

ارزیابی تأثیر عناصر اقلیمی و عوامل انسانی در بروز تصادفات جاده ای با استفاده از منطق فازی (نمونه موردی محور مشهد - قوچان)

مهدی وطن پرست^{۱*}، علیرضا افشاری^۲، محسن رضائی عارفی^۳، علی محمد نورمحمدی^۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۲/۲۵

صفحات: ۵۲-۶۶

چکیده

تصادفات جاده‌ای از عوامل بسیار مهم مرگ و میر و صدمات شدید جانی و مالی بوده و آثار سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن، جوامع بشری کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه ایران را به شدت مورد تهدید قرار داده است. عوامل جغرافیایی، یکی از مهم‌ترین عوامل بروز این حوادث مرگبار می‌باشند. از میان عوامل جغرافیایی که در بروز تصادفات جاده‌ای نقش دارند سهم پدیده‌های اقلیمی و ژئومورفولوژیکی قابل توجه است. هدف این پژوهش مطالعه اثرات عوامل اقلیمی و انسانی بر بروز تصادفات جاده‌ای با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در محور مشهد-قوچان می‌باشد. جهت بررسی محور مذکور نقشه‌های رقومی، نقشه‌های زمین شناسی و کاربری اراضی به همراه آمار ایستگاه‌های هواشناسی منطقه در یک دوره ۳۰ ساله و نیز آمار تصادفات جاده ای بررسی شده است. سپس با کلاس‌بندی فراوانی تصادفات محور مذکور در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ (GIS)، نقشه پهنه‌بندی خطر تصادفات جاده‌ای با درجات زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تهیه گردید. نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد که نقش عوامل انسانی در بروز تصادفات جاده‌ای بسیار زیاد است. به طوری که در بروز بیش از ۹۰ درصد تصادفات، عامل انسانی نقش اصلی را داشته‌است. هم‌چنین در بررسی خطر خیز بودن مسیر با مدل فازی زبانی، مشخص شد ۵ تا ۳۵ کیلومتر اولیه ورودی و خروجی شهرها پرخطرترین مناطق در بروز تصادفات جاده‌ای می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: عناصر اقلیمی، عوامل انسانی، تصادفات جاده‌ای، سیستم اطلاعات جغرافیایی، محور قوچان مشهد، فازی زبانی

drmvatanparast@gmail.com

afshari_2000@yahoo.com

rezaei.arefi61@yahoo.com

geomorphology.a@gmail.com

² Geographic Information System

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه برنامه ریزی شهری، قوچان، ایران

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیروان، گروه مهندسی صنایع

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۱- مقدمه

افزایش سریع تصادفات جاده‌ای در سال‌های اخیر در جاده‌های درون‌شهری و به خصوص جاده‌های برون-شهری کشور باعث شده تا هرساله عده‌ی زیادی از جمعیت فعال جامعه کشته و عده زیادی هم معلول و از کارافتاده شوند که ادامه این روند ضروریات‌های زیادی را بر پیکره‌ی اقتصاد و اجتماع و فرهنگ جامعه وارد می‌کند. ویژگی هر جاده، خود به تنهایی در بروز تصادفات نقش زیادی را برعهده دارد اما نقش عوامل محیطی و اقلیمی را در بروز تصادفات را نباید نادیده گرفت. با مطالعات گسترده و جدید در مورد عوامل موثر در میزان تصادفات جاده‌ای (برون‌شهری و درون-شهری) می‌توان برنامه‌ریزی دقیق و جامعی را برای هر محور انجام داد و متناسب با ویژگی هندسی و محیطی و اقلیمی جاده، امکان بهره‌برداری بهتر از جاده را فراهم آورد (Aemi azghadi et al., 2010). در جدیدترین بررسی‌های به عمل آمده، در مقایسه تصادفات، مشخص شد که شاخص تعداد کشته‌ها به ازای هر ۱۰,۰۰۰ وسیله نقلیه در کشور در سال ۱۳۷۸، معادل ۳۳ نفر بوده است، در حالی که این شاخص برای اکثر کشورهای در حال توسعه ۱۰ الی ۱۲ درصد است (سلمانی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳). مطالعات گذشته نشان داده‌اند که سهم افراد و نقش عامل انسانی تأثیرگذار در ایمنی راه و وقوع تصادفات نزدیک به ۹۰ درصد است. در حالی که سایر عوامل از جمله عناصر اقلیمی می‌تواند از عوامل تشدیدکننده‌ی وقوع تصادفات جاده‌ای باشد (Older, 1986).

حمل و نقل جاده‌ای به عنوان متداول‌ترین شیوه‌ی حمل‌ونقل در کشورهای مختلف و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۷). از جمله عواملی که ایمنی حمل‌ونقل را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، وقوع پدیده‌های جغرافیایی (اقلیمی و ژئومورفولوژی) است (Brijs et al., 2008). به-طوری‌که بررسی کشور استرالیا حاکی از آن است که

فراوانی تصادفات در روزهای بارانی ۳۰ درصد بیش‌تر از روزهای بدون باران است (Keay, 2006). در سال‌های اخیر مطالعه‌ی تصادفات جاده‌ای و علل و عوامل موثر بر وقوع آن به دلیل هزینه گزاف اجتماعی و اقتصادی و آثار مخرب فیزیکی و روانی آن روی افراد جامعه اهمیت فوق‌العاده‌ای یافته‌است. تجزیه و تحلیل تصادفات جاده‌ای نشان می‌دهد که تصادفات جاده‌ای در کشورهای در حال توسعه بسیار بیش‌تر از کشورهای توسعه‌یافته است تا جایی که تصادفات جاده‌ای حدود ۱ تا ۴ درصد تولید ناخالص ملی را در کشورهای در حال توسعه به خود اختصاص می‌دهد (وزیری، ۱۳۸۴). از میان عوامل جغرافیایی که در بروز تصادفات جاده‌ای نقش دارند وقوع پدیده‌هایی چون لغزندگی در سطح جاده بر اثر برف، کولاک، بهمن و یخبندان، ریزش، لغزش و سیلاب می‌تواند میزان تصادفات را تا حد زیادی افزایش دهد و باعث وارد آمدن خسارات (اقتصادی، اجتماعی، روانی و ...) زیادی بر کشور شود (فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۸۷).

