Archive of SID

دکتر مجید حبیبی نوخندان، پژوهشکده هواشناسی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی
M. Habibi Nokhandan, Ph.D
شماره مقاله: ۶۳۵

مطالعه توزیع مکانی و زمانی وقوع مه و بررسی اثرات آن در حمل و نقل جاده‌ای[1]

چکیده

از مهم‌ترین مخاطرات جوی که شرایط نامطلوبی را برای رانندگان ایجاد می‌کند، می‌توان به ریزش برف و باران، یخبندان، وقوع مه و طوفان اشاره نمود. معمولاً ریزش برف و یخبندان در مقایسه با وقوع مه خطرات بیشتری را برای رانندگان ایجاد می‌کند، با این تفاوت که 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 بلایای جوی است که پیش‌بینی آن بسیار مشکل است و علت آن نیز تغییرات زمانی و مکانی این پدیده جوی می‌باشد (*Moore & Cooper, 1972, 18*). مه از جمله پدیده‌های جوی است که به طور مستقیم و بی‌واسطه بر ایمنی حمل و نقل تأثیر می‌گذارد. حضور مه به ویژه مه غلیظ با کاهش حجم ترافیک در جاده‌ها و افزایش خطر بروز تصادفات جاده‌ای همراه است.

در این تحقیق به منظور بررسی شرایط آب و هوایی مؤثر بر ایمنی حمل و نقل و تعیین آستانه‌های بحرانی، به تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی (دید کمتر از ۱۰۰۰ متر) در گستره کشور پرداخته شده است. در این تحقیق به منظور تسهیل کاربرد نتایج در مراکز تحقیقاتی، استخراج داده‌ها بر اساس ماه‌های شمسی انجام گرفته است. با بررسی

---

۱. این مقاله قسمتی از نتایج پروژه پهنه‌بندی و امکان‌سنجی پیش‌بینی آب و هوایی جاده‌های کشور است که با اعتبار پژوهشکده حمل و نقل، توسط پژوهشکده امیرکبیر و با حمایت سازمان هواشناسی کشور در حال اجرا است.

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌های فوق در ۱۲۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در طول دوره آماری ده ساله توزیع زمانی و مکانی نقاط آسیب‌پذیر بر اساس آستانه‌های بحرانی تعیین گردید. بر این اساس استان‌های خوزستان، اردبیل، سیستان و بلوچستان به عنوان مهم‌ترین مناطق بحرانی به شمار آمده‌اند. در نهایت با توجه به روند فزاینده تولید خودرو و افزایش ترافیک، نیاز به گسترش و توسعه راه‌های جدید مطرح می‌گردد از این رو نقش مطالعات اقلیمی در این مرحله نیز به مانند مرحله نگهداری راه‌های موجود، بسیار حایز اهمیت خواهد بود.

کلید واژه‌ها: مخاطرات جوی، مه، سوانح جاده‌ای، حمل و نقل جاده‌ای، آستانه‌های بحرانی، ایران.

مقدمه

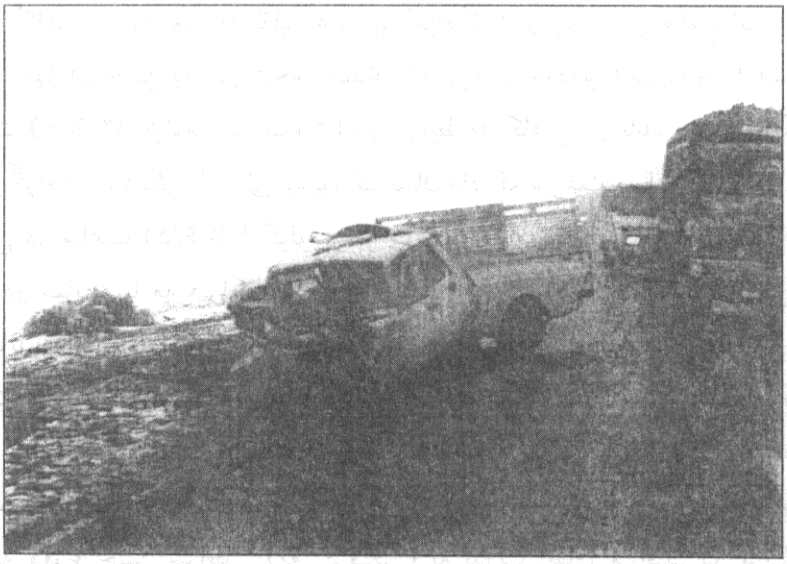
مطالعات و بررسی‌های بسیار اجمالی در رابطه با مه و مخاطرات جاده‌ای در بعضی نقاط دنیا صورت گرفته است. در سال‌های اخیر در طراحی راه‌ها و جاده‌های ارتباطی، برآورد تغییرات فضایی و زمانی وقوع مه به عنوان اطلاعات مورد نیاز جهت تحلیل شرایط اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی که قبل از این، اهمیت در نظر 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. با توجه به اینکه مه غلیظ موجب کاهش سرعت ترافیک و افزایش تصادفات در طول راه‌ها می‌شود و 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. لذا از نقطه‌نظر برنامه‌ریزان این مسیرها اقتصادی نمی‌باشند. مطابق نتایج تحقیقات آزمایشگاه راه و حمل و نقل، دید کمتر از ۱۵۰ متر برای رانندگان مخاطره‌آمیز است (شکل ۱) (*White & Jeffery, 1980, 10*).

حضور مه به ویژه مه غلیظ با کاهش حجم ترافیک در جاده‌ها و افزایش خطر بروز تصادفات جاده‌ای همراه است. کاهش سرعت اتومبیل‌ها و تأخیر زمانی حاصل از آن، افزایش استرس و فشارهای روانی به هنگام رانندگی (*ماسک، ۱۹۹۱، ۱۲۵*) نیز از عواملی است که منجر به افزایش مخاطرات جاده‌ای در زمان تشکیل مه می‌گردد. در هر جاده،

www.SID.ir

Archive of SID

نقاطی که با بحران مه مواجه هستند به دیوار مه[۲] و یا نقاط سیاه مه[۳] معروف‌اند که با توزیع زمانی و مکانی متغیر در جاده‌ها، خطر بسیار جدی برای رانندگان محسوب می‌شوند.



