

# تحلیل درباره تصادفات جاده‌ای و رویکرد اقلیمی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی: جاده فیروزکوه - ساری

شهرام کرمی<sup>۱</sup>، منوچهر فرج‌زاده<sup>۲\*</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کاربرد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار گروه سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس

پذیرش: ۸۳/۹/۱۴

دریافت: ۸۳/۴/۲۳

## چکیده

بر اساس آمارهای موجود، هر ساله هزاران نفر در اثر تصادفات جاده‌ای جان خود را از دست می‌دهند و یا معلول می‌شوند. مطابق آخرین آمارها در ایران سالانه به علت تصادفات جاده‌ای بیش از ۲۲۰۰۰ نفر جان خود را از دست می‌دهند که این امر فاجعه‌ای ملی محسوب می‌شود. در این مقاله، تصادفات جاده‌ای محور فیروزکوه - ساری در وضعیت‌های جوی بارانی، برفی، یخبندان و مه‌آلود در یک دوره سه ساله (۱۳۷۲-۱۳۷۴) بررسی شده است. به منظور بررسی نقش این پدیده‌ها در بروز تصادفات جاده‌ای از داده‌های ساعتی مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی فیروزکوه، قراخیل قائمشهر و دشت ناز ساری نیز استفاده شد؛ همچنین وضعیت جوی لحظه وقوع تصادف با استفاده از این داده‌ها تعیین شد و اطلاعات تفصیلی مربوط به تصادفات در دوره مطالعه شده نیز از بانک اطلاعات تصادفات جاده‌ای نیروی انتظامی استخراج شد.

در این مقاله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، نقشه پراکنندگی تصادفات و همچنین نقشه احتمال خطر تصادف در هر یک از وضعیت‌های برفی، بارانی، یخبندان و مه‌آلود تهیه شد. براساس نتایج حاصل از نقشه‌های احتمال خطر تصادف، بیشترین احتمال آن هنگام ریزش باران در کیلومترهای ۱۲۵ و ۱۳۰، زمان بروز پدیده یخبندان در کیلومتر ۴۰، زمان ریزش برف در کیلومترهای ۲۹، ۳۰، ۴۰ و زمان بروز پدیده مه در کیلومترهای ۹۸، ۱۰۰، ۱۰۶، ۱۰۸، ۱۰۹ و ۱۱۰ بوده است. در نهایت با استفاده از نقشه‌های احتمال خطر تصادف در هر یک از وضعیت‌های جوی بارانی، برفی، یخبندان، مه‌آلود و همچنین با استفاده از ضریب اهمیت هر یک از این پدیده‌ها با توجه به فراوانی تصادفات، نقشه نهایی احتمال خطر تصادف در وضعیت‌های نامساعد جوی تهیه شد؛ سپس محور

farajzam@modares.ac.ir.

\* نویسنده مسئول مقاله

مطالعه شده به سه طبقه خطر متوسط، خطر زیاد و خطر بسیار زیاد پهنه‌بندی تقسیم گردید. بر اساس این پهنه‌بندی بیشترین احتمال خطر تصادف در کیلومترهای ۳۵، ۱۰۰، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۲۲، ۱۲۵ و ۱۳۰ در زمان وضعیتهای نامساعد جوی وجود دارد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که با افزایش تعداد روزهای برفی و یخبندان در سطح اطمینان ۹۵ درصد افزایش معناداری در تصادفات از نظر فراوانی، شدت خسارات، تعداد کشته‌ها و مصدومان دیده می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** تصادف، جاده، اقلیم، فیروزکوه، ساری، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS.

## ۱- مقدمه

تصادفات جاده‌ای یکی از عوامل بسیار مهم مرگ و میر، صدمات شدید جانی و مالی است که آثار سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن جوامع بشری را بشدت تهدید می‌کند. لازم به ذکر است که تعداد و شدت تصادفات کشورهای در حال توسعه در مقایسه با کشورهای توسعه یافته چندین برابر است [۱، ص ۱۸۷]. تحقیقات اخیر در ایران نشان می‌دهد که ۲۵ درصد تلفات ناشی از مرگ و میرهای غیر طبیعی، به علت تصادفات جاده‌ای است. هر ساله در منطقه آسیا و اقیانوسیه در اثر تصادفات جاده‌ای بیش از ۲۳۵ هزار نفر کشته می‌شوند و یک میلیون نفر مجروح نیز به این علت گزارش می‌شود که رقم واقعی آن با در نظر گرفتن گزارشهای نادرست تصادفهای اعلام شده، بیش از این تعداد می‌باشد.