۲- سوابق تحقیق:

در رابطه با موضوع این پژوهش، بروس تحقیقی را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تجزیه‌و-تحلیل فضایی- مکانی تصادفات جاده‌ای در لاکروس ویسکانسین انجام داد. او به کمک GIS توزیع فضایی مکانی تصادفات را تعیین کرد (Bros, 1999). آندره و الی نیز مطالعات متعددی را در زمینه هواشناسی جاده و تصادفات ناشی از شرایط جوی نامطلوب در سطح جاده انجام داد. او در یکی از پژوهش‌های خود به این نتیجه رسید که خطر تصادفات معمولاً در طول بارندگی از مقادیر جزئی تا چند برابر افزایش می‌یابد (Anderi and Oley, 2001). کی و سیموند نیز رخداد بارندگی را در بروز تصادفات جاده‌ای در شهرهای بزرگ استرالیا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند

پارامترهای جوی نقش اساسی در رابطه با حمل و نقل دارند. شناخت عواملی چون: دما، باد، انواع ریزش‌های جوی، یخبندان و غیره در مناطق مختلف این امکان را به وجود می‌آورد که طراحان راه‌ها بتوانند با توجه به محدودیت‌های منطقه، ایمنی راه‌ها را بهتر تامین کنند. پدیده‌های آب‌وهوایی اغلب اثر غیرمستقیمی در تردد وسایل نقلیه دارند ولی آثار غیرمستقیم آن‌ها نیز هنگام از بین بردن فرایندهایی که آثار خطرناک‌تری دارند، مشکل‌آفرین است. مسائلی مانند پیش‌بینی یخبندان بر روی جاده‌ها، وزش بادهای قوی روی پل-ها، بارندگی شدید در کاهش دید و اثر مه و یا بارش مورد بررسی قرار گرفته اند (Keay, 2006).

بررسی‌های قبلی حاکی از آنست که نقش عوامل اقلیمی از قبیل بارش، در افزایش خطر تصادفات جاده‌ای بسیار مهم است. به‌گونه‌ای که رابطه منفی و معناداری بین بارش ماهانه و تلفات جاده‌ای ماهانه وجود دارد (Eisenberg, 2004). باران به‌عنوان شاخص-ترین عامل آب‌وهوایی مسبب تصادفات جاده‌ای مطرح است (Edwards 1999; Qiu and Nixon 2008; Hambly et al., 2013; Jaroszowski & McNamara 2014). این رخداد از طریق ترکیبی از چندین عامل فیزیکی در حین بارندگی صورت می‌گیرد که شامل کاهش اصطکاک بین تایر و جاده و نیز کاهش قدرت دید در حین رانندگی از طریق پاشیدن باران روی شیشه جلوی ماشین می‌باشد (Fridstrom et al., 1995).

۳-۲- مراحل مختلف بررسی تصادفات جاده ای

به‌طور کلی فرآیند بررسی تصادفات جاده‌ای به پنج مرحله مختلف گزارش‌دهی، بررسی محلی، آماده‌سازی فنی، دوباره‌سازی حرفه‌ای، تجزیه و تحلیل عوامل وقوع تقسیم می‌شود (Bros, 1990).

مرحله‌ی " گزارش‌دهی"، مرحله‌ی اساسی جمع‌آوری اطلاعات اولیه است که به منظور تشخیص و دسته-

که در طی دوره‌های مرطوب و بعد از فاصله‌ای زمانی بعد از رخداد بارندگی، میزان ریسک خطر تصادفات افزایش زیادی در مقایسه با دوره‌های خشک پیدا می‌کند (Keay and Simmonds, 2006).

در ایران نیز درباره مخاطرات طبیعی موجود در جاده‌ها مطالعاتی صورت گرفته است از جمله پژوهش فرج زاده و باقدم که به بررسی تحلیل تصادفات جاده ای در محور سنندج-مریوان با رویکرد مخاطرات اقلیمی بهمین، لغزش به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند (فرج زاده، باقدم، ۱۳۸۴). هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر محمودی به بررسی رانش و ناپایداری دامنه‌ها در مسیر سنندج-مریوان پرداخته است (محمودی، ۱۳۸۷).

هرچند مطالعات نسبتاً خوبی در رابطه با مخاطرات طبیعی جاده‌ها در ایران صورت گرفته است اما این مطالعات در برابر وسعت مخاطرات بسیار ناچیز بوده و به غیر از چند پایان‌نامه دانشجویی و چند مقاله به‌نظر می‌رسد که مخاطرات محیطی مسیره‌های ارتباطی در ایران مورد بی‌توجهی قرار گرفته است و در مسیره‌های مورد مطالعه به جز کارهایی که وزارت راه در سال‌های اول بعد از انقلاب صورت داده، مطالعات چندانی جهت کاهش مخاطرات جاده‌ای در ایران آن-چنان که می‌بایست صورت نگرفته است. بنابراین لازم-است تا ضمن شناسایی مناطق و محورهای مخاطره-آمیز، مناطقی که نیازمند تأسیس ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای و ایجاد سیستم‌های هوشمند اعلام وضعیت برای رانندگان عبوری هستند، معرفی شوند تا با احتیاط بیش‌تری از محور حادثه خیز رفت-وآمد کنند.

۳- مبانی نظری:

۳-۱- آب‌وهوا و تصادفات جاده‌ای

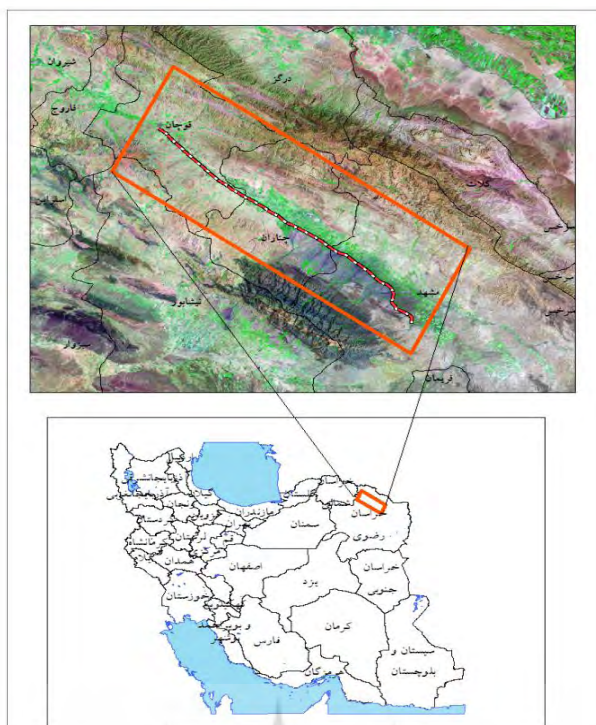
بندی نوع تصادف، وضع افراد، میزان خسارات و برنامه‌ریزی مراحل بعد انجام می‌پذیرد. در این مرحله مطلقاً اظهار نظر قطعی و هیچ‌گونه تفسیری وجود ندارد. در "بررسی محلی"، به آزمایش و ثبت نتایج تصادف و همچنین کسب اطلاعات اضافی در محل وقوع تصادف که ممکن است بعداً قابل حصول نباشد، می‌پردازیم. همچنین این مرحله شامل اطلاعات و آمار تکمیلی مورد نیاز گزارش تصادف می‌باشد. در این مرحله نیز تنها آمار و اطلاعات مورد نیاز است و هنوز زمان تفسیر و نتیجه‌گیری نیست. در "آماده سازی-های فنی"، جمع‌آوری آخرین قسمت‌های اطلاعات و آمار و سازمان‌دهی برای مطالعه و تفسیر آن‌ها صورت می‌گیرد. در این مرحله اطلاعات جمع‌آوری شده در هر سه مرحله تنظیم و دسته‌بندی شده و پاره‌ای نتیجه‌گیری‌های اولیه راجع به شرایط و اوضاع که منجر به وقوع تصادف شده است به عمل می‌آید. "دوباره‌سازی حرفه‌ای" نیز فعالیتی است که با تکیه بر همه اطلاعات جمع‌آوری شده به عمل می‌آید تا علل وقوع تصادف مشخص شود. مرحله‌ی نهایی "تجزیه و تحلیل عوامل وقوع" می‌باشد که با تکیه بر همه شواهد و دلایل موجود از جمله نتایج مرحله چهارم، علت تصادف را مشخص می‌نماید، یعنی شرایطی را که با تداخل در یکدیگر، در زمان و مکان معینی منجر به وقوع تصادف و آثار زیان‌بار آن شده‌اند روشن می‌نماید. این مرحله تجزیه و تحلیل عمدتاً فاقد سیستم بوده و دارای هیچ‌گونه روش شناخته‌شده یا "فرم" مخصوص ثبت نتایج نمی‌باشد. این مرحله تقریباً متکی بر استنباط بوده و به علت ماهیت و طبیعتی که دارد شامل مقادیر قابل توجهی حدسیات و نتیجه‌گیری‌های ذهنی می‌باشد (مخبر، ۱۳۷۷: ۲۳).

۴- موقعیت منطقه مورد مطالعه

محور مشهد - قوچان به طول ۱۴۴ کیلومتر در محدوده خراسان رضوی و در قسمت شمالی این استان قرار دارد. این محور به عنوان یکی از محورهای اصلی استان خراسان رضوی محسوب شده و پل ارتباطی شهرهای جنوبی این استان و حتی شهرهای شرقی و جنوبی به نواحی شمالی کشور می‌باشد (تصویر ۱). در سال ۱۳۹۳ در این محور ۳۴۸ مورد تصادف رانندگی ثبت شده است که این موضوع نشان‌دهنده‌ی اهمیت بررسی این محور در کشف علل تصادفات می‌باشد.

بندی نوع تصادف، وضع افراد، میزان خسارات و برنامه‌ریزی مراحل بعد انجام می‌پذیرد. در این مرحله مطلقاً اظهار نظر قطعی و هیچ‌گونه تفسیری وجود ندارد. در "بررسی محلی"، به آزمایش و ثبت نتایج تصادف و همچنین کسب اطلاعات اضافی در محل وقوع تصادف که ممکن است بعداً قابل حصول نباشد، می‌پردازیم. همچنین این مرحله شامل اطلاعات و آمار تکمیلی مورد نیاز گزارش تصادف می‌باشد. در این مرحله نیز تنها آمار و اطلاعات مورد نیاز است و هنوز زمان تفسیر و نتیجه‌گیری نیست. در "آماده سازی-های فنی"، جمع‌آوری آخرین قسمت‌های اطلاعات و آمار و سازمان‌دهی برای مطالعه و تفسیر آن‌ها صورت می‌گیرد. در این مرحله اطلاعات جمع‌آوری شده در هر سه مرحله تنظیم و دسته‌بندی شده و پاره‌ای نتیجه‌گیری‌های اولیه راجع به شرایط و اوضاع که منجر به وقوع تصادف شده است به عمل می‌آید. "دوباره‌سازی حرفه‌ای" نیز فعالیتی است که با تکیه بر همه اطلاعات جمع‌آوری شده به عمل می‌آید تا علل وقوع تصادف مشخص شود. مرحله‌ی نهایی "تجزیه و تحلیل عوامل وقوع" می‌باشد که با تکیه بر همه شواهد و دلایل موجود از جمله نتایج مرحله چهارم، علت تصادف را مشخص می‌نماید، یعنی شرایطی را که با تداخل در یکدیگر، در زمان و مکان معینی منجر به وقوع تصادف و آثار زیان‌بار آن شده‌اند روشن می‌نماید. این مرحله تجزیه و تحلیل عمدتاً فاقد سیستم بوده و دارای هیچ‌گونه روش شناخته‌شده یا "فرم" مخصوص ثبت نتایج نمی‌باشد. این مرحله تقریباً متکی بر استنباط بوده و به علت ماهیت و طبیعتی که دارد شامل مقادیر قابل توجهی حدسیات و نتیجه‌گیری‌های ذهنی می‌باشد (مخبر، ۱۳۷۷: ۲۳).

۳-۳ نقش عوامل انسانی در بروز تصادفات جاده‌ای



تصویر (۱) نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه

پیوسته در سال‌های اخیر در محیط نرم افزار Excel ایجاد و سپس این اطلاعات وارد نرم افزار GIS گردید. سپس با کلاس‌بندی فراوانی تصادفات به وقوع پیوسته با توجه به شرایط جغرافیایی و تلفیق لایه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، شیب، جهت‌شیب و کاربری‌اراضی در محیط GIS در محور مذکور به کمک سامانه استنتاج گر فازی، نقشه پهنه‌بندی خطر تصادفات جاده‌ای با درجات زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تهیه شد. شکل ۱ نشان‌دهنده مدل مفهومی تحقیق حاضر است.

۵- مواد و روش‌ها

روش جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش، توصیفی، تحلیلی و کتابخانه‌ای می‌باشد. جهت بررسی محور مذکور نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه‌های کاربری اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰، آمار ایستگاه‌های هواشناسی منطقه در یک دوره‌ی آماری ۳۰ ساله (از ۱۳۵۹ تا ۱۳۸۸) و نیز آمارها و گزارشات تصادفات جاده‌ای در لحظه و مکان وقوع تصادف در محور مشهد-قوچان از پلیس‌راه و وزارت‌راه و ترابری نیز تهیه گردید. به‌منظور تحلیل داده‌ها، بانک اطلاعات تصادفات جغرافیایی به وقوع



