یادداشت پژوهشی

مطالعه توزیع مکانی و زمانی بارش و اثرات آن بر ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای در ایران

مجید حبیبی نوخندان، عضو هیات علمی، پژوهشکده هواشناسی، مشهد، ایران
E-mail: habibi@irimet.net

چکیده

شناخت پدیده‌هاي آب و هوایي نقش بسزایي در کاهش تصادف‌هاي جاده‌اي و هزینه‌هاي نگهداري راه دارد. در سالهاي اخیر نقش شرایط جوي در بروز سوانح جاده‌اي، راهداري زمستانه جاده‌ها و کاهش خسارات زیست محیطي ، توجه بسیاري از پژوهشگران را به خود معطوف داشته است. آگاهي از زمان آغاز و خاتمه ریزش برف نقش بسیار مؤثري در مدیریت عملیات راهداري زمستانه، اقدامات ایمني پلیس راه، آمادگي بیشتر رانندگان و کلیه افرادي که به نوعي با شبکه حمل‌ونقل در ارتباط هستند، دارد. در این مقاله با استناد به آمار ۱۱۹ ایستگاه هواشناسي به تعیین احتمال زمان آغاز و خاتمه بارش در سطح کشور پرداخته شد. زمان آغاز ریزش برف در کشور به طور گویایي تابع ارتفاع، عرض جغرافیایي و ویژگي‌هاي محیطي است، به نحوي که براساس محاسبات صورت گرفته در ارتفاعات البرز، زاگرس، خراسان و آذربایجان زمان آغاز ریزش برف آبان ماه است که البته بخش‌هاي بسیار مرتفع و قلل این ارتفاعات در مهرماه نیز ریزش برف را تجربه مي‌کنند. براساس نقشه توزیع زماني و مکاني خاتمه ریزش برف در بیشتر مناطق کوهستاني، ریزش برف تا اردیبهشت ماه ادامه دارد. از این رو بر پایه نتایج به دست آمده مي‌توان در مناطق مختلف کشور آغاز و طول دوره عملیات راهداري زمستانه را تعیین کرد. در نهایت با توجه به اهمیت تحلیل آمار تصادف‌هاي مرتبط با شرایط نامساعد جوي به بررسي این آمار در سطح کشور پرداخته شد. در این تحقیق با استناد به آمار تصادف‌هاي جاده‌اي سالهاي ۱۳۷۷-۱۳۶۹ به تعیین توزیع مکاني سهم بارش در وقوع، نوع و نحوه برخورد تصادف‌ها پرداخته شد. بر اساس نتایج به دست آمده از تحلیل تصادف‌ها همراه با بارندگي سهم بارندگي از مجموع تصادف‌ها همراه با شرایط نا مساعد جوي در استانهاي فارس، کهکیلویه و بویراحمد و هرمزگان به نسبت دیگر استانها بالاتر بود. بیشتر تصادف‌ها در شرایط بارندگي از نوع خسارتي است و نحوه برخورد بیشتر تصادف‌ها از نوع برخورد جلو به پهلو است. در شرایط ریزش برف استانهاي چهارمحال و بختیاري، زنجان و تهران سهم بیشتري را به خود اختصاص داده‌اند و مشابه شرایط بارندگي بیشتر تصادف‌ها از نوع خسارتي است.

واژه‌های کلیدی: توزیع مکانی و زمانی، شرایط نامساعد جوی، تصادف‌های مرتبط با شرایط جوی.

۱. مقدمه

بارش، زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود، هر دو با هم در منطقه 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، بارش را پدید می‌آورد. عدم وجود هر یک از این دو عامل مانع وقوع بارش می‌شود [۱]. صعود هوای مرطوب به منظور ایجاد بارش به عوامل متعددی نسبت داده شده است. براساس این عوامل، بارش را به انواع جداگانه‌ای تقسیم کرده‌اند. متداول‌ترین این تقسیمات عبارتند از: بارش جبهه‌ای، بارش همرفتی و بارش کوهستانی. از بین پدیده‌های جوی مؤثر بر حمل‌ونقل جاده‌ای، با توجه به آمار سوانح جاده‌ای، بارندگی و جاده‌های لغزنده نسبت به یخبندان، ریزش برف و رخداد مه، اهمیت بیشتری دارند. در