در ایران نیز وضعیت تصادفات جاده‌ای بسیار اسفناک است؛ به طوری که سالیانه هزاران نفر در اثر تصادفات جاده‌ای کشته و مجروح می‌شوند. احمد خرم، وزیر پیشین راه و ترابری می‌گوید: هر ۲۰ دقیقه در جاده‌های کشور شاهد یک تصادف منجر به مرگ هستیم [۲].

عوامل متعددی ممکن است در بروز تصادفات جاده‌ای نقش داشته باشند که از جمله این عوامل می‌توان به مشکلات طرح هندسی مسیر، شرایط محیطی و عامل انسانی اشاره کرد. از میان عوامل طبیعی (که ایمنی و پایداری حمل و نقل را تحت تأثیر قرار می‌دهد) می‌توان به عامل اقلیمی اشاره کرد که آثار شرایط جوی بر تصادفات جاده‌ای به طور مستند و منطقی شناسایی شده است. می‌توان گفت با آنکه مطالعات بسیار کمی در این زمینه انجام شده است، اما به‌وفور شواهدی از آثار عوامل جوی نظیر باران، برف و یخبندان به عنوان یک فاکتور مهم و مؤثر در تصادفات جاده‌ای یافت می‌شود.

از مدتها پیش این مساله که تصادفات جاده‌ای برآیندی از ترکیب رفتار و نقش رانندگان، عامل جاده و فاکتورهای محیطی است، شناسایی شد. در سالهای اخیر به طور مستقیم توجه به مساله تعیین آثار آب و هوا بر شدت و تعداد تصادفات جاده‌ای افزایش یافته است [۳، صص ۲۴۹-۲۶۲].

آب‌هواشناسی جاده‌ای یکی از بخشهای آب و هواشناسی کاربردی است. در این دانش متغیرهای فضایی و موقتی حاصل از پارامترهایی نظیر درجه حرارت سطح جاده، درجه حرارت هوا و رطوبت از اهمیت خاصی برخوردارند. در دهه ۱۹۷۰ م. برای اولین بار سیستم هواشناسی جاده‌ای گسترش یافت [۴].

با استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی می‌توان به تجزیه و تحلیل تصادفات جاده‌ای و ارتباط آن با پدیده‌های اقلیمی پرداخت و نواحی مخاطره‌آمیز را تعیین کرد. مزیت اصلی سیستم اطلاعات جغرافیایی، توانایی در تحلیل داده‌های فضایی، مکانی و توصیفی هر تصادف است که با استفاده از آنها می‌توان لایه‌های مختلف اطلاعاتی را به وجود آورد، به عنوان مثال می‌توان اطلاعات جدولی، نمودارها و یا نقشه‌های مختلفی تهیه کرد. نکته جالب این است که همه لایه‌های تولید شده به وسیله اطلاعات فضایی به همدیگر متصل می‌شوند [۵]. این پژوهش به جهت اهمیت تصادفات جاده‌ای و تأثیرگذاری پدیده‌های اقلیمی در سوانح رانندگی، به بررسی ارتباط بین تصادفات و شرایط جوی در یکی از محورهای مهم ارتباطی هم از نظر ترافیک و هم از نظر موقعیت، یعنی محور فیروزکوه - ساری پرداخته است. هدف اصلی این پژوهش تحلیل تصادفات جاده‌ای با نگرشی اقلیمی (به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی) به منظور بررسی رابطه بین پدیده‌های اقلیمی و تصادفات، تعیین نقاط مخاطره‌آمیز و ارائه راهکارهایی برای بالا بردن ضریب ایمنی جاده می‌باشد.

