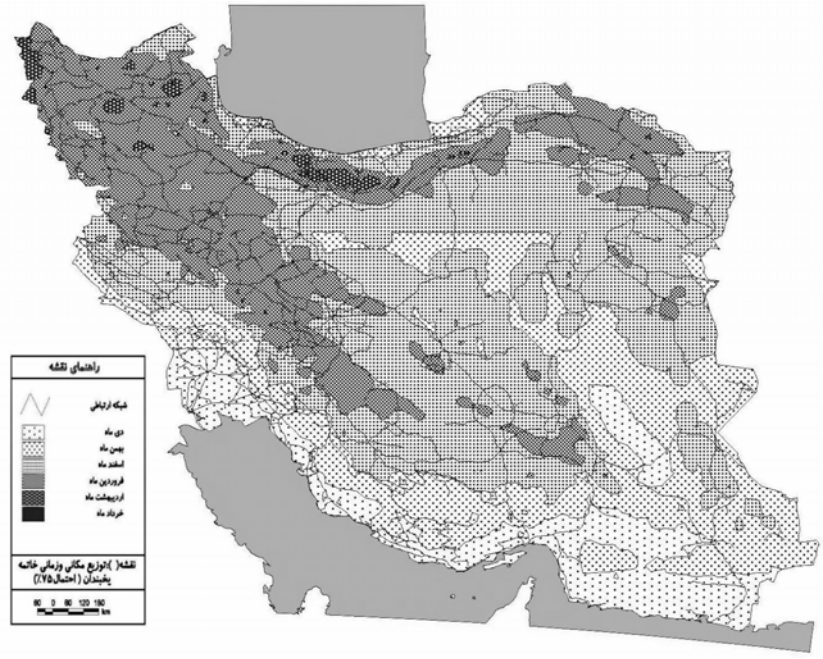
بر اساس مطالعات اولیه انجام شده در غالب ایستگاه‌های کوهستانی کشور از جمله البرز، زاگرس، ارتفاعات آذربایجان و شمال خراسان، آغاز یخبندان از ماههای شهریور و مهر می‌باشد. البته در نواحی بسیار مرتفعی چون قلل دماوند، سهند و سبلان آغاز یخبندان بسیار زودتر(مرداد ماه) روی می‌دهد. در ارتفاعات کپه داغ و بینالود 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 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. شکل (٤-٢١) توزیع زمانی و مکانی آغاز یخبندان در کشور را نشان می‌دهد.

1- Cold Advection



شکل (٤-۲۱) توزیع زمانی و مکانی آغاز یخبندان در کشور (حبیبی نوخندان،۱۳۸۳)

شکل (٤-۲۲) توزیع زمانی و مکانی خاتمه یخبندان را در کشور نشان می‌دهد. 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 قلل 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، سواحل دریای خزر، جنوب فارس و کرمان و شمال سیستان و بلوچستان، بهمن ماه زمان خاتمه یخبندان می‌باشد. چاله لوت، سواحل خلیج‌فارس 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.



شکل (٤-۲۲) توزیع زمانی و مکانی خاتمه یخبندان در کشور (حبیبی نوخندان،۱۳۸۳)

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.

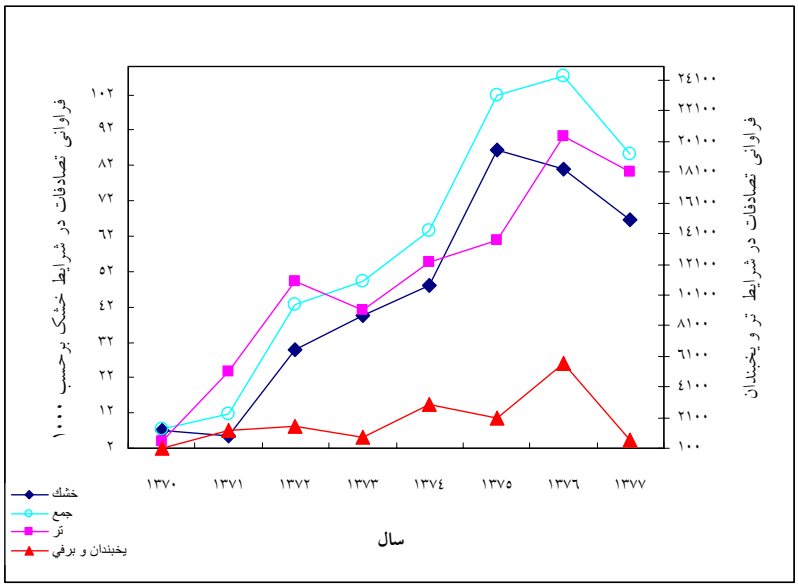
٤-۹- تصادفات و شرایط مختلف سطح جاده (خشک، تر و یخبندان)

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 شده (از سال ۱۳٦۹ تا ۱۳۷۷) ۸۸/۰۳ درصد از تصادفات در شرایط خشک و به ترتیب ۱۰ و ۱/٥٤ درصد از تصادفات در شرایط نامساعد جاده (تر و یخبندان) رخ داده است. سهم شرایط جاده در تصادفات منجر به فوت، جرح و خسارت در جدول (٤-۳) آورده شده است. بیشتر تصادفات در شرایط مختلف جاده از نوع خسارتی است. شکل (٤-۲۳) سهم شرایط مختلف سطح جاده را در

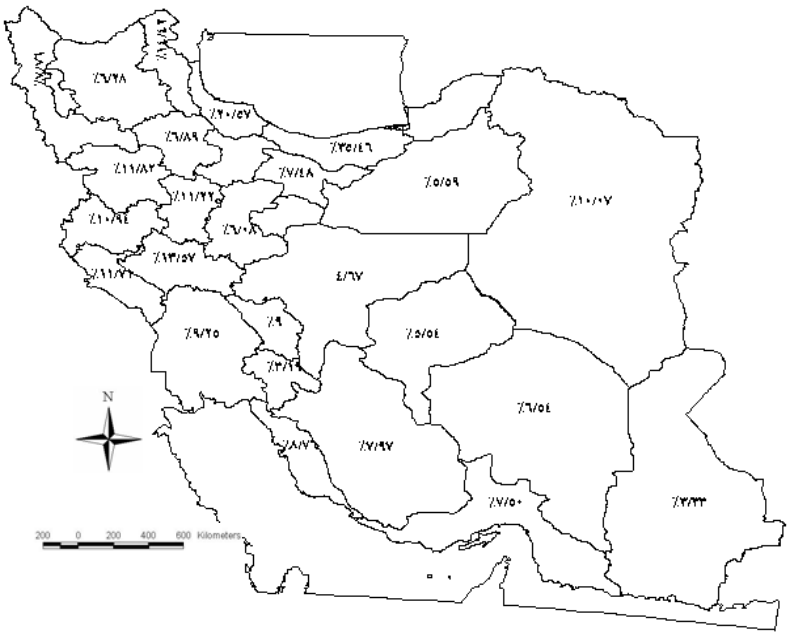
رخداد تصادفات منجر به فوت، جرح و خسارت نشان می‌دهد. در مقایسه توزیع مکانی تصادفات در شرایط نامساعد جاده مشخص گردید که استانهای مازندران (۳۵/٤٦ درصد)، گیلان (۲۰/۵۷ درصد)، اردبیل (۱٤/٤۲ درصد) و لرستان (۱۳/۵۷ درصد) بیشترین درصد تصادفات در شرایط تر را به خود اختصاص داده‌اند. شکل (٤-۲٤) توزیع مکانی سهم خیس بودن سطح جاده در رخداد تصادفات را در کشور نشان می‌دهد.

جدول (٤-۳) سهم شرایط مختلف جاده در نوع تصادف (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

شرایط جاده	نوع تصادف (درصد)		
	فوتی	جرحی	خسارتی
خشک	۱/٤٤	۱۸/٦۲	۷۲/۹٤
تر	۱/۳۱	۱٦/۹۱	۸۱/۷۷
یخبندان و برفی	۰/۹۱	۱۰/۳۳	۸۸/۷٦



شکل (٤-۲۳) سهم شرایط مختلف جاده در تصادفات منجر به فوت، جرح و خسارت
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)



شکل (٤-٢٤) توزیع مکانی سهم تر بودن سطح جاده در رخداد تصادفات در استانهای مختلف کشور
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

بررسی آمار تصادفات نشان می‌دهد که استانهای اردبیل (٦/٢٤ درصد)، چهارمحال و بختیاری (۵/۳۵ درصد)، همدان (٤/١٨ درصد)، آذربایجان شرقی (٤/١۵ درصد)، کردستان (۳/۷۵ درصد) و آذربایجان غربی (۳/٤۹ درصد) در مقایسه با سایر استانها تصادفات بیشتری در شرایط یخبندان داشته‌اند. در شکل (٤-٢۵) پهنه بندی کشور از نظر توزیع مکانی سهم یخبندان سطح جاده در رخداد تصادفات را نشان می‌دهد.

٤-١٠- اثرات تندبادها بر حوادث جاده‌ای

باد حرکت افقی هوا و قسمتی از سازوکار[1] ترمودینامیکی جو است که وظیفه اصلی انتقال گرما، رطوبت و سایر ویژگی‌های هوا را از منطقه‌ای به منطقه دیگر بر عهده دارد. این پدیده

1- Mechanism

آینه‌ای تمام نما از زنجیره فرآیندها در جو می‌باشد و متاثر از نیروی گرمایش خورشیدی است که برروی یک سیاره چرخنده اعمال می‌گردد.

شکل (٤-٢٥) توزیع مکانی سهم یخبندان سطح جاده در رخداد تصادفات در استانهای مختلف کشور

(حبیبی نوخندان، ١٣٨٥)

از جمله پدیده‌های جوی که ایمنی حمل‌ونقل را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، وقوع تندبادهاست. اگرچه باد به ندرت دلیلی بر بروز تصادف به شمار می‌آید اما عموماً شرایط رانندگی را با مشکل مواجه می‌سازد. بادهای شدید می‌توانند وسایط نقلیه را واژگون نمایند و یا هدایت آنها را با مشکل مواجه کنند و باعث حرکت برف، ماسه و یا شن‌های روان به عنوان مانعی در سطح جاده شوند. نحوه عمکرد باد بر وسایط نقلیه به متغیرهای مختلفی وابسته است که مهمترین آنها شامل: سرعت باد، زاویه برخورد باد به وسیله نقلیه، ساختار آیرودینامیک خودروها و کناره جاده‌ها، انحنای خاص (پیچ و قوس) مسیر حرکت وسیله نقلیه و ضریب

اصطکاک سطح‌جاده می‌باشند. در مجموع به خطرات حاصل از تندبادها در حمل‌ونقل نسبت به خطرات ناشی از بارش و مه کمتر توجه شده است.

مهمترین اثری که باد بر حمل‌ونقل جاده‌ای دارد؛ ایجاد ناپایداری در حرکت وسایط نقلیه مرتفع، اتوبوس‌های دوطبقه، کاروان‌ها (نوعی خودرو که جهانگردان بیشتر استفاده می‌کنند) و خودروهای سبک می‌باشد و حتی ممکن است برخی از تندبادها باعث واژگونی آنها گردد. تندبادهای شدید می‌توانند حرکت ترافیک را هم در برخی از وضعیت‌ها با مشکل مواجه کنند.

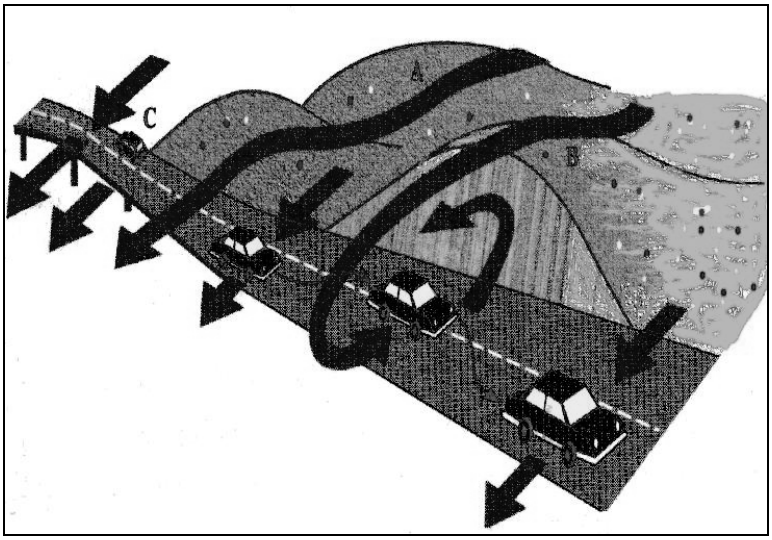
نیروی وارده ناشی از باد به وسیله نقلیه برابر مربع سرعت باد در محدوده‌ای است که وسیله نقلیه در معرض باد قرار می‌گیرد. این مقدار وقتی به حداکثر خود می‌رسد که باد از سمت جانبی به وسیله نقلیه نیرو وارد آورد. رانندگان موتورسیکلت‌ها و دیگر وسایط نقلیه دو چرخ در این شرایط بیشتر از وسایط نقلیه دو محوری تحت تأثیر قرار می‌گیرند که از دلایل آن می‌توان به کنترل کمتر این وسایط نقلیه نسبت به خودروها در شرایط نامساعد جوی، تجربه و سن کم رانندگان موتورسیکلت‌ها اشاره نمود.