شکل ۱ رخداد یک تصادف در شرایط مه‌آلود (کیلومتر ۳۰ جاده فیروزکوه- پل‌سفید)

سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه[۴] (۱۹۸۶) نتایج گزارش مطالعاتی خود را پیرامون خطرات رانندگی در شرایط مه به ویژه در هنگام غروب خورشید و در ساعات تاریکی شب ارایه نمود. 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 موثری در کاهش ترافیک تا ۲۰٪ نسبت به شرایط میانگین دارد. کودلینگ[۵] (۱۹۷۴) به تجزیه و تحلیل جریان ترافیک سال ۱۹۶۴ براساس اطلاعات روزانه پرداخت و به این نتیجه رسید که مه غلیظ باعث ۱۹/۶٪ کاهش ترافیک در بزرگراه‌ها، ۲۱/۱٪ در جاده‌های درجه یک و ۲۲/۲٪ در جاده‌های درجه دو شده است. البته این مقدار 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.

2. Fog wall. 3. Fog black spot.
4. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). 5. Codling.

www.SID.ir

Archive of SID

کوکموند و پرچونوک[6] (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 چنین مه می‌باشد. آنها هم چنین 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 (۶/۵ تا ۸ 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. مسأله‌سازترین جنبه وقوع مه در بزرگراه‌ها، مشکل افزایش ریسک تصادفات جاده‌ای است. به طور متوسط از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۴ از تمامی تصادفات منجر به جرح و فوت در جاده‌های انگلستان ۱/۴ ٪ در شرایط مه و گرد و غبار رخ داده است. البته علت این که مه درصد کمی از وقایع جاده‌ای را به خود اختصاص داده است این است که وقوع چنین شرایطی (مه گرفتگی) به ندرت اتفاق می‌افتد. در بریتانیا نقاط حادثه‌خیز مه در جاده‌ها بیشتر متأثر از مه تابشی است. به طور مثال تصادفات جاده M25 در ماه دسامبر ۱۹۸۴ متأثر از این نوع مه بود که در این واقعه ۲۶ وسیله نقلیه با یکدیگر برخورد نمودند و طی آن نه نفر جان خود را از دست دادند. در مطالعه‌ای جامع در بریتانیا مشخص شده است که در بزرگراه‌ها شش درصد از تصادفات در مه‌گرفتگی غلیظ رخ می‌دهد (*کودلینگ، ۱۹۷۴، ۳۸*).

از سال ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۵ بین ۰/۱۵ ٪ تا ۱/۴۴ ٪ از تمامی تصادفات حادثه آفرین در هر سال در شرایط مه‌آلود اتفاق افتاده است (*آزمایشگاه تحقیقات راه و حمل و نقل، ۱۹۸۷، ۲*)[7]. 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 (*جانسون، ۱۹۷۳، ۱۱*). به طور مثال در سال ۱۹۸۵، ۴۷ درصد از تصادفات منجر به جرح در بزرگراه‌ها و جاده‌های اصلی در شرایط مه‌آلود و ۱۷ درصد در هوای صاف رخ داده‌اند. در دیگر جاده‌ها (جاده‌های فرعی) این آمار در شرایط مه‌آلود ۲۱ درصد و در هوای صاف هفت درصد

6. Kocmond & Perchonok.
7. Transport and Road Research Laboratory.

www.SID.ir

Archive of SID

بوده است که نشان از نسبت بیشتر فراوانی وقوع تصادفات در شرایط مه‌آلود است (*آزمایشگاه تحقیقات راه و حمل و نقل، ۱۹۸۷،۲*).

نظریات و دلایل فراوانی در ارتباط با فراوانی وقوع تصادفات در بزرگراه‌ها در مقایسه با سایر جاده‌ها وجود دارد و برخی از آنها که از اهمیت بالاتری 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 در حال 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 که در این فاصله می‌توانند به موقع عکس‌العمل لازم جهت ترمزگیری را 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 جلوتر رخ داده است را نمی‌شنود، لذا از سرعت خود نکاسته و احتمال بروز سوانح بیشتر می‌شود. جدول ۱ آثار تصادفات بسیار مهمی که به همراه مه متراکم و غلیظ رخ داده است را نشان می‌دهد (*Yamamoto, 2002, 6*).

معمولاً در ژاپن در ماه‌های سرد سال، مه در شرایط جوی بسیار متغیر اتفاق می‌افتد، به طوری که معمولاً با سیکلون‌های برون حاره، آنتی سیکلون‌های مهاجر و جبهه‌ها همراه است. البته این وضعیت‌ها همیشه با وقوع مه همراهی نمی‌کنند. معمولاً در نزدیکی نقاط حادثه‌خیز گرادیان فشار بسیار پایین و سرعت باد نیز بسیار کم می‌باشد و این شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

پیش‌بینی‌ها را با اشکالات متعددی روبرو می‌کند. امروزه صدور پیش آگاهی و هشدارهای جوی- جاده‌ای با توجه به نوع این پدیده در کشور ژاپن کاربرد گسترده‌ای یافته است. جدول ۲ نمونه‌ای از این هشدارها را نشان می‌دهد (*یاماهوتو ۲۰۰۲، ع*).

جدول ۲ آستانه‌های هشدار میدان دید کم (مه)

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

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 با استفاده از ادوات الکترونیکی، اندازه‌گیری دید انجام می‌گیرد. 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 یک 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 ویژه اگر ایستگاه‌های هواشناسی در نزدیکی مراکز صنعتی و یا ساحل دریا باشند، این اختلاف بیشتر خواهد بود.

ب) ایستگاه‌های هواشناسی ممکن است به علت فاصله‌های زیاد از یکدیگر و تراکم محدود از منطقه مورد مطالعه فاصله زیادی داشته باشند.

ج) با توجه به عدم رابطه معنی‌دار بین ایجاد مه و سایر پدیده‌ها، اغلب درون‌یابی وقوع مه بین ایستگاه‌های مورد مشاهده غیرممکن است چرا که مه تغییرپذیری بسیار زیادی داشته و تابع شرایط زمانی و مکانی خاصی است. به این دلیل تعداد بسیار محدودی

www.SID.ir

Archive of SID

از نقشه‌های وقوع مه در منابع مختلف علمی جهان وجود دارد و برخلاف سایر متغیرها نمی‌توان خطوط هم مقدار دید و یا مه را تهیه نمود.

فاکتورهای مختلفی در رابطه با تشکیل مه و رخدادهای حاصل از آن مؤثرند که برخی از فاکتورهای محلی و محیطی مؤثر بر رخداد مه در ذیل معرفی می‌گردند:

الف) توپوگرافی محلی: دره‌ها و چاله‌های محلی که محل تجمع هوای سرد و سنگین ناشی از جریانات کاتاباتیک شبانه هستند.