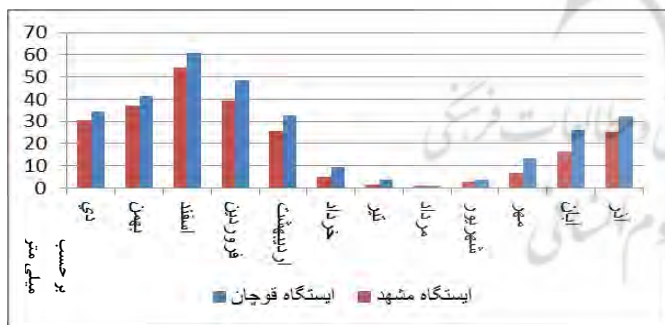
شکل (۱) مدل مفهومی تحقیق ارزیابی تأثیر عناصر اقلیمی و عوامل انسانی در بروز تصادفات جاده ای با استفاده از منطق فازی

برفی و روزهای طوفانی اشاره کرد که با بررسی این عناصر در ایستگاه های محدوده مورد مطالعه، نمودارها و نتایج زیر به دست آمد:

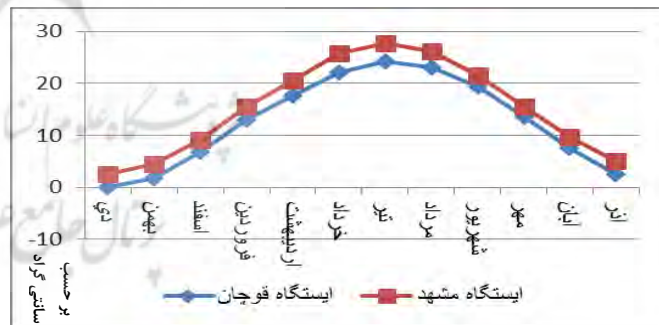
۶- یافته های تحقیق

۱-۶ نقش اقلیم در بروز تصادفات

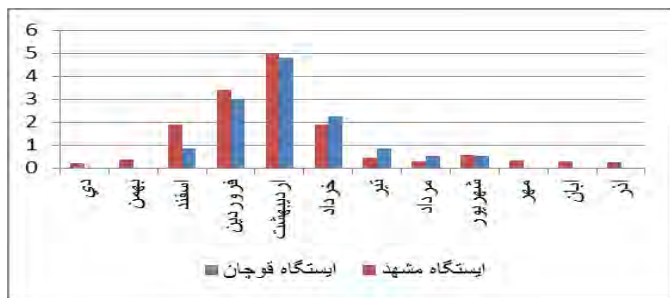
از مهم ترین عناصر اقلیمی دخیل در بروز تصادفات جاده ای می توان به دما، بارندگی، یخبندان، روزهای



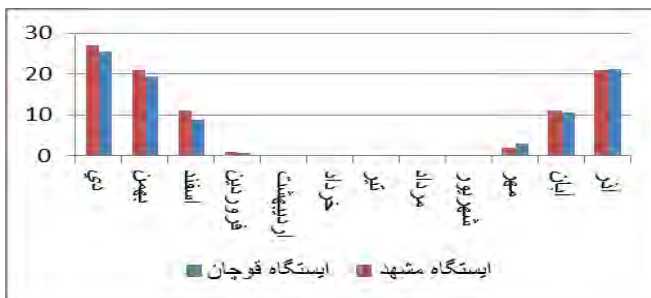
نمودار (۲) تغییرات بارش ماهانه در ایستگاه مشهد و قوچان



نمودار (۱) تغییرات دمای متوسط ماهانه در ایستگاه مشهد و قوچان



نمودار(۴) تعداد روزهای طوفانی ایستگاه مشهد و قوچان



نمودار(۳) تعداد روزهای یخبندان ایستگاه مشهد و قوچان



نمودار(۵) تعداد روزهای برفی ایستگاه مشهد و قوچان

طوفانی در منطقه از اسفندماه روند افزایشی یافته و تا اردیبهشت ادامه دارد و از خردادماه دوباره روند کاهشی می‌یابد(نمودار۴). براساس داده‌های جدول (۳) بیش‌ترین تعداد روزهای برفی منطقه در بهمن‌ماه رخ داده و در ۶ ماه از سال هیچ روز برفی ثبت نشده- است یعنی از آغاز اردیبهشت تا اواخر مهر و شروع آبان‌ماه.

میانگین دمای ماهانه در این ایستگاه از ماه اسفند تا اواخر تیر یک روند افزایشی دارد و با شروع ماه مرداد شاهد یک روند کاهشی دما در این ایستگاه هستیم (نمودار۱). تغییرات بارش ماهانه در طی دوره آماری نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان بارش ماهانه در محدوده مربوط به اسفندماه و کم‌ترین میزان بارش ماهانه مربوط مردادماه می باشد (نمودار۲). بیش‌ترین تعداد روزهای یخبندان ماهانه مربوط به دی‌ماه می- باشد و در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور نیز هیچ روز یخبندانی رخ نداده‌است (نمودار۳). تعداد روزهای

جدول (۱) وضعیت تصادفات در سال ۱۳۹۳ و شرایط اقلیمی

وضعیت اقلیمی	برفی	بارانی	ابری	غبارآلود	صاف	مجموع
تعداد	۱	۱۳	۲۸	۲	۳۰۳	۳۴۸
درصد	۰/۳	۳/۷	۸/۱	۰/۶	۸۷/۳	۱۰۰

جدول (۲) وضعیت تصادفات در سال ۱۳۹۴ و شرایط اقلیمی

وضعیت اقلیمی	برفی	بارانی	ابری	غبارآلود	صاف	مجموع
تعداد	۰	۱	۱۲	۰	۱۲۲	۱۳۵
درصد	۰	۰/۷	۸/۹	۰	۹۰/۴	۱۰۰

نشان می‌دهد که عامل اقلیمی هم‌چون بارش برف و باران یا یخبندان تأثیر چندان زیادی در وقوع تصادفات منطقه نداشته و بیش‌تر، عامل انسانی در بروز تصادفات دخیل بوده‌است.

بررسی وضعیت اقلیمی منطقه در هنگام بروز تصادفات در مسیر مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیش‌ترین تصادفات رخ داده در شرایط اقلیمی آفتابی و در شرایط هوای صاف رخ داده و در بین شرایط اقلیمی عامل ابرناکی در منطقه با ۲۸ مورد رخداد تصادف بیش‌ترین رخداد تصادفی را داشته‌است. این

۶-۱-۱- بررسی فراوانی ماهانه تصادفات

جدول (۳) فراوانی تصادفات رخ داده در طی ماههای سال در مسیر مورد مطالعه

اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین
۲۵	۱۵	۱۹	۲۱	۲۲	۲۸	۴۷	۴۹	۳۸	۲۲	۱۸	۲۴

بررسی نمودار و جدول مربوطه نشان می‌دهد که بیش‌ترین فراوانی تصادفات رخ داده مربوط به ماه‌های گرم سال، یعنی مرداد، شهریور و تیر بوده و کم‌ترین فراوانی تصادفات مربوط به به ماه‌های سرد سال یعنی بهمن، دی و اسفند می‌باشد.

