

تحلیل تصادفات جاده ای و داده های آب و هواشناسی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (محور جاده تبریز - میانه)

سعید جهانبخش اصل^۱، مجید حبیبی نوخندان^۲، حبیبه نوری اوغورآباد^۳

^۱استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز S.jahan@tabrizu.ac.ir

^۲هیات علمی و مسئول پژوهشکده اقلیم شناسی، مرکز اقلیم شناسی ایران(مشهد) habibi2001@yahoo.com

^۳کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز habibeh.noori@gmail.com

چکیده

ناشی از حوادث رانندگی سالانه چهار درصد تولید ناخالص ملی را شامل می شود [۲] .

مطالعات متعدد انجام گرفته تصادفات جاده ای را برآیندی از عواملی از قبیل وسایل نقلیه، تکنولوژی و شرایط محیطی می دانند [۳] . از میان عوامل محیطی که ایمنی و پایداری حمل و نقل را تحت تاثیر قرار می دهد می توان به نقش پدیده های اقلیمی همچون بارندگی، یخبندان، باد و مه اشاره کرد [۴] . مطالعات زیادی در خصوص وقوع تصادفات در شرایط آب و هوایی خطرناک انجام گرفته است [۵] . در سالهای اخیر به طور مستقیم توجه به مساله تعیین اثرات آب و هوا بر روی شدت و تعداد تصادفات جاده ای با عنایت به اینکه ممکن است آب و هوا دلیل اصلی تصادفات نباشد، افزایش یافته است [۶ ، ۷ ، ۸ ، ۹] . با این وجود آب و هوا یکی از مهمترین متغیرهای محیطی موثر بر تصادفات جاده ای میباشد. [۱۰ ، ۱۱] .

رابطه بین تصادفات و آب و هوا یک رابطه ساده و آشکاری نیست. برای مثال، تعداد تصادفات در شرایط آب و هوایی مرطوب افزایش می یابد [۱۲] ، Sherretz [۱۳] با آنالیز نسبت بین بارش و تصادفات جاده ای یک ارتباط خطی مثبت بین تصادفات و مقدار باران یافتند، آنها در بررسی های خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار باران میزان تصادفات تا ۶ درصد افزایش می یابد. Brodsky [۱۴] میزان این افزایش را ۲۲ درصد و Smith [۱۱] تا ۵۲ درصد می داند. در چنین شرایطی پیشنهاد می شود استفاده کنندگان از جاده به جای استفاده از ماشین خود به پیاده روی بپردازند و یا از وسایل نقلیه عمومی استفاده کنند. اما ممکن است در شرایط برفی نسبت به شرایط بارانی ترافیک کاهش می یابد، به دلیل اینکه رانندگان با توجه بیشتر به رانندگی می پردازند و یا رویهمرفته از مسافت های غیر ضروری منصرف می شوند. Codling [۷] در مطالعه خود به این نتیجه رسید که در روزهای برفی میزان تصادفات منجر به فوت تا دو برابر افزایش می یابد Smith [۱۱] میزان این افزایش را تا ۲/۲ درصد می داند.

مطالعات متعدد انجام گرفته در خصوص بررسی وقوع تصادفات جاده ای در شرایط آب و هوایی نامساعد تنها تاثیر یک فاکتور آب و هوایی را مدنظر قرار داده اند مطالعات معدودی رابطه بین تمامی

براساس آمار در هر ۲۵ دقیقه یک نفر جان خود را بر اثر تصادف از دست داده و طی شش سال گذشته بیش از ۱۰۰ هزار نفر در جاده های ایران جان باخته اند که این رقم در کل جهان بی سابقه است. در این مقاله، تصادفات جاده ای محور تبریز - میانه در وضعیتهای جوی برفی، بارانی، یخبندان و میانگین درجه حرارت در یک دوره آماری سه ساله (۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴) بررسی شده است. به منظور بررسی نقش این پدیده ها در بروز تصادفات جاده ای از داده های ساعتی مربوط به ایستگاههای هواشناسی تبریز و میانه استفاده شد که با تطبیق اطلاعات آب و هوایی ثبت شده توسط پلیس در لحظه وقوع وضعیت لحظه وقوع تصادف با استفاده از این داده ها تعیین شد و اطلاعات تفصیلی مربوط به تصادفات در دوره مورد مطالعه نیز از بانک اطلاعات تصادفات جاده ای نیروی انتظامی استخراج شد و همچنین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه پراکندگی تصادفات جاده ای در هر یک از وضعیتهای برفی، بارانی، یخبندان، میانگین درجه حرارت و در تمام وضعیتهای نامساعد جوی تهیه شد.