## ۲- پیشینه تحقیق

بررسی نقش اقلیم در بالا بردن ضریب ایمنی جاده‌ها در دنیا موضوعی چندان قدیمی نیست. برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ م. در انگلستان به هنگام برنامه‌ریزی جاده ترانزیتی پنین M۶۲ بین لیورپول و هال، اهمیت اثر پدیده‌های اقلیمی در مقیاس محلی معلوم شد. این نکته برای اولین بار عامل اقلیم را در برنامه‌ریزی جاده‌های جدید در انگلستان مطرح کرد. در ضمن



برای اولین بار بود که مهندسان بریتانیایی مجبور به در نظر گرفتن پدیده‌های اقلیمی به عنوان یک مسأله مهم در برنامه‌ریزی شدند [۶، صص ۶۶-۷۵].

در خصوص ارتباط بین وقوع تصادفات و ویژگیهای هندسی جاده، مطالعات زیادی در جهان انجام شده است که می‌توان به کارهای ونگ و نیکلسون اشاره کرد. آنها مشاهده کردند که تمرکز روی جاده بسیار مهم است؛ زیرا ارتباط زیادی را بین ویژگیهای هندسی و مکانهای پرتصادف کشف نمودند. این ارتباط در مطالعاتی به وسیله شرکت بین‌المللی برنامه تحقیقات راه نیز به اثبات رسید [۷، صص ۴۲۵-۴۳۶].

کارل و کیم در سال ۱۹۹۷ م. به مطالعه کاربردهای GIS در بالا بردن ضریب ایمنی راهها پرداختند، آنان در این پژوهش توسعه و ایجاد یک پایگاه اطلاعات جغرافیایی را برای بالا بردن ضریب ایمنی راهها و تحلیل فضایی تصادفات در هونولولوئی هاوایی بررسی کردند. طبقات و لایه‌های این تجزیه و تحلیل فضایی شامل نقاط، بخشها و قطعاتی است که منبع خاصی برای ماهیت تصادف و ایمنی ترافیک می‌باشد. آنان از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ترسیم، طراحیهای ساختار و مدیریت ترافیک استفاده کردند [۸، صص ۲۸۹-۳۰۲].

جولیا ادوارد در سال ۱۹۹۶ م. تحقیقی را در مورد ارتباط بین تصادفات جاده‌ای و پدیده‌های اقلیمی لحظه وقوع تصادف انجام داد. او به بررسی رابطه بین آب و هوا و تصادفات جاده‌ای در ولز انگلستان پرداخت. وی در یک سطح اطمینان محلی به مقایسه وضعیت تصادفات در روزهای بارانی، روزهای همراه با پدیده مه و روزهای همراه با باد شدید (در روزهایی با شرایط مطلوب) پرداخت. یافته‌های این تحقیق کاهش معناداری را در شدت، تعداد تصادفات در روزهای بارانی و در مقایسه با روزهای بدون بارش نشان می‌دهد. در روزهای همراه با مه نیز تحقیقات نشان می‌دهد که آمار تصادفات افزایش یافته است. لازم به ذکر است که یافته‌های این تحقیق نتایج معناداری را در مورد باد شدید نشان نمی‌دهند [۹، صص ۲۰۱-۲۱۲].

جین آندره، پژوهشگر کانادایی، مطالعات متعددی را در زمینه هواشناسی جاده‌ای انجام داد. نکته جالب اینکه بیشتر مطالعات او روی سوانح ناشی از بارش متمرکز شده بود. او در یکی از پژوهشهای خود در سال ۲۰۰۱ م. به نتایج جالبی رسید که در ذیل به آنها اشاره می‌شود:

- خطر تصادفات معمولاً در زمان بارندگی از مقادیر جزئی تا چند برابر افزایش پیدا می‌کند.

- شواهدی قابل توجه وجود دارد که نشان می‌دهد بارش برف تأثیر بیشتری نسبت به باران در وقوع تصادفات دارد، البته باید به این نکته توجه داشت که شدت تصادفات ناشی از بارش برف کمتر است.

- بادهای شدید بتهایی و یا همراه با بارش، خطر تصادفات را افزایش می‌دهند.  
- درخشندگی خورشید، فشار ناشی از گرما و فشار هوا در وقوع تصادفات جاده‌ای مؤثر می‌باشند، اما شواهد در این مورد به حدی پراکنده هستند که نمی‌توان به یک نتیجه منطقی در این مورد دست یافت [۱۰، صص ۱۲۳-۱۲۷].