*تاریخ دریافت: ۸۵/٤/۳۰ – تاریخ پذیرش: ۸٦/۸/٦

Archive of SID
www.SID.ir

ایالات متحده امریکا نشان داده شده است که نسبت تصادف‌ها در روزهای بارانی در مقایسه با روزهای غیربارانی ۳۰٪ بیشتر است [۲]. در انگلستان در حدود ۲۰٪ از کل سوانح منجر به زخمی‌شدن ، در نتیجه لغزندگی در سطح جاده‌هاست [۳ و ٤]. 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. بارندگی به همراه بادهای شدید موجب افزایش سوانح می‌شود. مهم ترین 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 که در حال حاضر مدل‌هایی این پارامترها را برآورد می‌کنند [۵ و ٦]. اریکسون و لیندکویست (۲۰۰۲)[1] به بررسی عامل لغزندگی سطح جاده به هنگام بارندگی و ریزش برف پرداختند. آنها در دو منطقه از جنوب سوئد به بررسی توزیع زمانی و مکانی باران و یخ برف بر روی سطوح یخ‌زده پرداختند و 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. 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، این شرایط بیشتر رخ می‌دهند.[۸].

البته ارتباط ساده‌ای بین تصادف‌ها و شرایط جوی وجود ندارد [۳]، 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 کنند [۱۰]. این مسأله منجر به کاهش مجموع تصادف‌ها خواهد شد. برعکس در شرایط بارانی که سطح جاده لغزنده است، آمار تعداد تصادف‌ها افزایش می‌یابد [۱۱]. 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. 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 تصادف‌های بالا همراه بوده است [۱۲]. اسمیت[2] (۱۹۸۲) با بررسی تصادف‌های ناشی از شرایط جوی در گلاسکو با استفاده از اطلاعات هواشناسی محل واقعه، هزینه وقوع تصادف‌ها در شرایط بارانی و لغزنده بودن سطح جاده را روزانه ٤/۵ میلیون پوند برآورد کرد [۳]. باران‌های شدید هزینه سنگینی را برای راهداران جهت تعمیر و نگهداری راه‌ها به بار می‌آورد، به طوری که بارش بیشتر از ۵۰ میلی‌متر در ساعت باعث بروز سیلاب در سطح جاده‌ها می‌شود (شکل۱) [۷].

قابل ذکر است که تعداد سوانح در هنگام ریزش برف نسبت به بارندگی بیشتر است. مطابق بررسی کانادایی‌ها تعداد زخمی‌ها در سوانح جاده‌ای در طی ریزش برف بیشتر و میزان خسارات مالی ناشی از آن نسبتاً کمتر است. نتایج تحقیق در بزرگراه‌های تورنتو در سال ۸۱-۱۹۸۰ حاکی از این است که هنگام ریزش برف نسبت روزانه تصادف‌ها ۱/۳ تا ۲/٤ بار بیشتر از متوسط تصادف‌های روزانه می‌شود [۸]. تصادف‌ها و تلفات جاده‌ای در طی روزهای برفی نسبت به روزهای غیربرفی ۲۵٪ بیشتر است و میزان تلفات در واحد ترافیک حدود دو برابر می‌شود [۱٤]. پیش‌بینی بارش برف مشکل است، بالاخص تعیین این که 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 [۱۳]. با افت دما، ذرات برف کوچک‌تر شده و ساختار شاخه‌ای بهتری هم 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 (شکل ۲). [۱۵]

مطابق بررسی‌های هینی جوکی[3] (۱۹۹٤) رانندگان شناختی از شرایط جاده در فصل زمستان و همچنین تجربه اینکه لغزندگی سطح جاده یک خطر محسوب می‌شود را نیز ندارند[۹].