بر اساس برآورد مرکز تحقیقات حمل‌ونقل جاده‌ای کشور اگر سرعت باد به ۱۵ متر بر ثانیه برسد؛ سبب بروز حوادث جاده‌ای می‌شود. این نتایج در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین توسط بادسنج اندازه‌گیری شده‌اند. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده، بادهای بیش از ۳۰ نات (۱۵ متر بر ثانیه) باعث بروز مشکلاتی در روی پل‌ها و یا سقوط درختان در جاده‌ها می‌شود که راهبندان را به همراه دارد. واقعه اول نوامبر ۱۹٦۵ نمونه‌ای از بروز حوادث در هنگام وقوع تندبادها می‌باشد که ۱۵ تصادف در مسیر جاده آلترانک[1] یورکشایر به بار آورد. میانگین حداکثر سرعت باد ثبت شده در محدوده این جاده در حدود ۱۹/۵ متر بر ثانیه (٤۳/٦ مایل بر ساعت) بود. بین سال‌های ٦۸-۱۹٦٦ نیز در حدود ۳۷ وسیله نقلیه در اثر تندباد در جاده‌های یورکشایر انگلستان منحرف و واژگون شدند. تندباد شدید ۲٦ ژانویه ۱۹۹۰ موجب قطع ارتباط جاده‌ای در یک روز کاری شد و بسیاری از بزرگراههای جنوب انگلستان برای چند ساعت مسدود شدند که

1- Al trunk

علت آن وسایط نقلیه عریض و طویلی بود که بر اثر تندباد واژگون شده بودند. از سال ۱۹٦۹، ثبت تندبادها به عنوان یکی از عوامل جوی مؤثر بر تصادفات در فرم ثبت تصادفات گنجانده شد. در صورتی که تندبادها با وضعیت‌های خطرناکی چون بارندگی، ریزش برف و یخبندان همراه شوند، کنترل وسایط نقلیه را به حداقل ممکن می‌رسانند.

در مناطق کوهستانی مشکلات تندبادها در حمل‌ونقل جاده‌ای بیشتر از مسیرهای مناطق پست و کم ارتفاع می‌باشد. شکل (٤-٢٦) نقش توپوگرافی را در تغییر سرعت و جهت بادها بر روی جاده نشان می‌دهد.



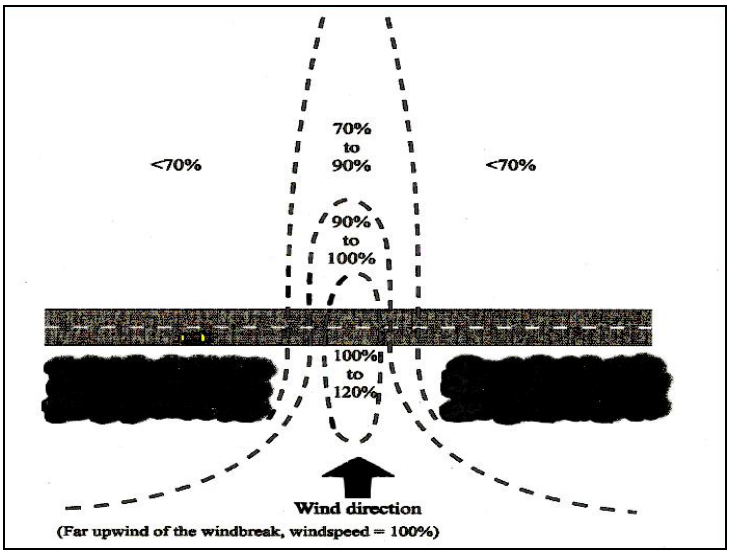
شکل (٤-٢٦) نقش توپوگرافی در تغییر سرعت و جهت بادها (پری وهمکاران، ۱۹۹۱)

دلایل تغییر سرعت و جهت بادها در جاده عبارتند از:

۱- مسیرهای مرتفع و کوهستانی، بادهای شدید و توفانی را بیشتر از مسیرهای پست و کم ارتفاع تجربه می‌کنند،

۲- توفان‌ها به واسطه کانالیزه شدن در دره‌ها، برش‌های دامنه‌ای و پل‌ها مشکلاتی را برای رانندگان به وجود می‌آورند،

۳- پل‌هایی که بر روی دره‌های بزرگ ساخته شده‌اند نیز سبب بروز حوادث جاده‌ای هستند که علت آن پدیده قیفی‌شدن باد در دره‌ها می‌باشد. شکل (٤-۲۷) این شرایط را نشان می‌دهد.



شکل (٤-۲۷) کانالیزه شدن باد در دره‌ها و پلها (پری و همکاران، ۱۹۹۱)

نقش پیچیده توپوگرافی و محدوده‌های وزش بادهای دائمی در ایجاد نقاط حادثه‌خیز در جاده‌ها بسیار اهمیت دارد. ارزیابی این موقعیت‌ها بسیار مشکل است به طوری که شلارد[1] در سال ۱۹٦۵ از اداره هواشناسی انگلستان معتقد بود که در نظر گرفتن اثر توپوگرافی در برآورد حداکثر تند باد احتمالی[2] کار آسانی نخواهد بود.

در نزدیکی پل یونه یاما[3] در ژاپن آزمایش تونل باد انجام گرفت. با این بررسی مشخص شد که یک تغییر جزئی در چهره توپوگرافی می‌تواند شرایط باد را تغییر داده و این امر نقش مهمی در شرایط رانندگی دارد. روش آزمایش تونل باد، یک روش مناسب جهت بررسی محدوده‌هایی

1- Shellard
2- Probability of Maximum Wind Speed
3- Yoneyama

است که تحت تأثیر تندبادها قرار دارند. این روش بر روی مدل‌هایی با مقیاس‌های مشابه که بزرگراهها و جاده‌های ارتباطی بر روی آن مشخص شده است، آزمایش می‌شود.

همچنین آزمایش تونل باد در طراحی بزرگراه M62 در طول مسیر پناینز[1] که در امتداد سد اسکاماندن[2] در یورکشایر واقع شده است هم به کار رفت. این آزمایشات پر هزینه نتایج خوب و مفیدی به همراه داشتند.

در قطعاتی از راه‌ها که با مشکل تندبادها مواجه هستند روش‌های زیر را می‌توان به عنوان راهکارهای مناسب ارائه نمود:

الف- کنترل سرعت خودروها در هنگام وزش تندبادها،

ب- استفاده از علائم هشدار،

ج- انتشار خبر از طریق رادیو و تلویزیون،

د- محدودیت تردد و در صورت نیاز مسدود نمودن راهها.

الف- کنترل سرعت خودروها در هنگام وزش تندبادها

ترافیک و تردد بر روی پل سورن[3] را می‌توان به عنوان شاخص مناسبی جهت راهنمای مدیریت ترافیک و راهداری در نظر گرفت. وقتی سرعت باد تقریباً به ۳۵ مایل بر ساعت برسد (۱۵/٦٤ متر بر ثانیه) کنترل سرعت و اعمال محدودیت‌های ترافیکی و همچنین مسدود نمودن یک باند از پل الزامی است و در صورتی که سرعت باد به ٤۰ مایل بر ساعت (۱۷/۸۸ متر بر ثانیه) برسد یک مسیر از راه برای تردد مسدود خواهد شد. وقتی سرعت باد به حدود ٤۵ مایل بر ساعت برسد (۲۰/۱۱ متر بر ثانیه) پلیس راه باید پل‌ها را برای عبور وسایط نقلیه عریض و طویل مسدود کند. در صورت ادامه داشتن این وضعیت، راه به صورت یک طرفه باز خواهد شد. هنگامی که پلیس راه پیش‌بینی سرعت باد ۵۵ مایل بر ساعت (۲٤/۵۸ متر بر ثانیه) و یا پیش‌بینی سرعت باد ٦۲ مایل بر ساعت (۲۷/۷۰ متر بر ثانیه) را از مرکز هواشناسی بریستول دریافت کند

1- Pennines
2- Scammanden
3- Severn

در آن موقع پل‌های ارتباطی برای عبور و مرور کلیه خودروها ممنوع خواهد شد. در صورت عدم پیش‌بینی سرعت باد توسط اداره هواشناسی، به هنگام بروز تندبادهای ٦٢ مایل بر ساعت (۲۷/۷۰ متر بر ثانیه) و یا ۸۰ مایل بر ساعت (۳۵/۷۵ متر بر ثانیه) پلیس راه فوراً اقدام به مسدود نمودن پل‌ها بر روی تردد کلیه خودروها می‌نماید.

ب- استفاده از علائم هشدار

از مناطق بحرانی می توان از علائم هشدار جهت اطلاع از وضعیت طول مسیر راه یا پل‌ها استفاده نمود به طور نمونه بر روی پل بزرگراه M6 جاده فورث اسکاتلند نمونه‌ای از علائم هشدار تندباد نصب گردیده است که در صورت افزایش سرعت باد به بیش از ۳۰ متر بر ساعت (۱۳/٤ متر بر ثانیه)، فعال می شود.

ج- انتشار خبر و اطلاع رسانی از طریق رادیو و تلویزیون

هشدار شرایط نامساعد جوی نیاز به اطلاع‌رسانی بسیار سریع به رانندگان دارد تا از مناطق بحرانی‌دوری جویند. بدین منظور در انگلستان دو ردیف هشدار توسط اداره هواشناسی به ترتیب زیر صادر می‌شود:

- هشدار ردیف۱ : میانگین سرعت تندبادها بین ۱۷/٤ تا ۲۲ متر بر ثانیه
- هشدار ردیف۲ : میانگین سرعت تندبادها بین ۲۲ تا ۳۰/۸ متر بر ثانیه

د- محدودیت تردد و راهبندان و انسداد پل ها

همان طور که قبلاً توضیح داده شد در هنگام وزش تندبادهایی با سرعت بیش از ٦٢ مایل بر ساعت، پل سورن مسدود می‌شود. البته دستورالعمل ملی خاصی جهت کنترل حرکت اتومبیل‌ها بر روی پل‌های در معرض وزش تندبادهای شدید وجود ندارد. بیکر یک سیستم دو وجهی ساده را برای کنترل ارائه نموده است:

۱- به هنگام بروز بادهایی با سرعت ٤۰ مایل بر ساعت (۱۷/۵ متر بر ثانیه) محدودیت سرعت ۲۲ مایل بر ساعت (۱۰ متر بر ثانیه) را برای کلیه خودروهای عریض و طویل اعمال کنند، ارائه علائم هشدار مناسب در این شرایط ضروری است.

۲- به هنگام بروز بادهای شدید بالای ۵۰ مایل بر ساعت (۲۲/۵ متر بر ثانیه) حرکت تمامی خودروها می‌بایست متوقف گردد.

٤-۱۱- پل‌ها و تندبادها

با توجه به این که تمام ساختار پل‌ها در برابر جریان هوا قرار دارد، از این رو تندبادها می‌توانند به پل‌ها نیرو وارد آورند. دو نوع نیرو به پل‌ها وارد می‌آید که عبارتند از:

الف) نیروی ایستایی باد: تحت تأثیر این نیرو محدوده‌ای از پل که در معرض وزش باد قرار دارد به آرامی توسط آن کج و منحرف می‌شود.

ب) وضعیت پویایی باد: این نیرو در بخشی از پل که باد کانالیزه می‌شود بیشتر مشاهده می‌گردد (ناپایداری آیرودینامیکی).

در گذشته به دلیل در نظر نگرفتن شرایط فوق در ساخت پل‌ها، و حرکات دینامیکی و استاتیکی ناشی از وزش تندبادها، پل‌ها تخریب می‌شدند. در سال ۱۸۷۹ پل راه‌آهن تای[1] در نتیجه فشارهای استاتیکی وارده از جانب باد فرو ریخت. همچنین در سال ۱۹٤۰ نیروی دینامیکی باد سبب انحراف عمودی پل تاکوما نراوز[2] شد.

مرکز تحقیقات فیزیک ملی انگلستان (۱۹۹۵) به منظور جلوگیری از چنین وضعیت‌هایی اقدام به طراحی دقیق پل‌ها تحت نظر کارشناسان نموده است. طراحان پل‌ها می‌بایست حداکثر سرعت باد وارده در طی دوره عمر یک پل را برآورد نمایند (محاسبه دوره بازگشت تندبادها). امروزه براساس اطلاعات به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی برای یک دوره ۱۲۰ ساله، میانگین سرعت باد محاسبه و برآورد شده است. با استفاده از اطلاعات سرعت باد و میزان قیفی شدن آن در محل پل‌ها (در صورتی که پل‌ها بر روی دره‌های عمیق کشیده شده باشند)، ارتفاع پل و پیش‌بینی طول عمر آن محاسبه و بررسی می‌شود.

1- Tay
2- Tacoma Narrows

از جمله مشکلات اساسی برای وسایط نقلیه، عبور از مناطقی از پل می‌باشد که در معرض وزش تندبادهاست. مطابق برآوردهای صورت گرفته مشخص شد که میانگین سرعت باد در مرکز پل دو برابر حواشی پل می‌باشد و میزان تندبادهای شدید در این نقطه یک و نیم برابر حواشی پل‌ها است. این مشکلات را می‌توان با طراحی دقیق پل‌ها به همراه استقرار علائم هشدار مناسب در طول راهها به حداقل رساند. جدول (٤-٤) مراحل مختلف اقدامات ایمنی در هنگام وقوع تندبادهای بیش از ۱۰ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد.