ب) آب‌های دایمی و وسعت فضایی آنها: دریاچه‌ها، آبگیرها، رودخانه‌ها و حوضه‌های سیلابی، مرداب‌ها و باتلاق‌ها.

ج) بخار آب حاصل از فعالیت‌های منابع انسانی و آلودگی‌های ناشی از برج‌های خنک‌کننده ایستگاه‌های مولد برق.

د) منابع آلوده کننده خاص: کارخانه‌های محلی و محیط‌های شهری.

هـ) اراضی جنگلی.

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

- مه متراکم: اگر میدان دید کمتر از ۴۰ متر باشد.
- مه غلیظ: اگر میدان دید بین ۴۰ تا ۲۰۰ متر باشد.
- مه معمولی: اگر میدان دید بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر باشد.

راهکارهای حفاظتی در شرایط وجود مه

امروزه با توجه به کاربرد گسترده هشدارهای جوی به منظور کاهش مخاطرات جاده‌ای، تجهیزات اعلام هشدار در جاده‌ها راه‌اندازی شده‌اند. از سال ۱۹۹۰ نصب تجهیزات اندازه‌گیری مه در نقاط مستعد بزرگراه M25 اطراف لندن صورت گرفت. این سیستم به طور اتوماتیک هرگاه دید کمتر از ۳۰۰ متر شود با علائم هشدار دهنده، کلمه مه را روی تابلو پیام‌نما نشان می‌دهد (*ماسک، ۱۹۹۱، ۱۱۳*). در ارتباط با 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

www.SID.ir

Archive of SID

نقطه خاص می‌باشد. سیلورمن[8] و وین ستین[9] (۱۹۷۴) به بررسی نحوه تکنیک‌های تعدیل مه پرداختند و مهم‌ترین نتایج این مطالعه را انتشار دادند.

با گرم کردن لایه مه‌آلود، ظرفیت نگهداری بخار آب جو افزایش یافته و باعث تبخیر مه می‌شود (*کاویانی، ۱۳۸۱، ۲۰۲*). از مهم‌ترین روش‌های گرم کردن، روش فیدو[10] یا سوزاندن مواد نفتی است که در طول جنگ جهانی دوم در کنار باند فرودگاهها برای از بین بردن مه استفاده می‌شد (*Ogden, 1988, 36*). گاهی اوقات سوزاندن نفت جهت گرمادهی و تبخیر قطرات آب موجود در مه به ویژه در محیط فرودگاه‌ها به کار برده می‌شد. در جنگ دوم جهانی در بریتانیا ۲۰۰۰ پرواز را با این عملیات با موفقیت به انجام رساندند، اما این روش در طول بزرگراه‌ها قابل اجرا نیست. روش دیگر مه‌زدایی مکانیکی، روش جاروب نمودن است که برای اولین بار در کشور شیلی در ارتباط با مه‌های دریایی که بر روی اراضی خشکی به وجود آمده بودند، مورد استفاده قرار گرفت (*Bowden, 1966, 583*). این عملیات شامل جاروب کردن مه با استفاده از یک شبکه از رشته‌های نایلونی است که پس از عبور از روی مه باعث جمع شدن قطرات آن بر روی این رشته نایلونی می‌شود و سپس به صورت قطرات آب به سطح زمین می‌چکند. 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 تکنیک مه‌زدایی بارورسازی مه است. اگر ذرات ریز آئروسل‌ها چون کلرید سدیم (نمک طعام) را پس از وقوع مه در جو بپاشیم، قطرات آن با هسته‌های تراکم بارور شده و به صورت قطراتی از آب، مه را از بین می‌برند (*مرکز تحقیقات حمل و نقل، ۱۹۸۷، ۲*). این نوع بارورسازی برای مدت ۱۵ دقیقه مؤثر واقع می‌شود. این آزمایش در بریتانیا با محلول نیترات آمونیوم امتحان شد (*استوارت، ۱۹۶۰، ۳۱۵*). روش‌های شیمیایی بی‌شماری وجود دارند که کمتر مورد استقبال و توجه قرار گرفتند، زیرا این روش‌ها برای محیط زیست مضر و خطرآفرین است. 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 یک جذب الکتریکی شده و شرایط را جهت ریزش قطرات مه ایجاد می‌نماید. مطالعات آزمایشگاهی این روش در ایالات متحده امریکا به

8. Silverman. 9. Winstinc. 10. FIDO.

www.SID.ir

Archive of SID

پایان رسیده است. البته هنوز روش خاصی جهت جلوگیری از تشکیل مه با هزینه‌های قابل قبول تا این لحظه به دست نیامده است.

از روش‌های مختلفی که جهت کمک به رانندگان در مقابله با مه وجود دارد، به کارگیری چراغ‌های مه شکن است. در سال ۱۹۸۶ در بریتانیا از ۲۸۵۶ کیلومتر بزرگراه (۱۷۷۵ مایل) در حدود ۷۲۸ کیلومتر (۴۵۵ مایل) و یا ۲۵ درصد از کل بزرگراه‌ها به سیستم روشنایی در برابر مه مجهز شدند (*کارنز، ۱۹۸۶ به نقل از کاویانی ۱۳۸۱*)[11].

در حال حاضر با تحقیقات انجام گرفته از سوی سازمان حمل و نقل بریتانیا، 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.

پاکسازی مه‌های سرد از دیگر موارد آسان‌تر انجام می‌شود. اساس پاکسازی آن بر این واقعیت استوار است که فشار اشباع بخار آب روی سطح آب در دمای مشابه کمتر است. هر گاه ذرات یخ و قطرات آب در مجاورت یکدیگر قرار بگیرند، گرادیان فشار از قطره یخ به وجود آمده 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 به طور مکرر 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 (*کاویانی*، ۱۳۸۱، ۲۰۳).

11. Cairns.

www.SID.ir

Archive of SID
۱۲۹۴۱

داده‌ها و روش تحقیق

در این تحقیق به منظور بررسی شرایط آب و هوایی مؤثر بر ایمنی حمل و نقل و تعیین آستانه‌های بحرانی، به تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی (دید کمتر از ۱۰۰۰ متر) در گستره کشور پرداخته شد (*حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳*). آمار و اطلاعات هواشناسی مورد استفاده در تحقیق حاضر از بخش خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کشور تهیه گردیده است. مقیاس زمانی داده‌ها شامل داده‌های ساعتی روزانه مربوط به دیدبانی‌های ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ GMT در طول سال‌های ۷۷-۱۳۶۸ می‌باشد. انتخاب دوره آماری بر اساس آزمون کافی بودن داده‌ها (روش ماکوس) $y=(۴/۳۰ \log ۱۰ R)^۲$ و امکان دسترسی به ۱۱۹ ایستگاه سینوپتیک بوده است که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفتند.