بررسی آمارها و داده‌های جدول (۳) نشان می‌دهد که پراکندگی ماهانه تصادفات در مسیر مورد مطالعه به این صورت است که بیش‌ترین تصادفات انجام گرفته در منطقه در مردادماه با ۴۹ مورد رخ داده و کم‌ترین تصادفات در بهمن‌ماه با ۱۵ تصادف رخ داده از کل تصادفات رخ داده در طی یک سال می‌باشد. هم‌چنین

مشهد به قوچان به ثبت رسیده است. بر اساس جدول (۴) استعلام شده از وزارت راه و پلیس راه محور مشهد قوچان، در رخداد تصادفات سال ۱۳۹۳، شانزده عامل به عنوان عوامل دخیل در بروز تصادفات مسیر مورد مطالعه ذکر شده است. این عوامل باعث بروز ۳۴۸ مورد تصادف در مسیر گشته است. با توجه به داده‌های جدول (۵) مهم‌ترین عامل در بروز تصادفات جاده‌ای در منطقه، تخطی از سرعت مطمئنه، بوده است. هم‌چنین استعمال مواد مخدر و مشروبات الکلی و عامل سبقت غیرمجاز کم‌ترین تأثیر را در بروز تصادفات منطقه داشته‌است.

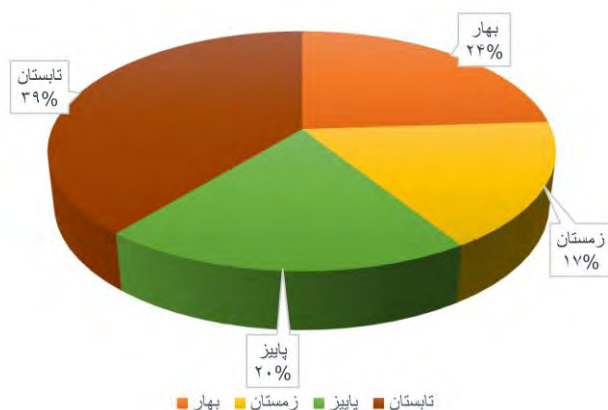
۶-۱-۲- بررسی تصادفات بر حسب فصل ها

طبق بررسی‌های به عمل آمده در رابطه با پراکندگی فصل تصادفات رخ داده در منطقه، بیش‌ترین تصادفات در فصل تابستان رخ داده است؛ یعنی ۳۹ درصد تصادفات و کم‌ترین تصادفات رخ داده مربوط به زمستان با ۱۷ درصد می‌باشد.

۶-۲- بررسی تصادفات رخ داده در سال های

۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مسیر مطالعاتی

بر اساس آمارهای به دست آمده در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ مشخص شد که در طی سال ۱۳۹۳، ۳۴۸ تصادف و در سال ۱۳۹۴، ۱۳۵ تصادف در مسیر



نمودار (۶): پراکندگی فصلی تصادفات رخ داده در منطقه (سال های ۱۳۹۳-۱۳۹۴)

جدول (۴) عوامل انسانی و تعداد تصادفات رخ داده در محور مشهد- قوچان در سال ۱۳۹۳

عوامل انسانی	تعداد تصادفات
استعمال مواد مخدر و مشروبات الکلی	۱
انحراف به چپ	۲۲
تجاوز به چپ	۱۶
تخطی از سرعت مطمئنه	۷۵
تغییر مسیر ناگهانی	۱۳
حرکت در خلاف جهت	۶
خستگی و خواب آلودگی	۳۲
سایر	۴
سبقت غیر مجاز	۱
عدم توانایی در کنترل وسیله نقلیه	۴
عدم توجه به جلو	۱۰۴
عدم رعایت حق تقدم	۳۹
عدم رعایت فاصله طولی	۱۴
عدم رعایت فاصله عرضی	۳
عدم رعایت حق تقدم	۱۱
نقص فنی	۴

که در بین این عوامل، عامل تخطی از سرعت مطمئنه، بیشترین اثر را در بروز تصادفات داشته است. به طوری که ۳۶ مورد از ۱۳۵ تصادف رخ داده، مربوط به این عامل بوده است. عدم توانایی در کنترل وسیله نقلیه و نقص فنی هر کدام با یک مورد تصادف، کمترین نقش را در بروز تصادفات داشته اند.

همچنین بررسی داده های جدول (۵) نشان می دهد که در سال ۱۳۹۴ علل بروز تصادفات و همچنین تعداد تصادفات رخ داده در منطقه کاهش یافته است به طوری که تعداد تصادفات رخ داده در منطقه ۱۳۵ مورد می باشد که در مقایسه با سال ۱۳۹۳ کاهش چشمگیری یافته است. در این سال ۱۳ عامل به عنوان علل اصلی بروز تصادفات در مسیر مورد مطالعه شناخته شده است

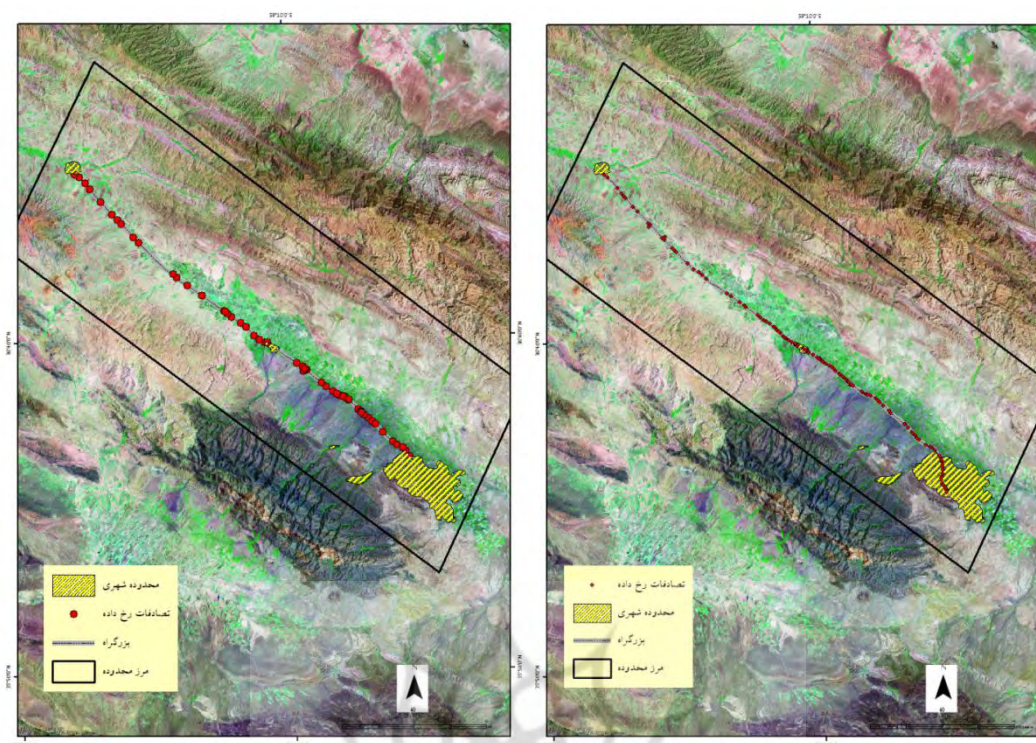
جدول (۵) عوامل انسانی و تعداد تصادفات رخ داده در محور مشهد- قوچان در سال ۱۳۹۴