حبیبی نوخندان در رساله کارشناسی‌ارشد خود به بررسی پدیده‌های اقلیمی مؤثر در تصادفات (در محور هراز) پرداخت؛ هدف او از این کار بررسی ارتباط بین پدیده‌های اقلیمی (یخبندان، ریزش برف و باران، کولاک و مه) و بروز تصادفات جاده‌ای در ماههای سرد سال به همراه ارائه راهکارهای اجرایی مناسب در جهت کاهش احتمال وقوع سوانح، متأثر از پدیده‌های اقلیمی می‌باشد [۱۱، صص ۴۰-۴۸].

سالاری جوینی در رساله کارشناسی‌ارشد خود با عنوان بررسی مدل تحلیل تصادفات جاده‌ای بر اساس ضوابط طرح هندسی و شرایط محیطی به بررسی نقش شرایط هندسی محور مطالعه شده (محورهای حادثه‌خیز استان گیلان) و عوامل محیطی از جمله آب و هوا در تصادفات جاده‌ای پرداخت [۱۲، صص ۳۴-۷۶].

در بررسی پژوهشهایی که در زمینه تأثیر عوامل و پدیده‌های جوی در بروز تصادفات جاده‌ای انجام شد، نکته حایز اهمیت این است که تاکنون در دنیا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقش عوامل و پدیده‌های اقلیمی در بروز تصادفات جاده‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفته است.

در این پژوهش به منظور تجزیه و تحلیل فضایی و مکانی تصادفات و همچنین بررسی نقش پدیده‌های اقلیمی در بروز تصادفات از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی GIS با توجه به تواناییهای این سیستمها در تجزیه و تحلیل فضایی و مکانی و توصیفی داده‌ها استفاده شد که در نوع خود می‌تواند زمینه‌ای برای استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در این مطالعات باشد.

### ۳- مواد و روشها

محور فیروزکوه - ساری به طول ۱۳۱ کیلومتر در حوزه استحفاظی استان مازندران واقع می‌باشد و از نوع راههای اصلی است. این جاده شهرهای استان تهران و سمنان را از طریق کوههای البرز به استانهای شمالی مرتبط می‌سازد و بر اساس اولویت‌بندی سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های کشور، جزء محورهای تصادف‌خیز محسوب می‌شود (نقشه ۱).

#### نقشه ۱ منطقه مطالعه شده (محور فیروزکوه- ساری)

در تحقیق حاضر به منظور بررسی نقش پدیده‌های اقلیمی در تصادفات جاده‌ای از داده‌های ساعتی ایستگاههای هواشناسی فیروزکوه، قراخیل قائمشهر و دشت ناز ساری که از بانک اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی استخراج شده است، استفاده به عمل آمد. ویژگیهای تفصیلی تصادفات نیز از بانک اطلاعات تصادفات جاده‌ای پلیس راه نیروی انتظامی استخراج شد. بانک اطلاعات تصادفات جاده‌ای شامل:

مشخصات عمومی هر تصادف از جمله تاریخ وقوع تصادف، ساعت، عرض معبر، فاصله از مبدأ، تعداد کشته‌ها و مصدومان، نوع برخورد، نوع وسیله نقلیه مقصر و... می‌باشد.

در این پژوهش تصادفات محور فیروزکوه - ساری در یک دوره سه ساله (۱۳۷۲-۱۳۷۴) بررسی شد. براساس بانک اطلاعات تصادفات جاده‌ای نیروی انتظامی در این دوره ۹۳۰ فقره تصادف رخ داد که با توجه به داده‌های ساعتی ایستگاههای هواشناسی به بررسی این تصادفات در وضعیتهای جوی بارانی، برفی، یخبندان و مه‌آلود پرداخته می‌شود.