از آنجایی که ارتفاع زیاد جاده‌های کوهستانی و تفاوت‌های اقلیمی در طول مسیرهای ارتباطی مشکلات عدیده‌ای را در ماه‌های سرد سال برای راهداران و کاربران جاده‌ها به بار می‌آورد، اساس انتخاب آستانه‌های بحرانی و تعیین محدوده‌های آنها بر اساس نتایج مطالعات و تحقیقات محققین هواشناسی جاده‌ای در سال‌های اخیر بوده است. در تحقیق حاضر به منظور تسهیل کاربرد نتایج در مراکز تحقیقاتی، استخراج داده‌ها بر اساس ماه‌های شمسی انجام گرفته است. در ابتدا فراوانی هر یک از شاخص‌های فوق از داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه استخراج شد (جدول ۳).

جدول ۳ نمونه‌ای از داده‌های فراوانی آستانه‌های مختلف دید کمتر از ۱۰۰۰ متر

ماه / میدان دید	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دید کمتر از ۴۰ متر	۲	۵	۳	۱	۰	۰	۰	۱	۳	۴	۸	۱
دید بین ۴۰ تا ۲۰۰ متر	۵	۹	۷	۲	۳	۰	۰	۰	۰	۵	۷	۹
دید بین ۲۰۰ متر تا ۱۰۰۰متر	۸	۱۱	۱۲	۷	۶	۰	۰	۰	۰	۱	۴	۳

* آمار فوق نمونه است

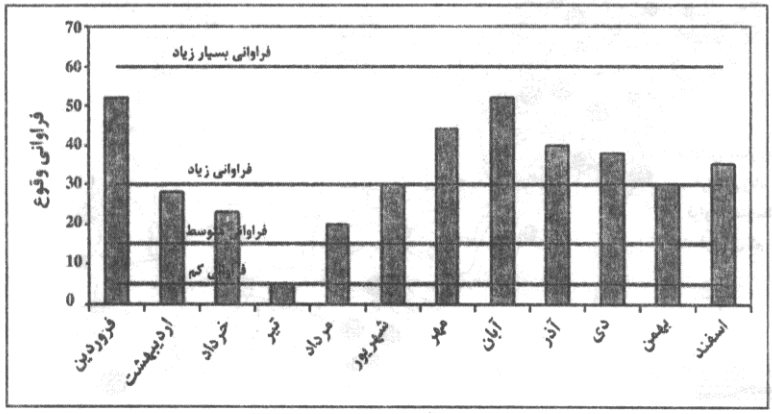
از آن جایی که داده‌های استخراج شده مربوط به دید کمتر از ۱۰۰۰ متر هستند و در حمل و نقل جاده‌ای، بحران محسوب می‌شوند، از این رو فراوانی وقوع آنها اهمیت بیشتری داشت. با در نظر گرفتن احتمال وقوع هر یک از آستانه‌ها، فراوانی (کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد) آنها محاسبه شد (شکل ۳). ابتدا برای هر آستانه به طور جداگانه

www.SID.ir

Archive of SID

محاسبات انجام شد و سپس مجموع دید کمتر از ۱۰۰۰ متر به منظور تعیین نقاط بحرانی مورد ارزیابی قرار گرفت. بنا به اهمیت تعیین توزیع زمانی و مکانی نقاط بحرانی نقشه‌های مربوط به توزیع مکانی و زمانی آنها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (نرم‌افزار Arcview) تهیه شد (شکل‌های ۴ تا ۷).

نمودار فراوانی دید کمتر از ۱۰۰۰ متر در ایستگاه اردبیل



شکل ۲ نمونه‌ای از مراحل محاسبه ماهانه آستانه‌های بحرانی دید کمتر از ۱۰۰۰ متر

نتایج تحقیق

نقشه‌های توزیع ماهانه مناطق بحرانی دید کمتر از ۱۰۰۰ متر

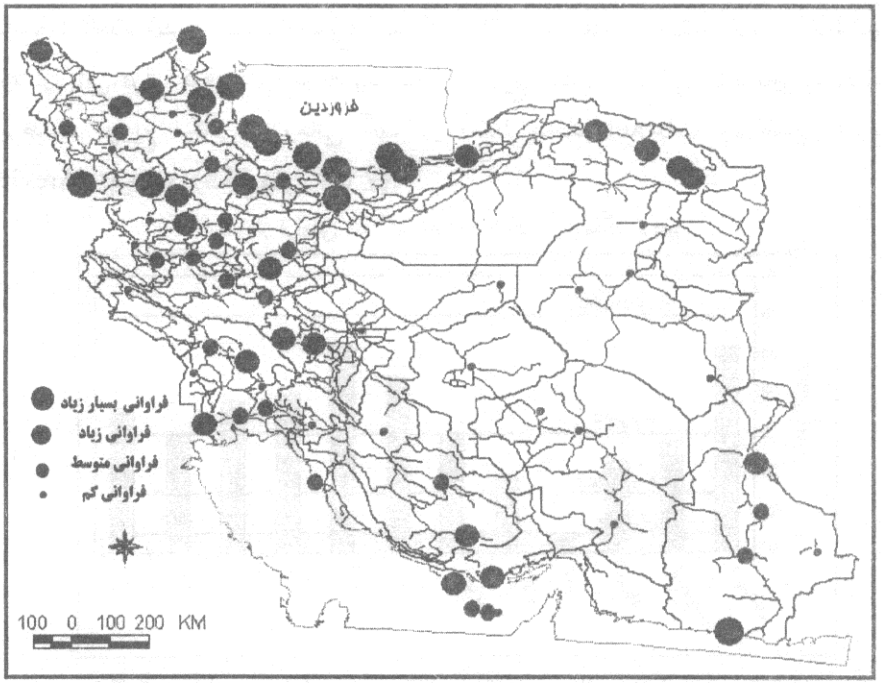
فروردین ماه: در این ماه سواحل دریای خزر، شمال غرب کشور و چابهار در جنوب شرق دارای فراوانی بالایی از دید کمتر از ۱۰۰۰ متر هستند و در سایر مناطق کشور این مسأله از فراوانی کمتری برخوردار است (شکل ۳- الف).