انحراف به چپ	تجاوز از سرعت مقرر	تجاوز به چپ	تخطی از سرعت مطمئنه	تغییر مسیر ناگهانی	حرکت در خلاف جهت	خستگی و خواب آلودگی	تقلیه	عدم توانایی در کنترل وسیله	عدم توجه به جلو	عدم رعایت حق تقدم	عدم رعایت فاصله طولی	عدم رعایت فاصله عرضی	نقص فنی
۱۱	۳	۶	۳۶	۵	۲	۹	۱	۳۱	۱۸	۵	۷	۱	

روزانه به مناطق صنعتی مجاور می‌باشد. بر همین اساس و با استفاده از نقشه‌های پراکندگی، مربوط به سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴، تصادفات رخ داده در مسیر- مورد مطالعه مطابق تصویر شماره (۴) به سه پهنه دارای خطر زیاد، خطر متوسط و پرخطر تقسیم شد. این نقشه نشان می‌دهد که مسیر مشهد تا چناران به دو پهنه با خطر متوسط و پرخطر تقسیم شده است. این عامل می‌تواند ناشی از ترافیک بالای مسیر به دلیل وجود کارخانجات و کارگاه‌ها و رفت و آمدهای مربوطه و در نتیجه رخداد تصادفات باشد.

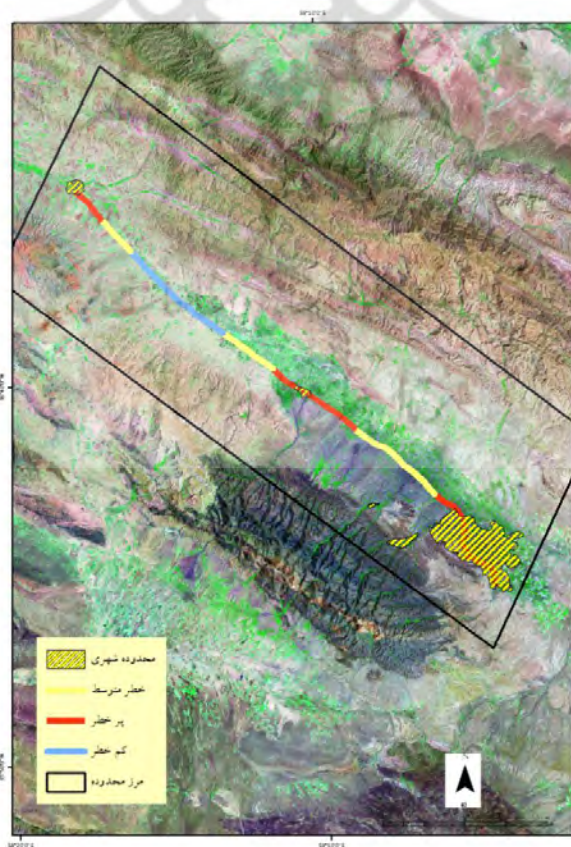
۷- بررسی پراکندگی تصادفات رخ داده در طول مسیر و تعیین پرخطرترین مناطق

پراکندگی تصادفات رخ داده در مسیر مربوط به تصادفات در طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ بر اساس فاصله رخ دادن آن‌ها از مراکز شهری مشهد، چناران و قوچان بر روی تصاویر شماره (۳) و (۴) مشخص شده است. در کیلومترهای ابتدایی خروجی و ورودی شهرهای واقع شده در مسیر، بیشترین فراوانی تصادفات رخ داده است. به طوری که بیشترین تراکم تصادفات رخ داده در کیلومترهای ۵ تا ۳۰ ورودی و خروجی شهرهای نام برده به دلیل عواملی چون سرعت غیرمجاز و یا خستگی رانندگان و ترافیک بالای ورودی و خروجی شهرها به دلیل سفرهای



تصویر (۳) پراکندگی تصادفات رخ داده در سال ۱۳۹۴

تصویر (۲) پراکندگی تصادفات در سال ۱۳۹۳



تصویر (۴) پهنه بندی مسیر بر اساس تصادفات رخ داده

تصادفات کمتر از ۲ بود میزان خطر برابر "کم خطر" می باشد. تلفیق داده‌های فازی با استفاده از قواعد "اگر-آنگاه" فازی نیازمند به‌کارگیری یک مدل تصمیم‌گیری است، در این پژوهش استفاده از روش کمینه بیشینه میدانی، به دلیل ساختار ساده و مؤثر آن و همچنین کاربرد گسترده آن در مسائل علمی مدنظر قرار گرفت. عملیات آماده‌سازی و پردازش نقشه‌ها در نرم افزار Arc GIS 10.2 انجام شد و محاسبات فازی زبانی نیز صورت گرفت. به این ترتیب اتصال میان نرم‌افزار یادشده به‌منظور تهیه نقشه میزان خطر تصادفات با استفاده از سامانه استنتاج‌گر فازی انجام شد. در مرحله بعدی برای تفسیر تصادفات رخ داده در شرایط هوای متفاوت برحسب ارتفاع و شیب منطقه‌ای و میزان تأثیرگذاری عوامل انسانی، محور مورد مطالعه به هفت قسمت تقسیم گردید. سپس نتایج حاصل از فازی زبانی (شفاهی) به نرم‌افزار Arc GIS منتقل شده و بر همین اساس محور مشهد - قوچان ابتدا به هفت قسمت تقسیم شده و سپس فراوانی تصادفات رخ داده در هر ۱۰ کیلومتر بر روی نقشه نشان داده شده است. از عبارات فازی زبانی نیز برای تفسیر تعداد تصادفات استفاده شده است: خطر کم، خطر متوسط و خطر زیاد.