آگاهی از زمان آغاز و خاتمه ریزش برف 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.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱. باران‌های شدید باعث بروز سیلاب در سطح جاده‌ها می‌شوند (کیلومتر دو جاده گراش- خنج استان فارس، تابستان ۱۳۸۰) [۱۶]

شکل ۲. بارش سنگین برف، عملیات برف روبی در گردنه اسدآباد (جاده همدان -کرمانشاه)زمستان۱۳۸۵ [۱۶]

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱ داده‌های تحقیق

در این تحقیق به منظور بررسی شرایط آب و هوایی مؤثر بر ایمنی حمل‌ونقل و تعیین محدوده‌های بحرانی، به تجزیه وتحلیل داده‌های هواشناسی و تصادف‌ها در گستره کشور پرداخته شد.

۲-۱-۱ داده‌های هواشناسی

آمار و اطلاعات هواشناسی مورد استفاده در تحقیق حاضر از بخش خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کشور گرفته شده است. مقیاس زمانی داده‌ها شامل داده‌های ساعتی‌روزانه در طول سال‌های ۷۷-۱۳۶۸است. انتخاب دوره آماری براساس آزمون کافی بودن

www.SID.ir

داده‌ها (روش ماکوس) $y=(٤/٣٠ \log ١٠ R)٢$ و امکان دسترسی به ۱۱۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بوده است که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفتند. مشخصات هر یک از ایستگاهها در جدول ٤-۱ و موقعیت آنها در شکل (۳) نشان داده شده است.

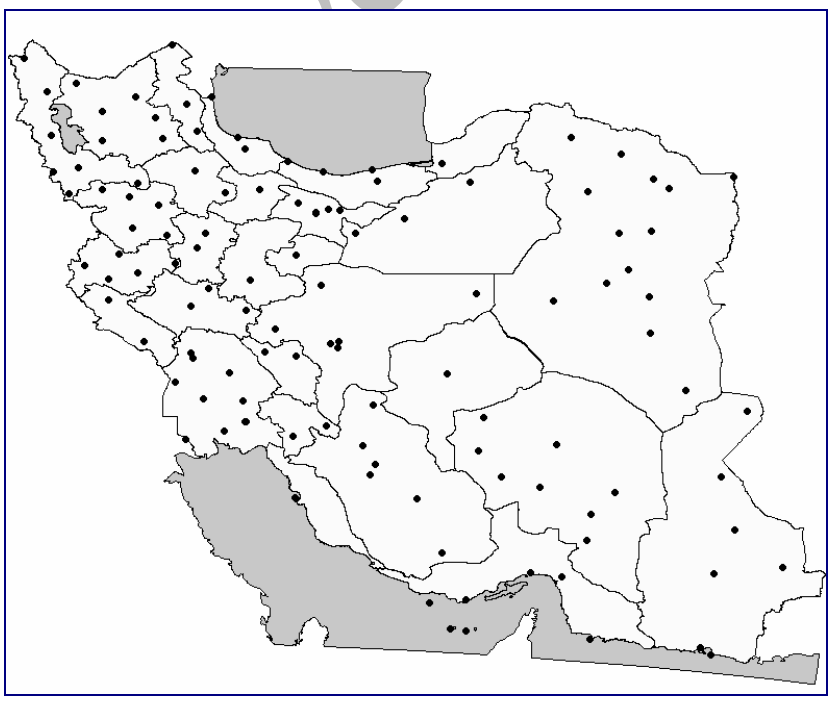
۲-۳ داده‌های تصادف‌ها

در این تحقیق از آمار تصادف‌های جاده‌ای مربوط به بخش ایمنی و ترافیک سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های کشور بین سالهای ۱۳۷۷-۱۳٦۹ استفاده شده است (به جهت دستیابی به بانک داده‌ها). ابتدا با استفاده از آمار اخذ شده، بانک اطلاعات تصادف‌های جاده‌ای در محیط نرم افزار ACCESS ایجاد شد. سپس با هدف تعیین سهم توزیع مکانی و زمانی وقوع تصادف‌ها در شرایط بارش برف و باران در سطح کشور با توجه به ثبت شرایط جوی و جاده‌ای زمان وقوع تصادف توسط ماموران پلیس راه، این داده‌ها استخراج شد.