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل نقشه های خطر تصادفات در هر یک از شرایط مورد بررسی، از ۳۹۶۰ تصادف مورد بررسی بیشترین تعداد وقوع تصادفات جاده ای این محور در شرایط بروز پدیده یخبندان (با تعداد ۱۱۱۲)، برف (با تعداد ۱۰۳۶)، شرایط بارندگی (با تعداد ۹۳۵) و میانگین درجه حرارت (با تعداد ۸۷۷) رخ داده است.

کلمات کلیدی: تصادفات جاده ای، آب و هواشناسی، تبریز، میانه، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS.

مقدمه

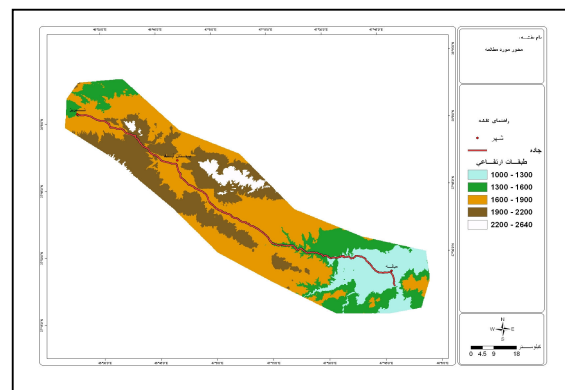
بر اساس آمار های موجود ایران با ثبت آمار ۲۷ هزار کشته در سال نسبت به جمعیت ۷۰ میلیون نفری به لحاظ سرانه قربانیان حوادث رانندگی، دارای رتبه نخست در دنیاست [۱] . تصادفات رانندگی روزانه حدود ۲۵ میلیارد تومان و سالانه بالغ بر هشت هزار و ۹۰۰ میلیارد تومان خسارت به کشور وارد می کند و خسارت اقتصادی

فاکتور های آب و هوایی با وقوع تصادفات را مورد بررسی قرار داده اند که آنها بیشتر محدود به ایالات متحده آمریکا بوده است [۱۵] . در این مقاله به جهت اهمیت تصادفات جاده ای و تاثیرگذاری پدیده های آب و هوایی در تصادفات جاده ای، به بررسی ارتباط بین تصادفات و شرایط آب و هوایی در یکی از محورهای مهم ارتباطی هم از نظر ترافیک و هم از نظر موقعیت، یعنی محور جاده تبریز - میانه پرداخته است. هدف اصلی این تحقیق تحلیل تصادفات جاده ای و داده های آب و هواشناسی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت تعیین نقاط مخاطره آمیز جاده مورد مطالعه و ارائه راهکارهایی برای بالا بردن ایمنی جاده می باشد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

جاده تبریز - میانه به طول ۱۶۵ کیلو متر در حوزه استحضایی استان آذربایجان شرقی واقع گردیده و از نوع راههای اصلی می باشد. وجود مراکز متعدد ورزشی، تفریحی، مناطق بیلاقی و سایر جاذبه های توریستی از قبیل پیست اسکی سهند، مجتمع تفریحی صد را (قوری گل سابق) ، روستای گود درق، پیچ های میانه این محور را به یکی از راههای پر تردد استان تبدیل نموده است.