جدول (٤-٤) مراحل مختلف اقدامات ایمنی در هنگام وقوع تندبادهای بیش از ۱۰ متر بر ثانیه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

مراحل اقدام	سرعت باد (میانگین)	راهکار
۱	بادهای جانبی بیشتراز ۱۰ متر بر ثانیه	حداکثر سرعت خودروهای سبک ۵۰ کیلومتر بر ساعت
۲	بادهای جانبی بیش از۱۵ متر بر ثانیه	اجازه تردد خودروهای سبک بر روی پل‌های طویل و مرتفع داده نمی‌شود و برای دیگر خودروها حداکثر سرعت مجاز ۸۰ کیلومتر در ساعت می‌باشد.
۳	بادهای جانبی بیش از۲۰ متر بر ثانیه	اجازه تردد بر روی پل‌ها به خودروهای سبک داده نمی‌شود و برای دیگر خودروها حداکثر سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت است.
٤	بادهای جانبی بیش از۲۵ متر بر ثانیه	پل‌ها بر روی تمامی خودروها مسدود می‌شود.

٤-۱۲- توفان‌های شن و گرد و غبار و اثرات آن بر ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای

توفان شن و گرد و غبار به طور معمول بین ماه‌های ژوئیه و سپتامبر در ایالت آریزونای امریکا مشکلاتی را برای رانندگان در طول راههای ارتباطی ایجاد می‌کند به طوری که تصادفات

زنجیری و ترافیک بسیار سنگین از جمله پیامدهای آن است. پدیده گرد و غبار و توفان شن ارتباط تنگاتنگی با سناریوی CO_2 و پتانسیل‌های خشکسالی ها دارد. تحلیل‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی تندبادهای همراه با گرد و غبار و مشکلات ناشی از آن، توسط تعدادی از محققین در دهه گذشته صورت گرفته است.

با بررسی اطلاعات و داده‌های ثبت شده هواشناسی مشخص شد که هرگاه دید غالب به کمتر از ۱۱/٦ کیلومتر برسد (۷ مایل) پدیده توفان شن و گرد و غبار در حال رخ دادن است و خاتمه آن نیز آستانه دید ۱۱/٦ کیلومتر می‌باشد. بیشتر پدیده‌های گرد و غبار وقتی اصطلاح توفان گرد و غبار می‌گیرند که دید غالب به کمتر از یک کیلومتر برسد. این آستانه مورد تایید مجامع بین‌المللی نیز می‌باشد.

در بین بادهای محلی ایران نیز بادهای ۱۲۰ روزه سیستان شهرت خاصی دارد که در بخش شرقی و جنوب شرقی سرزمین ایران برای مدتی از سال حاکم است. متاسفانه تاکنون اطلاعات اندک و پراکنده‌ای درباره این بادها ارایه شده است. این اطلاعات محدوده وزش بادهای ۱۲۰ روزه را خراسان جنوبی تا سیستان و زمان آن را فصل تابستان بیان کرده‌اند.

باد ۱۲۰ روزه سیستان در دوره گرم سال یعنی از ۱۵ خرداد تا ۱۵ مهرماه به مدت ۱۲۰ روز از ارتفاعات شمال شرقی ایران به سرزمین‌های جنوب شرقی می‌وزد. این بادها در دامنه جنوبی البرز بسیار مطبوع و خنک هستند؛ اما پس از عبور از روی بیابان‌های خشک دشت کویر و دشت لوت بسیار گرم و خشک می‌شوند. با تغییر الگوی فشار در زمستان این باد از بین می‌رود. عامل اصلی به وجود آورنده بادهای ۱۲۰ روزه یک مرکز کم فشار نسبتاً قوی در جنوب شرق ایران و همچنین دو مرکز پر فشار یکی بر روی دریای خزر و دیگری در ارتفاعات شمال شرقی خارج از کشور می‌باشد. نقش پر فشار حاکم بر دریای خزر از اهمیت بیشتری برخوردار است. ارتفاعات شمالی و شمال شرقی ایران نیز به عنوان یک عامل کمکی در تشدید بادهای ۱۲۰ روزه سیستان اثر دارند که معمولاً در نقشه‌های سینوپتیک، پرفشار روی ارتفاعات ایران و پرفشار روی دریای خزر ادغام گردیده است. از نیمه‌های شهریور ماه به تدریج کم فشار جنوب شرقی ایران از فشار مرکزی بالاتری برخوردار شده (۱۰۰۵ هکتوپاسکال) و موقعیت متزلزل‌تری

پیدا می‌کند. همچنین پر فشار روی دریای خزر به علت سردتر شدن زمین‌های اطراف و گرم‌تر بودن آب دریا تقریباً مستهلک شده و نقش مهمی را که قبلاً به عهده داشته است از دست می‌دهد. به همین علت بادهای پهنه شرقی ایران و از جمله باد ۱۲۰ روزه سیستان به تدریج ضعیف‌تر شده و بین روزهای پانزدهم تا سی‌ام شهریور ماه از بین می‌رود (حسین زاده، ۱۳۷٦).

این بادها چون از شدت کافی برای آستانه شروع فرسایش بادی برخوردارند و از طرفی در محیطی کم آب می‌وزند به عنوان یک عامل مهم ایجاد اشکال فرسایش بادی به شمار می‌روند. در تمام پهنه مورد مطالعه در قلمرو فعالیت‌های انسانی، اشکال حاصل از فرسایش کاوشی و تراکمی باد به چشم می‌خورد. هر یک از مراحل فرسایش باد (برداشت، حمل و تراکم) در واقع اثرات منفی خود را دارد. بادهای شدید ۱۲۰ روزه به هنگام حمل مواد سطحی نیز توفان‌های گرد و خاک را به وجود می‌آورند.

جدول (٤-٥) میانگین تعداد روزهای همراه با توفان گرد و خاک در جنوب خراسان و سیستان(۹۵-۱۹۷٤)

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

ماه / ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع سالانه
بیرجند	۱/۱	۱	۱	۲/۵	۱/۵	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰	۰	۰/۸	۱/٤	۱۰
نهبندان	۲/۲	۲/۵	۲/۲	٦/۳	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱	۲	۱	۲	۳	۲٦/۷
زابل	۱۰	۱۷/۸	۲۳/۹	۲۸/۵	۲۷/۵	۲۱/۵	۱٤/٦	٦	٤	٤/۸	٦	۸/٦	۱۷۳/۲
زاهدان	٤/۵	۷/۷	٦/٤	۹/۵	۸/۷	۳/۹	۲	۲/٤	۳	٤/۸	۵/۹	۷/۹	٦٦/۷

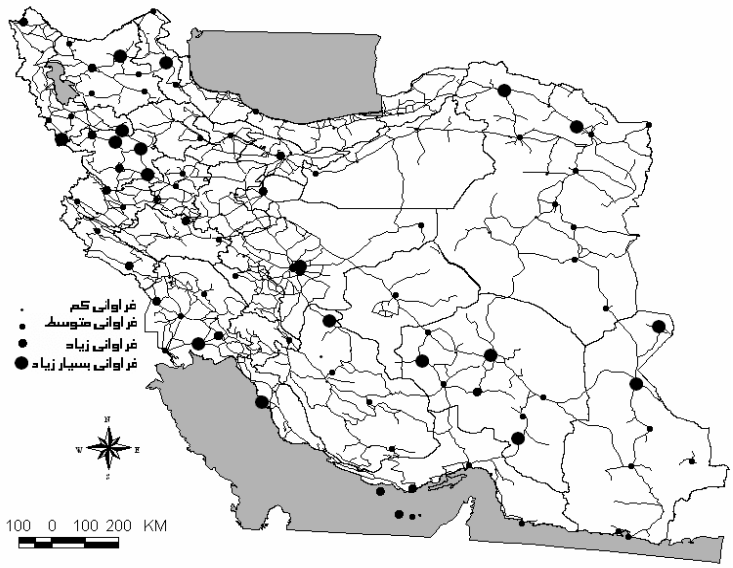
جدول (٤-٥) میانگین تعداد روزهای همراه با توفان گرد و خاک را در چهار ایستگاه بیرجند، نهبندان، زابل و زاهدان ارایه می‌نماید. با توجه به این جدول میانگین سالانه روزهای همراه با توفان گرد و خاک در بیرجند ۱۰ روز، نهبندان ۲٦ روز، زابل ۱۷۳ روز و زاهدان ٦۷ روز است. بنابراین حداکثر تعداد روزهای توفانی در ناحیه سیستان به چشم می‌خورد که از این ناحیه به اطراف از تعداد روزهای مذکور کاسته می‌شود. چنین توزیعی ارتباط بسیار نزدیکی را از نظر زمانی بین تعداد بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و توفان‌های گرد و خاک نشان می‌دهد. توفان‌های

گرد و خاک موجب کاهش دید و بروز مشکلاتی در حمل‌ونقل هوایی، زمینی، کار با ماشین‌آلات کشاورزی و مسدود شدن راهها می‌گردد.

٤-۱۳- توزیع مکانی و زمانی مناطق با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه

مطابق تحقیقات میدانی و آزمایش تونل باد پیرامون تعیین آستانه‌های بحرانی وقوع تندباد در حمل‌ونقل جاده‌ای، سرعت باد ۱۰ متر بر ثانیه به عنوان آستانه بحرانی تعیین شده است.

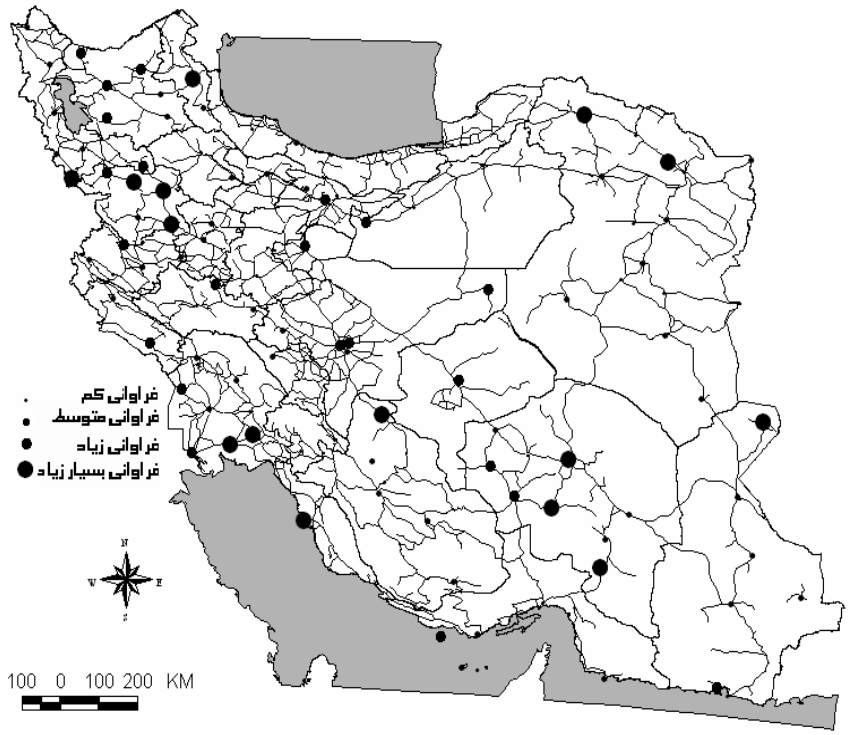
با توجه به اینکه پدیده باد را نمی‌توان مانند دما درون‌یابی نمود از این رو به صورت ایستگاهی، توزیع زمانی و مکانی آستانه‌های بحرانی به تصویر کشیده شده و بر اساس آن نقشه‌های مربوطه تهیه گردیده است.



شکل (٤-۲۸) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در فروردین ماه
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

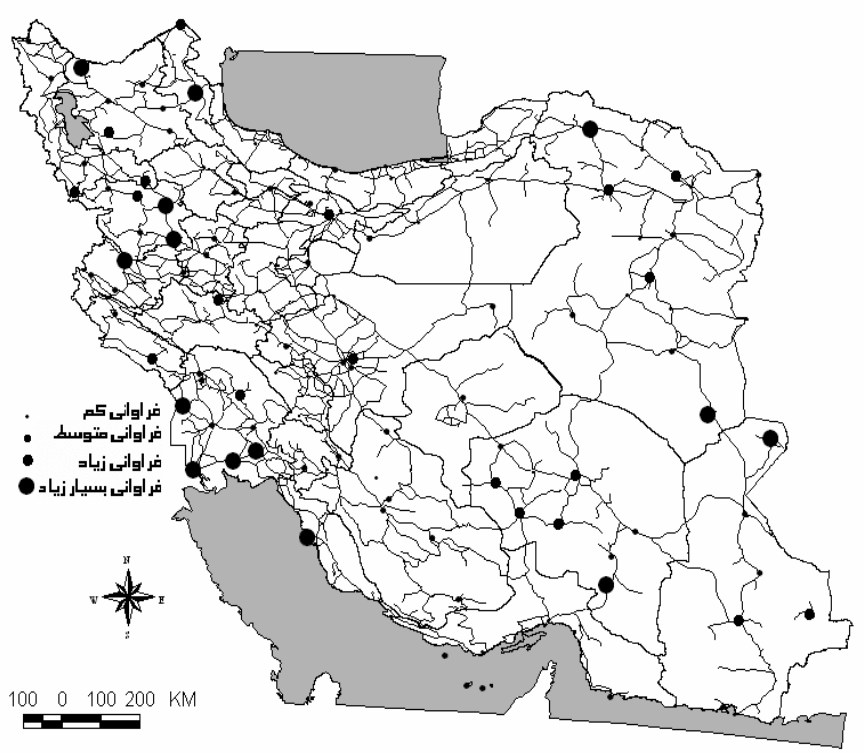
فروردین ماه: در این ماه در حوالی استان‌های کردستان و کرمانشاه تراکم بالایی از نقاط بحرانی مشاهده می‌شود. در شمال استان سیستان و بلوچستان، کرمان، مناطقی از استان اصفهان و

شمال خراسان نیز فراوانی بالایی از مناطق بحرانی با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه مشاهده می شود. شکل (٤-۲۸) مکان باد با بیش از ۱۰ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد.