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 ا-ین شرایط مشاهده نمی‌شود (شکل ۳- ب).

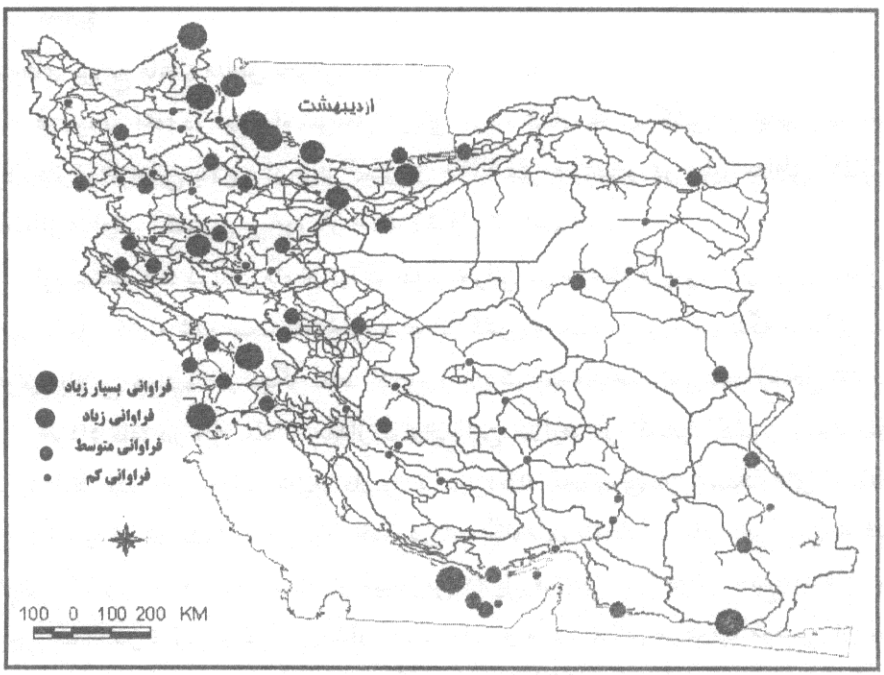
خرداد ماه: در این ماه از مقدار فراوانی این شرایط در گستره کشور کاسته شده و این شرایط تنها در جزایر خلیج فارس و در تعداد محدودی از ایستگاه‌های استان‌های خوزستان و شمال مشاهده می‌شود. البته در ایستگاه‌های ساحلی دریای خزر این شرایط از فراوانی کمتری برخوردار است. از مهمترین دلایل فراوانی در جزایر خلیج فارس، پدیده شرجی شدن در نتیجه استقرار پرفشار جنب حاره و ورود هوای مرطوب موسمی از جنوب شرقی و سامانه سودانی از جنوب غربی کشور است (شکل ۳- ج)

www.SID.ir

Archive of SID
۱۲۹۴۳



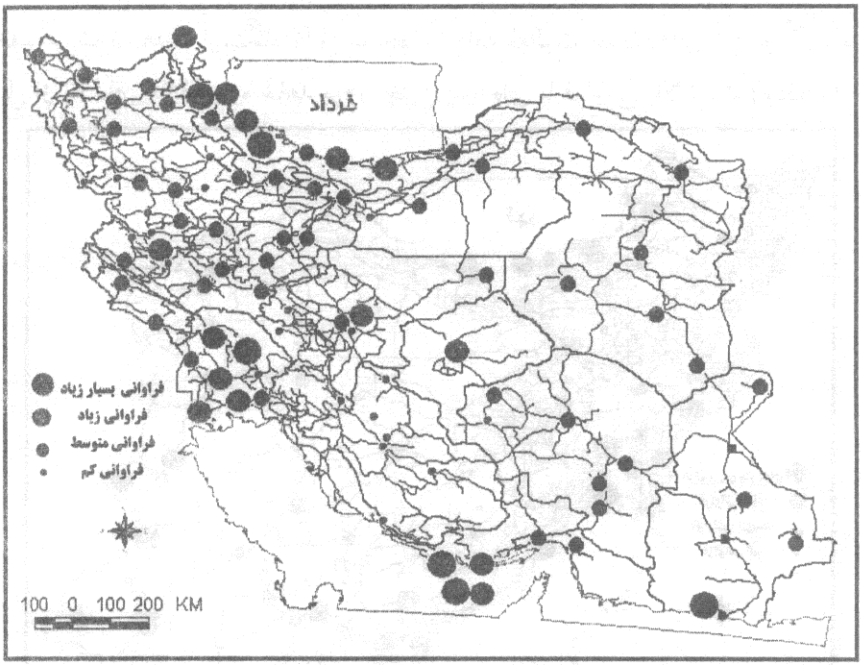
شکل ۳- الف توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (فروردین)



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

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳-ج توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (خرداد)

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 می‌کنند. در این ماه ایستگاه‌های استان خوزستان و جزایر خلیج فارس بیشتر با این پدیده درگیر هستند (شکل ۴- الف).

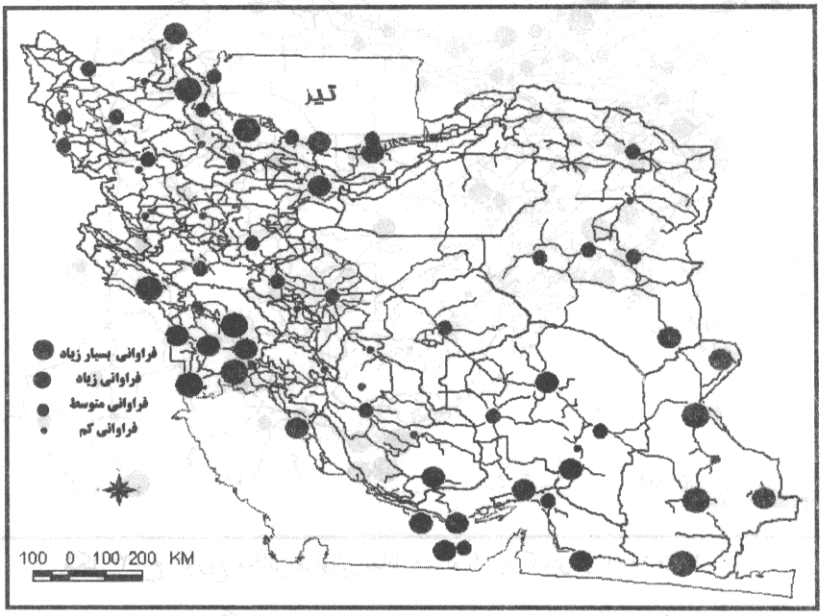
مرداد ماه: در این ماه نسبت به ماه‌های دیگر سال نقاط کمتری از کشور با این پدیده درگیر هستند، اما هنوز مناطقی از استان سیستان و بلوچستان، ایستگاه‌های انزلی و اردبیل در شمال و شمال غرب و مسجد سلیمان در جنوب غرب شاهد چنین وضعیتی هستند اما در غرب، شرق و مرکز کشور چنین رخدادی وجود ندارد (شکل ۴- ب).