حداکثر ارتفاع این جاده از سطح دریا در گردنه شیبلی ۲۱۵۰ متر می باشد. این محور به دلیل کوهستانی بودن و با توجه به آب و هوای سرد و نامساعد و زمستانهای بسیار برفی و یخبندان معمولاً مشکلات ترافیکی بسیاری را برای رانندگان ایجاد می کند و باعث به وجود آمدن تصادفات فراوان به خصوص در ماههای سرد سال می شود. جهت نگهداری این محور خصوصاً در فصول سرد راهدار خانه های شیبلی در کیلو متر ۳۰ از مبدأ، بستان آباد در کیلو متر ۴۵ از مبدأ و قره چمن در کیلو متر ۱۰۰ از مبدأ احداث و تجهیز شده اند. این محور با توجه به اهمیت اقتصادی آن و نیز خطراتی که در هنگام شرایط آب و هوایی نامساعد بر آن حاکم است فاقد ایستگاه هواشناسی جاده ای می باشد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد:



نقشه ۱: محور جاده مورد مطالعه (تبریز - میانه)

مواد و روشها

اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش شامل موارد زیر می باشند:

- نقشه های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- داده های ساعتی پارامترهای آب و هوایی (سمت و سرعت باد، میدان دید، بارش، رطوبت نسبی، دما و عمق برف) ایستگاههای هواشناسی تبریز و میانه برای دوره آماری ۳ ساله ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴.
- اطلاعات مربوط به تصادفات جاده ای محور جاده تبریز - میانه برای سالهای ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴ اخذ شده از بانک اطلاعات تصادفات جاده ای نیروی انتظامی کشور.
- اطلاعات مربوط به ویژگیهای هندسی محور جاده تبریز - میانه.
- نرم افزار Arc GIS 9.2
- نرم افزار Auto Desk Map 2007
- نرم افزار SPSS 15.5

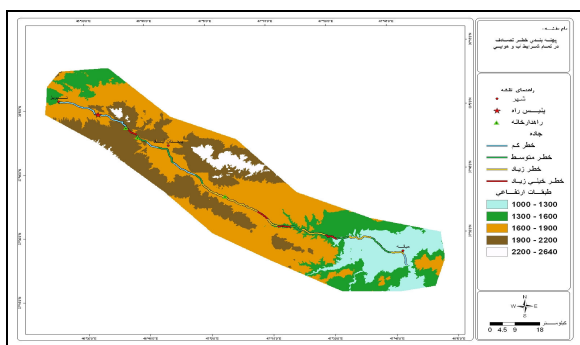
برای انجام این پژوهش یک دوره زمانی ۳ ساله (۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴) در نظر گرفته شده است. دلیل انتخاب دوره ۳ ساله فوق به شرح زیر است:

الف - دوره ۳ ساله تعادل مناسبی را بین کافی بودن زمان برای داشتن اطلاعات زیاد تصادفات و کوتاه بودن زمان برای عدم تغییر زیاد و قابل توجه نقطه پر تصادف ایجاد می کند.

ب - اطلاعات مربوط به تصادفات جاده ای از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴ به صورت کاملتری نسبت به گذشته تدوین گردیده است. هر چند در حال حاضر نیز اشکالاتی در این زمینه وجود دارد؛ به عنوان مثال پایگاه اطلاعات تصادفات جاده ای با تأخیری چند ساله در اختیار پژوهشگران قرار می گیرد که این امر مانع از به روز بودن اطلاعات مورد استفاده در عرصه پژوهش می گردد. به همین جهت جهت تصادفات سالهای ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ بدلیل کاملتر نبودن در این پژوهش مورد استفاده قرار نگرفت.

در پژوهش حاضر برای تعیین رابطه بین هر یک از متغیرهای عمده هواشناسی (برف، باران، یخبندان و میانگین درجه حرارت) با تصادفات رخ داده در محور جاده مورد مطالعه در یک دوره آماری سه ساله (۱۳۸۲-۱۳۸۴) از رگرسیون دو متغیره استفاده شده است. برای این منظور ابتدا نقشه ها در سیستم رایانه ای و برنامه نرم افزاری Auto Desk Map 2007 رقومی و ویرایش گردیده اند. سپس از طریق تغییر فرمت، اطلاعات فضایی (داده های نقشه ای) با قالب برداری به محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار ArcGis منتقل گردیدند. در محیط ArcGis پایگاه اطلاعات داده برای کلیه لایه ها با فرمت Geodatabase ساخته شد، و همچنین سیستم مختصات U T M برایشان در نظر گرفته شد.