شکل (٤-۲۹) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در اردیبهشت ماه
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

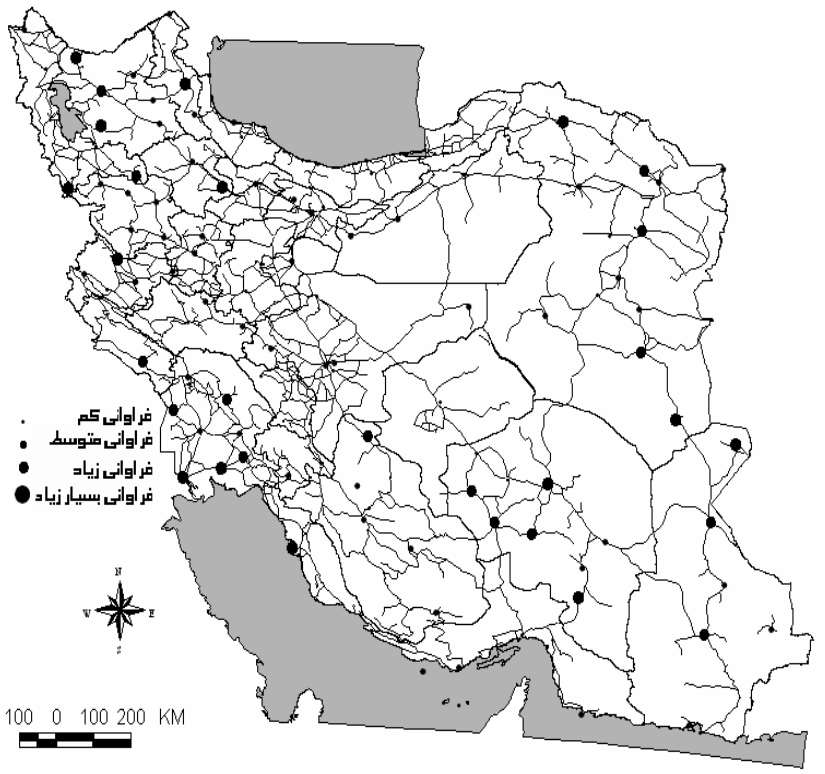
اردیبهشت ماه: بر اساس این نقشه تراکم نقاط بحرانی نسبت به ماه قبل بیشتر به سمت شمال غرب عقب نشسته و تراکم نقاط در حوالی استان کرمان نیز نسبت به ماه قبل بیشتر شده است. شکل (٤-۲۹) توزیع مکانی فراوانی باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه را در اردیبهشت ماه نشان می‌دهد.



شکل (٤-۳۰) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در خرداد ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

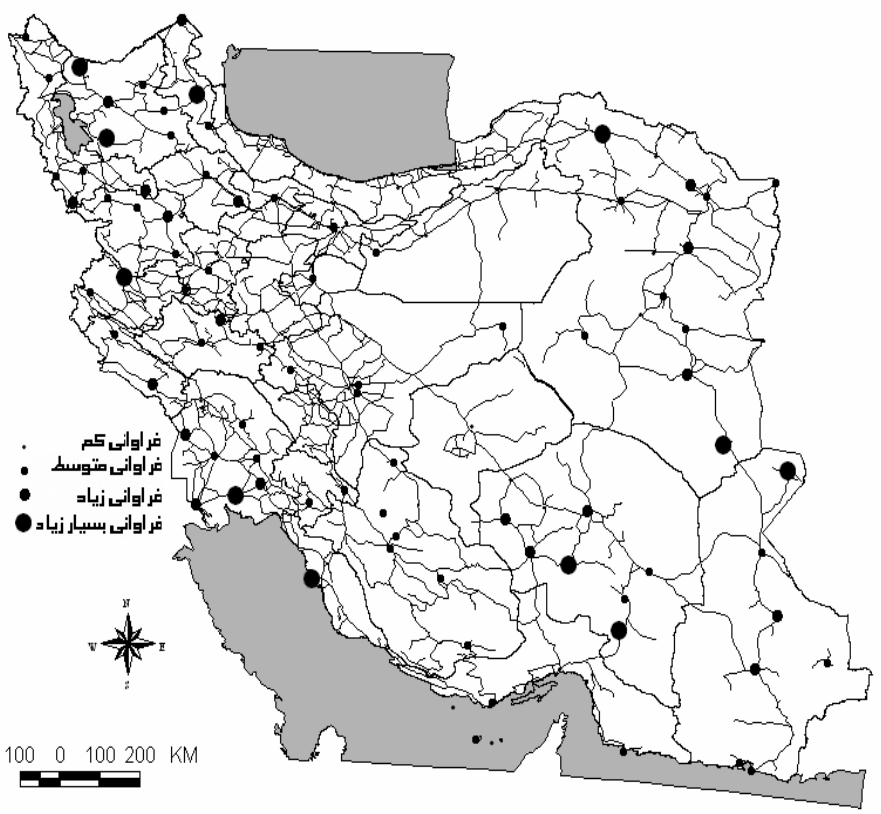
خرداد ماه: در این زمان در مناطق جنوب شرقی کشور به دلیل آغاز فعالیت بادهای ۱۲۰ روزه تعداد نقاط بحرانی نسبت به ماه‌های قبل بیشتر شده است. در سواحل جنوب غرب (استان خوزستان) نیز نقاط بحرانی در مقایسه با ماه قبل از تراکم بیشتری برخوردار است در شکل (٤-۳۰) مکان‌هایی از کشور که باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در خرداد ماه دارند را مشخص می‌کند.



شکل (٤-٣١) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در تیر ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

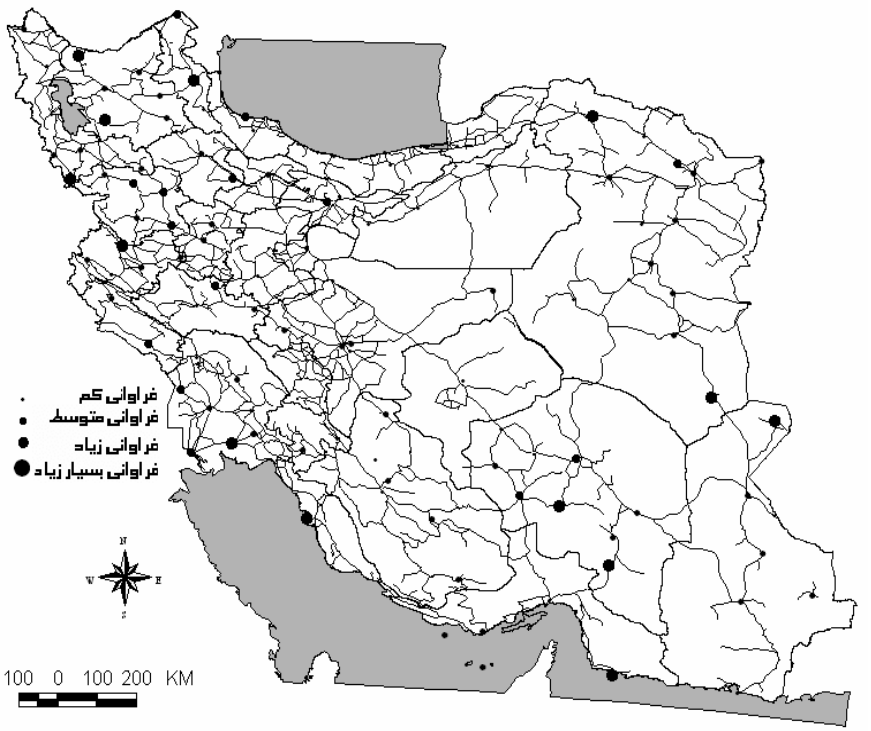
تیر ماه: در این ماه از سال فراوانی نقاط بحرانی در کشور نسبت به ماه‌های قبل کاهش یافته اما نقاط بیشتری از کشور با این پدیده درگیر هستند (بالاخص مناطق شرق و جنوب شرق کشور). شکل (٤-٣١) این مکان‌ها را در تیر ماه نشان می‌دهد.



شکل (٤-۳۲) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در مرداد ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

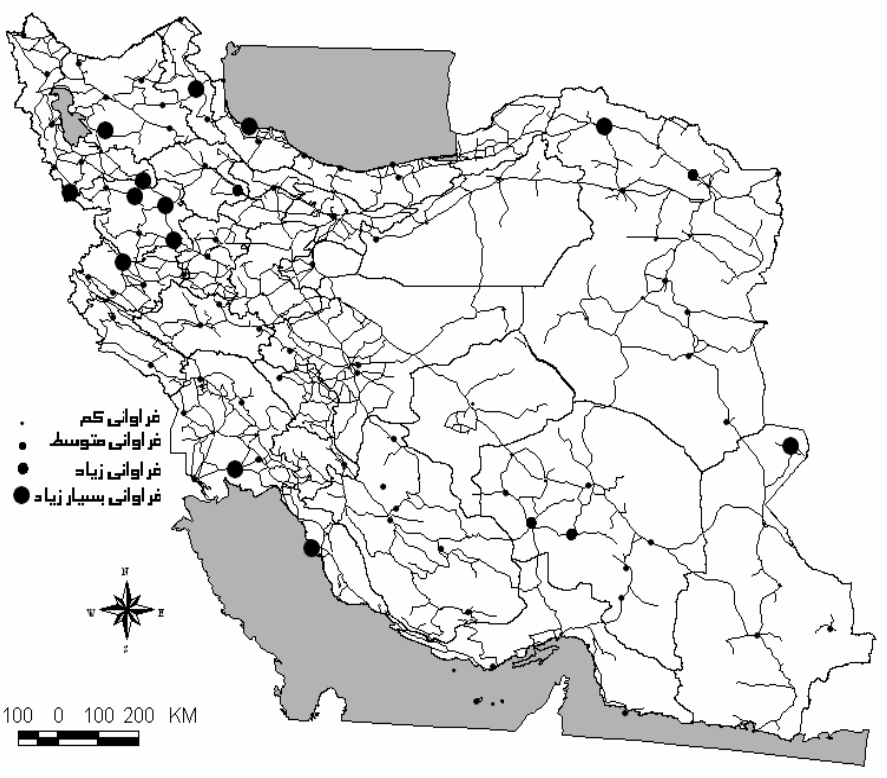
مرداد ماه: در این ماه نسبت به تیر ماه بر مقدار فراوانی‌ها افزوده شده و در گستره کشور مناطقی که دارای فراوانی بسیار زیاد هستند، مشاهده می‌گردد. وضعیت مناطقی که باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه دارند در شکل (٤-۳۲) مشخص می باشد.



شکل (٤-٣٣) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در شهریور ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

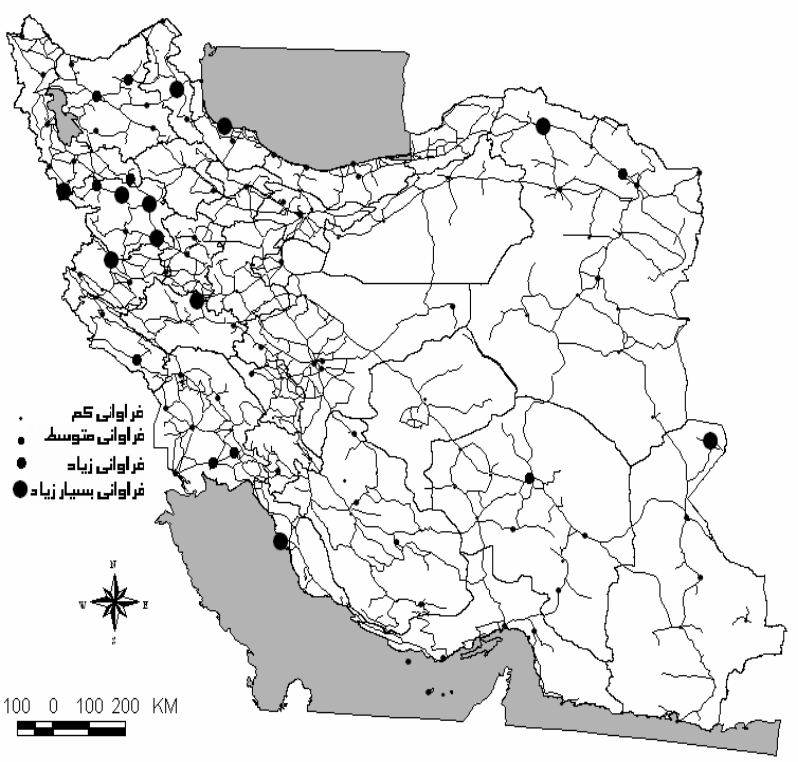
شهریور ماه: در این ماه فراوانی نقاط بحرانی در کشور نسبت به ماه‌های قبل کاهش یافته و در مجموع مناطق کمتری در معرض این شرایط هستند. در شکل (٤-٣٣) این مناطق مشخص شده‌اند.