در مرحله اول نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ ساری و سمنان (که محور مطالعه شده از این مناطق عبور می‌کند) به عنوان نقشه پایه انتخاب و پس از اسکن در محیط نرم افزار R2V رقومی شد؛ سپس به محیط نرم افزار آرک ویو داخل شد. در بررسی تصادفات یکی از مشکلات اصلی، مشخص نبودن مختصات جغرافیایی مکانهای وقوع تصادف است. به منظور مشخص کردن مکانهای وقوع تصادف با استفاده از عملگر Polyline $\rightarrow$ Intvl Points در محیط نرم‌افزار آرک ویو محور مطالعه شده به قطعات یک کیلومتری تقسیم شد؛ سپس با استفاده از عملگر Add X,Y مختصات جغرافیایی این نقاط مشخص شد؛ به این ترتیب مختصات جغرافیایی مکانهای وقوع تصادف مشخص گردید و بانک اطلاعات تصادفات جاده‌ای نیز با تغییر فرمت آن به DBF<sup>۴</sup> وارد محیط نرم افزار آرک‌ویو شد. در این مرحله بانک اطلاعات<sup>۱</sup> مورد نیاز این پژوهش با مشخص کردن وضعیت جوی لحظه وقوع هر تصادف و اضافه کردن آن به بانک اطلاعات تکمیل شد.

در مرحله بعد تصادفات در وضعیتهای جوی بارانی، برفی، یخبندان و مه‌آلود بررسی شد؛ آنگاه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط نرم‌افزار آرک‌ویو نقشه پراکندگی تصادفات و نقشه احتمال خطر تصادف در هر یک از این وضعیتهای جوی برای دوره مطالعه شده تهیه گردید. در نهایت با تلفیق این نقشه‌ها و همچنین با استفاده از ضریب اهمیت هر یک از این پدیده‌های جوی (که با توجه به فراوانی وقوع تصادف در هر یک از وضعیتهای جوی بارانی، برفی، یخبندان و مه‌آلود محاسبه شد) نقشه احتمال خطر تصادف در وضعیتهای نامساعد جوی تهیه شد؛ به عبارت دیگر محور مطالعه شده از نظر خطر

---

1. data base

تصادف در وضعیتهای نامساعد جوی در سه طبقه خطر متوسط، خطر زیاد و خطر بسیار زیاد پهنه‌بندی شده است.

#### ۴- نتایج

##### ۴-۱- بررسی تصادفات در روزهای بارانی

بارندگی در اشکال مختلف می‌تواند آثار زیادی روی تصادفات داشته باشد. به عنوان مثال، بعد از یک دوره خشک گرد و غبار روی جاده را می‌پوشاند؛ با اولین بارندگی راه شوسه لغزنده می‌شود و باعث ایجاد تصادفات می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت که در هنگام بارندگی، میدان دید کم، کاهش اصطکاک بین تایر اتومبیل و سطح آسفالت، انسداد محور یا آب گرفتگی و کاهش استحکام و پایداری وسیله نقلیه باعث ایجاد تصادفات می‌شود.

به منظور بررسی مکانی تصادفات و مشخص کردن نقاط مخاطره‌آمیز در هنگام ریزش باران، ابتدا تصادفاتی که در هنگام ریزش باران اتفاق افتاده بودند، مشخص شد؛ سپس نقشه پراکندگی تصادفات در محیط نرم افزار آرک ویو و در روزهای بارانی به دست آمد. با نگاهی به پراکندگی تصادفات در وضعیت جوی بارانی می‌توان گفت که در وضعیت جوی بارانی در تمام طول مسیر، تصادف رخ داده است. نکته قابل توجه اینکه از مجموع ۹۳۰ فقره تصادف که در این پژوهش بررسی شده است، ۲۲۳ مورد آن در هنگام ریزش باران اتفاق افتاده است.

پس از به دست آوردن نقشه پراکندگی تصادفات در هنگام ریزش باران با استفاده از شاخص تعداد تصادفات، نقاط مخاطره‌آمیز در هنگام ریزش باران مشخص شدند (نقشه ۲). با توجه به نوع آب و هوای دامنه‌های شمالی البرز (که بخش اعظمی از محور مطالعه شده از این نواحی می‌گذرد) و با توجه به اینکه قسمت اعظم بارندگیها در این منطقه به صورت باران می‌باشد، اکثر نقاط مخاطره‌آمیز در هنگام ریزش باران از کیلومتر ۵۵ به بعد محور دیده می‌شود. لازم به ذکر است که بیشترین احتمال خطر تصادف در هنگام ریزش باران در کیلومتر ۱۲۵ و ۱۳۰ محور وجود دارد.