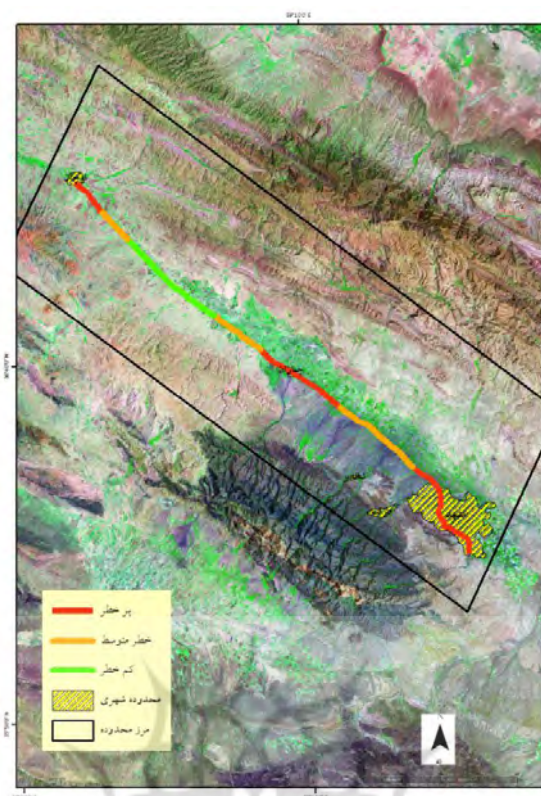
۸- بررسی و تعیین مناطق خطر تصادف با استفاده از سامانه استنتاج گر فازی

با تبدیل متغیرهای حقیقی به متغیرهای زبانی، مرحله فازی سازی داده‌ها انجام می‌گیرد. برای نمونه، در فازی‌سازی می‌توان از عبارات زبانی ضعیف، متوسط و قوی استفاده کرد. برای تبدیل متغیرهای حقیقی به متغیرهای زبانی معمولاً از توابع عضویت استفاده می‌شود. باید توجه داشت که پیش از فازی‌سازی داده‌ها، به منظور امکان تبدیل داده‌ها به صورت بدون واحد و استاندارد، با تغییر دامنه متغیرها به بازه صفر و یک، نرمال‌سازی داده‌ها انجام می‌گیرد. مرحله دوم در سامانه‌های استنتاج‌گر فازی، تلفیق داده‌های فازی با به‌کارگیری موتور استنتاج فازی است. تلفیق داده‌ها با ایجاد پایگاه داده‌ای از قوانین به فرم "اگر-آنگاه" فازی و به‌کارگیری مدل تصمیم‌گیری انجام می‌پذیرد. خروجی موتور استنتاج فازی به طور معمول شامل یک یا چند عدد فازی است که باید به یک عدد حقیقی تبدیل شود تا قابل درک و تفسیر شود. این کار توسط مرحله قطعی‌سازی داده‌ها انجام می‌شود (Mo, Wang, 2017).

در این پژوهش، نقشه تصادفات با استفاده از سامانه استنتاج‌گر فازی نیز تهیه گردید، که ورودی‌های آن، نقشه توزیع مکانی تصادفات در مقاطع ۱۰ کیلومتری، نقشه‌ی کاربری زمین و نقشه‌های توپوگرافی محور برای تحلیل نقش شرایط اقلیمی و انسانی در تصادفات، می‌باشد. این نقشه به کمک عملگرهای فازی و شاخص همپوشانی تهیه شده‌اند. فازی‌سازی نقشه، نیازمند تعریف توابع عضویت فازی مناسب به منظور مدلسازی ابهام موجود در مرز بین عوارض مکانی و رده‌های نقشه است. نوع، تعداد و متغیرهای توابع عضویت فازی با نظر کارشناسان مدیریت ترافیک تعیین شد.

به منظور تلفیق داده‌ها با استفاده از قواعد استنتاج‌گر فازی، برای نقشه، ورودی توابع عضویت فازی تعریف شد. برای نمونه یک مورد از قوانین به این صورت می‌باشد: اگر در یک مقطع ۱۰ کیلومتری تعداد فراوانی

¹ - Linguistic fuzzy



تصویر (۵) پهنه بندی مسیر بر اساس نتایج حاصل از منطق فازی زبانی

۹- بحث و نتیجه گیری

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، از بین عوامل- اقلیمی و عوامل انسانی دخیل در بروز تصادفات جاده- ای در منطقه، عامل انسانی مهم‌ترین عامل بوده و بیش‌ترین اثر را در بروز تصادفات در مسیر مورد مطالعه داشته‌است. به طوری که حدود ۹۰ درصد از تصادفات جاده ای در منطقه بر اثر عامل انسانی رخ داده‌است. در این بین مواردی مانند تخطی از سرعت مطمئنه، عدم توجه به جلو و عدم رعایت حق تقدم از بیش‌ترین عوامل انسانی موثر در تصادفات محور مذکور بوده‌اند. در این بین نمی‌توان نقش عوامل محیطی از جمله عامل اقلیم را در بروز تصادفات جاده‌ای نادیده گرفت. بررسی شرایط اقلیمی تصادفات رخ داده نشان می‌دهد که شرایط ابری و بارانی به ترتیب بیش‌ترین نقش را در تصادفات این محور داشته‌اند. البته اگر چه شرایط اقلیمی به صورت مستقیم نقش کمی در بروز تصادفات داشته‌است ولی نباید نقش تشدیدکننده آن

را در بروز تصادفات نادیده گرفت. این نتایج با یافته- های (Older, 1986 ; Brijs et al., 2008) همخوانی دارد. در بررسی ماهانه تصادفات رخ داده مشخص شد که در مردادماه بیش‌ترین تصادفات رخ داده است یعنی حدود ۱۵ درصد تصادفات در این ماه رخ داده است و کم- ترین تصادفات در ماه بهمن رخ داده است. در بررسی فصل تصادفات نیز مشخص گردید که فصل تابستان بیش‌ترین وقوع تصادفات را داشته و فصل زمستان نیز کم‌ترین رخداد تصادفات را داشته‌است. این می‌تواند به دلیل افزایش مسافرت‌ها و تردد وسایل نقلیه در این مسیر برای گذران تعطیلات تابستانی باشد. در بررسی خطر خیز بودن مسیر با تحلیل GIS و هم‌چنین مدل فازی زبانی، مشخص شد ۵ تا ۳۵ کیلومتر اولیه ورودی و خروجی شهرها پرخطرترین مناطق مسیر در بروز تصادفات جاده‌ای می‌باشند و هرچه از شهرها دورتر می‌شویم، وقوع تصادفات نیز کم‌تر می‌شود. با

طریق تابلوهای پیام‌رسان و سنجنده‌های اقلیمی که با توجه به وضعیت خاص طبیعی و اقلیمی منطقه حتی‌الامکان در مقاطع ۵ کیلومتری محورها نصب و راه‌اندازی می‌شوند تا رانندگان بتوانند به نحو احسن از شرایط اقلیمی و محیطی جاده مطلع شوند.