شکل (٤-٣٤) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در مهر ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

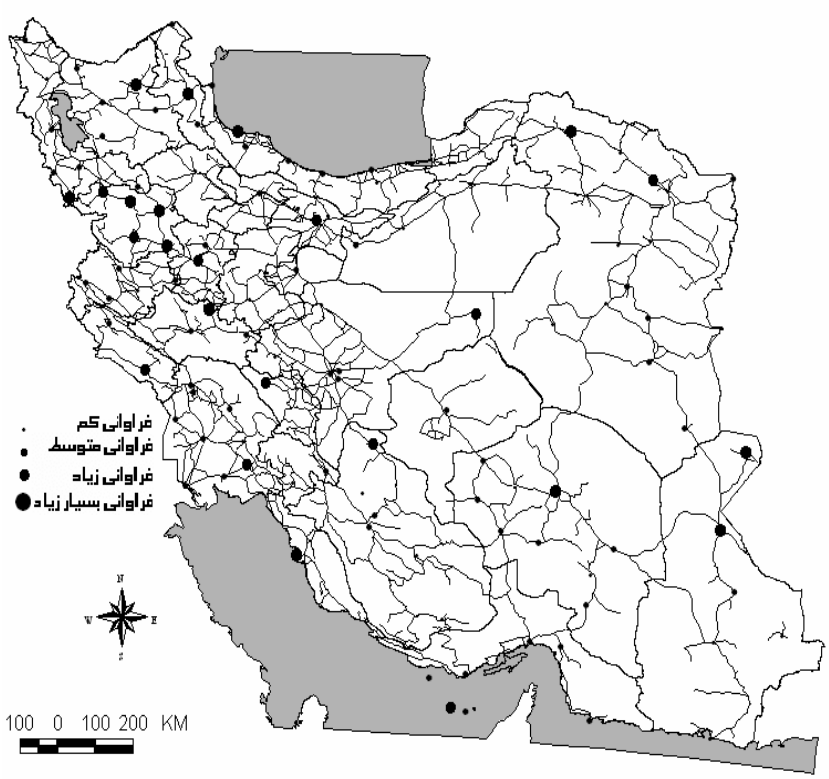
مهر ماه: در این ماه از تراکم نقاط بحرانی در مناطق جنوب شرقی و جنوبی کاسته شده و بر مقدار آن در شمال غرب افزوده می‌شود. در شکل (٤-٣٤) این مکان‌ها نشان داده شده است.



شکل (٤-٣٥) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در آبان ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

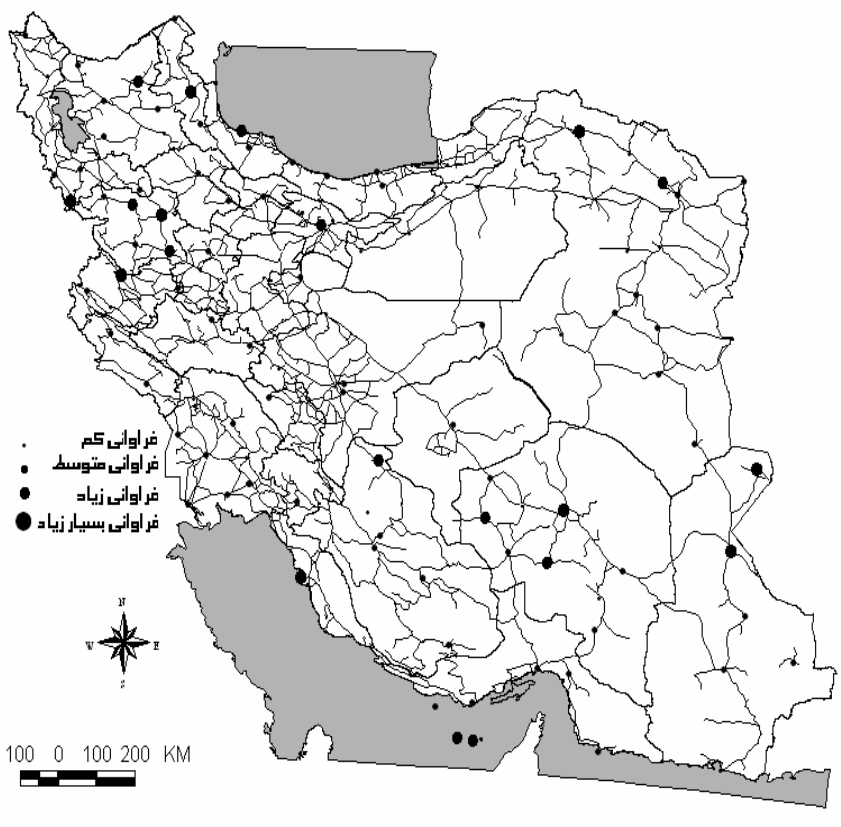
آبان ماه: در این ماه از سال استانهای شمالی و غربی کشور از فراوانی بیشتری برخوردارند. این شرایط در شهرهای شمالی خراسان به چشم می‌خورد اما در سواحل جنوبی کشور کمتر شاهد چنین پدیده‌هایی هستیم. شکل (٤-٣٥) این مناطق را نشان می‌دهد.



شکل (٤-٣٦) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در آذر ماه

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

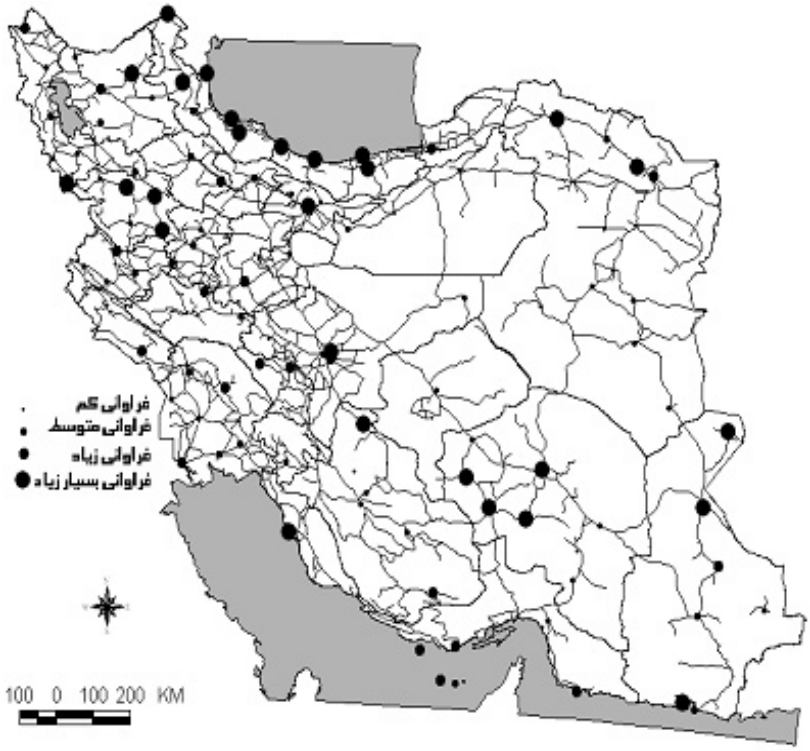
آذر ماه: مطابق نقشه زیر در این ماه از شدت سرعت باد (ناپایدار) کاسته شده و بر وسعت عملکرد آنها افزوده شده است زیرا تعداد نقاطی که دارای فراوانی بسیار زیاد هستند، کاهش یافته و بر تعداد نقاط با فراوانی‌های کمتر افزوده شده است. بنابراین گستره این پدیده بیشتر از ماه‌های قبلی است. همچنین تراکم نقاط بحرانی به سمت شمال غرب و غرب متمایل شده و بیشترین تراکم را در استان های کردستان و کرمانشاه داریم. شکل (٤-٣٦) پهنه بندی کشور را نشان می‌دهد.



شکل (٤-٣٧) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در دی ماه

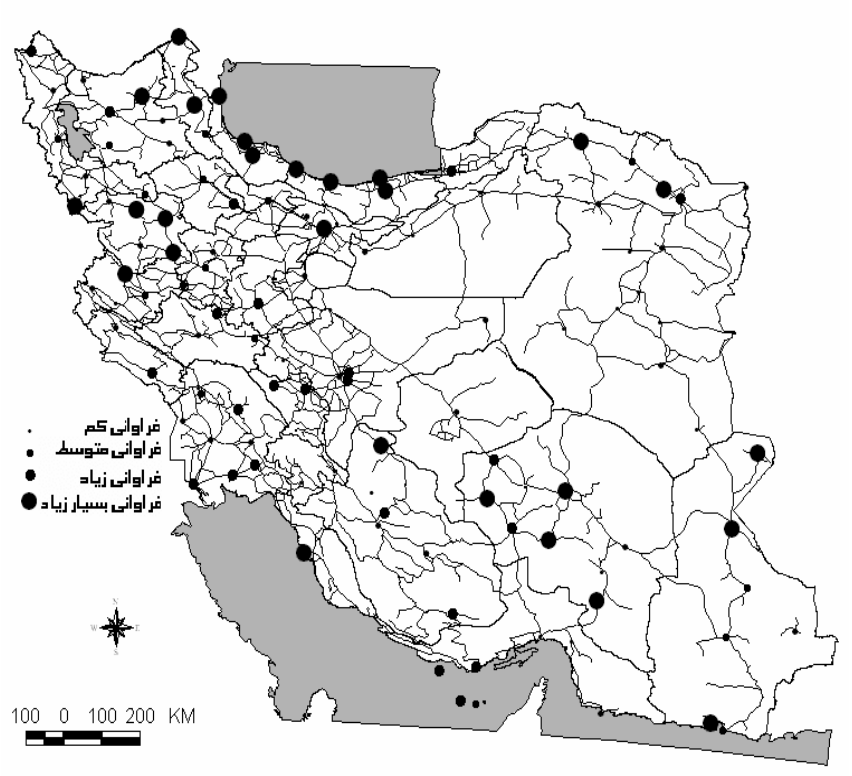
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

دی‌ماه: در این ماه از سال فراوانی مناطق بحرانی به حداقل رسیده است. در شکل (٤-٣٧) توزیع مکانی مشخص شده است.



شکل (٤-۳۸) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در بهمن ماه
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

بهمن ماه: در بهمن ماه سواحل دریای خزر و اردبیل، کردستان، شمال خراسان، کرمان و اصفهان از جمله مناطقی هستند که بحران تندباد، از فراوانی بسیار بالایی برخوردار است در شکل (٤-۳۸) این مناطق قابل مشاهده می‌باشند.



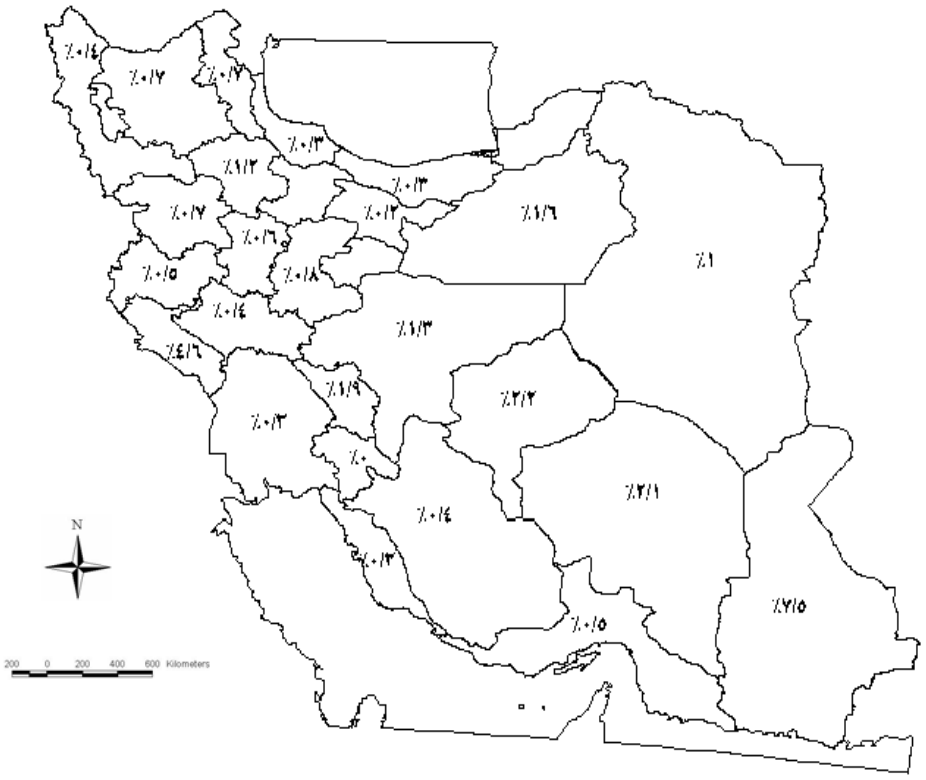
شکل (٤-٣٩) توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در اسفند ماه
(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳)

اسفند ماه: در ماه اسفند تغییر قابل ملاحظه‌ای در تراکم و تعداد نقاط بحرانی نسبت به بهمن ماه مشهود نیست. شکل (٤-٣٩) توزیع مکانی را در اسفند ماه نشان می‌دهد.