۲-٤ برآورد توزیع زمانی و مکانی آغاز و خاتمه بارش

براساس مطالعات اولیه انجام شده در غالب ایستگاه‌ها قبل از مهر ماه ریزش برف مشاهده می‌شود، از این رو اول شهریور ماه به عنوان مبنا (روز اول) در نظر گرفته شد و مابقی روزها به ترتیب شمارش شدند. برای مثال اگر در یک ایستگاه اولین ریزش برف در روز ۷۵ رخ داده باشد، معادل ۱۵ آبان ماه است و به همین ترتیب اگر آخرین ریزش برف مشاهده شده در روز ۲۵۵ رخ داده باشد، برابر ۱۵ اردیبهشت ماه خواهد بود. پس از استخراج اطلاعات مربوط آغاز و خاتمه ریزش برف برای کلیه ایستگاه‌ها، به تعیین احتمال وقوع آنها اقدام شد. به این منظور از روش تعیین احتمال ویبول[٤] استفاده شد. (لازم به ذکر است که در این مرحله احتمال ۷۵٪ و بیشتر مد نظربوده است). پس از تعیین احتمال، داده‌های مورد مطالعه به صورت ماهانه تقسیم‌بندی شدند تا توزیع زمانی هر یک تعیین شود.

در مقاله حاضر از مدل رگرسیون جهت تعیین معنی‌دار بودن ارتباط بین متغیرهای مورد مطالعه با ارتفاع و عرض جغرافیایی ایستگاههای منتخب استفاده شد و روابط مربوط به کل کشور محاسبه شد. پس از استخراج و آنالیز داده‌های مربوط به ریزش برف با احتمال ۷۵٪ تاریخهای آغاز و خاتمه آنها محاسبه شد. سپس روابط و معادلات آنها با ارتفاع و عرض جغرافیایی برآورد شد(جدول۱).



شکل۳. نقشه پراکندگی ایستگاههای هواشناسی مورد استفاده تحقیق

www.SID.ir

پس از محاسبه روابط بین متغیرها با ارتفاع و عرض جغرافیایی در کلیه ایستگاه‌ها، عملیات درون‌یابی و ترسیم منحنی‌ها و تعیین محدوده‌های هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش‌های کریجینگ و شاخص معکوس فاصله بر روی نقشه رقومی ارتفاعی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ کشور در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) انجام گرفت.

پس از تعیین روابط بین متغیرها، به تعیین توزیع مکانی و زمانی آغاز و خاتمه هر یک از پارامترها در گستره کشور پرداخته شد (شکل‌های ٤ و ٥).

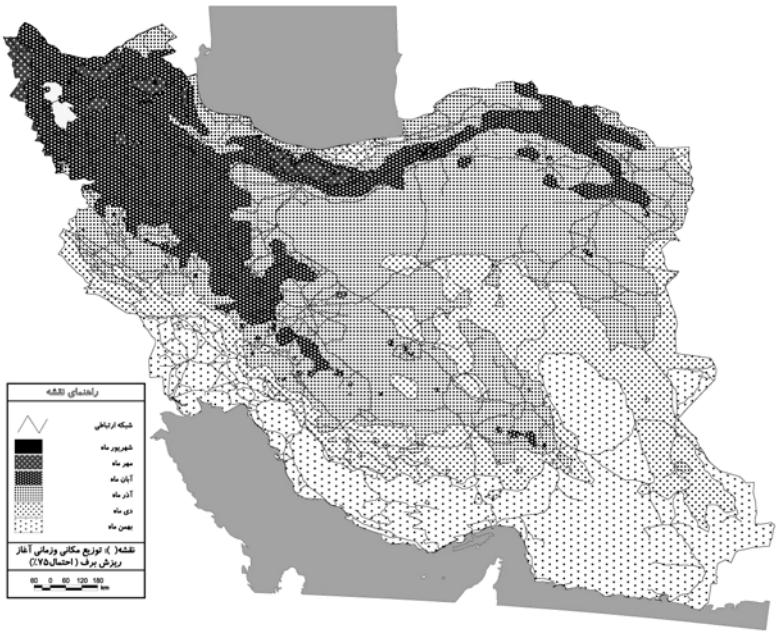
۳. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بر اساس آنالیز داده‌های هواشناسی در سطح کشور به استثنای سواحل خلیج فارس و دریای عمان روابط به‌دست آمده از همبستگی معنی داری بر خوردار بودند که بر اساس آن نتایج قابل انتظار است:

- **زمان آغاز ریزش برف**: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۳۳ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، هفت روز زودتر روی می‌دهد.
- **خاتمه ریزش برف**: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۲۷ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، هفت روز به تعویق می‌افتد.
- **تعداد روزهای برفی**: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۱۲ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، سه روز به تعداد روزها اضافه می‌شود.
- **طول دوره ریزش برف**: به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، ۵۳ روز و به ازای هر یک درجه افزایش عرض جغرافیایی، ۱۲ روز به تعداد روزها اضافه می‌شود.

جدول ۱. ارتباط بین بارش، ارتفاع و عرض جغرافیایی

	معادلات	همبستگی (R-Sq)
آغاز ریزش برف	y= ۳۸۳-٦/۸۷ × عرض جغرافیایی – ۰/۰۳۳۲ × ارتفاع	۸۱٪
خاتمه ریزش برف	y = -۱۲۷+۷/۱۳ × عرض جغرافیایی + ۰/۰۲۷۰ × ارتفاع	۸۳٪
تعداد روزهای برفی	y= -۱۰۰+۲/۸۳ × عرض جغرافیایی + ۰/۰۱۲٦ × ارتفاع	۷۸٪
طول دوره ریزش برف	y = -٤۱۸+۱۱/۷ × عرض جغرافیایی + ۰/۰۵۲۹ × ارتفاع	۸۲٪



شکل ٤. توزیع زمانی و مکانی آغاز ریزش برف

www.SID.ir

بر اساس نقشه فوق 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 تعیین شده که بخش‌های بسیار مرتفع و قلل این ارتفاعات این مناطق در مهرماه نیز ریزش برف را تجربه می‌کنند. سواحل دریای خزر، بخش‌هایی از خراسان، سمنان، تهران، قم، اصفهان، کرمان، یزد در دی ماه و دربیابان‌های مرکزی، کویر لوت، شمال خوزستان، جنوب فارس و ارتفاعات سیستان ریزش برف را به ندرت آن هم در بهمن ماه شاهد هستند.

براساس نقشه توزیع زمانی و مکانی خاتمه ریزش برف (شکل۵)، در بیشتر ارتفاعات کشور، ریزش برف تا اردیبهشت ماه ادامه دارد. البته در مرتفع‌ترین قسمت‌های ارتفاعات مرکزی البرز و ارتفاعات آذربایجان شرقی و غربی و اردبیل و همچنین ارتفاعات شمال خراسان تا خرداد ماه هم ریزش برف ادامه دارد. در سواحل دریای خزر و سراسر ایران مرکزی در فروردین ماه و 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 می‌شود در این مناطق زمان آغاز و خاتمه آن محدود به یک ماه است.

با توجه به نقشه‌های فوق، ارتفاع حتی نسبت به عرض جغرافیایی نقش مهم تری در توزیع مکانی و زمانی دارد چرا که ارتفاعات کرمان، بلوچستان و یزد با این که از عرض جغرافیایی پایینی برخوردارند, اما شرایطی مشابه ارتفاعات عرض‌های بالای جغرافیایی دارند.