شهریور ماه: دراین ماه به تدریج در بخش‌های ساحلی شمال این شرایط تقویت می‌شود و از شدت این پدیده در ساحل جنوبی و جنوب شرقی کاسته می‌شود ولی در سواحل جنوب غربی با اینکه تعداد ایستگاه‌های درگیر با این شرایط کم شده اما هنوز هم این شرایط

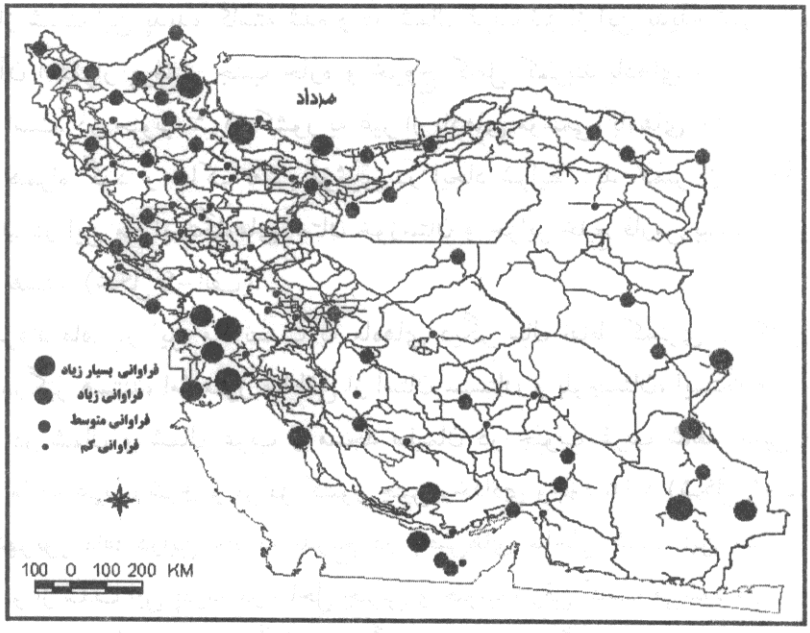
www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده می‌شود. هنوز ایستگاه زابل به جهت ادامه فعالیت طوفان‌های شن و گرد و غبار حاصل از بادهای ۱۲۰ روزه شاهد بروز چنین پدیده‌ای با فراوانی بالا است (شکل ۴- ج).



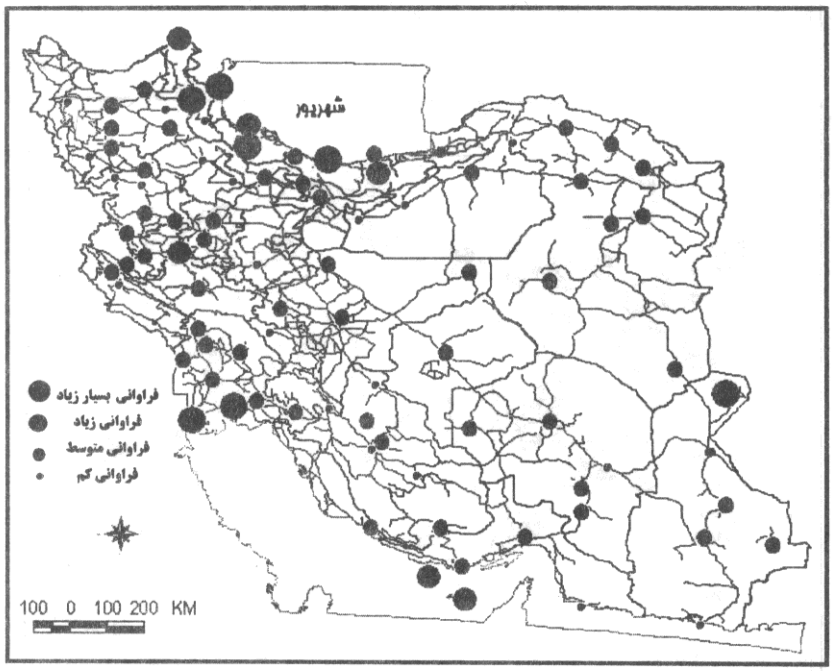
شکل ۴- الف توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (تیر)



شکل ۴- ب توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (مرداد)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴-ج توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (شهریور)

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 ۵- الف).

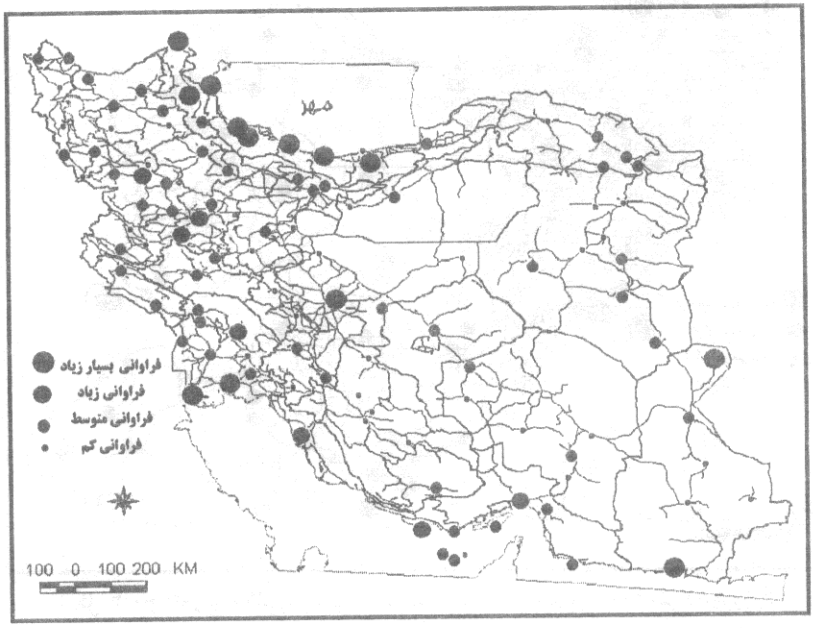
آبان ماه: در این ماه نسبت به مهر ماه، نقاط بیشتری از نواحی غربی، شمال غربی و شمالی کشور در معرض این شرایط قرار گرفته‌اند. اما از شدت آن در مناطق جنوب شرقی (استان سیستان و بلوچستان)، جنوب غربی و حتی جزایرخلیج فارس، کاسته شده است. از این ماه کم‌کم رخداد این پدیده را در شمال خراسان و استان تهران شاهد هستیم (شکل ۵- ب).