٤-١٤- بررسی تصادفات در شرایط وقوع تندباد در ایران

بر اساس نتایج بدست آمده از آمار تصادفات (از سال ١٣٦٩ تا ١٣٧٧)، ٠/٦ درصد از مجموع تصادفات در شرایط توفان رخ داده است که نسبت به سایر شرایط نامساعد جوی کمترین فراوانی را دارد. توزیع مکانی تصادفات در شرایط توفانی بدین شرح است که استانهای

سیستان و بلوچستان (۷/۵ درصد)، یزد (۲/۲ درصد)، کرمان (۲/۱ درصد) و چهارمحال و بختیاری (۱/۹ درصد) بیشترین میزان تصادفات را در این شرایط داشته‌اند. در شکل (٤-٤۰) توزیع مکانی سهم رخداد توفان در تصادفات نشان داده شده است. در شرایط وقوع تندباد نیز مانند سایر شرایط نامساعد، تصادفات خسارتی بیش از انواع فوتی و جرحی بوده است. اما نحوه برخورد با سایر شرایط جوی متفاوت و بیشتر از نوع برخورد جلو به عقب است.



شکل (٤-٤۰) توزیع مکانی سهم رخداد توفان در تصادفات

(حبیبی نوخندان، ۱۳۸۵)

۵- منابع مورد استفاده

الف) فارسی

۱- اداره کل نگهداری راه و ابنیه فنی؛ (۱۳۸۲)، شناسایی مقاطع حادثه خیز شبکه راه‌های کشور، وزارت راه و ترابری.

۲- ادیبی، هادی و حمید بهبهانی؛ (۱۳۷۳)، پهنه‌بندی ایران از نقطه نظر عوامل مؤثر آب و هوایی بر روسازی راه؛ پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت.

۳- سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های کشور؛ (۱۳۸۳)، آرشیو اطلاعات مربوط به راه‌های ایران.

٤- آیتی، اسماعیل؛ (۱۳۷۷)، گزارش محاسبه هزینه تصادفات جاده‌ای به اداره ایمنی و حریم راه‌ها، وزارت راه و ترابری.

۵- آیتی، اسماعیل؛ (۱۳۷۱)، تصادفات جاده‌ای ایران (تجزیه و تحلیل، مقایسه و محاسبه)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

٦- آرمسترانگ، آر. بتسی و ویلیامز ناکس؛ (۱۳۷۸)، کتاب بهمن، ترجمه منوچهر دادخواه، انتشارات دانشگاه تهران.

۷- براتی، غلامرضا؛ (۱۳۷۵)، مطالعه الگوهای سینوپتیکی مؤثر بر یخبندان‌های بهاره ایران، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

۸- بزازان، محمود؛ (۱۳۷۰)، راهداری زمستانی، فصلنامه راه و ترابری، سال اول، شماره۲، زمستان.

۹- پژوهشکده حمل‌ونقل، بخش ایمنی؛ (۱۳۸۵)، پروژه برآورد هزینه تصادفات جاده‌ای ایران

۱۰- پژوهشکده هواشناسی؛ (۱۳۸۰)، پروژهٔ مطالعه و بررسی لغزندگی جاده‌ای به سبب رخداد پدیده‌های جوی و روشهای کاهش اثرات آن‌ها درجاده‌های کندوان و هراز.

۱۱- بهبهانی، حمید؛ (۱۳۷۳)، مسائل و مشکلات ایمنی راه در کشورهای در حال رشد، مجله جاده، شماره ۳۱.
۱۲- جعفرپور. ابراهیم؛ (۱۳۷۳)، اقلیم شناسی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۰۳ ـ ۱۹۹.
۱۳- حافظ نیا، محمد رضا؛ (۱۳۸۱)، مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، انتشارات سمت.
۱٤- حبیبی نوخندان، مجید؛ (۱۳۷۸)، مطالعه پدیده‌های اقلیمی موثر بر تردد و تصادفات جاده‌های کوهستانی و ارائه راهکارهای اجرایی موثر(مطالعه موردی جاده هراز)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی تهران.
۱۵- حبیبی نوخندان، مجید، صابر حقیقت، اکرم، ملبوسی، شراره، (۱۳۸۵)، تحلیل مکانی تصادفات مرتبط با شرایط جوی در ایران، مجله جاده، شماره ٥٤.
۱٦- حبیبی نوخندان، مجید، (۱۳۸۵)، پروژه پهنه‌بندی و امکان سنجی پیش‌بینی آب وهوای جاده‌های کشور، پژوهشکده حمل‌ونقل.
۱۷- حبیبی نوخندان، مجید، گلی مختاری، لیلا، (۱۳۸٤)، هواشناسی جاده‌ای، رویکردی نوین در هواشناسی کاربردی، مجله جاده، شماره ۵۳.
۱۸- حبیبی نوخندان، مجید، کرمی، مجید، (۱۳۸٤)، سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای و نقش آن در ارتقاء ایمنی جاده‌ها و کاهش هزینه‌های راهداری، اولین کنفرانس بین‌المللی حوادث رانندگی و جاده‌ای، دانشگاه تهران، ۳۰ آذر ماه و ۱ دی ماه.
۱۹- حبیبی نوخندان، مجید؛ (۱۳۸٤)، مطالعه توزیع زمانی و مکانی وقوع مه و بررسی اثرات آن د رحمل و نقل جاده ای، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷٦، بهار .
۲۰- حبیبی نوخندان، مجید؛ (۱۳۸۳)؛ آب و هوا و ایمنی جاده‌های کوهستانی ایران، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران.
۲۱- حسین‌زاده، سیدرضا؛ (۱۳۷٦). بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، شماره ٤٦.

۲۲- حیدری، حسن؛ (۱۳۷۸)، تحلیل عناصر اقلیمی ایران به منظور ارائه یک الگوی طبقه‌بندی، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
۲۳- خاکی، غلامرضا؛ (۱۳۷۸)، روش تحقیق با رویکردی به پایان‌نامه‌نویسی، مرکز تحقیقات علمی کشور.
۲٤- سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های کشور؛ (۱۳۸۰)، گزارش ایمنی و ترافیک کشور.
۲۵- سازمان هواشناسی کشور؛ (۱۳۸۰)، گزارشات مربوط به طرح ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای.
۲٦- سازمان هواشناسی کشور، (۱۳۸٤)، پروژه ملی رادار.
۲۷- سازمان هواشناسی کشور، (۱۳۸٤)، گزارش مرکز پیش‌بینی هواشناسی.
۲۸- سازمان هواشناسی کشور؛ (۱۳۷۸)، طرح شناسایی و بررسی مناطق بهمن‌خیز کشور و پیش‌بینی وقوع آن.
۲۹- سالاری جوینی، احمد؛ (۱۳۷۷). مطالعه تجهیزات کنترل ترافیک برای کاهش تصادفات در راههای برون شهری، گروه عمران- راه و ترابری، دانشگاه تربیت مدرس.
۳۰- سلطان زاده، امید؛ (۱۳۷۵)، تاثیر حمل‌ونقل در اقتصاد کشور، سمینار کارشناسی ارشد عمران حمل‌ونقل، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب.
۳۱- شرکت مهندسین مشاور مترا؛ (۱۳۸۳)، بررسی سیستم اطلاعات هواشناسی جاده‌ای به منظور استفاده از آن در پروژه ITS محورهای سه‌گانه تهران- کرج.
۳۲- طباطبایی، امیر محمد؛ (۱۳۷۷)، روسازی راه و فرودگاه، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
۳۳- عزتی، مرتضی؛ (۱۳۷٦)، روش تحقیق در علوم اجتماعی، موسسه تحقیقات اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس.
۳٤- عامری، محمود و همکاران؛ (۱۳۷۲)، علل خرابی روسازی راه در شیب‌های تند، دفتر مطالعات و تحقیقات وزارت راه و ترابری.
۳۵- علیجانی، بهلول ؛ (۱۳۷٤)، آب و هوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور.

۳۶- علیجانی، بهلول و محمدرضا کاویانی؛ (۱۳۷۱)، مبانی آب و هواشناسی، تهران، سازمان سمت، صفحات ۲۱٤ ـ ۲۱۲.

۳۷- علیجانی، بهلول؛ (۱۳۷۲)، مکانیزم‌های صعود بارندگی‌ها در ایران، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت معلم، تهران، سال اول، شماره اول.

۳۸- علیجانی، بهلول؛ (۱۳٦٦)، جزوه درسی آب و هوای ایران، گروه جغرافیای دانشگاه تهران.

۳۹- علیزاده ، امین و همکاران؛ (۱۳۷۹)، هوا و اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

٤۰- عطار، مهدی؛ (۱۳۷٤)، تحلیل علل و آنالیز هزینه تصادفات راه‌ها، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران حمل‌ونقل، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب.

٤۱- فخاری، حسین؛ (۱۳۸۲)، تبیین نیازها و الویت‌های تحقیقاتی ارایه الگوی پیشنهادی جهت همسویی تحقیقات با عمل حسابداری، رساله دکتری حسابداری، دانشگاه تهران.

٤۲- کاویانی، محمد رضا؛ (۱۳۸۱)، میکروکلیماتولوژی، انتشارات سمت، ۲۰٤ ـ ۲۰۲.

٤۳- کاویانی، محمد رضا؛ (۱۳٦۸)، جزوه درسی آب و هوای ایران، گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان.

٤٤- کمالی و همکاران؛ (۱۳۸۰)، پروژه بررسی سرماهای زیانبخش بر کشاورزی ایران و تهیه اطلس اقلیمی آن. پژوهشکده هواشناسی و علوم جو.

٤٥- مجرد قره باغ، فیروز؛ (۱۳۷٦)، تحلیل و پیش بینی یخبندان آذربایجان، پایان نامه دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

٤٦- وزارت راه و ترابری (۱۳٦۲)، راهنمای راه‌سازی و راهداری.

٤۷- معاونت راهداری و ایمنی راه‌های وزارت راه و ترابری؛ (۱۳۷۹)، اطلاعات مربوط به علل انسداد و راهبندانهای جاده‌ای، بهمن.

٤۸- معاونت آموزشی و پژوهشی سازمان هواشناسی کشور؛ (۱۳۷۷)، پروژه باد در سواحل ایران.

٤۹- مهندسین مشاور **BCEOM**؛ (۱۳٥٦)، استاندارد ابعاد روسازی راههای جدید، جلد اول تعیین ضخامت قشرهای روسازی، وزارت راه و ترابری.

ب) لاتين

50- Andrey, J. Mills, B. & Vandermolen, J. (2000), Weather Information and Road Safety, Adaptation and Impacts Research Group, Canada.

51- Andrey, J. and Olley, R. 1990, The Relationship Between Weather and Road Safety: Past and Future Research Directions. Climatological Bulletin 24: 123-127.

52- Atkinson, ken (1997); [Highway Maintenance Handbook], Thomas Telford Press.

53- Baker, C. J. (1984). Determination of Topographic Exposure Factors in Complicated Hilly Terrain. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 17, 239-249.

54- Barring, l. Mattson, J. O. & Lindquist, S. (1985) Canyon Geometry, Street Temperature and Urban Heat Island in Malmo, Sweden, J. Climatol, 5: 433-444.

55- Bogren, J. & Gustavsson, T. (1994). A Combined Statistical and Energy Balance Model for Prediction of Road Surface Temperature, in Proc of Seventh International Road Weather Conference, 21-22 March 1994, Seefeld, Austria.

56- Bogren, J., Gustavsson, T. & Postgard, U. (2000 a). Load Temperature Variations in Relation to Weather Parameters. Int. J. Climatol., 20: 151-170.

57- Bogren, J. Gustavsson, T. & Lindqvist, S. (1992). A Description of a Local Climatological Model Used to Predicate Temperature Variations Along Stretches of Read. Meteorol. Mag., 121: 157-170.

58- Bogren, J. (1991). Screening Effects on Road Surface Temperature and Road Slipperiness, J. Theoretical Appl. Climatol., 43: 91-99.

59- Bogren, J. & Gustavsson, T. (1991), A Review of Methods for Applied Road Weather Climatological Stadies. In Proc, of Seventh Conference on Applied Climatology, 10-13 September 1991, Salt Lake City, American Meteorological society, Boston, 91-96.

60- Bogren, J. & Gustavsson, T. (1989) Modeling of Local Climate for Perdition of Read Slipperiness. Phys. Geog. 10: 147-164.

61- Bowden, D. (1966). A new way of Clearing Fog. New Scientific, 32, 583-585

62- Brazel, A. J. and Nickling, W. G (1987) Dust Storms and Their Relation to Moisture in the Sonaran – Moiare Desert Region of the South Western United States, Journal of Environmental Management, 24: 279-291.

63- Brodsky, H. and Hakkert, S. (1988). Risk of a Road Accident in Rainy Weather, Accident Analysis and Prevention 20: 161-176.

64- Brazel.A.I. (1991).Blowing dust and highways: the case of Arizona, USA in Highway Meteorology ed by Perry.A.H and Symons.L.J, E&FN SPON.

65- Byers, H.R. (1959). General Meteorology. New York: McGraw-Hill.

66- Chandler, T. (1965). The Climate of London. London: Hutchinson.

67- Chen, D., Gustavsson, T. & Bogren, J. (1991) The Applicability of Similarity theory to A Road Surface. Meteorol. Appl. 6: 81-88.

68- 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.

69- Codling, P. (1974). "Weather and Road Accidents, In Climate Resources and Economic Activity", J. Taylor (ed) PP. 205-222. Newton Abbot: DAVID and Charles Holding.

70- Cornford, D. & Thornes, J. E. (1996). A Comparison Between Spatial Winter Indices and Expenditure on Winter Road Maintenance in Scotland. Int. J. Climatol, 16: 339-357.