در مرحله بعد تصادفات در وضعیتهای جوی بارندگی، برفی، یخبندان و میانگین درجه حرارت بررسی شد، آنگاه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط نرم افزار ArcGis نقشه



شکل ۶: پهنه بندی میزان خطر تصادف در تمام شرایط آب و هوایی در محور جاده تبریز - میانه (۱۳۸۲-۱۳۸۴)

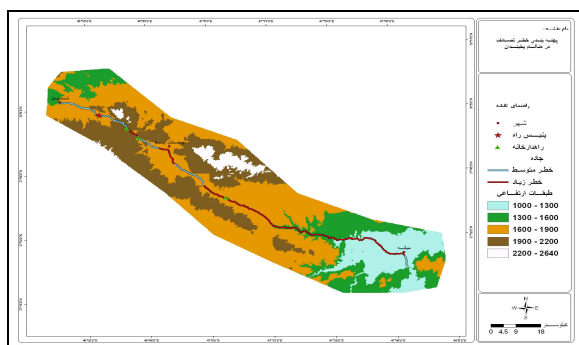
بعد از پردازش و تحلیل کلیه اطلاعات به این نتیجه رسیدیم که متغیرهای آب و هوایی میانگین درجه حرارت، بارش و یخبندان بر تعداد تصادفات رخ داده در محدوده محور جاده مورد مطالعه در طی دوره آماری (۱۳۸۲-۱۳۸۴) اثر معنی داری دارند. البته عامل یخبندان با متغیر وابسته تصادفات همبستگی قوی داشته است و این امر با توجه به این که در مناطق کوهستانی این پدیده از فراوانی بیشتری برخوردار است و مشکل زمانی شدت می یابد که رانندگان نسبت به رانندگی در چنین شرایطی آگاهی ندارند می تواند قابل قبول باشد.

جهت بررسی پراکنندگی مکانی تصادفات محور جاده مورد مطالعه را به سه محدوده مشخص تقسیم کردیم:

۱ - کیلو متر ۱ تا ۶۰: در این محدوده کیلومترهای ۳۰ - ۲۵، ۴۵ - ۴۰ و ۵۰ - ۴۵ بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده اند. از ویژگیهای هندسی ایجاد تصادفات در این محدوده می توان به موارد زیر اشاره کرد:

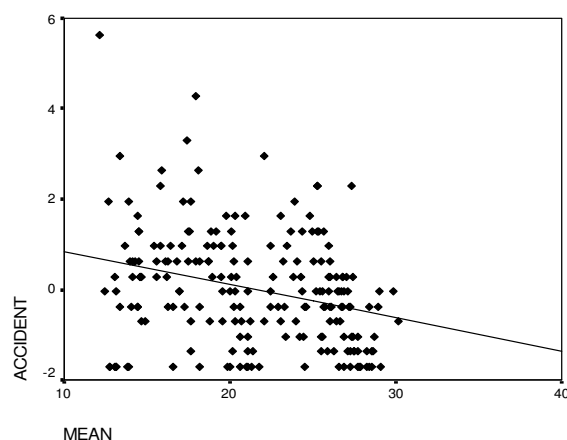
- الف - دسترسی مستقیم کارخانجات آیدین و کاشی تبریز به جاده ترانزیت و ایست کامل خودروها در ورودی و خروجی،
- ب - وجود تقاطع باسمنج و دور برگردان مقابل پلیس راه،
- ج - در فصل گردشگری به منظور استفاده از فضای سبز تفرجگاه قوری گل خودروهایی که از سمت تبریز به قوری گل و از تفرجگاه به بستان آباد انحراف مسیر می کنند(عدم وجود پارکینگ در تفرجگاه)،
- ح - در فصول سرد سال به منظور استفاده از پیست اسکی سهند،