نقشه ۲ پهنه‌بندی میزان خطر تصادف به هنگام ریزش باران

#### ۲-۴- بررسی تصادفات در روزهای یخبندان

برای بررسی مکانی تصادفات و همچنین تعیین نقاط مخاطره‌آمیز در هنگام یخبندان ابتدا در محیط نرم افزار آرک ویو تصادفاتی را که در وضعیت یخبندان رخ داده بودند، مشخص شد و سپس نقشه پراکندگی مکانی تصادفات در وضعیت یخبندان به دست آمد. با نگاهی به پراکندگی تصادفات در وضعیت یخبندان دیده می‌شود که این تصادفات در کیلومتر ۱ تا ۵۵ رخ داده‌اند. در این منطقه به طور متوسط در سال ۷۰ روز یخبندان وجود دارد. پس از تهیه نقشه پراکندگی تصادفات در هنگام بروز یخبندان با استفاده از شاخص تعداد تصادف محور مطالعه شده از نظر احتمال خطر تصادف در هنگام بروز پدیده یخبندان

پهنه‌بندی شد و احتمال خطر تصادف در دو سطح احتمال متوسط و احتمال زیاد طبقه‌بندی شد (نقشه ۳). بیشترین احتمال خطر تصادف در هنگام پدیده یخبندان در کیلومترهای ۲۹، ۳۰ و ۴۰ محور مطالعه شده وجود دارد.

نقشه ۳ پهنه‌بندی میزان خطر تصادف به هنگام یخبندان

#### ۳-۴- بررسی تصادفات در هنگام ریزش برف

برف نیز از پدیده‌های اقلیمی است که در تصادفات جاده‌ای و به طور کلی در سیستم‌های

حمل و نقل نقش مهمی دارد. اهمیت برف در وقوع تصادفات جاده‌ای از دو جهت قابل بررسی است: از یک سو در طی نزول می‌تواند پیامدهای مهمی داشته باشد و از سوی دیگر پوشش برف روی جاده باعث کندی حرکت اتومبیلها و حتی مسدود شدن جاده می‌شود. برای بررسی تصادفات در روزهای برفی، ابتدا تصادفاتی که در روزهای برفی اتفاق افتاده بودند، مشخص شد؛ سپس در محیط نرم‌افزار آرک و یو نقشه پراکندگی تصادفات تهیه شد. پس از تهیه نقشه پراکندگی تصادفات در روزهای برفی با استفاده از شاخص تعداد تصادف محور مطالعه شده از نظر احتمال خطر تصادف به دو سطح خطر متوسط و خطر زیاد طبقه‌بندی شد (نقشه ۴). بنابراین بیشترین احتمال خطر تصادف در این محور و در کیلومتر ۴۰ آن به هنگام بارش برف وجود دارد. در این مقطع از جاده در طول دوره مطالعه شده (در این پژوهش) بیشترین تصادف در روزهای برفی رخ داده است.

نقشه ۴ پهنه‌بندی میزان خطر تصادف در زمان ریزش برف

#### ۴-۴- بررسی تصادفات در هنگام پدیده مه

مه از پدیده‌های اقلیمی است که نقش مهمی در تصادفات دارد. در وضعیت مه آلود میدان دید کاهش پیدا می‌کند و همین امر موجب افزایش تأثیر در کاهش سرعت‌های ترافیک و حمل و نقل (افزایش ترافیک)، افزایش تنوع، تغییرپذیری سرعت و در نتیجه افزایش خطر تصادف می‌شود. برای بررسی خطر تصادف در وضعیت جوی مه‌آلود و تعیین پارامتر مربوط به آن از گزارش پلیس استفاده شد؛ زیرا این پارامتر در ایستگاه‌های هواشناسی (که در طول محور وجود دارد) ثبت نشده بود، لازم به ذکر است که در گزارش پلیس، وضعیت جوی لحظه وقوع تصادف ثبت می‌شود. بر اساس گزارش پلیس راه از ۹۳۰ مورد تصادف که در این پژوهش بررسی شده است، ۴۱ فقره تصادف در وضعیت جوی مه آلود اتفاق افتاده است. در محیط نرم افزار آرکویو نقشه پراکنندگی تصادفات در وضعیت جوی مه آلود تهیه شد؛ سپس با توجه به شاخص تعداد تصادف محور مطالعه شده از نظر احتمال خطر تصادف در این وضعیت اقلیمی به دو سطح خطر متوسط و احتمال خطر زیاد طبقه‌بندی شد (نقشه ۵). مطابق نقشه ۵ بیشترین خطر تصادف در وضعیت جوی مه‌آلود در حد فاصل کیلومترهای ۹۸، ۱۰۰، ۱۰۶، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰ وجود دارد.

#### ۴-۵- تعیین نقاط مخاطره‌آمیز در وضعیت‌های نامساعد جوی (یخبندان، برف، باران، مه)

پس از تهیه نقشه‌های خطر تصادف در وضعیت‌های جوی بارانی، برفی، مه‌آلود و یخبندان باید با ترکیبی از این چهار نقشه، لایه نهایی که نقاط مخاطره‌آمیز را در طول محور مطالعه شده در وضعیت‌های جوی نامساعد نشان می‌دهد، تهیه شود. این نقشه با توجه به ضریب اهمیت هر یک از پدیده‌های اقلیمی تهیه شده است. لازم به ذکر است که ضریب اهمیت وضعیت‌های جوی مختلف با توجه به فراوانی تصادف در آن وضعیت تعیین شده است. به عنوان نمونه ضریب اهمیت باران در تصادفات جاده با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شده است.

$$\text{فراوانی تصادفات در هریک از پدیده‌های جوی} \\ \text{رابطه (۱):} = \frac{\text{ضریب اهمیت}}{\text{فراوانی کل تصادفات در وضعیت‌های نامساعد جوی}}$$

نقشه ۵ پهنه‌بندی میزان خطر تصادف به هنگام پدیده مه

نقشه ۶ پهنه‌بندی خطر تصادف در وضعیتهای نامساعد جوی

جدول ۱ ضریب اهمیت وضعیتهای جوی (بر حسب فراوانی تصادفات در هر وضعیت)

وضعیت جوی	فراوانی	ضریب اهمیت (درصد)
باران	۲۲۳	۶۳
یخبندان	۵۲	۱۵
برف	۳۴	۱
مه	۴۱	۱۲
جمع	۳۵۴	۱۰۰

پس از تعیین ضرایب اهمیت هر یک از پدیده‌های جوی با توجه به نقشه‌های احتمال خطر در وضعیتهای برفی، بارانی، مه‌آلود و یخبندان، فراوانی و شدت تصادفات در هر وضعیت مقاطع جاده دارای وزن خاصی شده است. در نهایت با توجه به وزن هر مقطع از جاده، نقشه خطر تصادف در وضعیتهای نامساعد جوی تهیه شده است و محور مطالعه شده از نظر خطر تصادف در وضعیتهای نامساعد جوی در سه سطح خطر متوسط، خطر زیاد و خطر بسیار زیاد پهنه‌بندی شده است. با توجه به نقشه ۶ بیشترین خطر تصادف در مقطعی از جاده و در کیلومترهای ۳۵، ۱۰۰، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۲۲، ۱۲۵، ۱۳۰ در هنگام شرایط جوی نامساعد وجود دارد.

## ۵- نتیجه‌گیری

بر اساس پهنه‌بندیهای محور مطالعه شده که برای هر کدام از وضعیتهای جوی بارانی، برفی، یخبندان و مه‌آلود انجام شد، نقاط حادثه‌خیز جاده فیروزکوه - ساری در هر کدام از وضعیتهای جوی نامساعد مشخص شد.