آذر ماه: در این ماه غرب کشور از شمال تا جنوب و شمال خراسان با این پدیده درگیرند. 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

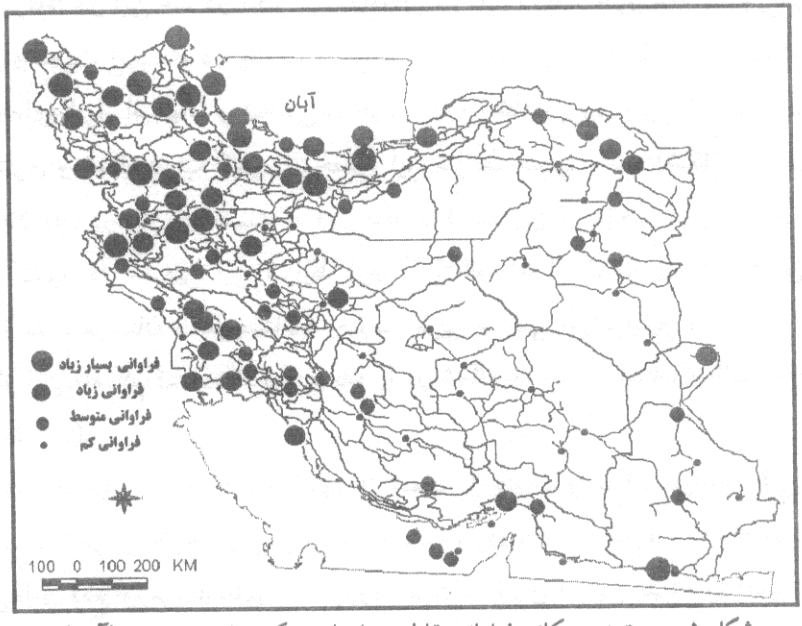
www.SID.ir

Archive of SID

برخوردار است که علت آن را می‌توان فراوانی بارش‌های سنگین در بخش‌های غربی سواحل دریای خزر در این ماه از سال دانست. (شکل ۵- ج).



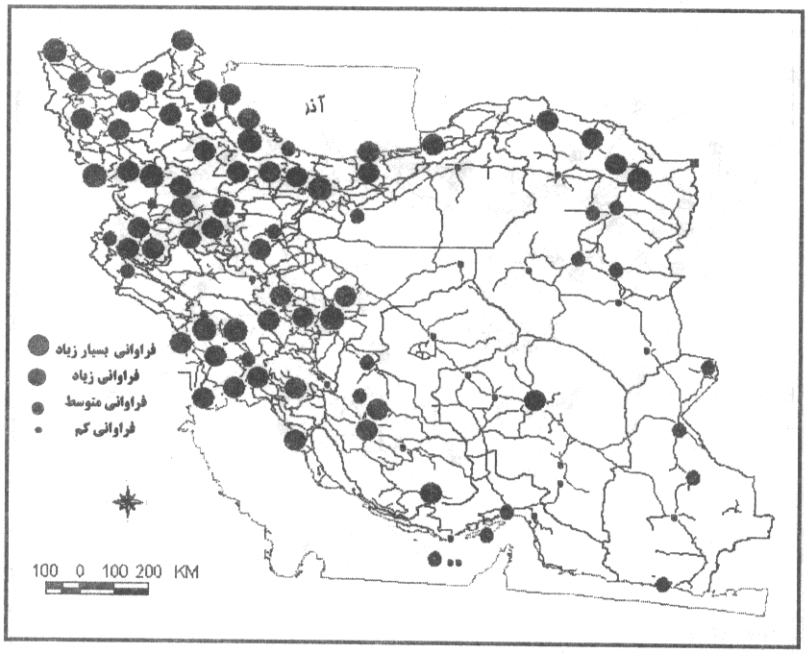
شکل ۵- الف توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (مهر)



شکل ۵- ب توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (آبان)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵-ج توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (آذر)

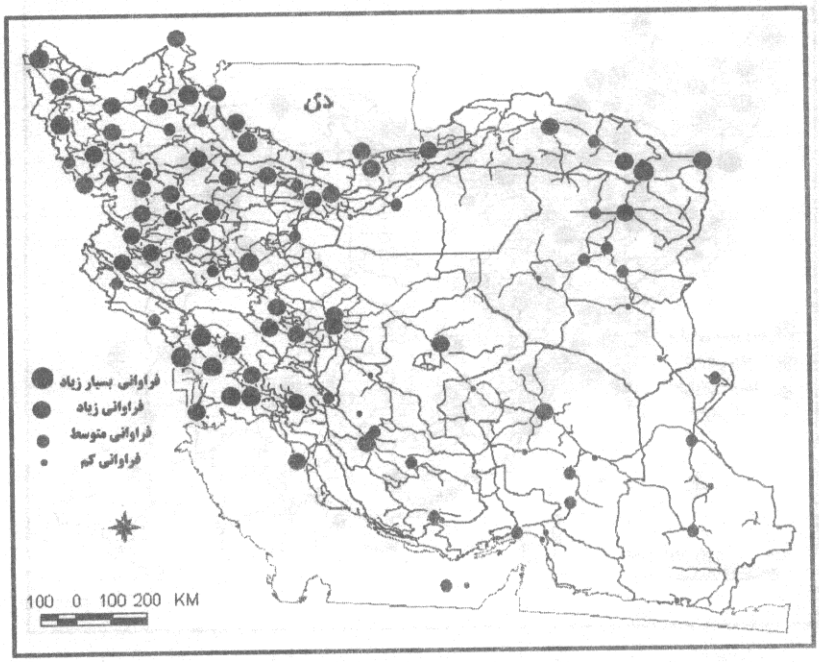
دی ماه: در این زمان کل نیمه غربی کشور (از شمال تا جنوب) با این پدیده درگیرند و بیشترین تراکم در محدوده جنوب غرب (استان خوزستان) مشاهده می‌شود. در این ماه نیز ایستگاه‌های ساحلی جنوب، جزایر و همچنین سواحل دریای خزر از فراوانی کمتری برخوردارند. در این ماه گستره این پدیده تا استان‌های کرمان و یزد نیز کشیده شده است (شکل ۶- الف).