- د - عدم وجود باند افزایشده و کاهشده سرعت به شکل مناسب،
 - ه - مجزا نبودن باندهای رفت و برگشت و کمی عرض باندها.
- ۲ - کیلو متر ۶۰ تا ۱۱۰: از بین سه محدوده تقسیم شده این محدوده بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده است، که کیلومترهای ۹۵ - ۹۰ و ۱۰۵ - ۱۰۰ دارای بیشترین فراوانی تصادفات هستند. از ویژگیهای هندسی ایجاد تصادفات در این محدوده می توان به موارد زیر اشاره کرد:
- الف - عبور جاده از داخل روستای قره چمن که این روستا در طرفین جاده شکل گرفته است،

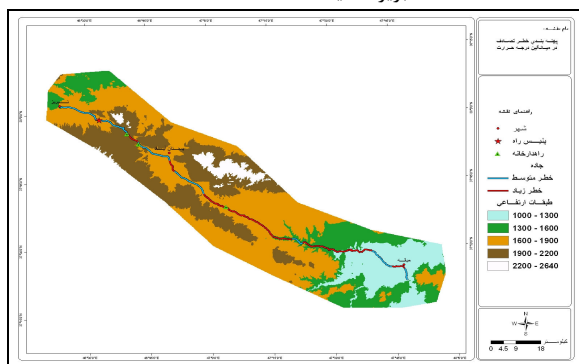


شکل ۴: پهنه بندی میزان خطر تصادف در هنگام یخبندان در محور جاده تبریز - میانه (۱۳۸۲-۱۳۸۴)

۴ - با توجه به تحلیل رگرسیون خطی و نمودار زیر تعداد تصادفات در مقابل میانگین درجه حرارت ($P = 0/00$) با ارزش P در دامنه اطمینان ۹۵٪ معنی دار بوده است. شکل ۵ پهنه بندی میزان خطر تصادف در میانگین درجه حرارت را در جاده مورد مطالعه نشان می دهد.



نمودار ۴: همبستگی بین میانگین درجه حرارت با تعداد تصادفات در جاده تبریز - میانه (۱۳۸۲ - ۱۳۸۴)



شکل ۵: پهنه بندی میزان خطر تصادف در میانگین درجه حرارت در محور جاده تبریز - میانه (۱۳۸۲-۱۳۸۴)

شکل ۶ پهنه بندی میزان خطر تصادف در تمام شرایط آب و هوایی را در جاده مورد مطالعه نشان می دهد.

ب - دسترسی مستقیم مناطق روستایی به جاده ترانزیت و کاربری های حاشیه جاده،

ج - وجود تقاطع با سه روستای قره بابا، عین الدین و ۶۶. ۳ - کیلو متر ۱۱۰ تا ۱۶۵: در این محدوده کمترین تصادف با تعداد ۹۱ مربوط به کیلو مترهای ۱۶۵ - ۱۶۰ و بیشترین تصادف با تعداد ۱۷۰ مربوط به کیلو متر ۱۲۵ - ۱۲۰ می باشد. از ویژگیهای هندسی ایجاد تصادفات در این محدوده نیز می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف - وجود قوسهای افقی در مسیر جاده،

ب - وجود تونلها که خود عامل ترافیک و حادثه خیز بودن است،

ج - وجود روستای گود درق و پیچ های میانه که در فصول گردشگری از مهمترین عوامل ایجاد ترافیک در این محدوده است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش و تاثیر پدیده های آب و هوایی به خصوص یخبندان و بارندگی که مهمترین تاثیر آنها لغزنده شدن سطح جاده می باشد و همچنین میزان اهمیت تقاطع ها و قوس های افقی راهکارهای زیر در خصوص کاهش تصادفات پیشنهاد می گردد:

۱ - هنگامی می توان ایمنی جاده های کشور را تامین و کنترل نمود که سوابق تصادفات، ثبت و نگهداری شود. یک سیستم اطلاعاتی تصادفات برای کشوری که قصد مقابله و حل مشکلات ایمنی جاده را دارد، از مهمترین نیازها است. با بکار گیری صحیح یک سیستم ثبت اطلاعات تصادفات، می توان در راستای بهبود وضعیت جاری راه حلهای صحیح ارائه نمود. این سیستم باید به گونه ای طراحی گردد تا کلیه سازمانهایی که در امر ایمنی جاده ها نقش دارند بتوانند از اطلاعات این سیستم استفاده نمایند. شناسایی نقاط حادثه خیز، مکان یابی نقاط مناسب جهت احداث ایستگاههای هواشناسی جاده ای و پایگاههای امداد رسانی و ... از جمله فوائد این سیستم می باشد.