۳- ۲ تحلیل آمار تصادف‌ها در شرایط بارش

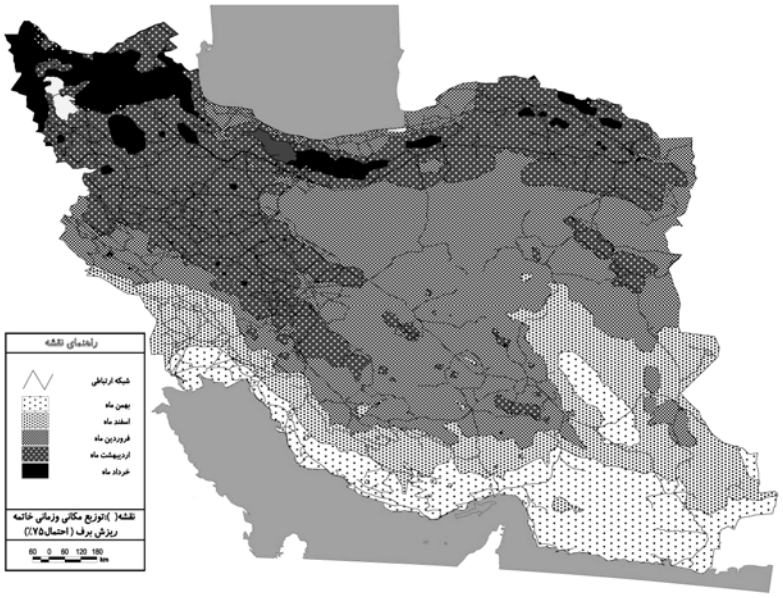
با بررسی آمار تصادف‌های جاده‌ای کشور این نتیجه تأیید می‌شود که بارندگی (۴۳/۸٪) در بین شرایط نامساعد بیشترین درصد تصادف‌ها را به خود اختصاص داده است. نتایج حاصل از بررسی وضعیت تصادف‌ها در استانهای کشور حاکی از این است که سهم بارندگی از مجموع تصادف‌ها در شرایط نا مساعد جوی در استانهای فارس (۶۹/۴٪)، کهکیلویه و بویراحمد(۶۳/۷٪)، هرمزگان(۶۲/۶٪)، بوشهر(۵۲/۹٪)، اصفهان(۵۱/۳٪)، گیلان(۵۱٪) و مازندران(۵۰/۷٪) بیش از سایر استانها است (شکل ۶). بر اساس نتایج به دست آمده، فراوانی تصادف‌های استانهای گیلان و مازندران در شرایط بارندگی نسبت به دیگر استانها از سهم کمتری برخوردار است. در حالی که میزان بارندگی سالانه این استانها بیشتر 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 سوانح رابطه معنی‌داری را با توزیع زمانی (فصلی) نشان می‌دهد به طوری که بیشترین تصادف‌ها در سه ماهه سوم سال یعنی فصل پاییز اتفاق افتاده‌اند. در سایر فصول، فراوانی تصادف‌ها در شرایط بارندگی کمتر از ۵۰٪ است.

از دیگر مسایل مهمی که در ثبت تصادف‌ها اهمیت دارد، نوع تصادف (فوتی، جرحی و خسارتی) و نحوه برخورد وسایط نقلیه است. نتایج بررسی آمار تصادف‌ها نشان می‌دهد که در شرایط بارندگی تصادف‌های خسارتی (۷۳/۸٪) بیش از تصادف‌های منجر به فوت و جرح است که مهم ترین دلیل آنرا می‌توان سرعت به نسبت کمتر خودروها در چنین شرایط نسبت به شرایط هوای صاف و آفتابی دانست. همچنین با بررسی نحوه برخورد خودروها در چنین شرایطی مشخص شد که بیشتر تصادف‌ها از نوع برخورد جلو به پهلو (۳۴/۹٪) و جلو به عقب (۲۸/۸٪) بوده است که علت اساسی این نوع برخوردها در شرایط بارندگی، عدم توانایی کنترل وسایط نقلیه، کاهش میدان دید رانندگان و سرعت غیر مجاز است.