در وضعیت جوی بارانی، بیشترین تصادفات در حد فاصل کیلومترهای ۱۲۵، ۱۳۰؛ در وضعیت جوی برفی، بیشترین تصادفات در کیلومتر ۴۰ محور؛ در وضعیت جوی یخبندان، بیشترین تصادفات در حد فاصل کیلومترهای ۲۹، ۳۰، ۴۰ و بالاخره در روزهای همراه با پدیده مه بیشترین تصادفات در حد فاصل کیلومترهای ۹۸، ۱۰۰، ۱۰۶، ۱۰۸، ۱۰۹ و ۱۱۰ اتفاق افتاده است. از نکات قابل توجه اینکه با توجه به وضعیت اقلیمی غالب و توپوگرافی منطقه، مقاطع مخاطره‌آمیز در هنگام ریزش برف و بروز پدیده یخبندان در محدوده ایستگاه

فیروزکوه قرار دارند؛ همچنین با توجه به اینکه قسمت اعظم بارشهای شمال کشور به صورت باران می‌باشد، بیشترین مقاطع مخاطره‌آمیز در روزهای بارانی در حد فاصل پل سفید (کیلومتر ۵۵) تا ساری واقع شده است. با بررسی مکانهای با بیشترین فراوانی تصادف در شرایط نامساعد جوی (برفی، بارانی، یخبندان و مه‌آلود) و مقایسه آن با شرایط جوی مساعد دیده می‌شود که فراوانی تصادفات، رشدی معادل ۶/۴ درصد را نشان می‌دهد.

نکته‌ای که باید به آن اشاره شود این است که در وقوع هر تصادف عوامل متعددی از جمله عامل انسانی، عامل جاده و وضعیت جوی تأثیر دارند. باید گفت که در اکثر مقاطع جاده وضعیت هندسی جاده در وقوع تصادف و در وضعیتهای جوی نامساعد تأثیر بسزایی داشته است. در واقع نمی‌توان گفت وضعیت جوی نامساعد عامل اصلی وقوع تصادف می‌باشد بلکه وضعیتهای نامساعد جوی از جمله باران، برف، یخبندان و مه احتمال بروز تصادف را تا حد زیادی تشدید می‌کند. در مورد پدیده جوی مه باید گفت با اینکه حداقل کیلومترهای ۹ تا ۱۸ (قبل و بعد از گردنه گدوک) از مقطعی است که در اکثر ماههای سال پدیده مه در آن وجود دارد اما با نصب چراغهای مه‌شکن و همچنین احتیاط بیشتر رانندگان فراوانی تصادفات در این مقطع بشدت کاهش یافته است.

## ۶- منابع

- [1] Helliari Symons, R. D. and Lynam; "Accident reduction and prevention: Program in highway authorities"; *TRRL Report*, 1994.
- [۲] روزنامه خبر، ش ۲۴۵، ۲۴ اسفند ۱۳۸۱.
- [3] Edvard, J. B.; "The relationship between roads accident severity and recorded weather", *Journal of Safety Research*, Vol. 29, No. 4, 1998.
- [4] Gustarsson, T. & J. Borgen; "Measurement of road climatology variable"; *11<sup>th</sup> SIRWECE International Road Weather Conference*, Sapporo, Japan, 2002.
- [5] Karsahim, Mustafa & Terzi Sedral; "Distribution of hazardous location on highway through GIS"; *International Symposium on GIS*, September 23-26, 2002.
- [6] Musk, Leslie F.; "Climate as a factor in the planning and design of new road and motorway", *Highway Meteorology*, Vol. 59, No. 3, 1991.



- [7] Wong, Y. D., Nicholson; "Driver behavior at horizontal curves: Risk compensation and the margin safety"; *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 24, No. 3, 1992.
- [8] Karl, Kim and Leving; "Using GIS for Improve highway safety", *Computer, Environ and Urban System*, Vol. 20, 1996.
- [9] Edvards B. Julian; "Weather related road accident in England and Wales: A spatial analysis"; *Journal of Transport Geography*, Vol. 4, 1996.
- [10] Andrey, J & R. S. Olley; "The relationship between weather and road safety: past and future"; *Research Direction Climatology Bulletin*; No. 24. 2001.
- [۱۱] حبیبی نوخندان، محمد؛ «مطالعه اثر پدیده‌های اقلیمی مؤثر بر تردد و تصادفات جاده هراز»؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرکز، گروه جغرافیا، ۱۳۷۸.
- [۱۲] سالاری جوینی، محمد؛ «مطالعه تجهیزات کنترل ترافیک برای کاهش تصادفات در راههای برونشهری»؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی، گروه عمران، ۱۳۷۷.