۲ - در خصوص نقش راهها و شرایط نامساعد آب و هوایی در وقوع تصادفات می توان گفت که نقایص راهها، وجود نقاط حادثه خیز، عدم تناسب حجم تردد عبوری وسایط نقلیه با عرض جاده ها به خصوص در شرایطی که هوای نامناسب از جمله یخبندان، برف و بارندگی در محل حاکم است از عوامل اصلی نقش آب و هوا در بروز تصادف می باشند. بسیاری از جاده های باریک با ترافیک پر حجم به خصوص در هنگام وجود برف یا لغزنده بودن سطح جاده در هنگام بارندگی مکانهای بالقوه خطرناکی برای رانندگان است که با سبتهای نابجا و دیگر تخلفات خود منجر به بروز حوادث ناگواری می گردند. لذا اصلاح این نقاط با توجه به طراحیهای هندسی راه و شرایط آب و هوایی محل باید در اولویت قرار گیرد.

۳ - بررسی تصادفات در نقاط حادثه خیز در این جاده بیانگر این واقعیت است که اکثریت تصادفات جاده ای معمولا در شیبهای تند، قوسها و پیچهای غیر استاندارد و تقاطعها حادث شده اند. با توجه به

این که پیچها به دلیل انتقال گمراه کننده انحناء در طراحی جاده، ناکافی بودن میدان دید، سرخوردن و از کنترل خارج شدن وسایل نقلیه به ویژه در هنگامی که جاده خیس باشد، از نقاط بالقوه تصادف خیز جاده می باشند باید در طراحی انواع قوسها اصول و استانداردهای فنی رعایت شود و مواردی از قبیل دور انحنای قوس و شعاع گردش انواع وسایل نقلیه و رفع موانع دید در طراحی قوسها، نصب علائم هشداردهنده و مقرراتی در جهت آگاه کردن رانندگان از خطرات قوس به منظور اتخاذ تدابیر ایمنی و کاهش تصادفات در قوسهای افقی ضروری می باشد. تقاطعها به خصوص سه راهی ها نیز از جمله نقاط تصادف خیز این جاده می باشند که در طراحی آنها باید نکات فنی که در زیر آمده است مورد بررسی قرار گیرد:

الف - خطوط توقف یا ایست در ورود به جاده اصلی در مکانی قرار داده شود که فرصت دید طولانی نسبت به جاده اصلی را فراهم سازد،

ب - اطلاع و هشدار از وجود یک تقاطع می تواند توسط یک چراغ راهنمایی انجام شود، که این عمل سرعت ورود به تقاطع را کاهش می دهد.

۴ - ریزش ها نیز از جمله عوامل مهم در ایجاد راهبندان و بروز تصادف در این جاده می باشند، و برای جلوگیری از این عامل باید با ایجاد دیوار های مناسب در قسمت های پایین دامنه ها برای جلوگیری از لغزش زمین و یا زهکشی در قسمت های بالای دامنه به موازات جاده برای جلوگیری از خطر تخریب آن اقدام شود.

۵ - سطوح راهها ممکن است در اثر خیس یا یخی بودن سطح جاده لغزنده شود. لغزندگی جاده موضوعی پیچیده و در اثر تقابل بین خصوصیات لاستیک و سطح جاده می باشد، روکش رنگی ضد سرخوردن¹ SEG با قابلیت های خاص، چسبندگی فوق العاده بر روی سطوح آسفالته، مقاومتهای بالا در برابر عوامل میکابایی، شیمیایی و جوی مختلف و افزایش ضریب اصطکاک و در نتیجه افزایش ضریب ایمنی توانسته است به عنوان چتر محافظتی رو سازی های آسفالتی بسیاری از مشکلات از جمله تغییر شکل آسفالت، ترکهای ناشی از انقباض و انبساط آسفالت و تحمل آسفالت در برابر بارگذاری را حل نموده و در عین حال با افزایش ضریب اصطکاک و امکان رنگی کردن رویه راه باعث افزایش ایمنی جاده ها و کاهش تصادفات و هزینه های ناشی از آن گردد [۱۶]. همچنین استفاده از مخلوط آسفالتی با استخوان بندی درشت دانه به خصوص در آب و هوای گرم که خرابیهایی نظیر شیار طولی مسیر چرخها و دیگر تغییر شکلهای دائم آسفالت را در پی دارد می تواند عملکرد بهتری از خود نشان دهد.