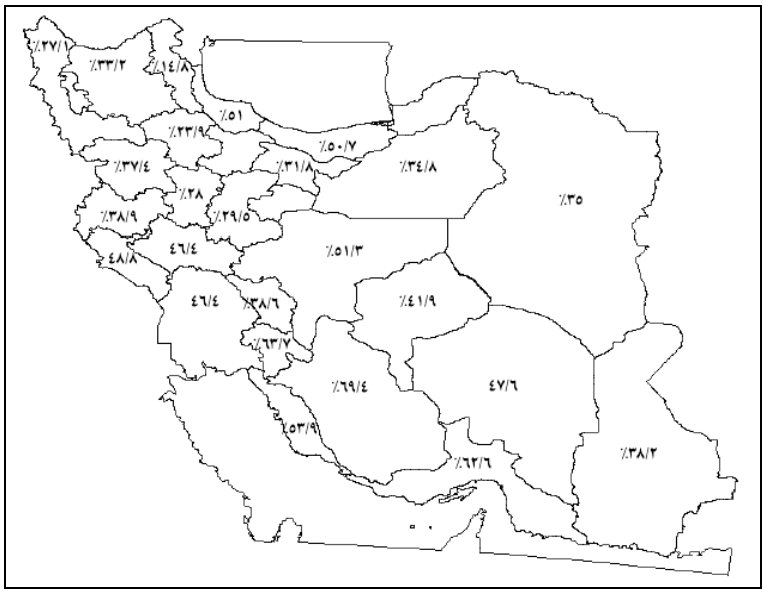
پس از بارندگی، ریزش برف نقش بسیار مهمی در رخداد سوانح جاده‌ای دارد. در روزهای برفی سوانح رانندگی حدود ۲۵۰ درصد بیشتر از متوسط دیگر روزها است [۱۰]. با توجه به اهمیت این پدیده، آمار تصادف‌های استانهای مختلف کشور در شرایط ریزش برف مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد استانهای چهارمحال و بختیاری (۳۵/۷٪)، زنجان (۳۰/۷٪)، تهران (۲۹/۸٪)، آذربایجان شرقی (۲۶/۹٪)، اردبیل (۲۵٪)، همدان (۲۴/۲٪) و مرکزی (۲۴/۱٪) بیشترین سوانح جاده‌ای را در این شرایط داشته‌اند (شکل ۳-۴). در بررسی توزیع زمانی تصادف‌های مرتبط با ریزش برف، دی ماه (۱۸/۸٪) ، بهمن ماه (۲۴/۳٪) و اسفند ماه (۱۳/۹٪) بیشترین درصد تصادف‌ها را به خود اختصاص داده‌اند که منطبق با افزایش میزان ریزش برف در این ماههای سال در جاده‌های مناطق کوهستانی و سردسیر کشور است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. توزیع زمانی و مکانی خاتمه ریزش برف



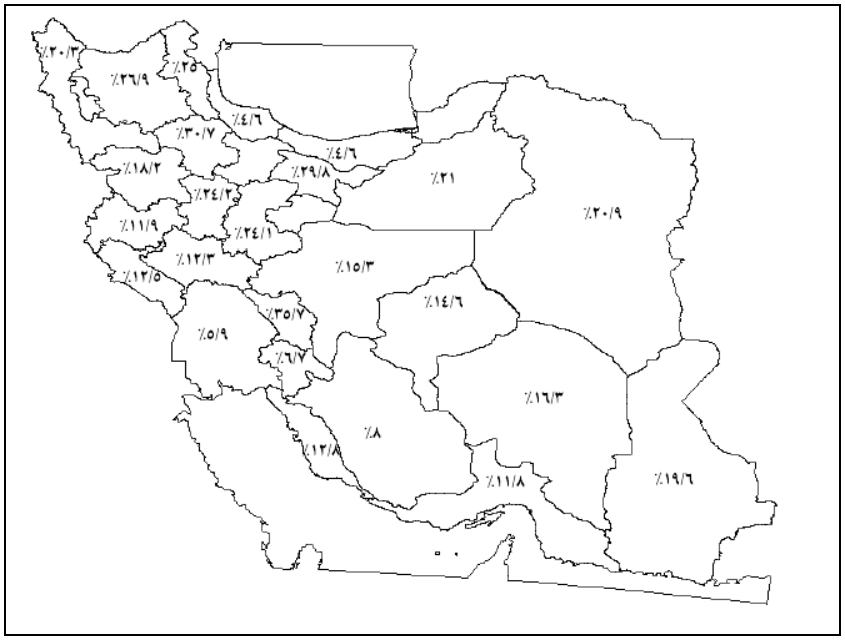
شکل٦. توزیع مکانی سهم بارندگی در رخداد سوانح جاده‌ای.