۴- استفاده از دستگاه GPS توسط کلیدی گشتی- های پلیس راه جهت جلوگیری از هرگونه اشتباه در ثبت محل دقیق وقوع تصادفات.

توجه به نتایج پژوهش، در راستای کاهش تصادفات جاده‌ای پیشنهادات زیر ارائه می‌شود:

- ۱- وضع قوانینی در مورد نحوه ثبت داده‌های تصادفات جاده‌ای جهت دسترسی محققان به این داده‌ها.
- ۲- امکان مشاهده‌ی آنلاین و روز به‌روز و حتی ساعتی، آمار تصادفات مانند داده‌های هواشناسی در ایران، بر روی شبکه اینترنت.
- ۳- ایجاد سیستم‌های هوشمند (ITS) و هم‌چنین انتقال اطلاعات وضعیت اقلیمی و محیطی جاده از

منابع و ماخذ :

- ۱- حبیبی نوخندان ، محمد. ۱۳۸۷ ، انتخاب محل سنسورهای هواشناسی جاده ای در سیستم حمل و نقل ، مطالعه موردی : محو تهران - کرج ، مجله حمل و نقل
- ۲- سلمانی ، محمد ، رمضان زاده لسبویی ، مهدی ، دریکوند ، مسلم ، ثابت ، فرخ ، ۱۳۸۷ ، بررسی عوامل موثر بر تصادفات جاده ای و ارائه راهکارهایی برای کاهش آن .مورد مطالعه: منظومه روستایی جنوب خور و بیابانک ، پژوهش های جغرافیای انسانی ، شماره ۶۵
- ۳- فرج زاده اصل ، منوچهر و همکاران. ۱۳۸۹ ، تحلیل فضایی تصادفات جاده ای با رویکرد مخاطرات اقلیمی مطالعه موردی : محور کرج - چالوس ، پژوهش های جغرافیای طبیعی ، شماره ۷۳
- ۴- وزیری ، منوچهر ، ۱۳۸۴ ، کاربرد روشهای چند ضابطه ای در ارزیابی و بهبود ایمنی حمل و نقل جاده ای ، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس بین المللی حوادث بین المللی و جاده ای ، دانشگاه تهران ، ۳۰ آذر ماه ۱ دی ماه ۱۳۸۴ .
- ۵- محمدی ، حسین ، محمودی ، پیمان. ۱۳۸۴ ، بررسی یخبندان و لغزندگی در سطح جاده ی سنندج همدان با استفاده از ماتریس وضعیت های اقلیمی ، فصل نامه جغرافیایی سرزمین، علمی پژوهشی ، سال دوم، شماره ۸
- ۶- مخبر ، مهدی ، ۱۳۷۷ . مدل تحلیل تصادفات جاده ای براساس ضوابط طرح هندسی و شرایط محیطی جاده . پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر محمود صفارزاده. دانشگاه تربیت مدرس
- 7- aemi azghadi, A., Rangraz, K., Vatankhah, M., Abshirini, E. (2010). Optimization of Public Transportation Lines Using GIS with AHP Method - Case Study: Golestan District of Ahwaz. Application of
- Geographic Information Systems and Remote Sensing in Planning, 1(1): 7-14.
- 8- Anderi, J. and Oley, R.S., (2001). The Relation between Weather and Road Safety: Past and Future, Climatological Bulletin, 24(3), 123-127.
- 9- Bros, M. (1990). The Safety Index Method of Evaluation and Rating Safe Benefits, Highway Research, No. 332.
- 10- Brijs, T., Karlis, D., Wets, G. (2008). Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. Accident Analysis & Prevention, 40(3), 1180-1190. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.01.001>
- 11- Edwards, J.B., (1999). The temporal distribution of road accidents in adverse weather. Meteorol. Appl., 6(1), 59-68. Doi: 12.1017/s1350482799001139
- 13- Eisenberg, D. (2004). The Mixed Effects of Precipitation on Traffic Crashes. Accident Analysis and Prevention, 36(4), 637-647. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(03\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(03)00085-X)
- 14- Fridstrom, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., Thomsen, L.K., (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather and daylight to the variation in road accident counts. Accident Analysis and Prevention, 27(1), 1-20. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)E0023-E](https://doi.org/10.1016/0001-4575(94)E0023-E)
- 15- Hambly, D., Andrey, J., Mills, B., Fletcher, C., (2013). Projected implications of climate change for road safety in Greater Vancouver, Canada Climatic Change, 116 (3-4), 613-629. Doi: 10.1007/s10584-012-0499-0
- 16- Jaroszweski, D., McNamara, T., (2014). The influence of rainfall on road accidents in urban areas: A weather radar approach. Travel Behaviour and Society, 1(1), 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2013.10.005>
- 17- Keay, K., Simmonds, L., (2006). Road Accident and Rainfall in a Large Australian City, Accident Analysis and Prevention, 38(3), 445-454. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.06.025>

20- Older, S. j., Spicer, B. R., (1986). Traffic conflicts: a development in accident research. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 18(4), 335-350.
<https://doi.org/10.1177/001872087601800403>

18- Mo, H., Wang, F. (2017). Representation for general type-2 fuzzy sets, 21-27.
DOI: [10.1109/ICSS.2017.8091445](https://doi.org/10.1109/ICSS.2017.8091445)

19- Qiu, L., Nixon, W.A. (2008). Effects of Adverse Weather on Traffic Crashes Systematic Review and Meta-Analysis. Transp Res Record, 2055, 139-146. DOI: 10.3141/2055-16

Assessment of the impact of climatic and human factors on road accidents using fuzzy logic and geographic information system

Case study: Mashhad-Ghoochan Axis

Abstract

Traffic accidents are the most important factors of mortality and severe damage to life and property in under developing countries. Human society especially Iran, has severely threatened by results of traffic and road accidents. Geographic factors are one of the most important causes of these fatal accidents. Among the geographical factors involved in road accidents, climatic phenomena and geomorphologic factors are very important. This study wants to show how climatic and human factors effect on the incidence of road accidents in Mashhad- Quchan axis by using fuzzy logic and Geographic Information System (GIS). Digital elevation maps, geological maps, land use maps, and local meteorological stations statistics and road accidents statistics in the moment and place of the accident was prepared for this study. Then, by classifying the frequency of accidents occurring according to the geographical situation and integrating topographic layers, geology, slope, direction of slope and land use in the GIS environment in the axis with the help of the fuzzy inference system, mapping the risk of road accidents was prepared with high, moderate, low and very low levels. Consequently, the investigation showed that the human factors have a major role (more than 90%) in the incidence of road accidents.

Keywords: Climate elements, Human factors, Road accidents, Geographic Information Systems, Mashhad – Quchan Road, Linguistic variables in Fuzzy set theory.