۶ - با توجه به حادثه خیزی و کوهستانی بودن این جاده پیشنهاد می شود که ایستگاههای هواشناسی جاده ای در طول مسیر ایجاد گردد زیرا با استقرار این ایستگاهها اطلاعات لحظه به لحظه و بهنگام از شرایط جوی طول مسیر بدست می آید که می توان برنامه

¹ Silicon Epoxy Granite

[۱۶]- صدر تهرانی، فروزان، واحدی، فریبرز، "آشنایی با روکش رنگی ضد سرخوردن و تاثیر آن بر روی افزایش ایمنی و طول عمر آسفالت"، مجموعه مقالات سومین همایش قیر و آسفالت ایران، تهران، ۱۳۸۵.

ریزی و مدیریت بهتری را برای بررسی تصادفات و ارتباط آن با پدیده های آب و هوایی انجام داد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از دفتر تحقیقات کاربردی و فرماندهی انتظامی استان آذربایجان شرقی و دست اندر کاران اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده ای و ریلی نهایت تشکر را دارند.

مراجع

- [۱]- مرکز ملی آمار ایران www.sci.org.ir
- [۲]- رویانیان، محمد، رئیس پلیس راهنمایی و رانندگی کشور، مصاحبه حضوری، ۱۳۸۷.
- [۳]- حبیبی نو خندان، مجید، گلی مختاری، لیلا، "هواشناسی جاده ای، رویکردی نوین در هواشناسی کاربردی"، مجله جاده، شماره ۵۳، صفحه ۸۲-۹۷، ۱۳۸۵.
- [۴]- محمدی، حسین، "آب و هواشناسی کاربردی"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.
- [5]- Andrey, J., & Yager, S., "A temporal analysis of rain-related crash risk," *Accident Analysis and Prevention*, Vol.25(3), pp.465-472, 1993.
- [6]- Kevin., & Ian, S., "The association of rain fall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne," *Australia, Accident analysis & prevention*, Vol. 37, pp. 109-127, 2005.
- [7]- Codling, P.J., "Weather bad road accidents," In: Talor JA (ed) *Climatic resources and economic activity*, David and Charles Holdings, Newton Abbot, pp.205-222, 1976.
- [8]- Edwards, J.B., "Weather-related road accidents in England and Wales: A spatial analysis," *Journal of Transport Geography*, Vol 4(3), pp 201-212, 1996.
- [9]- Palutikof, J.P., "Road accidents and weather : In *Highway meteorology*," London: E & FN Spon, pp.163-189, 1991.
- [10]- Bertess, J., "Rain-related impact on selected transportation activities and utility services in the Chicago area," *Journal of Applied Meteorology*, Vol 19, pp 545-556, 1980.
- [11]- Smith, K., "How seasonal and weather conditions influence road accidents in Glasgow," *Scottish Geographical Magazine*, Vol 98, pp 103-114, 1982.
- [12]- Key & Ian Simmonds., "Road accident and rain fall in a large Australian city, accident analysis & prevention," Vol.38, pp 441-453, 2006.
- [13]- Sherretz, L.A., & Farhar, B.C., "An Analysis of the relationship between rainfall and the occurrence of traffic accidents," *Journal of Applied Meteorology*, Vol 17, pp 711-715, 1978.
- [14]- Brodsky, H., & Hakkert, A.S., "Risk of a road accident in rainy weather," *Accident Analysis and Prevention*, Vol 17(2), pp 147-154, 1988.
- [15]- Hey, J., & Kang., "Development of hazard fog index and its application," *Journal of the eastern asia society for transportation*, Vol 6, pp 3357-3371, 2005.