در این شرایط نیز فراوانی تصادف‌های خسارتی (۷۹/٦٪) بیشتر از تصادف‌های منجر به جرح و فوت بوده است. در شرایط برفی با مقایسه انواع نحوه برخورد در تصادف‌ها مشخص شد که برخوردهای جلو به پهلو (۲۹/۵٪) و جلو به عقب (۲۸٪) از فراوانی بیشتری برخوردار بوده‌اند.

نتیجه آخر این که با توجه به گسترش شبکه پیچیده‌ای از راه‌ها در منطقه کوهستانی و همچنین سهم مهمی از تصادف‌ها در شرایط بارش برف و باران، مطالعه هر یک از پدیده‌ها نقش مؤثری در شناخت و حذف نقاط حادثه‌خیز در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای خواهد داشت.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحلیل تصادف‌ها همراه با بارندگی، سهم بارندگی از مجموع تصادف‌ها همراه با شرایط نامساعد جوی در استانهای فارس، کهکیلویه و بویراحمد و هرمزگان به نسبت دیگر استانها بالاتر بود. بیشتر تصادف‌ها در شرایط بارندگی از نوع خسارتی است و نحوه برخورد بیشتر تصادف‌ها از نوع برخورد جلو به پهلو است. در شرایط ریزش برف استانهای چهارمحال و بختیاری، زنجان و تهران سهم بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند و مشابه شرایط بارندگی بیشتر تصادف‌ها از نوع خسارتی است.

www.SID.ir



شکل ۷. توزیع مکانی سهم بارش برف در رخداد سوانح جاده‌ای

٤.پانویس‌ها

1- Eriksson and Lindquist (2002)
2- Smith (1982)
3- Heinijoki (1994)
4- $P=\frac{m}{n+1}\times 100$

۵. منابع

۱. علیجانی، بهلول و کاویانی، محمد رضا (۱۳۷۱) "مبانی آب و هواشناسی"، تهران، سازمان سمت، ص. ٢١٤ ـ ٢١٢.

2. Schertz, L. and Fahar, B. (1978) "An analysis of the relationship between rainfall and the occurrence of traffic accidents", Journal of Applied Meteorology 17: 711-715.

3. Smith, K. (1982) "How seasonal and weather conditions influence road accidents in Glasgow", Scottish Geographical Magazine 98, 103-114.

4. 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.

5. Dunlap, D. F.[et al] (1976) "Pavement skid resistance requirements", Transportation Research Record 584: 15-21.

6. Harwood, D. W. [et al]. (1988). "Estimation of wet pavement exposure from available weather records", Transportation Research Record.

7. Thompson, R. D. and Perry, A. (1997) "Applied climatology; Principles and practice", Rutledge, U.K.

8. Eriksson, M. and Lindquist, S. (2002) "Regional influence on road slipperiness during winter precipitation events", SIRWEC Conferences, Japan.

9. Wallaman, C., Wretling, P. and Oberg, G. (1999). "Effects of winter road maintenance", Finland Road Administration.

10. Palutikof, J.P. (1991). "Road accidents and the weather", Highway Meteorology, E & FN SPON, U.K.

11. Brodsky, H. and Hakkert, S. (1988). "Risk of a road accident in rainy weather", Accident analysis and prevention, 20, pp. 161-176.

12. Nygard, M. and Helin, J. (2002) "Road weather information services in Finland", SIRWEC Conferences, Japan.

13. 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.

14. OECD Research Group (1976) "Adverse weather, reduced visibility and road safety", Paris.

15. Thornes, J.E. (1997) "Transport system", Applied climatology :Principles and practice, Routledge U.K.

١٦. حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۸۳). "آب و هوا و ایمنی جاده‌های کوهستانی ایران"، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

Archive of SID
www.SID.ir