71- Department of Transport (1988). Second Servern Crossing Report, London HMSO.

72- Douglas, H.A. et al (1978). The measurement of fog on motorways. Meteorological Magazine, 107, 2242-249.

73- Dunlap, D. F., and et al (1976). Pavement Skid resistance Requirements. Transportation Research Record 584: 15-21.

74- ENTERPRIS and Aurora, (2002) Road Weather Information Systems (RWIS) Data Integration Guidelines, Final Report, Portland.

75- Eriksson, M. and Lindquist, S. (2002). "Regional influence on road slipperiness during winter precipitation events", SIRWEC Conferences, Japan.

76- Feldman.L.Debbie; (1999). snow and Ice control],public works, p 246.

77- Findlater, J. (1985). Field Investigation of Radiation Fog formation at Outstations, Meteorological Magazine, 114, 187-201.

78- Finne. Marit; [Have a safe Journy] , Vaisala news, No 150, PP22-24.

79- Gudie, A.S. (1983). Dust Storms in Space and Time, Progress in Physical Geography 7: 502-530.

80- Gudie, A. S. (1978). Dust Storm and Their Geomorphological Implications. Journal of Aired Environments, 1: 291-310.

81- Gustavsson, T. & Bogren, J. (1993). Evaluation of a Local Climate Model – Test carried Out in the County of Holland Sweden, Meteorol. Mag., 122: 257-267.

82- Gustavsson, T. (1991). Analysis of Local Climatological Factor Controlling Risk of Road Slipperiness during Warm Air Advections. Int. J. Climatol., 11: 443-455.

83- Gustavsson, T. & Bogren, T. (1990) Road Slipperiness during Warm air advections. Meteorol. Mag. 119: 267-270.

84- Hamid Attaran, (1996) Iran Journal Legal Medicine.

85- Harwood, D. W., and et al (1998). Estimation of Wet Pavement Exposure From Available Weather Records. Transportation Research Record.

86- Hershfield, D.M.(1974) The frequency of freeze thaw cycles, J.Appl, Meteor, 13.348-354.

87- Highway Research Board (1970). Highway Fog. National Cooperative Research Program .No. 95, Washington DC.

88- Hunt, R. D. (1990). Disaster Alleviation In the United Kingdom and Overseas, Weather 95: 133-138.

89- Jack V.D. (1966). Further Work on Objective Forecasting of visibility, Meteorological Magazine. 95, 114-121

90- Jacobs, G.D and Seyer.I (1983). Road Accident in Developing Countries, Acc.Anal & Prev. Vol 15 No 5.

91- Jacobs, W. & Raatz, W. E. (1996). Forecasting Road Surface Temperature for Different Site Characteristics, Meteorol. Appl., 3: 243-256.

92- Jensen, N, O. (1985) Micrometeorological Techniques Applied to the Prediction of Read Icing. In Proc of Second International Read Weather Conference, Copenhagen.

93- Johnson, H. D. (1973). Motorway accidents in Fog and Darkness. Transport & Road Research Laboratory Report. 573, 13pp.

94- Kocmond, W.C. and Perchonok, K. (1970). Highway Fog. US national Cooperative Highway Research. Report 95.

95- Krebs, R.D., and R.D. Walker, (1971) ; Highway Materials , Chapter 6,Maintence, Road management Journal, No 6:pp.

96- Lee, T.F. (1987). Urban Clear Islands in California Central Valley Fog. Monthly Weather Review, 115, 1794-1796.

97- Lindquist, S. (1992). Local Climatological Modeling for Road Stretches and Urban Area. Geographical Annular, 14: 265-274.

98- Magnus Nygard and Jorma Helin, (2002). Road Weather Information Services in Finland, SIRWEC Conferences, Japan.

99- Marcus, M. G (ed) (1976). Evolutions of Highway Dust Hazards Along Interstate Route 10 in The Case Crands – Eloy Region. Final Report, Arizona Dept of Transportation & Research Paper No. 3, Center for Environment Studies, A. S. U Temp. Az.

100- Martin, A. (1974). The Influence a Power Station on Climate - A Study of Local Weather Record. Atmospheric Environment, 8, 419-424.

101- Mende, I. (1982). "An Analysis of Snowstorm-Related Accidents in Toronto", Master's Thesis, Department of Civil Engineering, University of Toronto, Ontario.

102- Meteorological Office (1969). Observers' Handbook, London: HMSO

103- Moore, R.L. and Cooper, L. (1972). Fog and Road Traffic. Transport & Road Laboratory Report 466.33p.

104- Musk. L.F. (1991). The fog hazard, Highway Meteorology. 91-130.

105- Narita, N. and Katsuragi, M. (1981). Gusty Wind Effects on Driving Safety of Road Vehicles, Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamices,9, 181-191.

106- National Physical Laboratory (1955). Wind Effects on Bridges and other Flexible Structures, London: HMSO.

107- Newsome, P., (2001). "Synthesis of Road Weather Forecasting", Aurora Consortium.

108- Nickling. W. G. and Gillies, J. A (1986) Evaluation of Aerosol Production Potential of Type Surface in Arizona, Epa Contract No. 68-02-388, MND Associates, 84 PP.

109- Nygard, M. and Helin, J. (2002). "Road Weather Information Services in Finland", SIRWEC Conferences, Japan.

110- Nysten, E. (1980). Determination and Forecasting of Road Surface Temperature in the Cost 30 Automatic Road Station (CARS). Tech. Report 2. 3, Finish Met. Institute, Helsinki, 32 PP.

111- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1986). Road Safety Research 1986. Paris, OECD.10 pp.

112- OECD Research Group (1976). Adverse Weather, Reduced Visibility and Road Safety. Paris.

113- Ogden, R. J. (1988). Fog Dispersal at Airfields, Weather 43, 20-25 and 34-38.

114- Oke, T. R. (1992) Boundary Layer Climates. Rutledge, 435 PP.

115- O'Leary, D. (1978). "Some Impacts of Weather on Modern Transportation Systems: A Natural Hazards Approach", B.A. Thesis. Wilfrid Laurier University, Waterloo, Ontario.

116- Pailleux. J.,(2003) The Assimilation and the Impact of observations. Presented at the weather forecasting training course. December 2003.

117- Palutikof, J.P. (1991). "Road Accidents and the Weather", Highway Meteorology, E & FN SPON, U.K.

118- Pascal, A.J.(1972). Analysis of air temperature and soil moisture, WMO 310, 338-343.

119- Pedgley, D.E.(1967), Weather in the Mountains, Weather 22, 266-275.

120- Perry, A. H & Symons, L. J(ed) 1991 Highway Meteorology, E & Fn Spon.

121- Perry, A.H, Symons, L. (1980). "Economic and Social disruption arising from the snowfall hazard in Scotland- the example of January 1978", Scot. Geog . Mag, 96, 20-25.

122- Pewe, T. L. (ed) (1981). Desert Dust: Origin Characteristics and Effect on Man, Special Paper 186. Geological Society of America, 303 PP.

123- Pisano, P., & L. Goodwin, (2002). "Surface Transportation weather Applications", federal Highway Administration (FHWA) in concert with Mitretek Systems, presented at the 2002 Institute of Transportation Engineers Annual Meeting.

124- Plate, E. J. (ed) (1982). Engineering Meteorology, Amsterdam: Elsevier.

125- Postcard, U. & Lindquist. (2001). Air and Road Surface Temperature variations During Weather Change. Accepted for Publishing in Meteorol, Appl., 8: 71-84.

126- Postgard: U. & Nunez, N. (2000). Continuous Measurements of Sky View Factors Along Roads and Their Relationship to Air and Road Surface Temperature. In Unpublished Ph. D Thesis, Road to Weather and Topography by U. Postgard, University of Gothenburg, Sweden.

127- Pratt, K.A.(1968). The Haar of North-east England, unpublished B.A. dissertation, Department of Geography, University of Durham.

128- Prokh, L.Z. (1966) A Characterization of the fogs of the Ukraine. Trudy Ukr NIGMI, 55,43.

129- Puttonen, T, Vakkuri, J (1980), The Effect of Weather Conditions on The Safety of Traffic. TVH Helsingfors.

130- Rayer, P.J.(1987). A method for detection of road surface conditions without contact. Proceeding of the IVth international conference on weather and Road Safety, Florence, pp.183-190.

131- Rayer, P. J. (1987). The Meteorological Office Forecast Road Surface Temperature Model. Meteorolo. Mag., 116: 180-191.

132- Sass, B. H. (1997). A Numerical Forecasting System for The Prediction of Slippery Roads. J. Apl. Meteorol, 36: 801-817.

133- Sayed. and Walid Abdelwahab (1998). Comparison of Fuzzy and Neural Classification for Road Accidents analysis, journal of computing in civil engineering.

134- Schmidlin, T.W. and Detheir, B.C (1986). A statistical analysis of Freeze hazard in New York State, Physical Geography, 7(3) 246-257.

135- Shellard, H.C. (1965). The Estimation of Design Wind Speed, In Wind Effects on Building & Structures, National Physical Laboratory Symposium No 16, PP. 29-51 London HMSO.

136- Schertz, L. and farhar, B. 1978, An Analysis of the Relationship between Rainfall and the Occurrence of Traffic Accidents. Journal of Applied Meteorology 17: 711-715.

137- Sigbjornsson, R. and Snaebjornsson, J. T. 1998. Probabilistic Assessment of Wind Related Accidents of Road Vehicles: A Reliability Approach, Journal of Wind Engineering 74-76: 1079-1090.

138- Smith, K. 1982. How Seasonal and Weather Conditions Influence Road Accidents in Glasgow, Scottish Geographical Magazine 98, 103-114.

139- Stewart, K.H. (1960). Recent Work on the artificial dispersal of fog. Meteorological Magazine.89.311-319.

140- Tabony, R. C (1985 a). The Variation to Surface Temperature with Altitude. Meteorol. Mag., 114: 37-48.

141- Tabony, R. C. (1985 b) Relations Between Minimum Temperature and Topography in Great Britain. J. Climate., 5: 503-520.

142- Tanner. J.S. (1952). Effect of weather on Traffic Flow .Nature, 169,107-108

143- Telionis, D.P. et al (1984). An Experimental Study of Highway Aerodynamic Interferences, Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 17, 267-294.

144- Thom, H.C.S and show. R.H. (1958). Climatological analysis of freeze data for Iowa, Mon. Weather Review, 8 b (7). 251-257.

145- Thompson, R. D. and Allen Perry (1997). Applied Climatology, Principles and Practice, Rutledge.

146- Thompson, B. W. (1986). Small - Scale Katabatic and Clod Hollows, Weather, 41: 196-153.

147- Thornes, J. E. & Shao, J. (1991 b). Spectral Analysis and Sensivity Test for a Numerical Road Surface Temperature Prediction Model. Metorol, Mag., 120: 117-123.

148- Thornes. E. John. (1999) Transport System, Applied Climatology (Principle & Practice) Russell D. Thomson. & Allen Perry (ed), Rutledge.

149- Thornes, J.E. and Fairmainer, B. (1989). Making the correct predictions. Surveyor, 172,22-24.

150- Thornes, J. E. & Shao, J. (1992) Objective Method for Improving The Operational Performance of a Road Ice Prediction Model Using Interpolated Meso scale Output and a Template for Correcting Systematic error. Meteorol, Mag., 121: 197-203.

151- Thornes, J. E. (1991). Thermal Mapping and Road Weather Information System for Highway engineers. In A. H. Perry & L. J. Symons (eds), Highway Meteorology, E & Fn Spon, London, PP. 39-67.

152- Thornes, J.E. and Shao,J.(1991). A Comparison of UK Road Ice Prediction Models. Met. Mag., 120, 51-7.

153- Thornes, J.E. (1989). A preliminary performance and benefit analysis of UK national road ice prediction system. Met. Mag., 118,93-99.

154- Transport and Road Research Laboratory (1987), Fog and Road Accidents 1985. TRRL leaflet 1057, 2 pp.

155- Transport and Road Research Laboratory. (1975). Wind Forces on Vehicles, TRRL Leaflet 445, Crowthorne: TRRL.

156- Unsworth, M.H. et al. (1979). The frequency of fog in the Midlands, weather, 34, 72-77.

157- Vogel, J.L. and Huff, F.A. (1975). Fog Effects Resulting from Power Plant Cooling Lakes. Journal of Applied Meteorology 14, 868-872.

158- Wallaman, C., Wretling, P. and Oberg, G. (1999). "Effects of Winter Road Maintenance", Finland Road Administration.

159- Watkins, S.C. (1991). The annual Period of Freezing temperatures in central England 1850-1959 Inter.J. Climatol. 11(8) 889-896.

160- Watkins, S., Saunders, J. W and Hoffman, P.H. (1995). Turbulence Experienced by Moving Vehicles. Part 1. Introduction and Turbulence Intensity. Journal of Wind Engineering 57: 1-17.

161- Waylen.P.R. (1988). Statistical analysis of freezing temperatures in central and southern florida.J.climatol 8(6) 607-628.

162- Wheeler, D. (1986). A Study of Sea Fret -27 April 1986. Journal of Meteorology, 11, 311-317.

163- White, M.E. and Jeffery, D.J. (1980). Some Aspects of Motorway Traffic Behavior in fog. Transport & Road Research Laboratory Report, 958,12pp.

164- World Health Organization (Who.), (2004), " Road Safety Not Accident", A Brochure for world Health Day, 7 April.