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 ۶- ب).

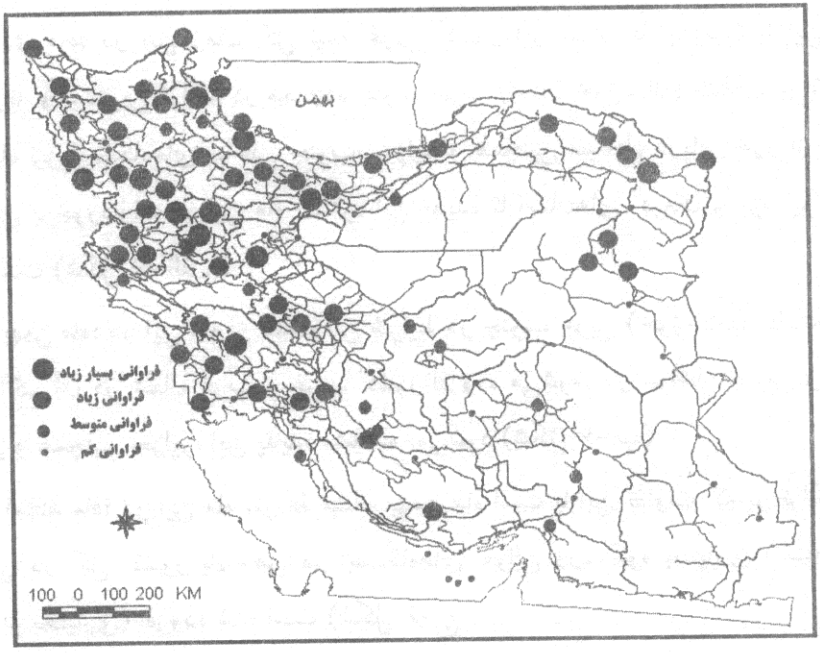
اسفند ماه: در این ماه شرایط مشابه بهمن ماه است با این تفاوت که بر تراکم نقاط بحرانی در کل کشور بالاخص در ایستگاه‌های حوالی زرد کوه بختیاری (استان چهار محال و بختیاری) افزوده شده است (شکل ۶- ج).

www.SID.ir

Archive of SID
۱۲۹۴۹



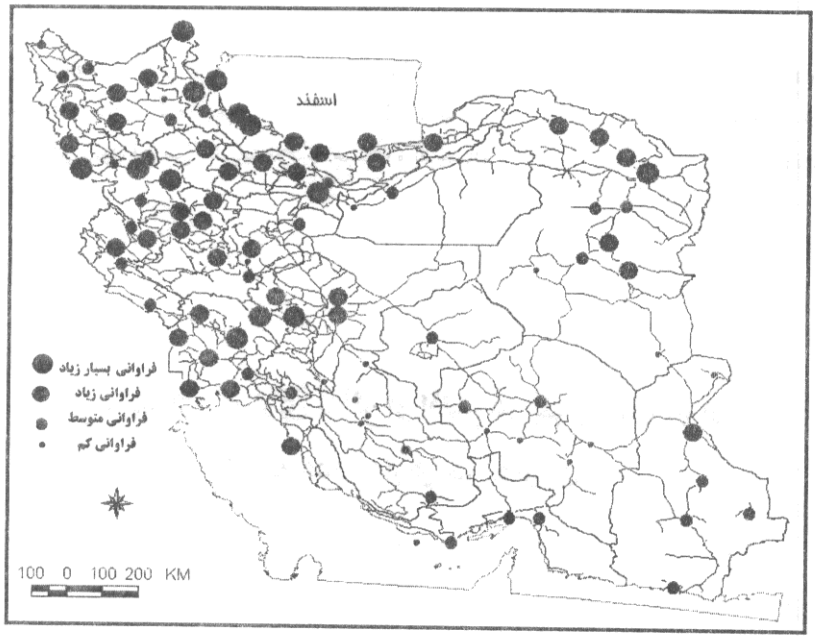
شکل ۶- الف توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (دی)



شکل ۶- ب توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (بهمن)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶-ج توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (اسفند)

منابع و مآخذ

۱. حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۸۳)؛ **آب و هوا و ایمنی جاده‌های کوهستانی ایران**، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران.

۲. کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۱)؛ **میکروکلیماتولوژی**، انتشارات سمت، ۲۰۴ - ۲۰۲.

3. Bowden. D (1966); **A New way of Clearing Fog**, New Scientific, 32,583-585.

4. Codling, P.J (1974); **Weather and Road Accidents**, in Climate Resources and Economic Activity ed.J.A Taylor. Newton Abott: David and Charles, Cooperative Highway Research Report 95.

5. Johnson, H. D (1973); **Motorway Accidents in Fog and Darkness**, Transport. & Road Research Laboratory Report. 573, 13pp.

6. Kocmond, W.C. and Perchonok, K (1970); **Highway Fog**.

7. Moore, R.L. and Cooper, L (1972); **Fog and Road Traffic** Transport & Road Laboratory Report 466.33p.

8.Musk. L.F (1991); **The Fog Hazard**, Highway Meteorology, 91-130.

9. OECD (1986); **Road Safety Research 1986**, Paris, OECD.10 pp.

10. Ogdten, R. J (1988); **Fog Dispersal at Airfields**, Weather 43, 20-25 and 30-38.

11. Silverman, B.A. and Weinstein, A. I (1974); **Fog in Weather and Climate Modification**, ed. Wim. Hess. PP. 355-383 NewYork, John Wiley.

12.Stewart, K.H(1960); **Recent Work on the Artificial Dispersal of Fog**. Meteorological Magazine, 89.311-319.

13. Transport and Road Research Laboratory (1987); **Fog and Road Accidents 1985**, TRRL leaflet 1057.2 pp.

14. White, M.E. and Jeffery, D.J (1980); **Some Aspects of Motorway Traffic Behavior in Fog**. Transport & Road Research Laboratory Report, 958,12 pp.

15. Yamammoto, A(2002); **Climatology of The Traffic Accident in Japan on The Express Way with Dense Fog and a Case Study**, Proceeding of International Road Weather Commission (SERWC), Japan.

www.SID.ir