165- Willette, H.C. (1928). Fog and haze. Monthly Weather Review, 56, 435.

166- Wood, N. L. H & Clark, R. T. (1991), The Variation of Road Surface Temperature in Devon, UK During Cold and Occluded Front Passage, Meteorol. Appl., 6: 111-118.

167- Yamammoto, A. (2002). Climatology of the Traffic accident in Japan on the Expressway with dense fog and a case study, Proceeding of International Road Weather commission(SERWC), Japan.

168-URLs

169-http://www.asp.ucr.edu/colloquium/1992/part1,2/chapter2.html

170-http://www.at1.ec.gc.ca/press

171-http://www.crh.noaa.gov

172- http://www. crh.noaa.gov/fsd/soo/doppler
173- http://www.drs.com
174- http://www.knetv.com/weather/doppler
175- http://www.ncmrwi.gov.in
176- H.s.4 Cast , [A Reliable Fur Technische Physik], pp1-4.
177- H.S.4 Cast, [Forschung Sinstitut fur Techische Physik], pp 1-10.
178- http:/www.Caic.State.coo us/photos.
179- http://www.ncrst.org
180- http://www.noaa.wheather.wire
181- http://www.raytheon.com
182- http://www.sirwec.org

فهرست انتشارات

عنوان	تاریخ انتشار		قیمت (ریال)
الف) پروژه‌های تحقیقاتی			
۱. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوکهای ساختمانی	بهار	۸۳	۱۱/۰۰۰
۲. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها	بهار	۸۳	۱۳/۰۰۰
۳. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه آهن بدون بالاست	بهار	۸۳	۱٤/۰۰۰
٤. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی	بهار	۸۳	۲۷/۰۰۰
۵. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور	زمستان	۸۳	۱٦/۰۰۰
٦. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک	بهار	۸٤	۱۱/۰۰۰
۷. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه	بهار	۸٤	۱۱/۰۰۰
۸. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن	تابستان	۸٤	۲٤/۰۰۰
۹. راهنمای طراحی واجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن وفرودگاه (و نقشه‌های اجرایی)	تابستان	۸٤	۲۳/۰۰۰
۱۰. روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور	تابستان	۸٤	۱۳/۰۰۰
۱۱. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها	تابستان	۸٤	۱۸/۰۰۰
۱۲. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید	تابستان	۸٤	۱٤/۰۰۰
۱۳. سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل ریلی	پاییز	۸٤	۲۰/۰۰۰
۱٤. ظرفیت باربری محوری شمعها	زمستان	۸٤	۱۷/۰۰۰
۱۵. راهنمای تهیه مشخصات فنی، جزئیات ونقشه‌ها در پل و سازه‌های راه	زمستان	۸٤	۲٦/۰۰۰
۱٦. تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها	بهار	۸۵	۱٤/۰۰۰
۱۷. روشهای نوین تعیین مشخصات و ارزیابی روسازی راه	بهار	۸۵	۱۰/۰۰۰
۱۸. طرح ضوابط مخلوطهای آسفالتی برای مناطق گرمسیر، سردسیر و شیبهای تند جاده‌ها	بهار	۸۵	۱۰/۰۰۰
۱۹. روشهای بازیافت سرد و گرم آسفالت و امکان‌سنجی اقتصادی آن در ایران	بهار	۸۵	۱۵/۰۰۰

۲۰.ارائه روش‌های ساماندهی فعالیت عوارضی در آزادراههای کشور	بهار	۸۵	۲۲/۰۰۰
۲۱.کاربرد پلیمر در بهبود خواص قیرها و مخلوطهای آسفالتی	بهار	۸۵	۱۷/۰۰۰
۲۲.مدیریت پل	پاییز	۸۵	۷۵/۰۰۰
۲۳.آشنایی با جداسازهای لرزه‌ای و تاثیر آنها بر عملکرد پلها	زمستان	۸۵	۲۵/۰۰۰
۲٤.آب و هوا و ایمنی جاده‌ها	زمستان	۸۵	۲۵/۰۰۰

ب) گزارش‌های تخصصی

۱. ممیزی ایمنی راه	تابستان	۸۲	۱۰/۰۰۰
۲. پیشنهاداتی برای آزمایش ژئوتکستایلها	پاییز	۸۲	۱۰/۰۰۰
۳. راهنماییهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه	پاییز	۸۲	۱۰/۰۰۰
٤. روشها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های راه	پاییز	۸۲	۱۰/۰۰۰
۵. آلودگی ناشی از دی اکسید نیتروژن در تونلهای راه	پاییز	۸۲	۱۰/۰۰۰
٦. ایمنی در تونلها	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۷. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۸. بهینه سازی شبکه‌های موجود بین شهری	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۹. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۰. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماعی حمل‌ونقل عمومی	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۱. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راهها	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۲. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۳. قیمت‌های بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوییل)	بهار	۸۳	۱۱/۰۰۰
۱٤. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال ۲۰۱۰	بهار	۸۳	۱۱/۰۰۰
۱۵. مبانی تحلیل اقتصادی	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۱٦. گزارش سالانه ژوئیه GRSP ۲۰۰۳	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۷. راهنمای ممیزی ایمنی راه	بهار	۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۸. راهنمای فیلم‌های IRF	تابستان	۸۳	۱۰/۰۰۰
۱۹. انتخاب مصالح و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت	تابستان	۸۳	۱٦/۰۰۰

۲۰. راههای دسترسی به مناطق برون شهری	تابستان	۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۱. روشهای ساده نگهداری راه	تابستان	۸۳	۱۱/۰۰۰
۲۲. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی روسازی راه	تابستان	۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۳. ارتقاء و بهبود عملکرد داخلی راهها	پاییز	۸۳	۱۰/۰۰۰
۲٤. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی	پاییز	۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۵. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه	پاییز	۸۳	۱۰/۰۰۰
۲٦. بازیافت روسازی‌های انعطاف‌پذیر موجود	پاییز	۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۷. حمل‌ونقل هوشمند	پاییز	۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۸. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی	پاییز	۸۳	۱۰/۰۰۰
۲۹. تقسیم مسؤولیت برای داشتن جاده‌های ایمن‌تر	پاییز	۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۰. فرآیند تصمیم‌گیری در اعمال سیاست‌های پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای	زمستان	۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۱. کیفیت خدمات جاده‌ای	زمستان	۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۲. روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه‌ها	زمستان	۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۳. روشهای ارزیابی اقتصادی برای پروژه‌های راه در کشورهای عضو پیارک	زمستان	۸۳	۱۰/۰۰۰
۳٤. راهنمای ارزیابی سیستم‌های نگهدارنده خاک	زمستان	۸۳	۱۰/۰۰۰
۳۵. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی	بهار	۸٤	۱۰/۰۰۰
۳٦. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیت‌های مهندسی پیش از ساخت	بهار	۸٤	۱۰/۰۰۰
۳۷. تضمین کیفیت در عملیات خاکی	بهار	۸٤	۱۰/۰۰۰
۳۸. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته	بهار	۸٤	۱۰/۰۰۰
۳۹. طبقه‌بندی تونل‌ها، دستورالعمل‌ها، تجربیات موجود و پیشنهادات	بهار	۸٤	۱۰/۰۰۰
٤۰. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی- اقتصادی در مدیریت راه	بهار	۸٤	۱۰/۰۰۰
٤۱. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی	تابستان	۸٤	۱۰/۰۰۰
٤۲. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راهها در افریقا	تابستان	۸٤	۱۰/۰۰۰
٤۳. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه	پاییز	۸٤	۱۱/۰۰۰
٤٤. بررسی توسعه حمل‌ونقل در منطقه اسکاپ در سال ۲۰۰۳، آسیا و اقیانوسیه	پاییز	۸٤	۱۷/۰۰۰
٤۵. تبادل فناوری و توسعه	زمستان	۸٤	۱۰/۰۰۰
٤٦. راههای دارای رویه بتنی	زمستان	۸٤	۱۰/۰۰۰

٤٧. تجدید ساختار بخش راه	زمستان	٨٤	١٠/٠٠٠
٤٨. حمل‌ونقل کالا	زمستان	٨٤	١٠/٠٠٠
٤٩. گزارش سالانه ژوئن ٢٠٠٤ GRSP	زمستان	٨٤	١٠/٠٠٠
٥٠. بکارگیری مصالح حاصل از بازیافت رویه‌های آسفالتی و بتن خرد شده در خاکریز	زمستان	٨٤	١٠/٠٠٠
٥١. تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها	زمستان	٨٤	١٠/٠٠٠
٥٢. کاربرد بتن غلتکی در راهسازی	زمستان	٨٤	١٠/٠٠٠
٥٣. راهنمای تأمین روشنایی راهها	زمستان	٨٤	١٠/٠٠٠
٥٤. راهسازی در نواحی بیابانی	زمستان	٨٤	١٠/٠٠٠
٥٥. مدیریت عملکرد پلها	بهار	٨٥	١٠/٠٠٠
٥٦. سیستم مدیریت ایمنی در صنعت حمل‌ونقل ریلی	بهار	٨٥	١٢/٠٠٠
٥٧. راهنمای ممیزی سیستم مدیریت ایمنی هوایی	بهار	٨٥	١٠/٠٠٠
٥٨. توسعه ابزارهای سنجش عملکرد	بهار	٨٥	١٠/٠٠٠
٥٩. نگهداری نواحی کنار راه و زهکشی (جلد اول)	تابستان	٨٥	٣٠/٠٠٠
٦٠. تعمیر و نگهداری راههای شوسه (جلد دوم)	تابستان	٨٥	٣٠/٠٠٠
٦١. تعمیر و نگهداری راههای دارای رویه آسفالتی (جلد سوم)	تابستان	٨٥	٢٥/٠٠٠
٦٢. نگهداری سازه‌ها و ادوات کنترل ترافیک (جلد چهارم)	تابستان	٨٥	١٥/٠٠٠
٦٣. فناوری و اقدامات ابتکاری کنترل ترافیک در اروپا	تابستان	٨٥	١٠/٠٠٠
٦٤. معرفی سیستم مدیریت ریسک	تابستان	٨٥	١٠/٠٠٠
٦٥. تعمیر و مقاوم‌سازی زیرسازه پلها	تابستان	٨٥	١٢/٠٠٠
٦٦. الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونلهای جاده‌ای	پاییز	٨٥	٢٠/٠٠٠
٦٧. مدیریت ایمنی راه	پاییز	٨٥	٢٦/٠٠٠
٦٨. مطالعه‌ای بر مدیریت ریسک در راهها	پاییز	٨٥	١٠/٠٠٠
٦٩. گزارش جهانی در خصوص پیشگیری از صدمات ناشی از تصادفات جاده‌ای	پاییز	٨٥	١٠/٠٠٠
٧٠. ارزیابی و تأمین بودجه نگهداری راه در کشورهای عضو پیارک	پاییز	٨٥	١٠/٠٠٠
٧١. حفاظت کاتدیک عرشه پلها	پاییز	٨٥	١٠/٠٠٠
٧٢. روش‌های بهبود ایمنی در راههای بین‌شهری	پاییز	٨٥	١٠/٠٠٠

ج) کتب

۱. فرهنگ جامع دریایی	تابستان	۸۳	۱۵/۰۰۰
۲. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)	تابستان	۸۳	۳۹/۰۰۰
۳. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه	تابستان	۸۳	۷/۰۰۰
٤. راهنمای ایمنی راه (پیارک)	پاییز	۸٤	۱۲۵/۰۰۰
۵. فرهنگ مصور دریایی (همراه با نسخه الکترونیک)	پاییز	۸٤	٤۰/۰۰۰

د)ضوابط

۱. آیین‌نامه نحوه بارگیری، حمل و مهار ایمن بار وسایل نقلیه باربری جاده‌ای	زمستان	۸٤	۵۰/۰۰۰
۲. راهنمای تهیه مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه	زمستان	۸٤	۲٦/۰۰۰
۳. دستورالعمل مطالعات و طراحی سیستمهای ایمنی، روشنایی، تهویه، کنترل و برق تونلهای جاده‌ای	زمستان	۸۵	۲۰/۰۰۰
٤. دستورالعمل آزمایشهای استاتیکی شمعها	زمستان	۸۵	۲۰/۰۰۰
۵. دستورالعمل تحویل موقت و قطعی راهها	زمستان	۸۵	۲۰/۰۰۰

ه) لوح فشرده

۱. نشریات Austroads (شامل ۱۸٦ عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)	پاییز	۸۳	۳٤/۵۰۰
۲. فیلم‌های آموزشی راه IRF (شامل ۱۰۷ فیلم در ٤۲ لوح فشرده)	زمستان	۸۳	۳٤/۵۰۰ (قیمت واحد)
۳. نشریات SWOV (شامل ۱۳۸ عنوان از نشریات SWOV, VTI , DRI ,NCHRP در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)	بهار	۸٤	۳٤/۵۰۰
٤. آیین‌نامه ایمنی راهها (مجموعه هفت جلدی منتشر شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)	پاییز	۸٤	٤۷/۵۰۰
۵. آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران	پاییز	۸۵	۵۰/۰۰۰

Ministry of Roads and Transportation
Transportation Research Institute
Atmospheric Science & Meteorological Research Center

Climate and Roads Safety

Authors:
Dr. Majid Habibi Nokhandan
Dr. Gholamali Kamali